



**HAL**  
open science

# Impact d'un détournement d'attention sur les mécanismes neuromusculaires impliqués dans la contraction des muscles du plancher pelvien

Thibault Thubert

## ► To cite this version:

Thibault Thubert. Impact d'un détournement d'attention sur les mécanismes neuromusculaires impliqués dans la contraction des muscles du plancher pelvien. Neurosciences [q-bio.NC]. Université Pierre et Marie Curie - Paris VI, 2017. Français. NNT : 2017PA066178 . tel-01786850

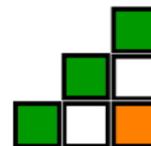
**HAL Id: tel-01786850**

**<https://theses.hal.science/tel-01786850>**

Submitted on 7 May 2018

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Université Pierre et Marie Curie

ED3C

*Groupe de Recherche Clinique en Neuro-Urologie GRC1-UPMC*

**Impact d'un détournement d'attention sur les mécanismes neuromusculaires impliqués dans la contraction des muscles du plancher pelvien.**

Par Thibault THUBERT

Thèse de doctorat de Neurosciences

Dirigée par Xavier DEFFIEUX

Présentée et soutenue publiquement le 5 mai 2017

Devant un jury composé de :

ROBAIN Gilberte, Professeur des Universités-Praticien Hospitalier, Présidente

LEROI Anne-Marie, Professeur des Universités-Praticien Hospitalier, Rapporteur

de TAYRAC Renaud, Professeur des Universités-Praticien Hospitalier, Rapporteur

DEFFIEUX Xavier, Professeur des Universités-Praticien Hospitalier, Directeur de thèse

Le travail présenté dans cette thèse a été réalisé dans les laboratoires des services d'Urodynamique et d'Explorations Neurophysiologiques du Périnée de l'Hôpital Tenon à Paris et de Gynécologie Obstétrique et de Médecine de la Reproduction de l'Hôpital Antoine Béclère à Clamart.

Ces services sont rattachés à l'unité de recherche GRC-UPMC 01, GREEN (Group of clinical Research in Neuro-urology).

Je remercie tous ceux et celles qui m'ont aidé à concrétiser et finaliser ce projet

Ma femme **Pauline** pour avoir accepté de m'accompagner dans mon projet universitaire et me soutenir au quotidien. **Joseph et Felix** pour leur avis éclairés...

Le Professeur **Xavier Deffieux** qui a su me donner l'envie de persévérer dans mes travaux scientifiques, qui m'a appris à opérer et à prendre en charge les malades, qui m'a soutenu dans les moments de doute et qui a toujours été à l'écoute. Tu resteras un exemple pour moi.

Le Professeur **Gérard Amarengo** qui m'a accueilli dans son service pour découvrir le monde de la recherche clinique et l'urodynamique. Son dynamisme, ses idées, ses conseils ont largement contribué à la réalisation de ma thèse. Son enthousiasme à me déclarer doctorant sur le site de GREEN (avant même que je ne le sache), m'a poussé à commencer ce projet.

Le docteur **Frédérique Lebreton** qui m'a soutenu dans mes débuts en me recueillant dans son bureau. Merci pour tes conseils professionnels et personnels.

Le docteur **Anne Villot** que j'ai pu encadrer au cours de ma thèse. J'ai beaucoup apprécié notre collaboration, ton travail et ta persévérance. Merci pour tout ce temps passé à enregistrer des périnées...

Les Professeurs **Alexandra Benachi** et **Charles Chapron** dont la bienveillance m'a permis de trouver les conditions nécessaires pour mener cette thèse à son terme.

Madame **Marie Hélène De Jesus** pour ta relecture attentive.

Toutes les volontaires qui ont accepté de participer à ce projet parfois contraignant.

Enfin, je suis reconnaissant aux membres du Jury qui m'ont fait l'honneur d'avoir accepté d'être dans le jury de cette thèse : Madame la Professeure **Gilberte Robain**, Madame la Professeure **Anne Marie Leroi** et Monsieur le Professeur **Renaud de Tayrac**.

## Production scientifique issue du travail de la thèse

### Articles en anglais (revues avec comité de lecture, indexées pubmed)

**Thubert T**, Deffieux X, Jousse M, Guinet-Lacoste A, Ismael SS, Amarenco G. Influence of a distraction task on pelvic floor muscle contraction. *Neurourol Urodyn*. 2015 (34)2: 139-143.

**Thubert T**, Villot A, Billecocq S, Auclair L, Amarenco G, Deffieux X. Influence of a distraction task on the involuntary reflex contraction of the pelvic floor muscles following cough. *Neurourol Urodyn* 2017 Jan;36(1):160-165

Villot A, Deffieux X, Billecocq S, Auclair L, Amarenco G, **Thubert T**. Influence of cognitive rehabilitation on pelvic floor muscle contraction: a randomized controlled trial. *Neurourol Urodyn* 2016 Oct 29. doi: 10.1002/nau.23169. [Epub ahead of print]

### Communications orales en anglais dans des congrès internationaux

**Thubert T**, Villot A, Auclair L, Billecocq S, Amarenco G, Deffieux X. Influence of a cognitive rehabilitation on pelvic floor muscle contraction. ICS Annual Meeting, Tokyo, Japon, 2016.

**Thubert T**, Villot A, Auclair L, Billecocq S, Amarenco G, Deffieux X. Influence of a distraction task on the involuntary reflex contraction of the pelvic floor muscles following cough. ICS Annual Meeting, Montreal, Canada, 2015.

**Thubert T**, Deffieux X, Jousse M, Amarenco G. Effect of distraction task on the pelvic floor muscle contraction. ICS Annual Meeting, Barcelone, Espagne, 2013.

# Sommaire

<u>I- Introduction : problématique</u>	10
<u>II- Etat actuel des connaissances</u>	13
<b>II-A- Anatomie</b>	
II-A-1- Système nerveux central	13
II-A-2- Système nerveux périphérique	20
II-A-3- Les composantes du plancher pelvien	23
II-A-4- L'urètre et le canal anal	28
II-A-5- La vessie	33
<b>II-B- Physiologie de la contraction musculaire périnéale</b>	36
II-B-1- Contraction périnéale volontaire	36
II-B-2- Contraction périnéale involontaire	37
II-B-2-1- Sphincter strié urétral et muscles du plancher pelvien	37
II-B-2-2- Sphincter anal externe	40
<b>II-C- L'Attention</b>	41
II-C-1- Caractéristiques de l'attention	41
II-C-1-1- Définition	41
II-C-1-2- Modèles de réseaux corticaux impliqués dans l'attention	42
II-C-1-3- Les différentes formes d'attention	44
II-C-2- Neuro-imagerie et attention	48
II-C-2-1- Les différentes techniques d'imagerie fonctionnelle	48
II-C-2-2- Exploration de l'attention par l'imagerie fonctionnelle	50
II-C-3 Tests d'évaluation neuropsychologique	51
II-C-3-1- Tests d'évaluation de l'attention sélective	51
II-C-3-1-1- Le Symbol Digit Modalities Test (SDMT)	52
II-C-3-1-2- Le Concentration Endurance Test ou d2 test	53
II-C-3-1-3- Le Visual Search and Attention Test (VSAT)	54
II-C-3-2- Tests d'évaluation de l'attention soutenue	55
II-C-3-2-1- Le test de performance continue : Continuous Performance Test (CPT)	55
II-C-3-2-2- Le test de la Paced Auditory Serial Addition Test (PASAT)	56

<b>II-D- Attention et contraction musculaire</b>	<b>57</b>
<b>II-D-1- Attention et posture</b>	<b>57</b>
<b>II-D-2- Attention et contraction musculaire volontaire</b>	<b>59</b>
<b>II-E- Continence et incontinence urinaire à l'effort</b>	<b>61</b>
<b>II-E-1- Physiologie de la continence urinaire à l'effort</b>	<b>61</b>
II-E-1-1- Implication du système nerveux	61
II-E-1-2- Système périphérique effecteur	64
<b>II-E-2 Incontinence urinaire à l'effort</b>	<b>65</b>
II-E-2-1- Epidémiologie	65
II-E-2-2- Hypothèses physiopathologiques	69
II-E-2-3- Traitements étiopathogéniques	77
II-E-2-3-1- Thérapies cellulaires	77
II-E-2-3-2- Rééducation de l'incontinence urinaire	80
II-E-2-3-2-1- Rééducation musculaire périnéale	81
II-E-2-3-2-2- Rééducation « globale »	84
<b><u>III- Objectif des travaux personnels</u></b>	<b>89</b>
<b><u>IV- Présentation générale des matériels et méthodes utilisés</u></b>	<b>89</b>
<b>IV-A- Outils expérimentaux</b>	
<b>IV-A-1- Enregistrement électromyographique (EMG) des muscles du sphincter anal externe (SAE) et des muscles intercostaux externes (ICE)</b>	<b>89</b>
IV-A-1-1- Définition	89
IV-A-1-2- Justificatif du choix des électrodes d'enregistrement	92
IV-A-1-3- Justificatif du choix des groupes musculaires enregistrés	92
IV-A-1-3-1- Enregistrement EMG du sphincter anal externe	92
IV-A-1-3-2- Enregistrement EMG des muscles intercostaux externes	93
IV-A-1-4- Protocole d'utilisation des électrodes	94
IV-A-1-5- Analyse et interprétation des données EMG	95
IV-A-1-5-1- Matériel de traitement du signal : le système Biopac Student Lab	95
IV-A-1-5-2- Analyse du signal	96
IV-A-1-5-3- Définition de l'initiation d'une activité musculaire EMG	97
<b>IV-A-2- Détournement d'attention</b>	<b>97</b>
<b>IV-A-3- Epreuves de contraction périnéale volontaire et involontaire</b>	<b>98</b>
IV-A-3-1- Epreuves de contraction périnéale volontaire	98
IV-A-3-1-1- Ordre de contraction périnéale volontaire	98

IV-A-3-1-2- Effort de contraction périnéale volontaire	98
IV-A-3-1-3- Les différents paramètres EMG étudiés	100
IV-A-3-2- Epreuve de contraction périnéale involontaire	102
IV-A-3-2-1- Ordre de contraction périnéale involontaire	102
IV-A-3-2-2- Effort de toux et contraction périnéale involontaire	102
IV-A-3-2-3- Les différents paramètres EMG étudiés	103
<b>IV-A-4- Technique de rééducation cognitive en double tache</b>	<b>105</b>
IV-A-4-1- Le rationnel d'une rééducation en double tâche	105
IV-A-4-2- Le rationnel du test cognitif	106
IV-A-4-3- Modalités pratiques	107
<b>IV-B- Considérations éthiques</b>	<b>108</b>
<b>IV-C- Etude de l'impact d'un détournement d'attention sur la contraction périnéale volontaire</b>	<b>108</b>
<b>IV-C-1- Population et critères d'inclusion</b>	<b>108</b>
<b>IV-C-2- Protocole expérimental</b>	<b>108</b>
IV-C-2-1- Interrogatoire et remplissage des questionnaires	108
IV-C-2-2- Enregistrement EMG	109
IV-C-2-3- Traitement des données	109
IV-C-2-4- Epreuves	110
IV-C-2-5- Analyse des données	110
<b>IV-D- Etude de l'impact d'un détournement d'attention sur la contraction périnéale involontaire</b>	<b>110</b>
<b>IV-D-1- Population et critères d'inclusion</b>	<b>110</b>
<b>IV-D-2- Protocole expérimental</b>	<b>111</b>
IV-D-2-1- Interrogatoire et remplissage des questionnaires	111
IV-D-2-2- Enregistrement EMG	112
IV-D-2-3- Traitement des données	112
IV-D-2-4- Epreuves	112
IV-D-2-5- Analyse des données	112
<b>IV-E- Etude de l'impact d'une rééducation cognitive en double tâche sur la contraction périnéale réflexe et volontaire</b>	<b>113</b>
<b>IV-E-1- Population et critères d'inclusion</b>	<b>113</b>
<b>IV-E-2- Protocole expérimental</b>	<b>114</b>
IV-E-2-1- Séance d'inclusion	115

IV-E-2-1-1- Interrogatoire et remplissage des questionnaires	115
IV-E-2-1-2- Randomisation	116
IV-E-2-1-3- Enregistrement EMG	116
IV-E-2-1-4- Traitement des données	117
IV-E-2-1-5- Epreuves	117
IV-E-2-1-6- Analyse des données	117
IV-E-2-2- Intervalle de temps de 15 jours	118
IV-E-2-2-1- Groupe rééducation	118
IV-E-2-2-2- Groupe témoin	118
IV-E-2-3- Evaluation finale	118
IV-E-2-3-1- Enregistrement EMG	118
IV-E-2-3-2- Traitement des données	119
IV-E-2-3-3- Epreuves	119
IV-E-2-3-4- Analyse des données	119
<b><u>V-Résultats des travaux personnels</u></b>	<b>121</b>
V-A- Impact d'un détournement d'attention sur la contraction périnéale volontaire	121
V-B- Impact d'un détournement d'attention sur la contraction périnéale involontaire	122
V-C- Effet d'une rééducation cognitive sur les mécanismes neuromusculaires de la contraction pelvi-périnéale	124
V-C-1- Caractéristiques EMG des volontaires lors de la séance d'inclusion	124
V-C-2- Effet de la rééducation sur la contraction périnéale volontaire	124
V-C-3- Effet de la rééducation sur la contraction périnéale involontaire	126
<b><u>VI- Discussion générale</u></b>	<b>128</b>
VI-A- Attention et contraction périnéale volontaire	128
VI-B- Attention et contraction périnéale involontaire	133
VI-C- Rééducation en double tâche, détournement d'attention et contraction périnéale	137
<b><u>VII- Perspectives et travaux futurs</u></b>	<b>141</b>
<b><u>VIII- Conclusion</u></b>	<b>146</b>
<b><u>IX- Références</u></b>	<b>147</b>
<b><u>X- Annexes</u></b>	<b>185</b>
<b><u>XI- Résumés</u></b>	<b>216</b>

## Abréviations

AMS :	aire motrice supplémentaire
BOLD :	Blood Oxygenation Level Dependent
CCA :	Cortex Cingulaire Antérieur
CPM :	Centre Pontique de la Miction
CPT :	Continuous Performance Test
DTI :	Tenseur de Diffusion
EMG :	Electromyographique (EMG)
ICE :	Muscles Intercostaux Externes
ICS :	International Continence Society
IMC :	Indice de Masse Corporelle
IRM :	Imagerie par Résonance Magnétique
IS :	Insuffisance Sphinctérienne
IU :	Incontinence Urinaire
IUE :	Incontinence Urinaire à l'Effort
IUU :	Incontinence Urinaire par Urgenturie
IUM :	Incontinence Urinaire Mixte
LPP :	Leak Point Pressure
MMS :	Mini Mental Status test
PAG :	Substance Grise Périaqueducule
PASAT :	Paced Auditory Serial Addition Test
PCUM :	Pression de Clôture Urétrale Maximale
RT :	Reaction Time, Temps de Réaction

SAE : Sphincter Anal Externe  
SDMT : Symbol Digit Modalities Test  
TEP scan : Tomographie par Emission de Positons  
UDI : Urogenital Distress Inventory  
VLPP : Valsalva Leak Point Pressure  
VSAT : Visual Search and Attention Test  
WISC-R : Wechsler Intelligence Scale for Children-Revised  
WAIS-R : Wechsler Adult Intelligence Scale-Revised

## I-Introduction : problématique

La continence urinaire est la résultante d'une communication complexe entre les différents acteurs que sont le système nerveux autonome (sympathique et parasympathique), le système nerveux somatique (système nerveux cortico-spinal), la vessie, l'urètre et son système de soutien (muscles pelvi-périnéaux et fascia pelvien) (1-4). L'altération d'un des mécanismes de la continence urinaire peut provoquer une incontinence urinaire à l'effort (IUE). L'IUE est un diagnostic déclaratif défini par l'ICS comme « toute perte involontaire d'urine à l'effort ou lors d'une activité physique dont se plaint la patiente » (5,6). L'IUE est une pathologie fréquente touchant 15 à 17 % des femmes (7). Jusqu'à ce jour les principales hypothèses physiopathologiques pouvant expliquer les mécanismes de l'IUE se sont focalisées sur le système périphérique effecteur (vessie, urètre et système de soutien)(8,9). Les mécanismes impliqués peuvent être passif ou actif. Les mécanismes étiopathogéniques passifs ayant été mis en évidence sont les suivants: (i) l'hypermobilité urétrale par perte du système de fixation urétrale (8), (ii) le défaut de transmission des pressions entre la vessie et le sphincter urétral (10) , (iii) l'insuffisance sphinctérienne (11,12) ou encore (iv) une compli-ance urétrale anormale. Une altération des phénomènes actifs impliquant la contraction périnéale volontaire et involontaire a également été mise en évidence. De précédents travaux réalisés par notre équipe ont pu mettre en évidence des dysfonctionnements neuromusculaires de la contraction pelvi-périnéale réflexe chez les femmes présentant une IUE : anomalies de la modulation de la réponse réflexe périnéale (13), retard de contraction réflexe périnéale lors de la toux (14) et fatigue musculaire (15)). Prenant en compte l'individu dans sa globalité et dans

son environnement, on pourrait se demander si ces dysfonctionnements sont uniquement liés à des anomalies musculaires ou également à des troubles centraux impliquant la cognition et l'attention. Dans la vie de tous les jours, en cas de concentration optimale et notamment de concentration sur son périnée, il semble plus facile de se retenir. Par ailleurs, un grand nombre de femmes décrivent des fuites urinaires en cas d'effort non anticipé. Ces fuites pourraient être évitées en cas d'anticipation par un "verrouillage" actif (volontaire) du périnée résidant dans une contraction des muscles du plancher pelvien. Cette technique est d'ailleurs enseignée en rééducation pelvi-périnéale. Jousse et al. (16) ont montré qu'un détournement cognitif entraînait une diminution de la sensation de besoin. A ce jour, seul l'impact de l'attention et de la cognition sur la sensibilité vésicale a pu être étudié. Nous avons décidé d'étudier l'implication de la cognition et de l'attention dans le verrouillage périnéal qui est assuré par les muscles du plancher pelvien. Les hypothèses formulées étaient les suivantes :

1/les mécanismes neuromusculaires pelvi-périnéaux **volontaires** impliqués dans la continence urinaire sont modifiés par des épreuves de charge cognitive (tâches conditionnantes attentionnelles).

2/les mécanismes neuromusculaires pelvi-périnéaux **involontaires** impliqués dans la continence urinaire sont modifiés par des épreuves de charge cognitive (tâches conditionnantes attentionnelles).

3/Les modifications des mécanismes neuromusculaires pelvi-périnéaux provoquées par les épreuves de charge cognitive pourraient être prévenues/corrigées par une rééducation cognitive en double tâche.

Notre travail de thèse s'est divisé en 3 parties.

1) Dans la première partie, nous avons exposé les données bibliographiques qui ont servi de base de travail et nous avons décrit la neuro anatomie, l'anatomie et la physiologie des muscles pelvi-périnéaux et de l'urètre à l'effort. Nous nous sommes intéressés à l'attention et à son influence dans les mécanismes de contraction musculaire. Enfin, nous avons décrit les mécanismes physiologiques et physiopathologiques impliqués dans la continence urinaire lors d'un effort.

2) Dans la deuxième partie, nous avons présenté les matériels et méthodes puis les résultats de nos trois axes principaux de recherche. La première hypothèse concernait l'impact d'un détournement d'attention sur les mécanismes de contraction pelvi périnéale volontaire. La deuxième concernait l'impact d'un détournement d'attention sur les mécanismes de contraction pelvi périnéale involontaire. La troisième visait à évaluer l'impact d'une rééducation cognitive en double tâche sur les modifications engendrées par un détournement d'attention sur les mécanismes de contraction pelvi périnéales volontaire et involontaire.

3) Dans la troisième partie, nous avons discuté nos résultats et dégagé une conclusion générale centrée sur les résultats qui nous paraissaient intéressants et sur la base desquels nous envisageons de futures expériences. L'objectif final de ces travaux est de trouver une nouvelle piste physiopathologique qui pourrait devenir une cible thérapeutique, notamment dans le cadre de la rééducation périnéale.

## II-Etat actuel des connaissances

### II-A- Anatomie

Le système du bas appareil urinaire est à la fois constitué de composants viscéraux (l'urètre et la vessie) sous commande autonome et somatique et de composants musculaires sous commande volontaire (muscles striés du plancher pelvien) et involontaire (sphincter urétral). Son fonctionnement repose sur une régulation complexe assurée par les systèmes nerveux central et périphérique. La bonne coordination de ses composants permet d'assurer une phase de réplétion et une phase de miction.

#### II-A-1- Système nerveux central

Le bas appareil urinaire a pour mission d'assurer la continence urinaire grâce à des phases de remplissage et de miction. L'alternance de cette fonction est possible grâce à un système neurologique complexe impliquant entre autres le système nerveux central. Plusieurs entités du tronc cérébral et du cerveau ont été identifiées comme étant des éléments déterminants.

##### II-A-1-1- Les noyaux du tronc cérébral

**Le centre de Barrington** ou centre pontique de la miction (CPM) est situé au niveau du tronc cérébral. Il a initialement été découvert chez le chat dans les années 1925 et plus récemment chez l'Homme (17,18). Il est situé dans la région dorso-latérale du tegmentum pontique, ventralement au trajet du système trigéminal mésencéphalique et du locus cœruleus. Les premières expériences permettant de comprendre le fonctionnement du déclenchement mictionnel reposaient sur des observations cliniques confirmées par des expériences animales.

Holstege et al. (19,20) ont montré qu'une stimulation électrique au niveau de la région médiale dorsale pontique actuellement dénommée « centre M » était à l'origine d'une diminution de la pression urétrale, d'une absence d'activité électromyographique (EMG) des muscles releveurs de l'anوس et d'une augmentation de la contraction détrusorienne. Cette même équipe a pu montrer qu'il existait des connexions neuronales excitatrices entre le centre M et le centre para-sympathique de Budge et des interconnexions inhibitrices avec le noyau d'ONUF. Ainsi, une stimulation du « centre M » était à l'origine d'une contraction détrusorienne et d'une relaxation du muscle urétral aboutissant à une miction. De même, grâce à l'injection de Leucine radio-marquée, ils ont pu mettre en évidence que la région latérale pontique également appelée « centre L », était à l'origine d'une activation du noyau d'ONUF permettant une continence passive. Griffiths et al. (21) ont ainsi proposé en 1990 que le « centre M » soit considéré comme le centre mictionnel. L'inconvénient principal de cette hypothèse reposait sur le fait que peu de fibres nerveuses afférentes sensibles rejoignent le centre pontique mictionnel. Chez l'Homme, il se peut que le centre pontique soit latéralisé d'un seul côté contrairement au chat chez qui il est bilatéral. Cela a été mis en évidence par la constatation clinique d'une rétention aigue d'urine de 7 jours, suite à une lésion cérébrale du centre pontique de la miction droit, chez une jeune femme de 30 ans (22). Les expériences de neuro-imagerie de Block et al. (23,24) semblaient également le confirmer.

**La substance grise périaqueducale (PAG)** est située dans le tronc cérébral en regard de l'aqueduc de Sylvius. Il a été montré chez le chat et chez le rat, que des afférences provenant de la moelle sacrée (partie supérieure de la moelle sacrée et latéralement à la corne dorsale) se projetaient dans la région centrale de

la PAG (25). Les afférences partant de la PAG se projettent vers le centre pontique de la miction (CPM). La PAG est également en interaction avec d'autres régions corticales telles que le cortex médio-frontal, l'insula, le cortex préfrontal, le cortex pré-moteur et le cortex temporal limbique (26). Plusieurs observations cliniques ont rapporté des cas de rétention aigue d'urine ou d'incontinence chez des patientes présentant des lésions focalisées sur la PAG (27) ou atteint de sclérose en plaques (28). Le rôle de la PAG dans l'initiation de la miction ou le maintien de la réplétion vésicale semble donc être important. Il s'agit en effet d'un carrefour entre les informations provenant du cortex et de la vessie, qui va rentrer en interaction avec la boucle du « Guarding reflex ». Les afférences vésicales confèrent à l'individu la notion du niveau de remplissage vésical, sans pour autant qu'il ne soit réellement conscient de cette information. Cette particularité de la PAG pourrait être liée à son contact étroit avec le « système nerveux émotionnel » (26,29). Ce système nerveux décrit par Holstège en 1992 (29) a pour but de suppléer le système nerveux moteur classique. Les neurones le composant, fortement intriqués avec le système limbique, ne sont pas impliqués dans une action motrice spécifique mais serviraient davantage à juguler le niveau d'activation des neurones situés au niveau du tronc cérébral et de la moelle épinière pour permettre de réguler l'homéostasie corporelle. L'expérience réalisée par Athwal et al. (30) en 2001 confirmait l'implication de la PAG dans la sensation subconsciente du remplissage vésical. Il s'agissait d'une étude prospective expérimentale incluant 11 patients de sexe masculin, dont le but était d'évaluer à l'aide d'un TEP (Tomographie par Emission de Positron) scanner cérébral le retentissement d'un remplissage vésical passif sur l'activité cérébrale. Le protocole expérimental consistait à évaluer six niveaux de remplissage vésical. À

chaque niveau de remplissage, le patient devait définir sa perception de besoin d'uriner avant et après la réalisation du scanner. La limite principale de cette étude concernait le cathétérisme urétral qui à lui seul entraîne un besoin d'uriner, bien que les auteurs ne rapportaient pas de différence en terme d'activité cérébrale avec ou sans cathéter. Alors qu'une augmentation du remplissage vésical était, entre autre, corrélée à une augmentation de l'activité de la PAG, la sensation de besoin d'uriner n'était pas corrélée à une augmentation d'activation de la PAG (31). Une étude récente de neuro-imagerie fonctionnelle chez le rat publiée par Tai et al. (32), rapportait une augmentation de l'activation de la PAG au fur et à mesure du remplissage vésical sans que le CPM ne soit activé. Lorsque la capacité vésicale maximale était atteinte, l'activité de la PAG augmentait de manière importante et celle du CPM apparaissait. La PAG pourrait ainsi être le modulateur on/off de la miction agissant sur le CPM et la boucle du « guarding reflex ».

### II-A-1-2- Les noyaux cérébraux

L'insula est située dans le sillon moyen entre le cortex temporal et le cortex pariéto-frontal. Son rôle est de décoder « l'intéroception » de l'individu, c'est à dire sa capacité à réguler son homéostasie. Elle correspond au système paralimbique sensoriel. Elle reçoit des afférences de petit diamètre provenant de la couche 1 de la moelle épinière dont le trajet passe par le thalamus. Elle est en contact étroit avec le système nerveux émotionnel moteur. Selon Griffiths et al. (33-35), l'insula pourrait correspondre au cortex homéostatique afférent. En plus d'avoir un rôle dans la perception de douleurs viscérales et dans la perception de l'anxiété (36,37), cette équipe a pu montrer grâce à des études d'imagerie par

résonnance magnétique (IRM) fonctionnelle, qu'il existait une corrélation entre le degré de remplissage vésical et le niveau d'activation de l'insula. Contrairement aux femmes continentales, les patientes présentant une incontinence par urgenturie (IUU) présentaient une activation exagérée de l'insula lors d'un remplissage vésical important. Au même titre, chez les patientes atteintes de syndrome de Fowler, le signal d'activation de l'insula était absent (38). Tadic et al. (39) retrouvait une restauration de l'activité de l'insula après rééducation chez les patientes présentant une IUU ou chez les patientes âgées. Elle est en communication directe avec le cortex cingulaire antérieur (CCA).

**Le cortex cingulaire antérieur (CCA)** correspond à la partie frontale du cortex cingulaire qui est enroulée autour du corps calleux. Il est composé d'une partie dorsale présentant des fonctions davantage d'ordre cognitive et attentionnel et d'une partie rostro-ventrale ayant des implications affectives et émotionnelles (40). Il peut être considéré comme le cortex limbique moteur qui génère une activation motrice en réponse à l'homéostasie perçue par l'insula (41,42). Il serait également impliqué dans les choix à des réponses équivalentes et dans les choix à des réponses avec erreur potentielle (41,42). Une étude expérimentale d'imagerie fonctionnelle (IRM) menée par Tana et al. [32] chez 8 volontaires sains, retrouvait une activation majeure du CCA au cours d'un test de performance continu (Conner's Performance test) impliquant l'attention. Une synthèse des zones d'activation du CCA a été effectuée par Griffiths en 2008 (35). Selon le type d'expériences réalisées chez des volontaires sains, les zones d'activation variaient. A titre d'exemple, Matsuura et al. (43), demandaient seulement au patient de signaler lorsque leur vessie était pleine. Cette tâche ne faisait qu'intervenir le ressenti et non la cognition. Ils retrouvaient une activation uniquement localisée au

niveau du CCA. Dans une seconde expérience, Athwal et al. (30) demandaient aux volontaires de définir le ratio de remplissage vésical. Cette manipulation impliquant une certaine réflexion, seule la partie postérieure du CCA était activée. Au final, le CCA semble plus impliqué dans la perception du changement de réplétion vésicale que dans l'action de la miction. Il existerait un gradient postéro-antérieur d'activation du CCA corrélé au besoin croissant d'uriner.

**Le cortex préfrontal** est un des principaux acteurs du contrôle mictionnel décrite par Fowler (4). Celui-ci est divisé en 3 régions ayant chacune des caractéristiques spécifiques : le cortex préfrontal latéral autorise la personne à adopter un comportement spécifique, le cortex orbito-frontal permet de réprimer certaines émotions et le cortex ventro-médian est impliqué dans le ressenti des émotions et le sens des choses expérimentées. Le cortex préfrontal et notamment la partie la plus latérale, est également impliqué dans de nombreux phénomènes attentionnels notamment le travail de mémorisation (44,45). Son rôle dans le contrôle mictionnel avait initialement été mis en évidence par Ueki (46), qui dans une étude incluant 462 patients opérés en neurochirurgie, avait observé un rôle prépondérant du cortex préfrontal dans l'inhibition de la miction. En effet, les patients atteints de lésions de la substance blanche du cortex préfrontal devenaient pour la plupart incontinents. Au même titre, Andrew et al. (47) retrouvaient des troubles mictionnels importants chez les patients ayant eu un accident vasculaire cérébral de la région médio-frontale. Chez 17 hommes volontaires sains, Blok et al. (48) ont analysé au TEP scanner la corrélation entre la modification d'activation des régions corticales et le déclenchement mictionnel. Parmi les patients sélectionnés, certains ne réussissaient pas à uriner. A l'instar des patients aptes à uriner, les patients inaptes n'activaient pas leur cortex préfrontal.

Cette expérience corrobore l'hypothèse que le cortex préfrontal autoriserait ou non la miction selon l'environnement dans lequel l'individu se trouve. Le cortex préfrontal est également impliqué dans de nombreux phénomènes attentionnels (44,45). Il a d'étroites interconnexions avec le système limbique (hypothalamus et amygdale) ainsi qu'avec l'insula et le CCA. Les études de neuro-imagerie fonctionnelle ont également observé une activation du cortex préfrontal médial dans le déclenchement de la miction (48-51). Au cours du remplissage vésical, le cortex préfrontal médial semble être désactivé par le cortex préfrontal latéral. Le cortex préfrontal latéral aurait une action excitatrice sur la PAG en cas d'activation (2).

**L'aire motrice supplémentaire (AMS)** est située en avant de l'aire motrice primaire (M1), sur la face interne des deux hémisphères. Elle permet de planifier et de coordonner les gestes complexes impliquant une séquence de mouvements ou la coordination de plusieurs membres. Elle semble impliquer dans la commande de la contraction périnéale volontaire. Plusieurs études de neuro-imagerie fonctionnelle ont montré l'implication de l'AMS dans la contraction des muscles du plancher pelvien. Zhang et al. (52) qui ont étudié les contractions des muscles du plancher pelvien vessie vide et vessie pleine chez des hommes sains, retrouvaient uniquement une activation de l'AMS (d'autant plus importante que l'était la réplétion vésicale) sans activation de M1. Une des explications avancées par les auteurs serait une sous-représentation des muscles périnéaux dans l'aire motrice M1 par rapport aux muscles abdominaux. Seseke et al. (53) rapportaient entre autres, dans une étude d'IRM fonctionnelle chez onze femmes indemnes de pathologie, une activation de l'AMS et des aires motrices et sensitives primaires en cas de contraction périnéale. Kultz-buschbeck et al. (54), chez 30 volontaires sains

(15 hommes et 15 femmes) qui avaient pour ordre de réaliser des contractions périnéales standardisées mimant l'interruption volontaire de miction, retrouvaient entre autres une activation de l'AMS, spécialement au niveau de sa partie postérieure. En 2006, dans une étude réalisée grâce à l'IRM fonctionnelle, Di Gangi Herms et al. (55) retrouvaient un changement d'activation de l'AMS au décours d'une rééducation périnéale (12 semaines) chez des patientes présentant une IUE. En effet, avant la mise en place de la rééducation périnéale, les aires motrices primaires, sensorimotrices et les aires motrices supplémentaires et prémotrices étaient activées. Après rééducation, une disparition d'activité des aires motrices supplémentaires et prémotrices était observée, témoignant d'une automatisation de la contraction périnéale acquise grâce à la rééducation. En revanche, les auteurs observaient une focalisation de l'activité des aires motrices et sensorimotrices témoin d'une meilleure représentation de l'aire périnéale par l'individu. Gunnarsson et al. (56) montraient également après rééducation, un meilleur contrôle cortical de la contraction périnéale. Cette modification de l'activation des aires motrices n'était pas retrouvée chez les patients continents. Les auteurs émettaient l'hypothèse que les patients ne souffrant pas d'IUE n'avaient pas besoin de prendre conscience de leur périnée.

## **II-A-2- Système nerveux périphérique**

Le système nerveux périphérique est composé de fibres afférentes ou efférentes autonomes (sympathiques et parasympathiques) et somatiques.

### **II-A-2-1- le système nerveux autonome**

Le système nerveux sympathique innerve à la fois les structures viscérales et somatiques. Le système sympathique utilise les nerfs spinaux somatiques comme

système de soutien pour innerver les organes somatiques, alors qu'il prend appui sur les structures vasculaires pour innerver les organes viscéraux rendant ainsi leur zone d'innervation plus vaste. Les fibres efférentes du système nerveux sympathique dédiées au système du bas appareil urinaire prennent naissance au niveau de la substance grise de la corne intermedio-latérale de la moelle thoracolumbaire T10-L2. Elles sortent de la moelle par la racine antérieure puis croisent de chaque côté la chaîne sympathique para-vertébrale pour se rejoindre et former le plexus pré-aortique (57). Ces fibres efférentes pré-ganglionnaires convergeront vers le plexus hypogastrique supérieur, situé sur la ligne médiane au niveau de la bifurcation aortique en avant du promontoire, soit par le biais du plexus aortique pour les nerfs splanchniques issus de T 10 à T12, soit par le plexus mésentérique inférieur pour les nerfs splanchniques issus de L1-L2. Le long de leur trajet, la majorité des neurones pré-ganglionnaires auront établi une synapse avec les neurones post ganglionnaires sympathiques qui se rejoindront via les nerfs hypogastriques pour intégrer les plexus hypogastriques inférieurs droit et gauche (58). Les plexus sympathiques sont à médiation adrénérergiques. Les fibres sympathiques dérivant des plexus hypogastriques permettent de relâcher la contraction du détrusor via les récepteurs  $\beta$ -adrénérergiques (les récepteurs  $\beta$ -adrénérergiques sont principalement concentrer dans le corps vésical (59)) et de contracter les muscles du sphincter de l'urètre via les récepteurs alpha1-adrénérergiques (les récepteurs alpha-adrénérergiques sont principalement concentrer dans le col vésical et la partie proximale de l'urètre (59)) (60). Ces fibres permettent également d'inhiber le système nerveux parasymphatique via les récepteurs alpha-2-adrénérergiques ou de le potentialiser via les récepteurs alpha-1-adrénérergiques.

**Le système nerveux parasympathique** est majoritairement impliqué dans le relais d'information concernant les perceptions viscérales telles que la sensation de remplissage vésical, de besoin d'uriner, de sensation sexuelle, de plénitude rectale (61). Les fibres efférentes du système nerveux parasympathique dédiées au système du bas appareil urinaire prennent naissance au niveau pré-ganglionnaire de la corne intermedio-latérale de la moelle épinière sacrée S2-S4 (centre parasympathique de Budge) (3). Elles rejoindront les fibres sympathiques pour former les plexus hypogastriques inférieurs situés postéro-latéralement à la vessie. Les fibres parasympathiques sont à médiation majoritairement cholinergique, mais peuvent être modulées par des neuropeptides, muscariniques ou adrénergiques (2). Leur stimulation permet une contraction détrusorienne et de ce fait la miction.

Les fibres afférentes des systèmes nerveux sympathique et parasympathique, après avoir pris naissance sur la vessie et la partie proximale de l'urètre, convergent respectivement vers les plexus hypogastriques et les nerfs pelviens pour rejoindre les racines dorsales de la moelle épinière en T10-T12 et S2-S4 (57).

### **II-A-2-2- Le système nerveux somatique**

Les fibres efférentes du système nerveux somatique dédiées à l'innervation du bas appareil urinaire proviennent des motoneurons de la corne ventro-médiale et ventro-latérale de la moelle épinière sacrée. L'ensemble des neurones somatiques constitue le noyau d'Onuf qui s'étend de la partie distale de S1 à la partie proximale de S3 (62). A leur sortie des racines antérieures, au niveau supérieur du ligament sacro-tubéral, les fibres efférentes fusionnent pour former le nerf pudendal. Le nerf pudendal est un nerf mixte (moteur et sensitif) qui sort du

pelvis par la grande échancrure sciatique pour pénétrer dans l'espace glutéal, puis dans l'espace périnéal à travers le canal d'Alcock (63). Le nerf pudendal donne naissance à 3 branches principales (i), le nerf dorsal du clitoris qui innerve la majeure partie cutanée du clitoris, une partie de la face supérieure du clitoris étant innervée par le nerf ilio-inguinal ; (ii) le nerf périnéal qui innerve le sphincter externe strié de l'urètre, les autres muscles du périnée antérieur et la peau du périnée postérieur ; (iii) le nerf rectal inférieur qui innerve le sphincter anal externe, le faisceau pubo-rectal du *levator ani*, et la peau de la région péri-anale. Le système nerveux somatique est à médiation cholinergique.

### **II-A-3- Les composantes du plancher pelvien**

#### **II-A-3-1- Le fascia endopelvien**

Le « fascia pelvien » ou « aponévrose pelvienne » correspond à l'ensemble du tissu conjonctif occupant les espaces qui séparent la membrane péritonéale des parois musculaires et du plancher pelvien et qui ne sont pas occupés par des organes pelviens (64)(65). Le fascia pelvien comprend deux composantes : une composante pariétale et une composante viscérale. Le fascia pariétal, feuillet membraneux d'épaisseur variable, recouvre les muscles du plancher pelvien que sont le muscle élévateur de l'anus, les muscles coccygiens, les muscles piriformes, les muscles obturateurs internes et une partie du muscle du sphincter de l'urètre. Le fascia viscéral recouvre les organes pelviens. Ainsi ce fascia conjonctif assure en partie le soutien de l'utérus, de la vessie, de l'urètre et du vagin. Le fascia pelvien se rattachant à l'utérus, constitue le paramètre au sein duquel on peut individualiser les ligaments utérosacrés orientés longitudinalement vers le sacrum et les ligaments cardinaux orientés transversalement. Les deux composantes des

feuillet se rejoignent là où les organes pelviens franchissent le plancher pelvien, provoquant une condensation de tissus conjonctifs et la formation d'arc tendineux. On dénombre deux arcs tendineux que sont l'arc tendineux du fascia pelvien (condensation de collagène sur le muscle obturateur interne) et l'arc tendineux du muscle élévateur de l'anus (condensation de collagène sur le muscle élévateur de l'anus). L'arc tendineux du fascia pelvien s'insère sur la partie inférieure du pubis, de part et d'autre de la symphyse pubienne et se dirige vers l'épine ischiatique sur laquelle il s'insère. Le vagin et indirectement l'urètre prennent ancrage sur cet arc tendineux. L'arc tendineux du muscle élévateur de l'anus est ancré en arrière près de l'épine ischiatique et en avant sur le pubis. Sur toute sa longueur, il s'insère sur l'aponévrose du muscle obturateur interne. Le muscle élévateur de l'anus vient s'insérer sur cet arc tendineux (66).

### **II-A-3-2- Les muscles du plancher pelvien**

Les muscles du plancher pelvien sont multiples et fonctionnent en groupe

#### **II-A-3-2-1- Le muscle élévateur de l'anus**

Les avancées de l'imagerie et notamment de l'IRM ont permis de mieux comprendre la composition du muscle élévateur de l'anus (67). Selon la *Terminologia Anatomica* publiée en 1998 qui représente un consensus mondial dans le domaine de l'anatomie macroscopique, le muscle élévateur de l'anus est un muscle pair, composé de trois principaux faisceaux musculaires : le muscle pubococcygien (également appelé muscle puboviscéral), le muscle iliococcygien et le muscle puborectal. Le muscle pubococcygien est antéromédial. Il s'insère au niveau osseux sur la face postérieure du pubis et sur le coccyx, et sur la partie antérieure de l'arcade tendineuse du muscle élévateur de l'anus. Il est divisé en 3

différents rameaux, se détachant médialement et se dirigeant respectivement vers l'urètre pour le faisceau pubo-périnéal, vers le vagin pour le faisceau pubo-vaginal et vers l'anus pour le faisceau pubo-anal (68). Ces faisceaux médiaux rejoignent les faisceaux du muscle controlatéral avec lesquels ils s'entremêlent, formant ainsi des sangles musculaires délimitant le hiatus urogénital à travers lequel passe l'urètre, le vagin et la jonction anorectale (69). Le muscle iliococcygien est plus latéral et plus fin. Il s'insère sur le reste de l'arc tendineux du muscle élévateur de l'anus, l'épine ischiatique, le coccyx et le ligament anococcygien. Le ligament anococcygien est un raphé médian également appelé plateau lévatorien sur lequel repose le rectum et les deux tiers supérieur du vagin. Le muscle puborectal s'insère sur la face postérieure du pubis, puis s'oriente vers le rectum afin de venir former une sangle avec le muscle controlatéral. Il permet ainsi la création d'un angle anorectal dont l'utilité est majeure pour assurer la continence anale (70).

Le muscle élévateur de l'anus est principalement composé de fibre musculaire lisse de type II (71). Cette proportion importante de fibres de type II est expliquée par la fonction posturale de ce muscle, qui a besoin d'une contraction lente tonique prolongée pour maintenir en place les organes pelviens soumis à la pesanteur, de par le caractère bipède de l'homme. Son innervation repose sur un double système, impliquant à la fois le nerf pudendal et les nerfs du muscle élévateur de l'anus (72,73). Les branches des nerfs du muscle élévateur de l'anus proviennent directement du plexus sacré, longent le muscle coccygien et s'insèrent sur le bord supérieur du muscle élévateur de l'anus. Le nerf pudendal dont le trajet à précédemment été décrit, innerve de manière inconstante la face inférieure du muscle élévateur de l'anus par une ou plusieurs de ses branches

terminales. Dans 50 à 60% des cas, une branche nerveuse reliant les deux entités nerveuses précédemment décrites, a été identifiée (72).

### **II-A-3-2-2- Le muscle coccygien**

Le muscle coccygien est également un muscle pair. Il s'agit d'une lame musculaire triangulaire placée en arrière du muscle élévateur de l'anus, qui s'étend de l'épine ischiatique au bord latéral du sacrum et du coccyx. Il est étroitement accolé au ligament sacro-épineux qu'il recouvre. En complément du muscle élévateur de l'anus, il ferme la cavité pelvienne en arrière.

### **II-A-3-3- Le périnée superficiel et profond**

Le périnée est un ensemble musculo-aponévrotique fermant caudalement l'excavation pelvienne. Il est constitué de deux couches : le périnée superficiel et le périnée profond. Il a une forme losangique dont les sommets sont le pubis, les épines ischiatiques et le coccyx. Il est divisé en périnée antérieur et périnée postérieur, par une ligne passant par les deux épines ischiatiques.

#### **II-A-3-3-1- Le périnée superficiel**

Dans sa partie antérieure, le périnée superficiel est constitué de l'aponévrose périnéale superficielle et de 4 muscles que sont les muscles ischio-caverneux, bulbo-spongieux, transverse superficiel et le muscle constricteur de la vulve. L'aponévrose superficielle du périnée est sous-cutanée et recouvre le périnée antérieur. En avant, elle est en continuité avec le fascia superficiel abdominal. Latéralement, elle s'ancre au bord inférieur des branches ischiopubiennes et s'enfouie dans l'épaisseur des petites lèvres. Dans sa région centrale, elle s'insinue dans le noyau central du périnée. En arrière, elle se

prolonge sous la peau en regard des fosses ischio-rectales. Entre l'aponévrose superficielle et l'aponévrose moyenne sont disposées les glandes (glandes de Skène, glande de Bartholin), les organes érectiles (bulbes vestibulaires et corps caverneux du clitoris) et les muscles. Parmi les muscles figurent notamment le muscle transverse superficiel, qui se confond souvent avec le muscle transverse profond. Souvent fin et inconstant, il peut être plus épais en cas d'altération du muscle transverse profond. Il prend naissance sur la face interne de la branche ischio-pubienne et a une orientation transversale. Il se termine dans le centre tendineux du périnée. Il s'entremêle parfois avec les fibres du sphincter de l'anus. Les muscles bulbospongieux et ischiocaverneux sont en contact étroit avec la région ventrale de l'urètre (74). Leur contraction permet une fermeture caudale du hiatus urogénital et de ce fait, une légère action sur la clôture et le soutien de l'urètre.

Dans sa partie postérieure, le périnée superficiel est constitué du sphincter externe de l'anus. Il est constitué de deux arcs qui se réunissent en avant et en arrière, formant un manchon musculaire de 8-10 mm d'épaisseur sur une hauteur de 20 à 25 mm qui entoure le canal anal. Le sphincter strié ou externe de l'anus est formé de trois sphincters : un sphincter externe profond indissociable des fibres du faisceau pubo-rectal du muscle élévateur de l'anus, un sphincter externe moyen qui s'insère sur la pointe du coccyx par l'intermédiaire du ligament sacrococcygien et un sphincter externe superficiel sous-cutané situé au-dessous du précédent qui s'insère dans le noyau fibreux central du périnée. Il équivaut à un muscle peaucier.

### **II-A-3-3-2- Le périnée profond**

Il est soutenu par l'aponévrose pelvienne moyenne dont les fascias viennent fusionner en arrière des muscles transverses profonds. Il comprend deux muscles, que sont les muscles transverses profonds et le muscle du sphincter externe de l'urètre. Le muscle transverse profond est un muscle constant, pair, symétrique, aplati et de forme triangulaire recouvert par les fascias supérieur et inférieur du diaphragme pelvien. La terminaison des muscles transverses est controversée. Bien qu'il soit classiquement décrit une insertion sur la face médiale des branches ischiopubiennes, il semblerait que le muscle transverse profond soit le prolongement du sphincter strié de l'urètre, correspondant ainsi au muscle compresseur de l'urètre (75). Le sphincter strié de l'urètre a une forme en omega laissant libre la face postérieure de l'urètre féminin. Le sphincter distal est composé de deux bandes musculaires, dont l'une est le compresseur urétral (prenant son origine dans la membrane périnéale) et l'autre le sphincter uréto-vaginal (prenant son origine dans la paroi vaginale).

### **II-A-4- L'urètre et le canal anal**

#### **II-A-4-1- L'urètre**

Une revue exhaustive de la littérature a été réalisée par Anne Marie Leroi et Loic Lenormand en 2005 dans le cadre du rapport annuel de la SIFUD (76). La notion de sphincter « fonctionnel » doit probablement prévaloir sur la notion de sphincter « anatomique », en considérant les composants de l'urètre ainsi que son environnement et ses rapports.

#### **II-A-4-1-1- Anatomie de l'urètre**

L'urètre féminin est une structure tubulée complexe mesurant environ 3 cm de longueur. Partant de la vessie en regard du col vésical, il a une orientation oblique vers le bas et l'avant lors de sa traversée du hiatus urogénital. Il passe la fente urogénitale accompagné du rectum et du vagin, sur lequel il repose sur sa face antérieure. Son extrémité externe distale vient s'aboucher au niveau du vestibule entre le clitoris et l'orifice vaginal. En considérant une coupe sagittale, l'urètre comprend une partie intra pelvienne avant de passer la fente urogénitale (4/5 de sa longueur) et une partie périnéale. Sur sa portion périnéale, l'urètre est intimement rattaché au vagin. DeLancey (77) rapportait 5 portions distinctes de l'urètre. Le segment proximal est entouré du col vésical, les deux segments suivants sont entourés de muscles lisses et du sphincter urétral strié, le quatrième segment est entouré du muscle compresseur de l'urètre et le dernier segment, le plus distal, est composé de tissus fibreux sans élément contractile.

#### **II-A-4-1-2- Composition musculaire de l'urètre**

Il est composé de fibres musculaires lisses et de fibres musculaires striées. Les fibres musculaires lisses sont d'orientation et d'origine variables. Il existe des fibres obliques prolongeant les faisceaux du détrusor et formant un système de fronde autour de l'urètre. Des fibres longitudinales plus internes constituent dans l'urètre la couche interne plexiforme du détrusor et du muscle trigonal (78). Ces fibres sont disposées en fines couches qui s'étendent sur toute la longueur de l'urètre. Bien qu'en prolongement avec la vessie, les origines histologiques et embryologiques de ces muscles sont différentes (79,80). Les fibres musculaires striées sont composées de fibres de type I de mécanisme oxydatif permettant une

contraction musculaire soutenue, tonique et lente et de fibres de type II de mécanisme glycolytique permettant d'assurer des contractions rapides, phasiques, puissantes et brèves. Leur répartition au sein du sphincter de l'urètre est variable selon les espèces et le genre. Le sphincter de la femme comporte 13% de fibres de type I alors que le sphincter de l'homme en comporte près de 35%. On observe une augmentation des fibres de type II sur la partie la plus distale de l'urètre, permettant une adaptation rapide de l'urètre en cas d'effort soudain tels que la toux ou le rire (76). Les fibres du sphincter strié urétral proximal (20 à 60% de sa longueur) n'entourent complètement l'urètre qu'en regard de son tiers moyen. La portion postérieure du sphincter est toujours plus mince que sa portion antérieure. Cette proportion de muscle strié postérieur se modifie avec l'âge, étant annulaire chez les fœtus pour devenir fibreuse chez les femmes âgées (81). Le sphincter strié distal (60 à 80% de sa longueur) est quant à lui composé de deux bandelettes que sont le muscle compresseur de l'urètre (82) et le sphincter uréthro-vaginal (83).

#### **II-A-4-1-3- Composition vasculaire, urothéliale et lamina propria**

L'urothélium urétral est composé de multiples replis longitudinaux qui facilitent l'occlusion de l'urètre en dehors des mictions. Il est composé d'une couche muqueuse interne et d'une tunique musculieuse externe. La couche muqueuse est composée d'un axe conjonctivo-vasculaire dans lequel siège un réseau veineux important. La tunique muqueuse est constituée d'une fine couche de cellules jointives imperméables à l'eau et recouvertes de glycosaminoglycanes, barrière aux petites molécules et à la colonisation bactérienne. Il existe une *lamina propria* qui est située entre les cellules musculaires lisses et l'urothélium.

Cette région est composée d'un stroma entourant un riche plexus vasculaire, de fibres de collagène et de fibres élastiques. Les plexus vasculaires et la *lamina propria* pourraient avoir un rôle dans la continence urinaire de par leur maléabilité en mimant l'action d'un joint hermétique.

#### II-A-4-1-4- Eléments de soutien

L'urètre est l'un des acteurs de la continence urinaire, non seulement grâce à ses composantes intrinsèques, mais également grâce aux tissus environnants qui vont lui permettre de remplir ses fonctions. On pourrait en effet penser que seul le sphincter aurait un rôle dans le maintien de la continence urinaire alors que le plancher pelvien bien que dépourvu de véritable sphincter, participe bien à l'occlusion par la contraction périnéale reflexe et volontaire. Ces phénomènes sont en partie liés aux rapports anatomiques de ces entités.

Le méat urétral est adhérent à la face antérieure de la symphyse pubienne par une condensation conjonctive et musculaire lisse formant les ligaments pubo-urétraux décrit par Delancey. Les ligaments pubo-urétraux qui s'insèrent sur la face dorso-caudale du pubis sont divisés en 3 : le ligament pubo-urétral proximal qui s'insère sur la face dorsale du tiers proximal de l'urètre et sur le col vésical, le ligament pubo-urétral intermédiaire sur l'urètre moyen et le ligament pubourétral distal de l'urètre. Le ligament pubo-urétral proximal a un rapport étroit avec le complexe du sphincter strié urétral alors que le ligament pubo-urétral distal semble renforcer le muscle compresseur de l'urètre (84). Delancey (85) décrivait deux composantes au ligament pubo-urétral proximal : une composante superficielle, riche en fibres musculaires lisses reliées au col vésical, qui permettrait de l'ouvrir lors de la miction et une partie profonde, dense en

collagène, qui suspendrait l'urètre proximal. Son existence est à l'origine de controverses du fait de sa difficulté de dissection, ne permettant pas de l'objectiver systématiquement. Son implication dans la continence urinaire reposerait sur la théorie de la « suspension urétrale » qui limiterait ainsi la mobilité de ce dernier.

L'urètre est relié à la face antérieure du vagin sur toute sa longueur par l'intermédiaire d'un tissu cellulo-aponévrotique, composé du fascia viscéral tendu entre les arcs tendineux du fascia pelvien. La portion pubo-vaginale du muscle élévateur de l'anus (partie antérieure) représente la principale composante musculaire de soutien de l'urètre intra-pelvien. En effet le vagin est solidement maintenu par sa face postérieure sur le muscle élévateur de l'anus. Il existerait des attaches tendineuses latérales entre le sphincter strié de l'urètre et le muscle élévateur de l'anus. Le muscle compresseur de l'urètre serait attaché au faisceau pubo-rectal (75). Les fibres du faisceau pubo-coccygien sont orientées vers le haut et l'avant en direction de leur attache pubienne et croisent le tiers moyen de l'urètre. Ceci permettrait une synergie musculaire aboutissant à l'obtention d'une clôture urétrale par flexion antérieure de l'urètre moyen (66). La portion périnéale de l'urètre est complètement fixe. Au niveau de la couche profonde du périnée, l'urètre est fortement collé aux éléments du diaphragme uro-génital, qui le relie et le solidarise au cadre pelvien. Dans la couche superficielle du périnée, l'urètre est en contact intime avec la paroi vaginale antérieure.

#### **II-A-4-2- Le canal anal et son sphincter**

Le canal anal correspond à l'extrémité distale du tube digestif. Il mesure 3 cm, limité en proximal par la ligne ano-rectale (niveau supérieur de la sangle pubo-

rectale) et distalement par la marge anale. Il est composé d'un système sphinctérien associant des fibres circulaires (sphincter anal interne et externe) et des fibres longitudinales (muscle longitudinal complexe et *muscularis submucosae ani*)(76). Le sphincter anal interne est un anneau musculaire lisse mesurant environ 3 cm, correspondant au prolongement du tissu musculaire lisse du rectum. Son épaisseur est d'environ 0,5 à 4 mm, sa limite supérieure est située 10 mm au-dessus de la ligne pectinée et sa limite inférieure à 7 mm au-dessus de la marge anale. Il est séparé du sphincter anal externe (SAE) par le fascia intermusculaire. Les composants striés permettant la continence anale sont les suivants : le SAE, les muscles pubo-rectaux, pubo-coccygiens et ilio-coccygiens. Il existe de nombreuses controverses concernant les descriptions anatomiques du SAE et son nombre de faisceaux musculaires. Le SAE s'insérerait en avant de haut en bas sur le pubis pour les fibres entremêlées avec le faisceau pubo-rectal, sur le centre tendineux du périnée pour les fibres intermédiaires et en arrière et en bas sur le coccyx et le ligament ano-coccygien.

### II-A-5 La vessie

La vessie est un organe impair, réservoir musculaire dont le rôle est de stocker les urines produites par les deux reins. Elle est située dans la loge vésicale, dans la partie ventrale du petit bassin, en arrière de la symphyse pubienne dans l'espace retro-péritonéal. Sa forme varie selon son degré de réplétion. Lorsque la vessie est vide, on peut décrire une face craniale, triangulaire et concave, une face ventro-caudale convexe et une face dorso-caudale qui se rejoignent pour former le col vésical. Lorsque la vessie est pleine, elle devient globuleuse essentiellement au dépend de sa face supérieure également appelée dôme vésical.

Lorsqu'elle est vide, la vessie est strictement pelvienne et devient abdomino-pelvienne en cas de réplétion. Elle est composée de deux parties : le trigone vésical de Lieutaud, pièce musculaire maîtresse fixée sur le plancher pelvien, postéro-inférieure contrôlant les orifices urétéraux et le col vésical, et la calotte ou dôme vésical véritable chambre d'extension mobile. En déplétion, elle mesure 6 cm de longueur par 5 cm de largeur. Elle double ses dimensions lorsqu'elle est pleine. En moyenne, elle contient 250 à 500 ml. Elle présente 3 orifices qui sont les deux méats urétéraux et l'insertion de l'urètre. Elle est composée d'une muqueuse appelée urothélium, d'une musculature ou détrusor et d'une adventice cellulo-nerveuse et vasculaire. Le muscle de la vessie appelé détrusor, est constitué de cellules musculaires lisses regroupées en faisceaux disposés de façon longitudinale à la partie profonde et superficielle de la vessie, et de façon circulaire à la partie moyenne. Les fibres musculaires du détrusor sont classiquement disposées en trois couches et réalisent une structure plexiforme, bien adaptée à la contraction « en masse » de l'organe lors de la phase expulsive. Le col vésical est constitué de fibres émanant du détrusor. Les fibres longitudinales sont les plus externes et se concentrent sur les versants antérieurs et postérieurs en larges faisceaux : le faisceau longitudinal antérieur s'étend de l'apex vésical à la lèvre antérieure du col ; le faisceau longitudinal postérieur, plus large, décrit les faces latérales de la vessie. Au niveau de la base, les deux parties latérales du faisceau, clivées par la pénétration vésicale des uretères, se rejoignent en avant et en bas pour former une anse superficielle à concavité postérieure : l'anse du détrusor, autrement décrite par Gil Vernet comme « arc pré-cervical ». Sur la partie la plus superficielle de cette anse vient s'insérer le plan superficiel du faisceau longitudinal antérieur. La partie médiane du faisceau postérieur, large,

est fixée dans le septum vésico-vaginal. Les fibres circulaires constituent le plan moyen, prolongeant la couche moyenne, circulaire, du détrusor. Les fibres s'orientent vers le bas et l'avant, et sont de plus en plus denses jusqu'au niveau de l'orifice vésico-urétral. Elles constituent ainsi l'armature de la base, en formant des anneaux concentriques plus étendus en arrière et latéralement. En avant, ces anneaux s'entrelacent avec les fibres profondes du faisceau longitudinal antérieur, si bien que la disposition concentrique s'efface au niveau de l'orifice cervico-urétral. Les fibres internes, plexiformes au niveau de la vessie, adoptent une disposition longitudinale et convergente vers l'orifice vésico-urétral. Elles sont intimement liées aux fibres du muscle trigonal et, comme elles, se fixent sur l'armature circulaire ; certaines se prolongent sur la paroi de l'urètre. Le « sphincter lisse », dont l'existence et la structure ont fait l'objet de nombreuses controverses, est ainsi représenté par un système de frondes musculaires lisses cravatant le col vésical et s'enroulant autour de l'urètre proximal. Fonctionnellement, il se comporte comme un sphincter, ayant son innervation propre. Le sphincter strié va doubler extérieurement le sphincter lisse autour de l'urètre.

D'un point de vue artériel, sa vascularisation est assurée par les artères vésicales supérieures qui proviennent des artères ombilicales, par les artères vésicales inférieures ayant pour origine l'artère vaginale, et les artères vésicales antérieures provenant des artères pudendales internes. Le retour veineux converge vers les plexus rétro-pubiens et les plexus vésicaux pour rejoindre les veines iliaques internes.

## II-B- Physiologie de la contraction musculaire périnéale

### II-B-1- Contraction périnéale volontaire

La contraction volontaire des muscles du plancher pelvien est sous le contrôle du système nerveux central. La contraction pelvi-périnéale volontaire intéresse les muscles péri-urétraux (sphincter urétral externe, muscle compresseur de l'urètre et sphincter uréthro-vaginal) et les muscles du plancher pelvien (muscle *levator ani* et sphincter anal externe). Une contraction concomitante de ces différentes entités permet d'assurer une bonne continence urinaire. La pression de clôture urétrale maximale (PCUM) serait le paramètre le mieux corrélé à la survenue d'une IUE (86). En s'appuyant sur la théorie de Delancey (85), la contraction des muscles du plancher pelvien permettrait d'améliorer l'occlusion de l'urètre au repos et à l'effort. Dompeyre et al. (87) ont étudié les variations de pression de clôture urétrale (PCUM) au repos et à l'effort selon la force de contraction volontaire des muscles du plancher pelvien. Il était demandé à 358 patientes présentant une incontinence urinaire (IU) sans autre pathologie pelvi-périnéale associée, de réaliser une contraction périnéale volontaire maximale d'une durée de 5 secondes lors d'une profilométrie avec mesure de la PCUM. Les patientes étaient réparties en 4 catégories suite à un *testing* manuel de contraction périnéale : contraction périnéale forte, normale, faible, absente. Ils retrouvaient une corrélation entre la force de contraction périnéale et la PCUM en retenue, ainsi qu'entre la force de contraction périnéale et le gain de PCUM. Il n'existait pas de corrélation entre la force de contraction périnéale et la PCUM au repos. Le gain moyen de PCUM lors d'une contraction périnéale volontaire était de 71%. Une autre étude réalisée par l'équipe de Dietz (88) dans une population de

patientes présentant des troubles pelvi-périnéaux utilisant une cotation de la force de contraction périnéale selon technique d'Oxford modifiée, retrouvait un gain de PCUM moyen de 20%. Ils observaient que plus la force de contraction périnéale était importante, plus la PCUM était importante, et plus le gain de PCUM était important. Une avulsion du muscle du *levator ani* était associée à une diminution du gain de PCUM. L'absence de corrélation entre la contraction des muscles du plancher pelvien et la PCUM serait le reflet d'une participation majoritaire des muscles du plancher pelvien dans le maintien de la continence urinaire à l'effort et non au repos. En cas d'effort, la contraction des muscles du plancher pelvien permettrait d'adapter les capacités résistives urétrales. De plus, il est connu qu'une contraction des muscles du plancher pelvien provoquent une inhibition de la contraction détrusorienne favorisant ainsi la continence urinaire (89). De même une récente étude urodynamique réalisée chez 57 patientes souffrant de troubles périnéaux d'origine non neurologique, retrouvait qu'une simple relaxation des muscles du plancher pelvien, sans contraction abdominale ou contraction détrusorienne volontaire, permettait à la patiente d'uriner (90).

## **II-B-2- Contraction périnéale involontaire lors de la toux**

### **II-B-2-1- Sphincter strié urétral et muscle du plancher pelvien**

Lors d'un effort de toux, il existe une contraction des muscles du plancher pelvien qui permet d'assurer en partie la continence urinaire à l'effort. Une étude EMG a permis de montrer chez 6 femmes continentales, qu'il existait une contraction simultanée des muscles du plancher pelvien (*levator ani*) et du sphincter strié urétral en réponse à une élévation de la pression intra-abdominale (91). Des études sur l'animal (rat et chien) ont permis de mettre en évidence cette

contraction périnéale réflexe. En cas d'éternuement, chez des rats dont l'enceinte abdominale était ouverte afin d'éviter toute « transmission de pression », Kamo et al. (92) retrouvaient une absence d'élévation de la pression de clôture urétrale témoignant d'une abolition de la contraction périnéale réflexe en cas de section bilatérale des nerfs pudendaux. Selon la théorie de Delancey (85), les muscles du plancher pelvien forment un « hamac » sous vésical fixé latéralement sur les arcs tendineux du fascia pelvien. Cette structure permet de créer un support sur lequel vient s'écraser l'urètre favorisant ainsi son occlusion. Néanmoins, une altération de ce système de soutien isolé ne permet pas d'expliquer à elle seule l'apparition d'une IU puisque certaines patientes continentales présentent une hypermobilité urétrale. En effet, pour permettre une bonne continence la chronologie entre la contraction périnéale et l'augmentation de pression abdominale est importante. Les premières expériences réalisées par Constantinou et al. (93) chez 11 femmes volontaires en bonne santé retrouvaient une augmentation de la pression urétrale précédant l'élévation de la pression vésicale de  $240 \pm 30$  ms. La pression urétrale était également supérieure à la pression vésicale lors d'un effort. Van der Kooi et al. (94) retrouvaient une élévation anticipée de la pression urétrale chez 25% des femmes volontaires saines alors qu'aucune patiente ayant une IUE n'avait d'augmentation anticipée de la pression urétrale. Thind et al. (95) dans une étude comparant 30 femmes saines à 30 femmes présentant une IUE, observaient une élévation des pressions urétrales avant l'augmentation des pressions vésicales chez 33% des femmes saines et 25% des femmes présentant une IUE. Cette augmentation de la pression urétrale semble avant tout liée à la contraction des muscles du plancher pelvien plus qu'au sphincter strié de l'urètre. En effet, Thind et al. (96)

rapportaient qu'une anesthésie des nerfs pudendaux provoquait une diminution de près de 50% de l'augmentation des pressions urétrales en cas d'éternuement.

L'avènement de l'échographie translabiale renforce l'arsenal d'outils permettant de mettre en évidence la contraction périnéale réflexe. Dietz et al. (97,98) décrivaient deux types de contraction périnéale réflexe détectable à l'échographie : (i) l'ascension anorectale (anorectal lift) témoin de la contraction des muscles profonds du plancher pelvien (*levator ani*) (ii) et le déplacement du clitoris vers l'intérieur (inward clitoral motion) correspondant à la contraction périnéale superficielle (sphincter strié de l'urètre, muscles ischiocaverneux, muscles bulbospongieux, muscles périnéaux transverses). Dans une première étude, Dietz et al. (97) retrouvaient une contraction périnéale réflexe « profonde » chez 79% des femmes et « superficielle » chez 91% des patientes consultant pour la réalisation d'un bilan urodynamique pour des troubles fonctionnels urinaires (IUE, IUU, dysurie, nycturie...). Ils retrouvaient une association entre l'absence de contraction périnéale réflexe, la faible amplitude de la contraction réflexe et la survenue d'une IUE urodynamique ( $p=0,045$  ;  $p=0,046$ ). En revanche, ils n'observaient pas d'association entre IUE et le timing d'activation de la contraction périnéale réflexe. Dans une cohorte de 667 patientes présentant des troubles pelvi-périnéaux, Yang et al. (99) observaient une contraction périnéale réflexe « superficielle » chez 80% des femmes et « profonde » chez 84% des femmes. Le seul facteur associé à la présence d'une contraction périnéale réflexe « superficielle » était l'âge (RR 0,93 (IC 95% 0,88-0,99),  $p=0,017$ ) : plus la patiente est âgée, moins il existe de contraction périnéale réflexe. En revanche, aucun facteur (âge, parité, statut de la ménopause) n'était associé à la présence d'une contraction périnéale réflexe « profonde ».

## II-B-2-2- Sphincter anal externe

Le SAE se contracte en réponse à une élévation de la pression intra-abdominale provoquée par la toux, le rire ou bien encore l'éternuement (100). Il existe une contraction concomitante des muscles du plancher pelvien (faisceau pubo-rectal) et des muscles du SAE, liée à l'intrication des fibres musculaires les composant. Notre équipe a précédemment montré chez 16 femmes volontaires saines que l'amplitude de la contraction du SAE était proportionnelle à l'intensité de l'effort de toux et cela quel que soit le degré de remplissage vésical : plus la toux était importante, plus forte était la contraction du SAE (101). Chez les patientes présentant une IUE, Deffieux et al. (102) observaient une altération de la modulation de la contraction du SAE en réponse à un effort de toux. En comparant 4 femmes continentales à 6 femmes présentant une IUE, ils observaient une relation entre l'activité électromyographique (EMG) des muscles du SAE et la pression vésicale (correspondant à l'intensité de l'effort de toux) significativement différente entre femmes continentales et incontinentes ( $p < 0,0001$ ). Les patientes souffrant d'IUE présentaient un défaut d'adaptation avec une activité EMG du SAE plus faible que les femmes continentales. Deffieux et al. (103) ont également étudié le délai d'activation de la contraction du SAE au cours d'un effort de toux. Chez 10 volontaires saines, ils retrouvaient une pré-activation de la contraction du SAE, c'est-à-dire un début d'activité EMG périnéale précédant le début d'activité EMG des muscles intercostaux externes (ICE) (reflétant l'initiation de la toux). Le délai moyen de pré-contraction était de -210 ms. A l'inverse, chez des patientes atteintes d'IUE, cette pré-activation faisait défaut (délai moyen de pré-activation 0 ms) ( $p < 0,001$ ) (103). De plus, chez les femmes incontinentes, il existait une

corrélation entre l'absence de pré-contraction du SAE et un défaut de modulation de la contraction du SAE en réponse à un effort de toux (104).

## II-C- L'Attention

### II-C-1- Caractéristiques de l'attention

#### II-C-1-1- Définition

L'attention est la condition permettant à l'individu de s'adapter à des situations nouvelles et de réaliser des tâches motrices et cognitives complexes. Certains auteurs estiment que l'attention est présente au cours de tout processus contrôlé, et cela de manière volontaire ou non (105). En effet, l'attention est requise quel que soit le type d'activité cognitive dans laquelle un individu est engagé. Cet aspect ubiquitaire de l'attention rend difficile sa définition non univoque et son étude. En effet, l'attention est une fonction complexe qui ne peut être réduite à un processus unique. L'attention est le plus souvent envisagée comme un mécanisme permettant à l'organisme de sélectionner une partie de l'information de l'ensemble des stimulations auxquelles il est exposé, à un instant donné, en vue d'aboutir à une réponse adaptée et cohérente. L'individu sélectionnerait une information extérieure ou une pensée et la maintiendrait active dans sa conscience, dans le but d'aboutir à un traitement plus approfondi des informations sélectionnées, aux dépens d'autres informations en provenance de l'environnement. Cette sélection est nécessaire car l'être humain ne peut pas traiter simultanément plusieurs informations à haut niveau d'importance au même moment, à moins que l'une des tâches découlant de l'information sélectionnée ne

soit automatisée ou qu'il y ait alternance d'attention vers l'une ou l'autre des tâches.

Il existe deux types d'attention. Premièrement, l'attention endogène qui correspond à une mise en jeu volontaire de l'attention vers une information (l'individu dirige lui-même son attention vers un objet/lieu en fonction de sa motivation ou du contenu de sa mémoire de travail et des instructions données). Deuxièmement, l'attention exogène qui est indépendante de la volonté de l'individu, celui-ci est attiré vers une information provenant du monde extérieur, telle qu'une modification soudaine de l'environnement (par exemple un flash lumineux ou un changement de couleur). Il s'agit de phénomènes soudains et simples. Ainsi l'attention endogène permet à l'individu d'adopter un comportement cohérent dirigé vers un but, alors que l'attention exogène lui permet de répondre rapidement à une modification de l'environnement extérieur. Un équilibre entre ces deux formes d'attention permettrait un comportement adapté et cohérent. L'attention exogène semblerait ainsi disparaître rapidement si elle n'était pas relayée par l'attention endogène.

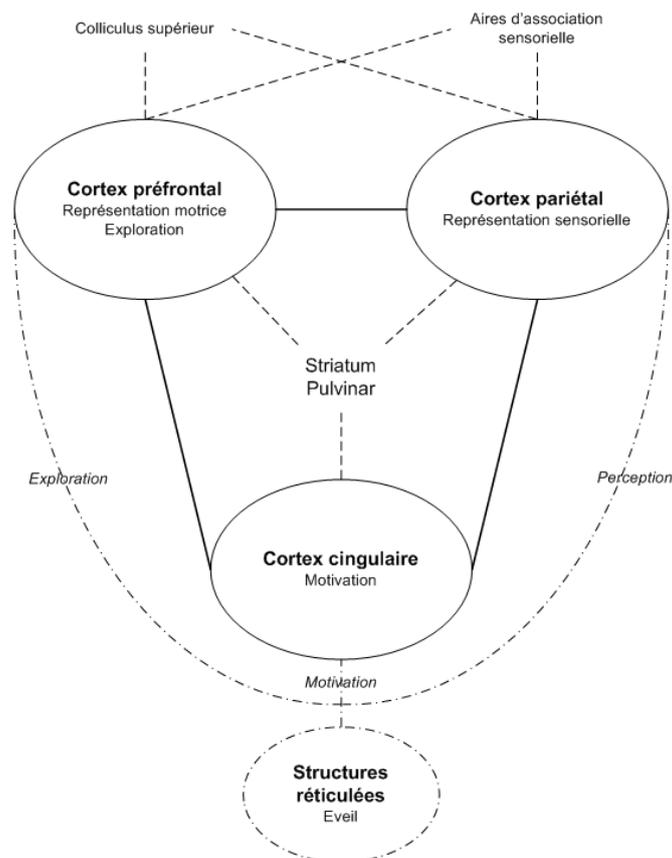
### **II-C-1-2- Modèles de réseaux corticaux impliqués dans l'attention**

L'attention pourrait être la résultante d'un réseau cérébral, même si elle peut s'exprimer au niveau de différentes régions corticales et si chaque région corticale peut fonctionner de manière attentionnelle ou automatique (105). Trois principaux modèles d'attention ont été proposés au cours des dernières années :

Mesulam (106,107) a proposé en 1981 le premier modèle en réseau des troubles attentionnels impliquant différentes aires cérébrales. Il s'agit d'une hypothèse de processus dynamique dans laquelle il existerait une interaction entre les

différentes composantes de l'attention, menant à une altération globale de l'attention en cas d'atteinte de l'un des acteurs. Les éléments constituant le réseau cortical sont le cortex pariétal supérieur, le cortex cingulaire et l'aire oculogyre. Ils sont reliés au système sous cortical composé, entre autre, du thalamus, du striatum... Ce réseau serait sous l'influence du système réticulaire activateur ascendant qui permet de fournir un degré d'éveil suffisant. Ainsi, la région pariétale contiendrait une représentation interne du monde extérieur, le gyrus cingulaire serait responsable de la distribution spatiale de l'attention, et la région frontale coordonnerait l'exploration motrice, l'atteinte et la fixation du stimulus (figure 1).

**Figure 1 : Modèle attentionnel selon Mesulam**



- Le modèle proposé par Posner (108) divise lui aussi le cortex en deux parties : (i) un système antérieur (AMS et CCA) à médiation dopaminergique dont le rôle est exécutif permettant de commander l'attention, de résoudre les conflits et de prendre une décision et (ii) un système postérieur à médiation cholinergique représentant les aires d'expression de l'attention permettant l'attention sélective et l'orientation. Les régions pariétales permettent le désengagement de l'attention, le thalamus permet l'engagement de l'attention et le colliculus permet le déplacement de l'attention. L'ensemble du système antérieur et postérieur est modulé par l'alerte qui est à médiation noradrénergique situé dans le locus coeruleus.

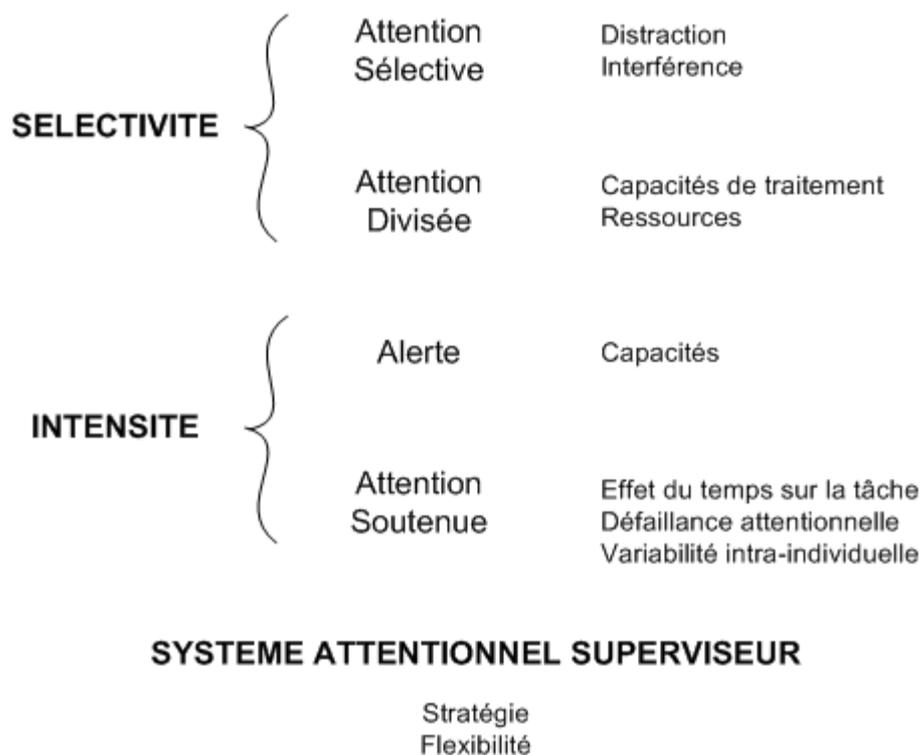
- Le modèle proposé par LaBerge (109) est un modèle triangulaire impliquant l'ensemble des régions préfrontales, les régions corticales postérieures et le thalamus. Les régions corticales agissent selon deux modes : soit en mode « automatique » soit en mode « contrôlé ». Les régions postérieures reçoivent des informations du monde extérieur : le lobe temporal reçoit des informations sur la nature des objets, le lobe pariétal sur leur localisation. Le lobe frontal qui produit l'attention endogène, vient puiser l'information dans les régions postérieures par l'intermédiaire d'un filtre qui est le thalamus. Les régions préfrontales agissent sur les régions postérieures afin de sélectionner et maintenir dans la mémoire de travail une représentation utile pour le sujet. Elles permettent également la modulation d'une représentation par l'intermédiaire du thalamus qui rehausserait ou atténuerait le niveau d'activation des régions postérieures.

### **II-C-1-3- Les différentes formes d'attention**

Il existe différentes formes d'attention. Deux formes de l'attention peuvent être distinguées selon Van Zomerén et Brouwer (110) : l'intensité et la sélectivité.

Dans chaque forme de l'attention, il existe différents domaines. Concernant l'intensité, on dénombre l'alerte (tonique ou phasique), l'attention soutenue et la vigilance. Concernant la sélectivité, on retrouve l'attention dite sélective ou focalisée ou dirigée et l'attention divisée (figure 2).

**Figure 2: Le modèle de Van Zomeren et Brouwer**



### **II-C-1-3-1- L'alerte ou l'éveil**

L'alerte ou l'éveil est la condition *sine qua none* à l'activation de l'attention. Elle fait référence à une ouverture sensorielle sur le monde qui nous entoure. Elle correspond à une mobilisation globale, non sélective, du système de réponse. Elle est divisée en 2 entités : l'alerte tonique et l'alerte phasique.

- **L'alerte tonique** correspond à un niveau d'éveil de base permettant à l'individu de réagir de manière adéquate à son environnement et ses contraintes. Il s'agit d'un ensemble de fluctuations lentes, graduelles, involontaires et généralisées de l'attention.
- **L'alerte phasique** correspond à la facilitation instantanée et généralisée de la performance induite par un signal avertisseur (111). Elle permet d'optimiser la réactivité et la réceptivité d'une personne lorsque l'information qu'il va avoir à intégrer va être précédée d'un signal.

L'éveil est sous-tendu par une interconnexion entre différentes parties anatomiques du cerveau. Le système réticulaire activateur ascendant envoie un influx excitateur vers l'ensemble du cortex et plus particulièrement vers le cortex préfrontal dorsolatéral et inféropariétal de l'hémisphère droit et le gyrus cingulaire antérieur (112). L'éveil peut être testé par les tests suivants : temps de réaction simple sans (tonique) ou avec (phasique) stimulus d'alerte.

### II-C-1-3-2- L'attention soutenue

L'attention soutenue permet une fois que le stimulus est sélectionné de le maintenir pendant un certain temps. Elle nécessite de la part de l'individu un traitement actif ininterrompu de l'information. En effet, l'individu doit maintenir un niveau d'efficacité adéquat et stable au cours d'une activité sollicitant un contrôle attentionnel continu. Si le rythme de traitement de l'information est trop soutenu, il y aura une surcharge et un dépassement des capacités attentionnelles qui mettront fin à la tâche en cours. Elle met en jeu les mêmes acteurs anatomiques que « l'alerte ».

### II-C-1-3-3- La vigilance

A l'extrême, dans un *continuum*, l'attention soutenue peut se transformer en vigilance. Selon Mackworth, il s'agit d'un état de préparation à détecter et réagir à certains changements discrets apparaissant à des intervalles de temps variables au sein de l'environnement (111). En résumé, la vigilance consiste en une surveillance portant sur la détection d'événements rares. Elle met en jeu les mêmes acteurs anatomiques que « l'alerte ». Les paradigmes permettant de tester la vigilance sont des tâches simples, de longue durée, avec des stimuli cibles de fréquence d'apparition faible. A titre d'exemple, on peut retrouver la batterie de Zorglub, les tests de Zimmermann et Fimm ou bien encore la batterie TEA de Robertson (111).

### II-C-1-3-4- L'attention sélective ou focalisée

L'attention sélective est la capacité d'une personne à sélectionner un stimulus parmi d'autres, de façon consciente ou non, comme centre de l'attention. Les situations dans lesquelles le sujet est confronté à plusieurs tâches (concomitantes ou non) permet de mettre en évidence ce type de sélection. Le mécanisme permettant l'attention sélective est double : d'une part l'activation du processus de centration sur l'objet de l'attention et d'autre part, l'inhibition active d'éléments distracteurs potentiellement perturbateurs et, pouvant interférer avec la focalisation (111). Des études de neuro-imagerie utilisant le TEP scanner ont permis de montrer l'implication du cortex orbito-frontal latéral gauche, des ganglions de la base et du thalamus dans l'attention sélective (113). Chez certains patients présentant des lésions corticales hémisphériques gauches, il a été observé des altérations de l'attention sélective passant par un allongement des temps de réaction et une augmentation du taux d'erreurs de réponse lors des

paradigmes de temps de réaction à choix multiples (114). L'ensemble des tests utilisés pour l'évaluation de l'attention sélective repose sur le principe go/no go : réagir à la cible (go) et inhiber les réactions devant les distracteurs (no go).

### **II-C-1-3-5- L'attention divisée**

Elle se trouve utilisée lorsque le sujet est soumis à la réalisation concomitante de plusieurs tâches ou au monitoring ou traitement simultané de plusieurs sources d'information. Dans la vie de tous les jours, nous sommes constamment confrontés à l'exécution de doubles tâches telles que téléphoner en marchant, résoudre un problème en urinant... La difficulté d'exécution de la double tâche résidera dans le degré d'autonomisation des tâches et dans leurs interférences réciproques. La localisation préférentielle de l'attention divisée se trouve dans le cortex préfrontal dorso-latéral de l'hémisphère droit. La distribution de l'attention peut être traitée par le subtest « attention divisée » de Zimmermann et Fimm. L'individu devra traiter simultanément deux sources d'information, l'une visuelle et l'autre auditive. L'exécution en double tâche peut également être testée par la batterie TEA de Robertson.

## **II-C-2- Neuro-imagerie et attention**

### **II-C-2-1- Les différentes techniques d'imagerie fonctionnelle**

#### **II-C-2-1-1- La tomographie par émission de positon (TEP scanner)**

L'afflux sanguin permet au cerveau d'avoir un apport suffisant en glucose et en oxygène, de telle sorte à préserver l'intégrité de ses cellules et de maintenir les gradients ioniques pourvoyeurs du traitement de l'information au niveau neuronal. Ainsi, au repos, il existe un équilibre entre le débit sanguin cérébral, la

consommation en oxygène et la consommation en glucose (115). L'activation d'une région cérébrale détectée par le TEP scanner est le reflet de l'augmentation concomitante de la consommation de glucose et du débit sanguin cérébral, qui sont inversement proportionnelles à la consommation d'oxygène (116). D'un point de vue technique, le sujet se voit administrer par inhalation ou par perfusion un radio marqueur (l'oxygène 15) pour détecter le débit sanguin et la consommation d'oxygène. Pour détecter la consommation de glucose, on peut utiliser le  $^{18}\text{F}$ -2-Fluoro-2-Desoxy-D-Glucose.

Il est également possible de marquer différents radioligands des récepteurs ou des neurotransmetteurs à l'aide de carbone marqué ( $^{11}\text{C}$ ) ou de fluor marqué ( $^{18}\text{F}$ ). Il devient ainsi possible de rapporter un déficit cognitif précis à une anomalie spécifique d'un neurotransmetteur.

#### II-C-2-1-2- L'imagerie par résonance magnétique (IRM) fonctionnelle

##### II-C-2-1-2-1- La méthode de BOLD (*Blood Oxygenation Level Dependent*)

Une technique d'IRM fonctionnelle, dite méthode de BOLD, est le reflet des variations d'oxygénation au niveau micro-vasculaire correspondant à l'activation neuronale. Cette IRM fonctionnelle permet d'étudier grossièrement le déroulement spatio-temporel des activations cérébrales, en étudiant la réponse hémodynamique locale (diminution de la désoxyhémoglobine provoquant une augmentation de signal en séquence écho de gradient). Elle présente l'avantage par rapport au TEP scanner de ne pas nécessiter d'injection de produit radio-marqué, d'utiliser une

technique inoffensive, de meilleure résolution temporelle et finalement de fournir une cartographie anatomique en même temps que fonctionnelle.

#### **II-C-2-1-2-2- L'imagerie du tenseur de diffusion (DTI)**

L'imagerie DTI permet d'étudier l'intégralité des structures des fibres de la substance blanche qui connectent les différentes régions cérébrales. Cette technique utilise les propriétés intrinsèques des mouvements de l'eau. Les molécules d'eau au sein des fibres nerveuses de la substance blanche ont une diffusion anisotrope contrainte par les structures environnantes. Le DTI évalue deux caractéristiques de la diffusion des molécules d'eau : l'anisotropie (le fait de ne pas être orienté vers une direction) qui estime la « directionnalité » et la diffusivité. Une altération de la « directionnalité » est le reflet d'une anomalie de l'inter-connectivité des différentes structures. Les images fournies par la DTI sont en 3 dimensions et soustraites des artéfacts de mouvements de la tête. Il existe différentes techniques pour mettre en avant les régions d'intérêts (caractérisation grossière, caractérisation rigoureuse par tractographie, voxel par voxel...)(105).

#### **II-C-2-2- Exploration de l'attention par l'imagerie fonctionnelle**

En se basant sur la théorie en réseaux de Posner (108) selon laquelle l'attention serait divisée en contrôle exécutif, orientation et l'attention sélective, Xiao et al. (117) ont récemment proposé une cartographie par DTI des zones corticales impliquées. Leurs travaux confirmaient l'activation de zones cérébrales impliquées dans l'attention, précédemment identifiées par des travaux d'IRM fonctionnelle selon la méthode BOLD (118).

Le contrôle exécutif était corrélé à l'activation des zones corticales suivantes : le gyrus frontal supérieur dorso-latéral gauche, le gyrus parahippocampique gauche, le thalamus, le pallidum, le putamen et les AMS. Ces résultats rejoignent les hypothèses concernant les circuits impliqués dans le contrôle exécutif précédemment décrit. Il semblerait exister une boucle d'activation du contrôle exécutif passant par un circuit cortico sous-cortical connectant le cortex préfrontal aux ganglions de la base et au cervelet, par l'intermédiaire du thalamus (119). Une autre boucle du contrôle exécutif (« le circuit dorso-latéral préfrontal ») décrit par Alexander et al. (120) impliquerait la projection d'information du cortex préfrontal dorso-latéral vers le pallidum puis vers le thalamus. L'information reviendrait ensuite vers le cortex préfrontal dorso-latéral.

L'alerte est sous tendue par l'activation du thalamus gauche, du lobe pariétal inférieur droit, le gyrus temporal moyen et le pallidum. Le thalamus gauche qui est relié à de nombreuses régions corticales, est une zone d'activation retrouvée dans l'ensemble des études d'imagerie fonctionnelle. Le lobe pariétal inférieur droit est connecté aux aires visuelle et sensorimotrice impliquées dans la perception des émotions et l'interprétation des sensations, mais également dans le système de contrôle cognitif fronto-pariétal (121,122). Il permettrait de transformer les informations perçues, participant ainsi à l'alerte.

L'orientation est sous-tendue par le lobe para-central, le gyrus occipital inférieur, et le gyrus temporal moyen.

### **II-C-3- Tests d'évaluation neuropsychologique**

#### **II-C-3-1- Tests d'évaluation de l'attention sélective**

### II-C-3-1-1- Le Symbol Digit Modalities Test (SDMT)

Il s'agit d'un test élaboré par A. Smith en 1973 puis réactualisé en 1982 (123). Son objectif initial était de dépister les dysfonctions cérébrales (notamment les altérations attentionnelles) chez l'enfant comme chez l'adulte. Il s'est avéré être également sensible pour détecter des pathologies telles certains types d'épilepsie, la maladie de Parkinson, le vieillissement, l'abus de drogues et la démence. Globalement, ce test est un bon indicateur des dommages cérébraux (124). Les modalités du test sont les suivantes : le sujet doit substituer des symboles et des chiffres en ayant une contrainte temporelle de 90 secondes. Il doit analyser une série de 9 dessins géométriques puis référer à une clef d'interprétation lui permettant de faire les substitutions de manière verbale ou écrite. L'avantage de ce test est de pouvoir l'administrer en groupe. La procédure prend au total 5 minutes. Le score est calculé en comptant le nombre de bonnes réponses pour chaque intervalle de 90 secondes. Le score maximal est de 110 (figure 3).

**Figure 3: Le Symbol Digit Modalities Test (SDMT)**

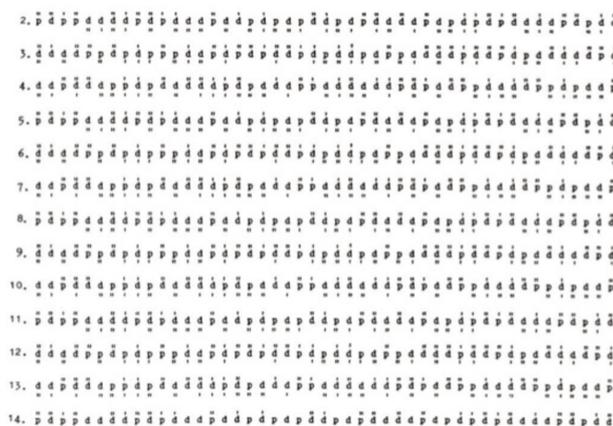
‡	§	□	∩	!	⊕	∩	≡	∫						
1	2	3	4	5	6	7	8	9						
∫	□	∩	∫	‡	§	∩	⊕	∫	§	∫	∩			
⊕	§	∫	∩	□	§	‡	⊕	∫	∩	§	≡	⊕	‡	∩
⊕	□	!	∩	∫	‡	!	⊕	∩	□	∩	≡	‡	⊕	!
∩	⊕	□	∫	§	⊕	∫	□	§	!	≡	∩	‡	§	⊕
≡	□	∩	‡	§	!	⊕	∩	‡	!	≡	∩	∩	∫	
§	≡	!	∩	‡	§	⊕	≡	∫	!	∩	□	§	∩	⊕
∩	∩	!	≡	‡	!	∩	□	∫	≡	∩	∫	⊕	‡	§

Il existe des corrélations positives entre le SDMT et le sous-test Coding du WISC-R développé par Lewandowski (125) ainsi qu'avec le sous-test Digit Symbol du WAIS-R développé par Bowler (126). Les normes de ce test sont variables selon l'âge des patients. Un écart type de 1 à 1,5 sous la moyenne normale est à considérer comme un dysfonctionnement cérébral.

### **II-C-3-1-2- Le Concentration Endurance Test ou d2 test**

Il a été conçu par BrickenKampp en 1981 (127). Il peut être administré en groupe ou individuellement. Le test est composé de 14 lignes chacune composées de 47 lettres (alternance de lettres d et p). Les items cibles correspondent à la lettre d accompagnée du signe (") placé en-dessous et au-dessus de la lettre ou bien d'un signe apostrophe (') également placé en dessous et au-dessus de la lettre. L'ensemble des autres items, pouvant correspondre à des distracteurs, doivent être ignorés. L'individu a une contrainte temporelle de 20 secondes par ligne pour identifier les items cibles. La durée du test est d'environ 10 minutes (figure 4). Les données sont calculées sous forme de score brut (TS= nombre de lettres ciblées par le sujet, indépendamment des erreurs), d'erreurs d'omission et d'erreurs de commission, de la combinaison de ces deux types d'erreurs (F= nombre total d'erreurs), et de la soustraction du nombre total d'erreurs du score brut (TS - F). En plus d'étudier l'attention sélective, le d2 servirait aussi de mesure de l'attention soutenue, de l'inattention et de la difficulté dans le changement de réponses (figure 4).

**Figure 4: Le concentration endurance test, d2 test**



### **II-C-3-1-3- Le Visual Search and Attention Test (VSAT)**

Ce test a été développé dans les années 1990 par Trenerry (128). Il se présente sous la forme de quatre tests de "cancellation" dont les deux premiers servent de pratique. L'individu devra rayer la lettre ou le symbole correspondant à la cible (la lettre " H " écrite en couleur bleue et le symbole " / " également imprimé en bleu). Chaque test contient 10 rangées contenant 40 stimuli chacune dont 10 sont des items cibles répartis aléatoirement. L'individu devra répondre à chaque test en 60 secondes maximum. La durée du test est de 6 minutes. En plus de fournir des éléments d'évaluation de l'attention générale, le VSAT évaluerait aussi des informations sur l'attention soutenue et pourrait être utile dans la détection des syndromes de négligence spatiale. Le VSAT est en corrélation avec différents sous-tests comme l'empan de chiffres et le Digit Symbol.

## II-C-3-2- Test d'évaluation de l'attention soutenue

### II-C-3-2-1- Le test de performance continue : Continuous Performance Test (CPT)

Il a initialement été créé par Rosvold en 1956 (129). Son but était de rechercher des carences attentionnelles chez des patients atteints d'épilepsie. Ce test a depuis été décliné en plusieurs versions permettant d'évaluer la vigilance et l'impulsivité. Les modalités de la version de Conner (1995) sont les suivantes : l'individu doit appuyer sur une clé (barre espace d'un clavier) à chaque fois qu'une lettre (item cible) apparaît sur l'écran situé en face de lui, mais doit s'abstenir lorsque la lettre " X " apparaît (item non-cible). Le test est réparti en 6 blocs, contenant chacun 3 sous-blocs de 20 essais. Au sein de chaque bloc, les sous-blocs ont des intervalles de temps différents entre les stimuli : 1, 2 ou 4 secondes. L'ordre des trois types d'intervalle de temps varie d'un bloc à l'autre, alors que le temps d'exposition des lettres est fixe (250 ms). La réalisation d'un test complet dure 14 minutes. Le programme informatisé permet de produire un " rapport " contenant les informations suivantes : le nombre total de stimuli présenté, le nombre total de bonnes réponses (hits), le nombre total d'erreurs d'omission, le nombre total d'erreurs de commission, et les temps de réaction. Les erreurs d'omission reflèteraient des déficits de l'attention soutenue ou de la vigilance, alors que les erreurs de commission manifesteraient des signes d'impulsivité et d'inattention. On peut aussi savoir si le sujet répond plus lentement vers la fin du test qu'au début, indiquant par là une difficulté sur le plan de l'attention soutenue (130).

### II-C-3-2-2- Le test de la Paced Auditory Serial Addition Test (PASAT)

Une revue de la littérature concernant le test de la PASAT a été réalisée en 2006 par Tombaugh (131). Le test de la PASAT a été développé par Gronwald en pratique clinique en 1977 pour étudier la rapidité d'intégration d'information chez les patients cortico-lésés (132). Ce test neuropsychologique consiste à présenter un ordre pseudo aléatoire de chiffre allant de 0 à 9. Les chiffres peuvent être présentés oralement ou visuellement. Le sujet doit additionner deux à deux les deux derniers chiffres qu'il entend (voit) et doit annoncer sa réponse à voix haute (figure 5). La difficulté du test et l'augmentation progressive d'exigence cognitive sont modulées par la rapidité de vitesse de défilement des chiffres (4 vitesses sont possibles 2,4 secondes, 2 secondes, 1,6 secondes et 1,2 secondes). Il a été montré qu'il existait une bonne corrélation entre l'incapacité de réaliser des tâches multiples sous contrainte temporelle et de mauvais résultats lors du test de la PASAT (132). Le test de la PASAT permet entre autres, d'évaluer différentes facettes de l'attention telle que l'attention soutenue (133), l'alerte et l'attention divisée (134). Plusieurs études ont été réalisées pour rechercher une corrélation entre PASAT et zone d'activation cérébrale. L'étude la plus représentative selon Tombaugh (131) est une étude utilisant le TEP scanner réalisée par Lockwood et al. (135). Les auteurs rapportaient une activation dispersée de zones non contiguës dans le gyrus temporal supérieur, au niveau du cortex pariétal et frontal, au niveau du gyrus cingulaire antérieur et du cervelet. Ainsi, il y avait une activation de l'ensemble des domaines dans lesquelles interagit l'attention (figure 5).

**Figure 5: Le test de la PASAT**

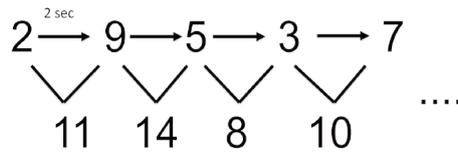


Schéma de la Paced Auditory Serial Additional Test  
- Série aléatoire de 61 chiffres  
- Addition des 2 derniers chiffres à voie haute

## II-D- Attention et contraction musculaire

### II-D-1- Attention et posture

L'implication de la cognition et de l'attention dans le maintien de la posture a largement été étudiée dans la littérature.

Les premières études réalisées par Kerr et al. (136) montraient qu'un travail de mémoire, impliquant une mémorisation spatiale, pouvait interférer avec le contrôle postural en utilisant des protocoles expérimentaux faisant appel au processus de double tâche. Ils mettaient en évidence une interaction entre les processus cognitifs et le contrôle postural. Le principe général du processus en double tâche est de comparer les performances de chacune des tâches prises séparément et de façon concomitante.

Deux théories ont été proposées pour expliquer les interactions entre les performances cognitives et motrices dans le cadre de la double tâche : la théorie du « capacity sharing » et la théorie du « bottleneck » (137). La théorie du « capacity sharing » part de l'hypothèse que les ressources attentionnelles sont limitées, et que réaliser une tâche donnée occupe une partie des ressources attentionnelles disponibles. Ainsi lorsque deux tâches sont réalisées

simultanément, et que l'exécution de chacune des tâches dépassent les capacités attentionnelles disponibles, les performances de l'une ou l'autre voir des deux tâches diminuent. Certains auteurs pensent que les interférences de performance lors d'une double tâche sont liées à l'existence d'un pôle unique de ressource attentionnelle (138,139), alors que d'autres auteurs attribuent cette altération de performance à des interférences structurelles impliquant plusieurs centres de ressources attentionnelles (les informations doivent passer par les mêmes structures mais une seule à la fois peut passer). Au contraire, la théorie du « bottleneck » repose sur l'existence d'une limite des ressources attentionnelles et que seule une partie des informations puisse être traitée en même temps. Ainsi lorsque deux tâches nécessitent le recours au même centre attentionnel, les performances de l'une ou l'autre voir des deux tâches vont être retardées ou altérées.

Concernant la posture, une des hypothèses est qu'il ne s'agisse pas d'un comportement intrinsèque mais acquis grâce au développement de la double tâche. Les mouvements de la posture que l'on peut décortiquer en plusieurs tâches complexes se transformeraient progressivement en un processus simple et automatique par fusions de ces tâches. L'individu pourrait également ajuster les ressources attentionnelles selon ce qui lui est demandé (140). Siu et Woollacoot (140) observaient une modification des temps de réaction cognitif ou moteur selon que la concentration des participants était orientée vers l'une ou l'autre des tâches. Néanmoins en cas de tâches motrices complexes, il était plus difficile pour l'individu de pouvoir focaliser son attention vers l'une ou l'autre des tâches (141). En situation dynamique, c'est à dire au cours de la marche, de nombreux auteurs ont mis en avant les interactions avec l'attention. A titre d'exemple, Hall et al.

(142) dans une étude prospective, étudiaient l'impact de l'attention au cours de la marche chez des patients âgés. 75 patients âgés de 75,5 ( $\pm 5,8$  ans) devaient effectuer des tests cognitifs plus ou moins complexes lors d'une épreuve de marche. Les auteurs retrouvaient un ralentissement de la marche d'autant plus marqué que la tâche cognitive était complexe. En revanche, les performances de chaque patient étaient dépendantes de leurs caractéristiques intrinsèques. Meilleures étaient les conditions cognitives et motrices de base, meilleures étaient les performances des patients. Ces résultats suggéraient qu'une rééducation à la fois motrice et cognitive permettrait d'améliorer la marche des patients et de diminuer le risque de chute.

#### **II-D-2- Attention et contraction musculaire volontaire**

L'impact de l'attention a également été étudié sur d'autres groupes musculaires. Hiraga et al. (143) analysaient les temps de réaction d'une double tâche motrice et d'une double tâche motrice et cognitive avec et sans influence de focalisation de la tâche. La double tâche motrice consistait en un mouvement de supination/pronation des avant-bras associé à une dorsiflexion du gros orteil. Ils observaient un allongement du temps de latence en cas de double tâche par rapport à une simple tâche (173 ms vs. 235 ms,  $p < 0,0001$ ). Lors du protocole impliquant une tâche motrice (dorsiflexion du gros orteil) et une tâche cognitive (addition de tonalités aiguës), il existait également un allongement du temps de latence passant de 173 ms à 320 ms ( $p < 0,001$ ).

Le temps de réaction de contraction musculaire dépend à la fois des ressources attentionnelles requises mais également du type de contraction musculaire demandée. En effet, il semblerait que plus la contraction musculaire

demandée soit intense, plus la ressource attentionnelle nécessaire soit importante et plus le temps de latence soit allongé. Ainsi Zijdewin et al. (144) en situation de double tâche motrice, retrouvaient un allongement de temps de latence plus important en cas de contraction musculaire équivalente à 60% de la contraction maximale, qu'en cas de contraction équivalente à 30% de la contraction maximale. Il existait également une augmentation d'activation du cortex préfrontal antérieur témoignant d'une nécessité de ressource attentionnelle plus grande en cas de contraction volontaire plus importante. Les caractéristiques de la force motrice en cas de double tâche motrice sont altérées avec une diminution de la force effective et une plus grande variabilité de l'activité électromyographique (EMG) du muscle étudié (145). En cas de double tâche motrice et cognitive, deux auteurs ont étudié les caractéristiques EMG de la contraction musculaire. Lundberg et al. (146) ont analysé l'effet d'une épreuve de charge cognitive sur l'activité EMG du trapèze. En cas d'épreuve de charge cognitive, les auteurs retrouvaient une augmentation d'activité EMG du trapèze plus importante (146 root mean squares (RMS) vs. 124 RMS,  $R=1,17$ ). Larson et al. (147) retrouvaient une augmentation de 20% de l'activité EMG du trapèze lors d'une épreuve de charge cognitive (test de Stroop). Bray and al. (148) montraient que l'augmentation de l'activité EMG était liée aussi bien à la fatigabilité musculaire qu'à l'épreuve de charge cognitive. Ils retrouvaient qu'une épreuve de charge cognitive avait un effet sur l'activation EMG d'un muscle : pour produire la même force, en cas d'épreuve de charge cognitive, un recrutement d'unité musculaire plus important était nécessaire.

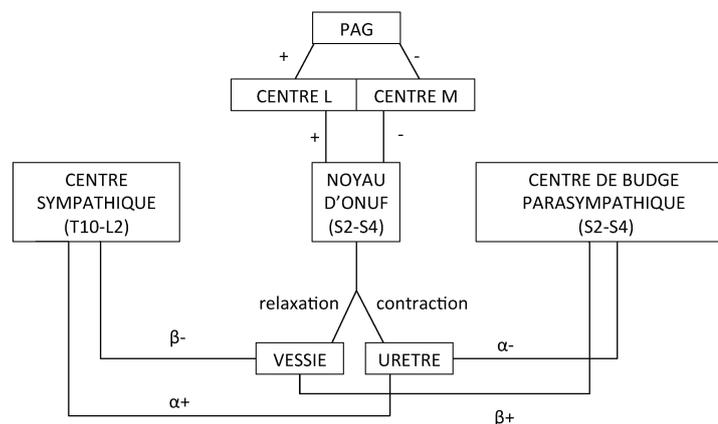
## II-E- Contenance et incontinence urinaire à l'effort

### II-E-1- Physiologie de la continence urinaire à l'effort

#### II-E-1-1- Implication du système nerveux

Au niveau périphérique, la continence « automatique » met en jeu les systèmes nerveux sympathique et parasympathique. Le centre médullaire sympathique permet de maintenir la continence passive grâce à une médiation adrénérgique provoquant un relâchement du detrusor (effet  $\beta^-$ ) et une contraction du sphincter urétral (effet  $\alpha^+$ ). Le noyau parasympathique (centre de Budge), à médiation cholinérgique, favorise la contraction détrusorienne. Il existe également un noyau somatique (noyau d'ONUF), qui permet d'assurer la continence active en cas de stimulation et la miction active en cas d'inhibition. Cette boucle est sous le contrôle du CPM et de la PAG qui vont servir de relai d'interaction avec le système nerveux central (figure 6).

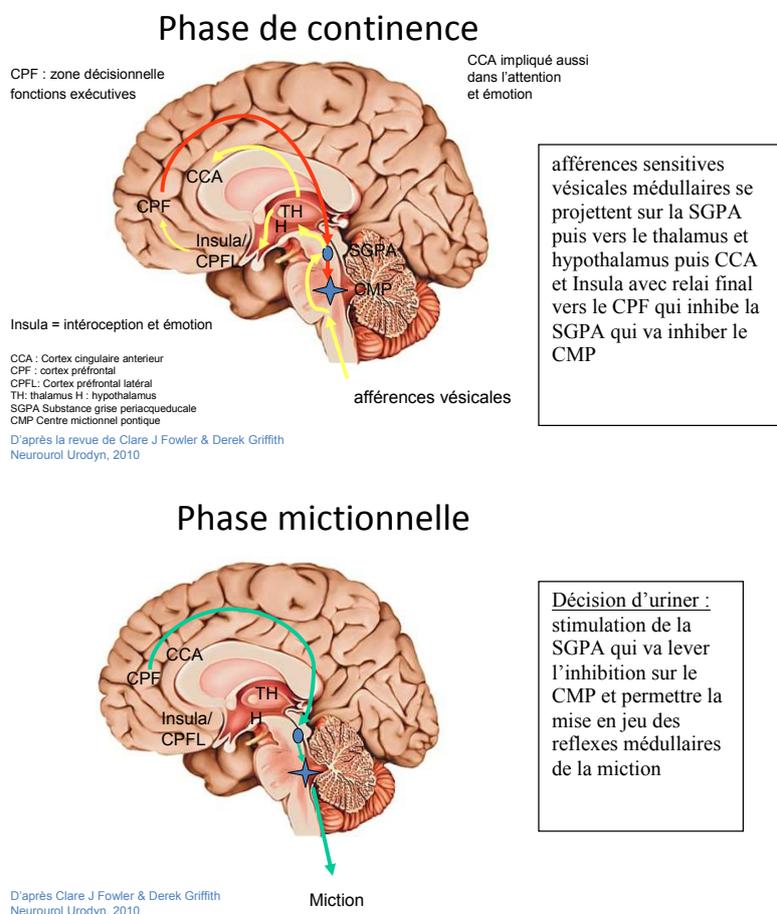
**Figure 6 : Schéma des voies et des centres nerveux périphériques impliqués dans le fonctionnement du bas appareil urinaire**



Les afférences sensibles acheminant le message provenant de la vessie, sont connectées à la PAG qui relaye à son tour l'information à la partie dorsale du gyrus cingulaire antérieur, à l'insula droite et à la partie latérale du cortex

préfrontal via le thalamus et l'hypothalamus (l'hypothalamus permet d'informer la patiente qu'elle se trouve en sécurité pour uriner). En cas de phase de continence, l'information est transmise à la partie médiale du cortex préfrontal qui va inhiber l'activation de la PAG et du même coup l'action du « centre M » pontique. En phase de miction, l'inhibition exercée par la partie médiale du cortex préfrontal sur la PAG est levée entraînant alors une activation du « centre M » (figure 7)(4).

**Figure 7: Schéma des interconnexions des différentes régions corticales au cours des phases de continence et de miction (d'après Fowler Neuro Urol 2010)**



A l'effort, pour éviter la fuite, l'individu contracte volontairement et involontairement ses muscles pelvi-périnéaux. Bien qu'aucune étude de neuro-imagerie n'ait précisément étudié la continence à l'effort, 5 études se sont intéressées au retentissement de la contraction volontaire des muscles pelvi-périnéaux au niveau cérébral (23,53,54,149,150). Les conclusions des différentes études variaient selon la méthodologie utilisée (remplissage vésical, contrôle de l'enregistrement EMG des muscles périnéaux, genre des volontaires...). Une étude utilisant le TEP scanner chez 6 femmes volontaires saines (23) à qui il était demandé de réaliser des contractions périnéales volontaires répétées ou maintenues, a mis en évidence une activation des aires motrices primaires supéro-médiales et supéro-latérales droites. Zhang et al. (149) étudiaient la contraction périnéale volontaire, vessie vide et vessie pleine, chez 12 hommes en IRM fonctionnelle. Spécialement en condition de vessie pleine, ils observaient une activation des aires motrices supplémentaires, du cortex pariétal, du système limbique, du putamen et du cervelet. En revanche, ils ne notaient pas d'activation des aires motrices primaires. Ils émettaient l'hypothèse d'une sous-représentation de la région périnéale au profit des muscles abdominaux dans l'aire motrice primaire. Schrum et al. (150) dans une étude d'IRM fonctionnelle incluant 17 hommes volontaires sains, analysaient l'impact de contractions périnéales volontaires rapides et lentes sur l'activation des régions corticales. Le type de contraction périnéale ne modifiait pas les régions d'activation corticale. Ils observaient également une activation majoritaire des aires motrices supplémentaires médiales, du gyrus cingulaire moyen, de l'insula, du cortex pariétal postérieur, du putamen, du thalamus, du cervelet et des noyaux pontiques. Seseke et al. (53), en IRM fonctionnelle, chez 11 femmes saines,

observaient une activation majoritaire des aires motrices supplémentaires lors de la contraction, mais également de la relaxation des muscles pelvi-périnéaux. Ils notaient également une activation des aires motrices et sensibles primaires, du thalamus, des ganglions de la base et du cervelet. Kutzt-Buschbeck et al.(54), chez 30 volontaires (15 hommes, 15 femmes) dans une étude d'IRM fonctionnelle observaient une activation majoritaire des aires motrices supplémentaires postérieures en cas de contraction périnéale. Ils notaient également une activation de l'insula droite témoignant de l'intégration de l'homéostasie corporelle dans la contraction périnéale. L'aire motrice primaire n'était que marginalement activée.

#### II-E-1-2- Système périphérique effecteur

Le système périphérique effecteur est composé de la vessie, de l'urètre et de son système de soutien (fascia pelvien, muscles du plancher pelvien). Ce système est sous la dépendance du système nerveux. Les composantes anatomiques permettant la continence urinaire ont largement été détaillées précédemment (II-A). En cas d'effort, le sphincter urétral sous commande volontaire/involontaire se contracte. Sa contraction est primordiale pour assurer la continence. Il a récemment été montré que le facteur le plus corrélé à une IUE était la valeur de la pression de clôture urétrale maximale (86). Cette PCUM, à l'effort est influencée par la contraction des muscles pelvi-périnéaux et celle du sphincter urétral. Dompeyre et al. (87) retrouvaient une relation proportionnelle entre la force de contraction des muscles du plancher pelvien et la valeur de la PCUM à l'effort, et le gain de PCUM. Cette étude renforce le principe de synergie dynamique devant s'opérer entre l'urètre et son système de soutien. La contraction des muscles du plancher pelvien va permettre de soutenir l'urètre et le compresser. Ainsi lors de la contraction des muscles du plancher pelvien, les auteurs retrouvaient des

élevations de la PCUM de l'ordre de 20 à 71% (87,151). Lors d'un effort, il a été montré qu'une contraction périnéale réflexe survenait également. Elle a pour principale caractéristique d'être anticipée, permettant ainsi de transmettre l'augmentation de pression intra abdominale avant même qu'elle ne se répercute sur l'urètre (152,153). Elle est également modulée de telle sorte à pouvoir adapter la contraction selon l'intensité de l'effort fourni (15).

## **II-E-2- Incontinence urinaire à l'effort**

### **II-E-2-1- Epidémiologie**

L'IUE est une maladie chronique affectant des patientes de tout âge. Sa définition établie par l'ICS/IUGA est la suivante : « toute perte d'urine au décours d'un effort dont la patiente se plaint » (6,154). Il s'agit d'un véritable problème de santé publique dont la prévalence ne va cesser d'augmenter avec les années (155,156). La prévalence de l'IUE varie selon les études de par la définition utilisée pour l'IUE et la sélection des patientes incluses. A titre d'exemple, dans une enquête nationale, toutes populations confondues réalisée aux Etats-Unis, Nygaard et al. (157) ont observé une prévalence d'IUE de 15,7% (IC 95% 13,2%-18,2%). La prévalence d'IUE augmentait avec l'âge passant de 6,9% (IC 95% 4,9%-9%) pour les patientes âgées de 20 à 39 ans à 31,7% (IC 95% 22,3%-41,2%) chez les patientes âgées de plus de 80 ans), la parité passant de 6,5% (IC 95% 4,2%-8,9%) pour les nullipares à 23,9% (IC 95% 20,1%-27,7%) pour les multipares ayant 3 enfants et plus), l'indice de masse corporelle (IMC) passant de 8,1% (IC 95% 5,4%-10,7%) pour un IMC < 25 Kg/m<sup>2</sup> à 21,1% (IC 95% 16,9%-25,4%) pour les patientes avec un IMC ≥ 30 Kg/m<sup>2</sup> et le seuil de pauvreté. En reprenant 4229 patientes ayant rempli les formulaires concernant les troubles uro-gynécologiques de la cohorte de la National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES), Dooley et al. (158) retrouvaient

une prévalence globale d'IUE pure de 24,7%. Les questionnaires utilisés respectaient la définition de l'IUE de l'ICS.

La prévalence de l'IU varie selon les caractéristiques des patientes. En effet, il a été montré une forte association entre la grossesse, la parité, le type d'accouchement et l'IUE. Afin de s'amender de l'impact de la grossesse et de l'accouchement sur la genèse d'une IUE, deux cohortes de patientes nullipares ont été créées (159,160). La première cohorte de patientes était un sous-groupe de 4103 patientes appartenant à une cohorte Norvégienne (EPINCONT)(160). Les auteurs ont observé une prévalence d'IUE importante dans ce groupe de patientes, allant de 8% chez les patientes âgées de 20 à 34 ans à 28% chez les patientes âgées de 65 à 75 ans. Entre les premiers questionnaires envoyés de 1995 à 1997 et les deuxièmes questionnaires envoyés de 2006 à 2008, seules 895 patientes étaient restées nullipares. Aucune analyse dans le sous-groupe des nullipares n'a été effectuée à distance par les auteurs (161). La seconde cohorte est une cohorte suédoise de 9197 patientes nullipares âgées de 25 à 64 ans. La prévalence de l'IUE isolée augmentait avec l'âge et l'IMC des patientes, passant de 5,4% entre 25 et 34 ans à 7,8% entre 55 et 64 ans (159). Le risque relatif de développer une IUE variait selon le poids de 1,53 (IC95% 1,26-1,88) pour des IMC compris entre 25 et 29,9 Kg/m<sup>2</sup> à 2,43 (IC95% 1,79-3,31) pour des IMC supérieurs à 35 Kg/m<sup>2</sup>.

La prévalence de l'IUE au cours de la grossesse a été longuement étudiée. Selon les ethnies étudiées et la méthodologie utilisée, la prévalence d'IUE au cours de la grossesse tout âge gestationnel confondu varient de 18,6% à 60% (162). Dans une cohorte de 10098 patientes chinoises, la prévalence de l'IUE au 3<sup>ème</sup> trimestre était de 18,9% (163), alors que dans une population de patientes norvégienne la

prévalence d'IUE chez les nullipares était de 31% et 42% chez les multipares (164). La prévalence de l'IUE augmente avec le terme de la grossesse. Dans une cohorte de 1500 primipares, Liang et al. (165) retrouvaient une prévalence de 13 à 19% au premier trimestre, de 19,2% au deuxième trimestre et finalement de près de 37,5% au troisième trimestre. La prévalence de l'IUE diminue après l'accouchement pour rejoindre dans les 3 mois une prévalence similaire à celle du pré-partum (166). La modalité d'accouchement semble également avoir un impact sur la survenue d'une IUE. A court terme, Groutz et al. (166) observaient une augmentation de la prévalence de l'IUE chez les patientes ayant eu une césarienne en cours de travail (12%) ou un accouchement par voie basse (10,3%) par rapport aux patientes ayant eu une césarienne programmée (3,4%) ( $p < 0,001$ ). Tous types d'IU confondus, la césarienne semble être moins associée à un risque d'IU dans les 6 mois du post-partum par rapport à l'accouchement par voie basse avec un RR de 0,3 (IC95% 0,2-0,5)(167). Ces données ne sont pas retrouvées par d'autres équipes qui n'ont pas observé d'effet protecteur à court terme de la césarienne (168). Selon Rortveit, la césarienne serait associée à un RR de 2,4 (IC95% 1,7-3,2) de développer une IUE (169).

Si la grossesse, de par l'augmentation de pression intra-abdominale, la fragilisation des muscles pelviens et la création de microtraumatismes nerveux, peut favoriser l'apparition d'une IU et plus particulièrement d'une IUE, certaines pathologies telles que l'obésité peuvent en faire autant. Ainsi, la prévalence de l'IU tous types confondus semble être largement augmentée dans la population obèse par rapport à la population générale. En 2008, Hunskaar et al. (170) rapportaient une corrélation importante entre obésité et IU (tous types confondus) avec des risques relatifs (RR) s'échelonnant de 2 à 4-5 selon les études et le grade de

l'obésité. A titre d'exemple Hannestad et al. (171) dans une enquête nationale en Norvège portant sur près de 28000 femmes âgées de plus de 20 ans, retrouvaient une augmentation du risque d'IU corrélée à l'augmentation de l'IMC : en cas d'IMC compris entre 30-34 Kg/m<sup>2</sup> le RR était de 2,4 (IC 95% 2,1-2,8), alors que pour un IMC supérieur à 40 Kg/m<sup>2</sup> il était de 2,7 (IC 95% 2,1-3,5). Cette corrélation était d'autant plus marquée pour l'incontinence urinaire à l'effort (IUE) et l'incontinence urinaire mixte (IUM) avec des RR pour des IMC > 40 Kg/m<sup>2</sup> respectivement de 2,4 (IC 95% 1,7-3,3) et 3,7 (IC 95% 2,7-5,2).

Toutes les études s'accordent à dire que la prévalence de l'IU augmente avec l'âge. Plusieurs travaux ont rapporté un pic de la prévalence de l'IU au moment de la ménopause. Avant 50 ans, le type d'IU prioritaire est l'IUE. Sa prévalence diminue par la suite au profit de l'IUM, pour atteindre une prévalence variant de 8 à 30% selon le type de population étudié et la définition utilisée (172). Le rôle de la ménopause dans la genèse d'une IUE est difficile à évaluer de par le facteur confondant de l'âge. Les résultats sont contradictoires. Parmi les études de cohortes retrouvant une association entre ménopause et IUE, figurait l'étude de la National Survey of Health Development composée de 1211 femmes âgées de 48 à 54 ans (173). Seule l'IUE était associée au statut hormonal, avec en péri-ménopause une augmentation des symptômes de fuites à l'effort (RR=1,39 (IC95% 1,4-1,7)). Cette étude observait un effet de l'âge indépendant de celui de la ménopause sur la survenue d'une IUE (173).

Quelques études ont montré que le l'IU était dynamique dans le temps avec des rémissions et des récurrences (174-176)(177). Une récente étude publiée par Komesu et al. (178) a évalué la progression dynamique dans le temps de l'IU selon

son type. Dans une cohorte de 9545 patientes suivies entre 2004 et 2010, les auteurs analysaient les facteurs de risque de récurrence ou de rémission d'IUE : l'ethnie était prédictive de rémission chez les patientes hispaniques (RR 7,7 (IC 95% 1,1-53,4) et était prédictive d'absence de récurrence d'IUE chez les patientes de couleur noire (RR 0,5 (IC95% 0,3-0,9)). De même, le facteur prédictif le plus important de récurrence d'IUE était la présence d'une IU dans le passé (178).

### **II-E-2-2- Hypothèses physiopathologiques**

Les hypothèses physiopathologiques pouvant expliquer l'IUE sont multiples. Certaines d'entre elles s'appuient sur des modifications des rapports anatomiques périphériques, tels que le défaut de soutien urétral et l'hypermobilité urétrale liée à un défaut du système de soutien. D'autres hypothèses se focalisent sur l'altération de composants intrinsèques tels que les insuffisances sphinctériennes par béance cervicale ou par altération des fibres du sphincter strié de l'urètre. Finalement les dernières hypothèses s'orientent vers des hypothèses de dysfonctionnement neuromusculaire (dénervation, altération musculaire, dyssynergie musculaire...). Une revue exhaustive de la littérature a été réalisée en 2008 par Deffieux et al. (179).

#### **II-E-2-2-1- La théorie de la mobilité urétrale**

Selon Delancey (85), la continence urinaire serait assurée à la fois par la contraction intrinsèque et volontaire du sphincter de l'urètre et par le système de soutien sur lequel il repose. Ce système de soutien est composé des muscles du plancher pelvien et du fascia endopelvien qui forment comme une sorte de hamac. Lors d'un effort, pour éviter la fuite, l'occlusion de l'urètre s'opère à la fois par une contraction volontaire/involontaire du sphincter urétral mais également par

compression de celui-ci sur les structures adjacentes. Les prérogatives nécessaires à un tel phénomène reposent sur une certaine souplesse (compliance) de l'urètre et un tonus de base de l'urètre normal. Pour pouvoir assurer ce mécanisme, il est également nécessaire qu'il y ait une transmission des pressions de telle sorte que la pression de clôture urétrale puisse augmenter en réponse à l'élévation de la pression abdominale. Kim et al. (180) montraient que chez des patientes incontinentes à l'effort, le défaut d'élévation dynamique des pressions urétrales serait responsable pour 73% de l'apparition de fuites, alors qu'une faible pression de clôture statique ne compterait que pour 27%. Néanmoins, l'importance de la pression urétrale de base n'est pas sans importance. En effet (86), DeLancey et al dans une analyse de cas témoins (103 incontinentes urinaire à l'effort vs. 108 témoins) analysant l'ensemble des facteurs anatomiques pouvant participer à la continence urinaire, retrouvaient une différence majeure en terme de pression de clôture urétrale (42% plus basse chez les incontinentes), alors que les autres paramètres n'étaient pas si différents (support urétral incluant l'axe urétral, le support uréthro-vaginal, défaut des muscles du plancher pelvien...). Ainsi, ils revoyaient à la hausse l'importance de la pression urétrale intrinsèque dans la physiopathologie de la continence urinaire à l'effort. L'étude de la mobilité urétrale peut se faire grâce au Q-Tip Test mais l'avènement de l'échographie en urogynécologie a permis de mieux l'étudier. Howard et al. (181) retrouvaient une descente du col cervical de 8,2 mm en cas d'effort de toux chez des patientes nullipares. Chez les patientes primipares ou ayant une IUE, la mobilité du col était plus importante. Cela témoigne en partie de l'importance du système de soutien. De même, une étude plus récente de Pirpiris et al. (182) retrouvait une association importante entre l'augmentation de mobilité du tiers moyen de l'urètre et la

présence d'une IUE. Une étude réalisée par Lovegrove et al. (183) en échographie 2D chez 23 volontaires dont 9 présentant une IUE, retrouvait une hypermobilité des muscles du plancher pelvien uniquement chez les patientes indemnes d'IUE. La difficulté actuelle repose sur le rôle exact de chaque composant du système de soutien : est-ce le ligament pubo-urétral ou le fascia pelvien ou les muscles releveurs de l'anus qui maintiennent l'urètre ?

#### **II-E-2-2-2- Insuffisance sphinctérienne**

L'insuffisance sphinctérienne (IS) a été mise en évidence par McGuire (184) pour la première fois. Les définitions de l'IS sont variables selon le mode de diagnostic utilisé. La première définition reposait sur la vidéo-urodynamique : il s'agit d'une béance du col vésical. La seconde définition correspond à une altération de la contraction sphinctérienne urétrale. Il s'agit d'une définition urodynamique se basant sur le Valsalva Leak Point Pressure (VLPP) et/ou la PCUM. Les valeurs retrouvées dans la littérature sont variables d'un auteur à l'autre du fait de l'absence de consensus de définition par l'ICS (154). Initialement, la définition reposait sur une PCUM  $\leq 20$  cm H<sub>2</sub>O et/ou une VLPP  $\leq 60$  cm H<sub>2</sub>O (185). L'implication d'une béance cervicale dans la physiopathologie de l'IUE ne semble plus être à l'ordre du jour. Quelques études ayant étudié la béance cervicale à l'aide d'échographie ou à la vidéo-urodynamique ne retrouvaient pas d'association entre béance cervicale et IUE. Selon Chapple et al. et Versi et al., près de 21% des femmes continentales présentaient une béance cervicale (186,187). De plus, il est difficile d'imaginer un rôle contractile du col, de par sa composition musculaire très fine. La deuxième définition permet de mettre en avant la place du sphincter urétral dans le maintien de la continence urinaire. Comme nous l'avons

précédemment exposé, il s'agit avant tout d'un système sphinctérien plus que d'un simple sphincter isolé. Il est composé de muscle lisse, de *lamina propria*, d'une vascularisation et de muscle strié. Les fibres du sphincter strié urétral proximal (20 à 60% de sa longueur) n'entourent complètement l'urètre qu'en regard de son tiers moyen. La portion postérieure du sphincter est toujours plus mince que sa portion antérieure. Cette proportion de muscle strié postérieur se modifie avec l'âge, étant annulaire chez les fœtus pour devenir fibreuse chez les femmes âgées avec une perte des cellules musculaires de l'ordre de 2% par an (81). Le sphincter strié distal (60 à 80% de sa longueur) est quant à lui composé de deux bandelettes que sont le muscle compresseur de l'urètre (82) et le sphincter uréthro-vaginal (83) qui semblent se maintenir dans le temps. Les plexus vasculaires et la *lamina propria* présents au contact de l'urothélium pourraient avoir un rôle dans la continence urinaire de par leur malléabilité en mimant l'action d'un joint hermétique. Une altération de ces tissus pourrait être à l'origine d'une insuffisance sphinctérienne.

### **II-E-2-2-3- Incontinence urinaire et grossesse**

Différentes causes pourraient expliquer l'apparition d'une incontinence urinaire au cours de la grossesse. L'augmentation du poids de la patiente, l'augmentation de volume de l'utérus et du fœtus seraient à l'origine d'une augmentation de la pression abdominale reproduisant le mécanisme retrouvé chez les obèses (altération des muscles du plancher pelvien, neuropathie périphérique...). Les patientes ayant un IMC élevé avant le début de la grossesse, seraient plus à risque que celle de poids normal, de développer une IUE. Ainsi, Liang et al. (165) retrouvaient un risque relatif de 2,3 (IC95% 1,0-4,8) de développer une IUE *de novo* en per-partum chez les patientes ayant un

IMC $\geq$ 30Kg/m<sup>2</sup>. Il a également été montré que les femmes enceintes multipares présentaient une altération de la force de contraction des muscles du plancher pelvien (22 à 35%) à partir de 20 semaines d'aménorrhée et qui augmentait progressivement jusqu'à 6 semaines du post-partum (188). Il existait également une différence de force et d'endurance dans la contraction des muscles du plancher pelvien entre des femmes nullipares enceintes continentales et celles présentant une IUE entre 18 et 22 SA (189). Cette altération des muscles pelvi-périnéaux pourrait entraîner un défaut du système de soutien urétral et accentuer la mobilité du col vésical et de l'urètre. Il était en effet retrouvé une augmentation de la mobilité cervicale des 12 à 16 SA et qui se majorait au cours de la grossesse. Elle était d'autant plus importante chez les patientes incontinentes (190,191).

D'autres hypothèses se basant sur des modifications des tissus ont été émises. Une modification de la qualité et de la quantité de collagène retrouvé dans les muscles pelvi-périnéaux de la femme, pourrait également être incriminée dans l'apparition d'une IUE (162). L'imprégnation hormonale en progestérone constante au cours de la grossesse pourrait également jouer un rôle sur la contractilité urétrale et vésicale grâce à une relaxation du tissu musculaires lisses (192). La relaxine permet la synthèse de facteurs de croissance ayant un impact sur l'épithélium urétral. Elle semble ainsi jouer un rôle dans la continence urinaire en augmentant la pression urétrale (193). Au cours de la grossesse, sa concentration plasmatique augmente jusqu'à 10-14 SA pour diminuer de moitié vers 17-24 SA. Sa diminution est associée à une augmentation de la prévalence de l'IUE au 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> trimestre de grossesse (194).

#### II-E-2-2-4- Incontinence urinaire et obésité

La physiopathologie de l'IU chez la patiente obèse est complexe. L'IUM semble être la forme la plus fréquente dans la population obèse. La composante à l'effort de l'IU est probablement majoritairement liée à l'augmentation du diamètre sagittal abdominal, qui entraîne une augmentation de la pression intra-abdominale avec une diminution de gradient de pression uréthro-vésicale. Plusieurs études montrent d'ailleurs qu'une circonférence abdominale supérieure à 80 cm est associée à une IU (195). L'obésité se répercute également sur la vessie par une altération des fibres musculaires périnéales et par une augmentation de la pression intra-abdominale de base entraînant une diminution des forces nécessaires à la miction (196). Concernant la part d'urgenterie, il a été montré qu'outre l'altération des fibres nerveuses du périnée liée à la pression intra-abdominale et aux neuropathies fréquentes de l'obésité, les femmes ayant un IMC élevé présentent une mutation du récepteur b3-adrénergique. Cette mutation affecte à la fois la sensibilité à l'insuline et la relaxation du muscle vésical (197). De plus, il a été montré que les tissus adipeux pouvaient produire de la leptine, qui peut stimuler le système nerveux autonome et notamment les récepteurs noradrénergiques des nerfs sympathiques (198). En 2006, Neels et al. ont démontré que l'alimentation des obèses était associée à une augmentation de la réaction inflammatoire avec une forte concentration de macrophages dans les adipocytes (199). La vessie étant entourée d'adipocytes, l'urgenterie par hyperactivité du détrusor pourrait en partie être expliquée par une augmentation chronique de la réaction inflammatoire périvésicale et la libération de cytokines (198). La concentration faible d'une hormone (Ghrelin) pourrait également jouer un rôle dans l'apparition d'une vessie hyperactive chez l'obèse (200).

### II-E-2-2-5- Théorie myogène et neurogène

Au cours d'un effort, l'activation des muscles du plancher pelvien et des structures musculaires péri-urétrales semble jouer un rôle important. Les précédents travaux réalisés par notre équipe ont pu montrer que chez les femmes continentales, une contraction pelvi-périnéale survient en réponse à une augmentation de pression intra-abdominale. Cette contraction pelvi-périnéale est anticipée et modulée selon l'intensité de l'effort (201,202). Chez les patientes présentant une IUE, ces auteurs ont pu montrer une abolition des caractéristiques de cette contraction : disparition de l'anticipation et de la modulation. De même certains auteurs ont pu montrer une altération de la force de contraction rapide (5 secondes) chez les patientes présentant une IUE. Zhang et al. (203) comparaient les caractéristiques EMG de surface de 57 patientes, présentant une IUE, à 57 témoins. Ils retrouvaient une diminution significative de la force de contraction musculaire (14,56  $\mu$ v vs 21,67  $\mu$ v,  $p < 0,05$ ).

En plus des théories d'altération purement musculaire, il existe de nombreuses données permettant d'objectiver l'imputabilité de la conduction nerveuse et de la dénervation dans la genèse de l'IUE. Deux théories démontrées sur modèle animal permettent d'expliquer la contraction des muscles péri-urétraux : une fermeture passive inhérente au système de soutien urétral et une occlusion active. Les mécanismes actifs reposent (i) sur un message d'origine centrale médié par le noyau d'ONUF et le nerf pudendal ; (ii) sur une réponse réflexe provenant de la vessie, activée lors d'un effort et médiée par les nerfs hypogastriques, pelviens. Ces théories ont été développées grâce à des modèles animaux par Kamo et al. (92,204,205). Chez le rat, lors d'un étternement, même

après ouverture de l'enceinte abdominale, il existe une élévation des pressions de clôture de l'urètre moyen. Cette réponse de l'urètre moyen à un étirement s'abolissait après section bilatérale des nerfs somatiques innervant les muscles du sphincter urétral externe et du plancher pelvien. Une section des nerfs pelviens et/ou des nerfs hypogastriques n'avait aucun effet sur la réponse de l'urètre moyen. Cela témoigne de l'implication des muscles striés dans le mécanisme de clôture reflexe. De même, il a été montré qu'une sur-distension du vagin chez le rat provoquait des altérations de la contraction de l'urètre moyen. Ce modèle animal visait à reproduire les conséquences inhérentes à un accouchement par voie basse (92). Le second reflexe a été mis en évidence grâce à un modèle animal ayant eu une section spinale en T8-T9. Une élévation de la pression abdominale par instillation de sérum physiologique provoquait une augmentation de la pression de clôture de l'urètre moyen. Cette augmentation de pression était partiellement abolie par une section bilatérale des nerfs pudendaux et hypogastriques, témoignant d'une implication conjointe des muscles striés et lisses. En cas de section bilatérale des nerfs pelviens, le reflexe était complètement aboli témoignant de son origine vésicale. Une mesure du « leak point pressure » (LPP) était également réalisée en cas de stimulation des muscles abdominaux. En cas de section bilatérale des nerfs somatiques et pelviens, le LPP était plus faible. Ces constatations confirment l'hypothèse qu'en cas d'augmentation de pression abdominale, la contraction urétrale médiée par la vessie prévient la fuite d'urine. Chez la femme, certains auteurs ont retrouvé une dénervation du sphincter urétral, une augmentation du temps de latence du nerf pudendal, ou bien encore une altération du réflexe ano-urétral chez des femmes présentant une IUE (206-208).

Un dernier concept repose sur la « fatigabilité urétrale ». Les conclusions des études s'étant intéressées à ce concept sont variables de par la disparité des protocoles et des définitions utilisées. A titre d'exemple, Deffieux et al. (209) retrouvaient une diminution de la PCUM de plus de 20% après 7 efforts de toux chez 18/47 (38%) patientes présentant une IUE. Ce phénomène n'était retrouvé que chez une seule des témoins (1/23)(4%) ( $p= 0,0069$ ). Verelst et al. (210) ont étudié la fatigabilité chez 20 patientes présentant une IUE et 26 femmes continentales, à l'aide d'un dispositif mesurant la pression intra-vaginale. Ils définissaient la fatigue comme étant le temps nécessaire pour que la force musculaire diminue de 90% par rapport à la force de contraction maximale initiale. Les auteurs ne retrouvaient pas de différence entre les deux groupes. D'autres études complémentaires permettront d'étayer cette hypothèse physiopathologique.

### **II-E-2-3- Traitements étiopathogéniques**

Il existe deux types de traitement de l'IUE ne faisant pas appel à du matériel prothétique. Le premier repose sur la thérapie cellulaire et reste expérimental. Son but est de réparer les tissus lésés. Le second traitement, plus largement répandu, la rééducation, va renforcer les capacités résistives des tissus de manière à éviter la fuite.

#### **II-E-2-3-1- Thérapies cellulaires**

Une des pistes de recherche actuelles dans le traitement de l'IUE repose sur la thérapie cellulaire. Son objectif est de pouvoir remplacer ou réparer les tissus altérés par le vieillissement ou un traumatisme. Pour ce faire, il est nécessaire d'avoir recours à des cellules souches dont les propriétés sont d'avoir des capacités importantes de prolifération, de renouvellement et de différenciation (211,212).

Dans le cadre du traitement de l'IUE féminine, la cible de la thérapie cellulaire serait d'une part de reconstituer une anatomie urétrale normale (reconstitution musculaire strié, reconstitution du réseau vasculaire, reconstitution des muscles lisses, reconstitution des fibres nerveuses), mais également de restaurer la fonctionnalité de ces cellules (capacité de se contracter de par l'intégration dans un système de commande nerveuse).

Il existe différents types de cellules souches parmi lesquelles figurent les cellules souches embryonnaires, les cellules souches périnatales et les cellules souches adultes. Au sein des cellules souches adultes, qui sont des cellules multipotentes, se trouvent les cellules souches mésenchymateuses. Les cellules souches mésenchymateuses se trouvent dans les tissus provenant du mésoderme (213) (moelle osseuse, muscle, tissus adipeux, endomètre, rein) et permettent la réparation de ces tissus. Les cellules mésenchymateuses les plus utilisées dans le cadre de l'IUE sont celles provenant du muscle strié, de la moelle osseuse et du tissu adipeux et plus récemment de prélèvement d'urine (214,215).

La problématique de prélèvement de ces cellules est non négligeable. Elle va du simple recueil d'urine à la réalisation de biopsie sous anesthésie locorégionale voir générale. Ainsi, les cellules souches provenant de la moelle sont rares (1/10000 cellules) et difficilement accessibles au prix de technique de prélèvement douloureuse pouvant nécessiter une anesthésie (216). En revanche, les cellules *Adipocytes Derived Stem Cells* (ADSC) provenant du tissu adipeux sont facilement prélevables avec une forte biodisponibilité (217). Concernant les cellules souches provenant d'urine, leur recueil est sûrement le plus simple et le

moins coûteux. Il s'agirait probablement de cellules mésenchymateuses provenant du rein (218,219).

Une fois prélevées les cellules vont être soumises à un protocole d'extraction et d'expansion *ex vivo*.

La plupart des études existantes sur la thérapie cellulaire et l'incontinence urinaire sont des expériences sur modèle animal. Parmi les modèles utilisés, le premier est celui créé par Lin en 1998 (220). Ils reproduisaient un traumatisme obstétrical chez une rate en provoquant une dilatation vaginale à l'aide d'une sonde urinaire laissée en place 4 heures. D'autres modèles ont été développés stimulant une lésion du nerf pudendal, une lésion de l'urètre ou du ligament pubo-urétral, une lésion intrinsèque du sphincter urétral par cautérisation ou sphinctérotomie. Dans les études animales, les techniques d'injection reposaient soit sur une injection péri urétrale directe, soit sur une injection intraveineuse soit sur l'incorporation de cellules souches sur une bandelette sous urétrale (221-227). Les critères de jugement principaux étaient variables d'une étude à l'autre : analyse histologique montrant une différenciation des cellules souches en cellules musculaires lisses ou striées, VLPP, capacité vésicale maximale... Les résultats étaient évalués entre 1 et 12 semaines après l'injection. Toutes les études retrouvaient des résultats encourageants. Concernant l'injection péri-urétrale, on peut s'interroger sur la nature exacte des résultats encourageants : effet de comblement ou intégration des cellules souches. L'étude de Lecoer et al. (228) permet d'apporter des éléments de réponse. En injectant du curare dans la partie d'urètre implantée, ils induisaient une diminution de la pression, reflet d'une efficacité des cellules implantées devenues fonctionnelles.

Trois études cliniques dont deux chez la femme ont été réalisées sur de petits effectifs (229-231). Carr et son équipe (230,231) ont inclus au total 38 patientes ayant une IUE réfractaire aux traitements médicaux dans 2 études. Une injection péri-urétrale de cellules souches musculaires a été effectuée. Une seconde injection pouvait être réitérée 3 mois plus tard. Une évaluation sur pad test (nombre d'épisode de fuite au quotidien) a été réalisée à 1, 3, 6 et 12 mois suivant le dernier traitement. Quatre-vingt pour cent des patientes ayant bénéficié de deux injections rapportaient une amélioration de plus de 50% du nombre de fuites et 90% d'entre elles rapportaient une diminution de poids du pad test de plus de 50%.

Ces nouveautés thérapeutiques restent, à ce jour, marginales et nécessitent d'autres investigations et optimisations pour pouvoir être proposées aux patientes.

#### **II-E-2-3-2- Rééducation de l'incontinence urinaire**

Selon les dernières recommandations du CNGOF (Collège National des Gynécologues et Obstétriciens Français) et de l'AFU (Association Française d'Urologie), le traitement de première intention de l'IUE repose sur la rééducation pelvi-périnéale (232,233). La rééducation pelvi-périnéale supervisée est multimodale comportant une facette cognitive (éducation, prise de conscience du plancher pelvien), une facette de renforcement musculaire (contractions volontaires contre résistance avec ou sans biofeedback et électrostimulation), ainsi qu'un travail de la posture (équilibre et position du bassin). Le but de cette rééducation est d'augmenter la force, l'endurance, la rapidité de contraction et ensuite d'améliorer la synchronisation des muscles du plancher pelvien. La

contraction volontaire va progressivement se transformer en phénomène automatique avant l'effort pour mener à une amélioration des symptômes en cas d'IUE.

#### **II-E-2-3-2-1- Rééducation musculaire périnéale**

Une revue de la littérature rappelant les différents mécanismes d'action de la rééducation périnéale dans la prise en charge de l'IU de la femme, a été publiée en 2013 (234). Les effets provoqués par les différents exercices proposés au cours de la rééducation étaient rappelés : les exercices de contraction volontaire des muscles pelvi-périnéaux étaient associés non seulement à une augmentation de leur force de contraction, une modification de leur morphologie avec une réduction du hiatus des releveurs (235), mais également à une amélioration des scores d'incontinence urinaire pour les femmes souffrant d'IUE. Il n'existait en revanche pas d'association avec l'augmentation de la PCUM ou avec l'hypermobilité urétrale (234). L'électrostimulation provoquait une augmentation de la force de contraction des muscles pelvi-périnéaux sans modification de la PCUM. Les données disponibles dans la littérature sont plus limitées sur le biofeedback et les thérapies comportementales.

Une revue des méta-analyses et essais randomisés disponibles dans la littérature permet de mieux se rendre compte de l'efficacité de ce traitement. Toutefois les résultats sont difficilement analysables de par la multitude des protocoles existants. En 2014, Dumoulin et al. ont mis à jour la dernière méta-analyse visant à comparer l'efficacité d'un programme de contractions volontaires des muscles pelvi-périnéaux, supervisé par un rééducateur, versus un groupe contrôle dans la prise en charge de l'IUE féminine (236,237). Dix-huit essais

contrôlés randomisés (1051 patientes) ont été inclus. Dumoulin et al. concluaient que les femmes souffrant d'une IUE isolée ayant bénéficié d'une rééducation pelvi-périnéale par renforcement musculaire supervisée, avaient un taux de guérison subjectif 8 fois supérieur à celui du groupe contrôle (RR 8,38 (IC95% 3,68-19,07), un taux de guérison objectif 7 fois supérieur (RR 7,5 (IC95% 2,89-19,47), une réduction supérieure de la quantité des fuites mesurée par le pad-test (RR -13.22 (IC95% -26.36 à -0.09), et un taux d'amélioration des symptômes ou de guérison 17 fois supérieur au groupe contrôle (RR 17,33 (IC95% 4,31-69,64). L'efficacité à long terme (plus d'un an après son arrêt) de la rééducation pelvi-périnéale ne pouvait pas être évaluée de par le manque d'études disponibles. Les limites de cette méta-analyse résidaient sur la méthodologie des essais inclus : les effectifs étaient faibles, la description des critères d'inclusion et des protocoles de rééducation était souvent peu détaillée et différait les uns des autres (238).

La rééducation par contraction périnéale semble ainsi avoir un effet important sur la prise en charge de l'IUE. En cas d'échec, un traitement par bandelette sous urétrale est à envisager. Dans un essai randomisé, Labrie et al. (239) comparait la rééducation et la chirurgie par bandelette sous-urétrale dans la prise en charge de l'IUE. Cet essai a pour intérêt de mettre en évidence le nombre de patientes chez qui une chirurgie a pu être évitée. L'analyse en intention de traiter montrait que la chirurgie était plus efficace que la rééducation (85% vs 53% de guérison subjective et 76% vs. 58% de guérison objective). A un an, 49% des femmes du groupe rééducation avaient finalement opté pour la chirurgie. Ce qui revient à dire que la rééducation en première intention évite la chirurgie à 51% des patientes à un an.

Une méta-analyse réalisée en 2011 par Herderschee et al. (240) a évalué la plus-value du biofeedback. Parmi les 24 essais randomisés inclus (1583 patientes), seuls 7 (250 vs. 270 patientes) avaient étudié le même critère de jugement principal, et seuls deux utilisaient les mêmes protocoles. Malgré des niveaux de preuves faibles à modérés et des protocoles très disparates, il ressortait un taux d'amélioration et de guérison des symptômes d'IU rapportés par les patientes plus important dans le groupe combinant biofeedback et renforcement des muscles pelvi-périnéaux (RR 0,75 (IC95% 0,66-0,86)). L'association de ces deux techniques de rééducation était également associée à une diminution du nombre d'épisodes journaliers de fuite d'urine (-0,12 (IC95% -0,22--0,01)). L'effet du biofeedback pourrait être expliqué par une meilleure conscientisation, et donc une normalisation plus rapide de l'inscription corticale des muscles pelvi-périnéaux (241). Il est également possible que l'amélioration des symptômes soit uniquement liée à une augmentation des fréquences de consultation et une durée de traitement plus longue dans le groupe biofeedback ce qui favoriserait l'adhésion au traitement (242).

La revue systématique publiée en 2010 par Imamura et al. (242) retrouvait que l'électrostimulation (vs. pas de traitement) améliorait l'incontinence urinaire (RR 3,93 (IC95% 1,43-10,80)), mais n'était pas associée à un taux de guérison plus important (RR 1,10 (IC95% 0,41-2,94)). La rééducation pelvi-périnéale par renforcement musculaire montrait une tendance à être plus efficace que l'électrostimulation en terme d'amélioration de la continence (RR 2,18 (IC95% 0,76-6,28)) et de guérison (RR 2,65 (IC95% 0,82-8,60)). L'association de l'électrostimulation et d'une rééducation par renforcement musculaire périnéal était plus efficace que l'absence de traitement en terme d'amélioration de

l'incontinence (RR 8,69 (IC95% 1,87-40,32), mais pas en terme de guérison (RR 1,76 (IC95% 0,27-11,54)) (242). La plus récente des revues de l'ICI (International Consultation on Incontinence) ne retrouvait pas de différence entre rééducation périnéale avec et sans électrostimulation (243).

#### II-E-2-3-2-2- Rééducation plus « globale »

Une nouvelle ère de la rééducation a vu le jour depuis quelques années, prenant en compte l'individu de manière plus globale. Au lieu de se focaliser sur la musculature périnéale, elle travaille la posture de l'individu, son équilibre, et associe une prise en charge psychologique et cognitive. Dans un essai contrôlé, Baker et al. (244) comparaient le yoga à une thérapie anxiolytique (mindfulness therapy) chez des patientes présentant une IUM. Ils ont observé une efficacité plus importante de la thérapie anxiolytique en termes de nombre de fuites d'urine (pourcentage de fuites) à 8 semaines, 6 mois et un an. Néanmoins, cet essai pilote portait sur un faible effectif avec un taux de perdu de vue important. Fritel et al. (245) au sein d'une cohorte de 1942 femmes âgées de 75 à 85 ans, ont observé une altération de la posture, de l'équilibre et de la mobilité plus importante chez les patientes ayant une incontinence urinaire. Morrisroe et al. (246) ans ont observé qu'une amélioration de la condition physique était associée à une diminution de l'incidence annuelle d'apparition d'une incontinence urinaire (RR 0,69 (IC95% 0,5-0,95)), dans une étude de cohorte longitudinale de 328 femmes âgées de 60 à 93 ans. D'autres auteurs se sont intéressés à l'impact d'une rééducation posturale en ayant recours à la réalité virtuelle (Wii® Balance Board, StepMania, etc.) sur l'incontinence urinaire, avec des résultats préliminaires encourageants (247). En supposant qu'une participation cognitive puisse contribuer à la survenue d'une

incontinence urinaire, Elliott et al. (247) ont évalué l'apport d'une thérapie cognitive (technique de rééducation virtuelle) en sus d'une rééducation pelvi-périnéale conventionnelle chez 24 patientes ayant une IUM. Ils concluaient à une amélioration significative des symptômes (questionnaires de qualité de vie), des performances cognitives, de la musculature périnéale et de l'adhésion aux programmes de rééducation. L'implication du cortex cérébral dans la rééducation périnéale est renforcée par les études de neuro-imageries. En 2006, une étude réalisée par Di Gangi Herms et al. (55) a étudié l'impact d'une rééducation pelvipérinéale (12 semaines) sur le changement des zones d'activation cérébrale à l'IRM fonctionnelle (avant vs. après rééducation) chez des patientes souffrant d'IUE. Ils retrouvaient une modification d'activation des aires motrices corticales. En effet avant la mise en place de la rééducation périnéale, les aires motrices primaires, sensorimotrices et les aires motrices supplémentaires et prémotrices étaient activées. Après rééducation, une disparition d'activité des aires motrices supplémentaires et prémotrices était observée, témoin d'une automatisation de la contraction périnéale acquise grâce à la rééducation. Néanmoins, les auteurs observaient une focalisation de l'activité des aires motrices et sensorimotrices témoignant d'une meilleure représentation de l'aire périnéale par l'individu. Gunnarson et al. (56) retrouvaient après rééducation un meilleur contrôle cortical de la contraction périnéale. Cette modification de l'activation des aires motrices n'est pas retrouvée chez les patients continents. Les auteurs émettaient l'hypothèse que les patients ne souffrant pas d'IUE n'avaient pas besoin de prendre conscience de leur périnée. Concernant l'insula droite, les auteurs ne retrouvaient pas de modification d'activation, avant et après rééducation. Son activation en pré rééducation pouvait être expliqué par le fait qu'elle soit étroitement reliée avec le

statut émotionnel et le ressenti. En post rééducation, son activation pouvait être liée à différents mécanismes : (i) l'insula est impliquée dans les mécanismes de miction (réplétion ou miction) ; (ii) la contraction périnéale est associée au déclenchement ou à l'inhibition d'un processus mictionnel. Après rééducation, la partie rostrale du CCA est activée, témoignant de l'implication émotionnelle de l'individu à contracter son périnée. Après une prolongation de cette rééducation, la partie dorsale (cognitive) du CCA devient inactive, témoignant selon les auteurs d'une automatisation de la contraction périnéale (55). Les auteurs montraient ainsi qu'une rééducation musculaire simple modifie l'organisation et l'implication des différentes régions corticales, augmentant ou diminuant la prise de conscience de contraction périnéale par l'individu.

### III- Objectifs des travaux personnels

L'objectif était de déterminer s'il existait un impact d'un détournement d'attention sur les mécanismes de contraction des muscles du plancher pelvien et si cet effet, pouvait être corrigé par une technique de rééducation spécifique (rééducation en double tâche). Trois expériences ont ainsi été réalisées afin de répondre à ces objectifs :

1/ Afin d'éviter la survenue de fuites d'urine à l'effort, une femme peut être amenée à renforcer son système de continence en contractant volontairement les muscles du plancher pelvien. Ce renforcement musculaire pourrait être altéré en cas de distraction cognitive. Le but de notre première expérience était d'analyser l'impact d'un détournement d'attention sur les caractéristiques de la contraction périnéale volontaire.

2/ La contraction périnéale réflexe est impliquée dans le maintien de la continence urinaire en cas de toux. Cette contraction périnéale réflexe présente différentes caractéristiques préalablement observées par notre équipe. Le but de notre seconde expérience était d'analyser l'impact d'un détournement d'attention sur les caractéristiques de la contraction périnéale involontaire (modulation et anticipation).

3/ La possibilité d'augmenter volontairement les capacités résistives du système urinaire ainsi que l'existence d'une contraction périnéale réflexe anticipée et modulée, permettent à l'individu de s'adapter en cas d'effort afin d'éviter des fuites d'urine. Ayant observé qu'un détournement d'attention modifie les caractéristiques de ces deux types de contraction musculaire, notre équipe a élaboré un protocole de rééducation cognitive en double tâche. L'objectif de cette rééducation était de prévenir les modifications provoquées par un détournement d'attention.

## IV- Présentation générale des matériels et méthodes utilisés

### IV-A- Outils expérimentaux

#### IV-A-1- Enregistrement électromyographique (EMG) des muscles du sphincter anal externe (SAE) et des muscles intercostaux externes (ICE)

##### IV-A-1-1- Définition

L'électromyographie également appelée électrodiagnostic de détection, est une technique qui permet d'enregistrer l'activité électrique des unités motrices d'un muscle. Les signaux électriques détectés sont la résultante de la propagation des potentiels d'action le long de la membrane des fibres musculaires, provoquée par un processus d'excitation nerveuse.

Le recueil de l'information peut être réalisé de deux manières : l'électromyographie élémentaire et l'électromyographie globale (ou de surface).

L'électromyographie élémentaire est une technique d'enregistrement très sélective. Sa réalisation est possible grâce à des électrodes-aiguilles, soit bipolaires (la lumière des aiguilles est occupée par 2 fils de platine), soit monopolaires (la lumière des aiguilles est occupée par 1 fil de platine). L'avantage de l'aiguille bipolaire est de limiter l'enregistrement des signaux parasites. L'aiguille est directement placée à l'intérieur du muscle et permet ainsi l'exploration sélective d'une ou d'un petit nombre d'unités motrices. Cette technique permet ainsi d'analyser la morphologie de chaque potentiel d'action. L'analyse d'un nerf moteur périphérique peut être réalisée soit par stimulo-détection soit par détection simple. En cas de détection simple, une aiguille-électrode insérée dans le muscle recueille son activité électrique au repos et lors de la contraction musculaire volontaire. La stimulo-détection permet d'analyser la vitesse de

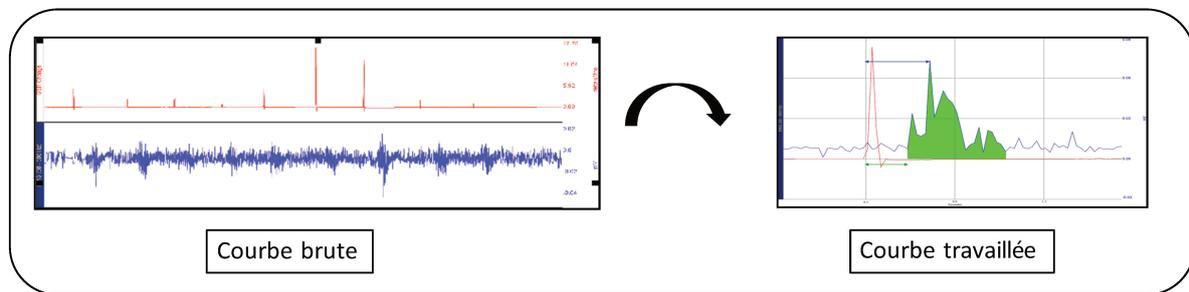
conduction des influx dans les fibres nerveuses motrices.

L'électromyographie globale est réalisée à partir d'une électrode de surface placée sur la peau en regard du muscle à explorer. Elle permet d'explorer le muscle dans sa globalité mais ne permet pas d'analyse fine de la forme des potentiels d'action. L'individu doit effectuer des contractions musculaires de force croissante. Les tracés sont ainsi étudiés aux différents temps de la contraction musculaire. Elle a pour but d'explorer le recrutement des unités neuromusculaires grâce à une relation entre l'activité électrique enregistrée et la force développée.

Il est nécessaire d'utiliser un amplificateur différentiel pour traiter le signal EMG. Il permet d'amplifier un signal EMG de faible amplitude afin de pouvoir le détecter. Le rôle de cet outil est d'amplifier la différence entre deux entrées appariées, et par conséquent d'éliminer les signaux parasites qui ont une influence commune sur les deux sorties, tels que les signaux de 50 ou 60 Hz provenant des lignes électriques (248). L'impédance d'entrée est forte afin de limiter la perte de voltage entre les deux électrodes actives. La bande passante est ensuite filtrée par deux filtres : un filtre « passe haut » qui élimine la composante de courant continu du signal et un filtre « passe bas » pour éviter les distorsions de signal par sous-échantillonnage (249). L'amplificateur est ensuite relié à un ordinateur équipé d'un convertisseur analogique digital. Les signaux EMG recueillis sont triphasiques. Ses composants sont situés de part et d'autre de la ligne zéro. De telle sorte à disposer de la totalité de ces constituants, on redresse l'ensemble des alternances situées d'un côté de la ligne zéro : courbe EMG redressée (full-wave rectification). Dans un dernier temps, la surface globale des potentiels redressés est automatiquement calculée, et donne naissance à une courbe dont l'amplitude

quantifie le degré d'activité du muscle. Cette étape caractérise l'intégration du signal. Au final, on obtient un signal « EMG intégré » (figure 8).

**Figure 8: Traitement du signal électromyographique : débruitage, rééchantillonnage, redressement, intégration**



#### **IV-A-1-2- Justificatif du choix des électrodes d'enregistrement**

Nos expériences ont été réalisées à l'aide d'électrodes de surface aussi bien au niveau périnéal qu'au niveau des muscles intercostaux. Le choix de ces électrodes s'est imposé de par leur nature atraumatique et leur capacité à échantillonner un grand nombre d'unités motrices. La nature autocollante des électrodes de surface choisies avec une forte capacité adhésive permet également d'éviter tout déplacement des capteurs au cours du protocole expérimental contrairement aux aiguilles (250). De plus, Jost et al. (251) concluaient à la supériorité des électrodes de surface par rapport aux aiguilles de détection dans l'enregistrement des temps de latence des muscles du SAE suivant une stimulation magnétique corticale. Dans nos expériences, la principale mesure correspond au temps de latence de contraction des muscles du SAE.

Les électrodes utilisées étaient les mêmes pour les différents groupes musculaires enregistrés. Nous avons opté pour des électrodes autocollantes avec

une forte capacité adhésive comprenant un gel liquide constitué d'électrolytes (REF: 9012S0242, Alpine BioMed© (Skovlunde, Danemark)) (figure 9). L'utilisation de gel dans les électrodes permet grâce à son taux de chlorure de sodium élevé, d'améliorer la conductivité des électrodes mais également de diminuer les artefacts du fait d'une diminution de l'impédance entre la peau et l'électrode.

**Figure 9: Photographie des électrodes utilisées (REF: 9012S0242, Alpine BioMed© (Skovlunde, Danemark))**



#### **IV-A-1-3- Justificatif du choix des groupes musculaires enregistrés**

Deux groupes musculaires ont été enregistrés pour détecter la toux et la contraction périnéale volontaire et involontaire : le sphincter anal externe (SAE) et les muscles intercostaux externes (ICE).

##### **IV-A-1-3-1- Enregistrement EMG du sphincter anal externe**

Depuis plusieurs années, notre équipe réalise des protocoles expérimentaux d'enregistrement EMG des muscles du SAE pour étudier la contraction volontaire et involontaire des muscles du plancher pelvien et du sphincter urétral

(153,201,202,252). Le choix du SAE est lié à plusieurs raisons précédemment exposées (153,201,202,252). Il s'agit d'un muscle facilement repérable et accessible, sur lequel il est aisé de disposer des électrodes de surface. Plusieurs auteurs ont précédemment démontré que le SAE avait des similitudes avec le sphincter strié de l'urètre avec (i) une contraction synchrone de celle des muscles du plancher pelvien et des muscles du sphincter strié de l'urètre (253), (ii) un comportement réactionnel à la toux similaire au sphincter strié de l'urètre (76), (iii) et même des caractéristiques de potentiel d'action similaires (forme, amplitude et durée)(254).

#### **IV-A-1-3-2- Enregistrement des muscles intercostaux externes**

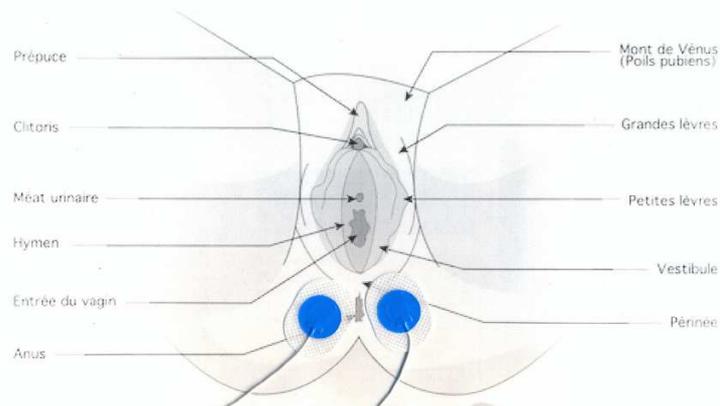
Les muscles reflétant l'initiation de la toux sont les muscles du diaphragme thoracique et les muscles intercostaux. L'enregistrement de ces muscles nous permet d'étudier une cinétique d'activation avec les muscles pelvi-périnéaux. L'enregistrement des muscles du diaphragme n'est possible que par des techniques invasives non dénuées de risque (laparoscopique, endo-oesophagienne...) ce qui n'était éthiquement pas concevable (255,256). Les muscles ICE ont une activation synchrone avec ceux du diaphragme. Des études de neurophysiologie expérimentale chez le chat décérébré, chez qui il était induit un effort de toux par stimulation du nerf laryngé ou de vomissement, retrouvaient une activation synchrone des muscles intercostaux interne et externe thoracique moyen (entre les 5<sup>ème</sup> et 9<sup>ème</sup> cotes) et du diaphragme. Cette activation devançait celle des muscles abdominaux et intercostaux distaux (257,258). De récentes études réalisées par notre équipe ont pu montrer la faisabilité de tels enregistrements (153,201,252).

#### IV-A-1-4- Protocole d'utilisation des électrodes

Une préparation cutanée première par simple nettoyage à l'aide d'une solution alcoolique est importante pour favoriser une bonne adhésion des électrodes et limiter les artefacts d'enregistrement liés à une impédance élevée (saleté, peaux grasse...).

Deux électrodes permettant l'enregistrement des muscles du SAE, sont disposées de part et d'autre de l'anus sur les plis radiés (figure 10). Elles sont reliées à un fil conducteur, lui-même branché au dispositif de recueil d'information qu'est le Biopac®.

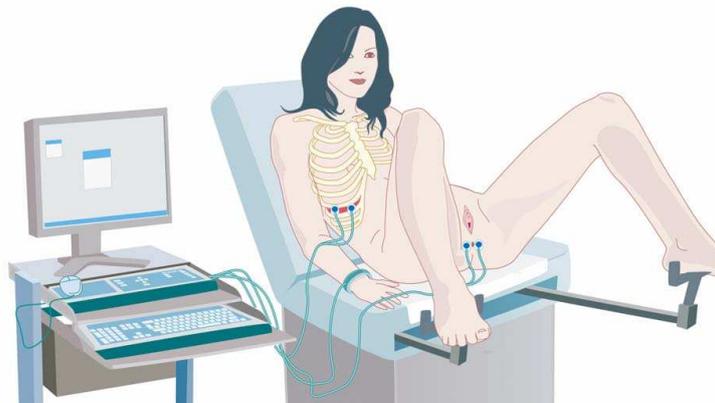
**Figure 10: Disposition des électrodes en regard du sphincter anal externe**



Deux électrodes permettant l'enregistrement des muscles ICE sont disposées sur le côté droit de la volontaire, en regard du 7ème espace intercostal entre la ligne médio-claviculaire et la ligne axillaire droite (figure 11). Le côté droit a été choisi pour limiter les signaux EMG parasites inhérents aux battements du cœur. Elles sont reliées à un fil conducteur lui-même branché au dispositif de recueil d'information qu'est le Biopac®.

Le sujet doit également porter une électrode de « terre » attachée au poignet droit par un bracelet en tissu humidifié. Cette électrode est elle-même rattachée au Biopac® par un fil conducteur.

**Figure 11 : Disposition des électrodes en regard des muscles intercostaux droit**



#### **IV-A-1-5- Analyse et interprétation des données EMG**

##### **IV-A-1-5-1- Matériel de traitement du signal : le système Biopac Student Lab**

Le Système Biopac Student Lab (*figure 12*) est un ensemble intégré (logiciel et matériel) pour l'acquisition et l'analyse de données dans les sciences de la vie. Le logiciel Biopac Student Lab permet d'analyser (recueil, amplification, ré-échantillonnage, redressement et intégration du signal), de sauvegarder et de relire les données collectées. Le matériel d'acquisition des données est un boîtier MP 30. Les entrées du boîtier MP sont appelées « canaux ». Les ports d'entrée des canaux sont situés sur le devant du boîtier MP et nommés CH 1, CH 2, CH 3, et CH 4. Le marteau réflexe piézo-électrique, les électrodes enregistrant l'activité EMG du SAE

et l'électrode de référence (terre), les électrodes enregistrant l'activité EMG des muscles ICE ont été respectivement branchés sur les canaux CH 1, CH 2, CH 3.

**Figure 12: Photographie du matériel Biopac MP30**



#### **IV-A-1-5-2- Analyse du signal**

Les signaux électromyographiques recueillis à l'aide du Biopac étaient secondairement analysés par le logiciel Student Lab Pro® Software. Les courbes étaient dans un premier temps « débruitées » puis ré-échantillonnées. Le taux d'échantillonnage choisi pour recueillir le signal EMG était de 1000 échantillons/secondes. Les filtres utilisés par l'amplificateur étaient compris entre 30 et 500 Hz. L'analyse du signal a été réalisée après avoir redéfini le taux d'échantillonnage (90 échantillons/seconde) afin de lisser la courbe par un facteur 3. Le signal était secondairement redressé afin de pouvoir travailler sur la valeur absolue du signal. Finalement, le signal était intégré de telle sorte à établir une courbe permettant de quantifier l'activation EMG musculaire (*figure 8*).

#### IV-A-1-5-3- Définition de l'initiation d'une activité musculaire EMG

L'enregistrement EMG d'un muscle présente un bruit de signal de base. Ce bruit présente une déviation standard inférieure à 0,0012 mV. En accord avec les données de la littérature, nous avons défini que l'initiation de l'activation d'un muscle correspondait sur le tracé EMG à un signal avec une déviation standard supérieure 0,002 mV et une pente supérieure à 0,25mV/s. La fin de l'activation musculaire correspondait à un retour au bruit de signal de l'enregistrement EMG.

#### IV-A-2- Détournement d'attention

Le test neuropsychologique choisit pour établir un détournement d'attention a été le test de la mPASAT (PASAT modifié. Adaptation française. Marseille: Solal; (2003)) (*figure 5*). Ce test était initialement utilisé pour évaluer les troubles cognitifs des patients atteints de sclérose en plaque ainsi que les déficits cognitifs des patients atteints de traumatismes cérébraux. Il permet essentiellement d'évaluer les fonctions cognitives mettant en jeu l'attention (259). Il s'agit d'un test sans biais d'apprentissage (série de chiffres aléatoires), reproductible et facile d'utilisation, adapté à nos expériences (259). Les modalités du test sont décrites ci-dessous. Le sujet écoute une bande audio sur laquelle est présentée une série aléatoire de 61 chiffres variant de 1 à 9 (par exemple, " 1, 9, 4, 5 ... "). Le sujet doit additionner des paires de chiffres de façon que chaque chiffre soit additionné avec le chiffre précédent de la série. Après chaque addition, le sujet doit émettre verbalement une réponse. Par exemple, le sujet doit d'abord additionner la première paire de chiffres : "1 et 9" et fournir la réponse : " 10 ", le sujet doit ensuite continuer à additionner la seconde paire de chiffres de la série, soit le " 9 "

avec le " 4 " et émettre à nouveau une réponse : " 13 ", ainsi de suite jusqu'à la fin de la série. Le rythme de présentation des chiffres était de 1,5 secondes.

### **IV-A-3- Epreuves de contraction périnéale volontaire et involontaire**

#### **IV-A-3-1- Epreuves de contraction périnéale volontaire**

##### **IV-A-3-1-1- Ordre de contraction périnéale volontaire**

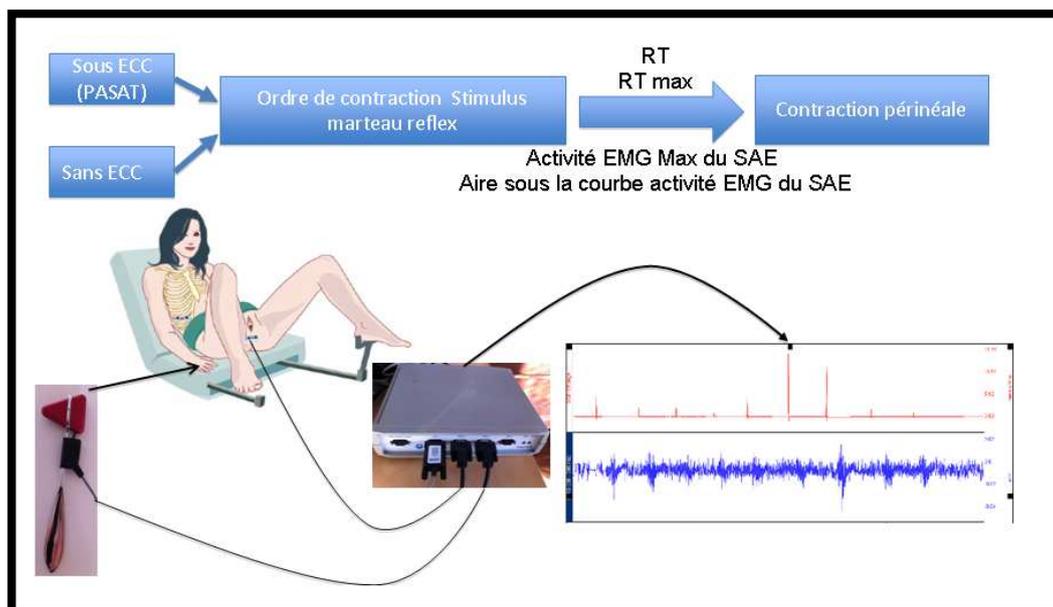
L'ordre de contraction périnéale volontaire était donné à l'aide d'un marteau réflexe électronique (Ref SS36L) en regard du nerf médian sur la face interne du poignet gauche. Il est composé d'un transducteur piezo-électrique inséré au sein de la table en gomme du marteau. Celui-ci permet de mesurer avec précision les temps de latence. Le bras de la volontaire ainsi que l'examineur étaient cachés du champ de vision de la volontaire derrière un drap, de telle sorte que l'ordre soit donné en aveugle. Le fait de ne pas voir le stimulus permettait d'éviter toute anticipation de contraction périnéale. De plus, l'intervalle de temps séparant deux ordres de contraction était aléatoire et espacé d'un minimum de 5 secondes. Dans le logiciel *Student Lab Pro*, le stimulus était représenté par un pic sur les courbes EMG retravaillées.

##### **IV-A-3-1-2- Effort de contraction périnéale volontaire**

Les sujets étaient en position demi-assise sur une table d'examen gynécologique. Il était demandé aux femmes volontaires d'uriner avant de réaliser le protocole expérimental, de telle sorte à ce qu'une sensation de besoin d'uriner ne soit pas compétitive avec les tests cognitifs. De récents travaux expérimentaux réalisés par Jousse et al. (16) ont observé une corrélation entre le remplissage vésical et l'altération des tests cognitifs. En effet, chez 21 volontaires sains réalisant des tests attentionnels (mPASAT et Test de performance continu) en cours

de remplissage vésical, le score d'erreur total du test de performance continu était augmenté à fort besoin d'uriner, avec un temps de réaction diminué et un plus grand nombre d'erreurs de commission témoignant d'une précipitation. Il existe donc une interaction entre capacités attentionnelles et besoin d'uriner. Une fois les électrodes disposées de part et d'autre de l'anus, il était demandé au sujet de contracter les muscles périnéaux lorsqu'elle ressentait un stimulus sur le bras gauche. La contraction périnéale devait être maximale sans qu'aucune notion de durée n'ait été précisée. Les sujets devaient répéter l'expérience dans 2 conditions : avec et sans épreuve de détournement d'attention (mPASAT). Dans chaque condition, l'expérience était répétée 6 fois (*figure 13*).

**Figure 13 : Technique expérimentale d'enregistrement des contractions périnéales volontaires avec et sans épreuves de charges cognitives**



*Abréviations* : ECC : épreuve de charge cognitive ; EMG : électromyographique ; Max : maximal ; PASAT : paced auditory serial additional test ; R : ratio ; RT : temps de réaction ; SAE : sphincter anal externe

*Légende* : Tracé rouge : stimulus (marteau réflexe électronique) ; Tracé bleu : tracé électromyographique du sphincter anal externe.

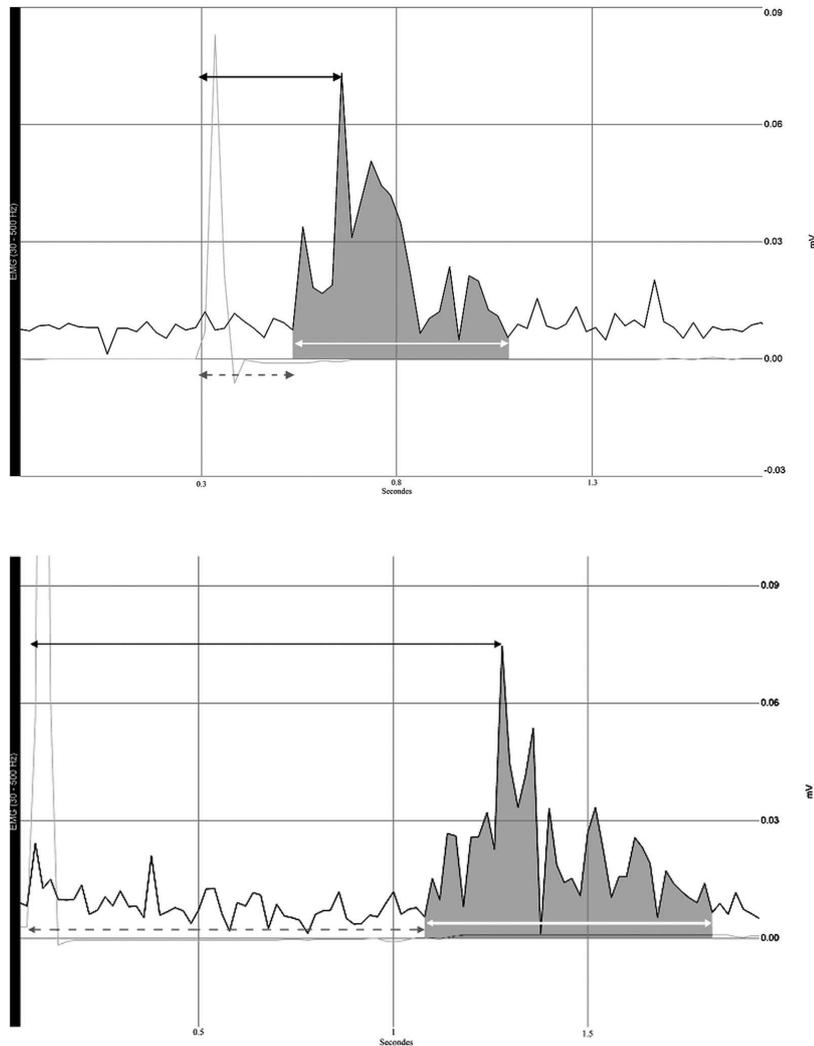
#### IV-A-3-1-3- Les différents paramètres EMG étudiés

Les paramètres enregistrés étaient les suivants (*figure 14*):

- RT : le temps de réaction de contraction périnéale. Il correspond à la latence entre le stimulus et l'initiation d'activité EMG du SAE.
- RT max : le temps de réaction de contraction périnéale maximale. Il correspond à la latence entre le stimulus et le zénith d'activité EMG maximale du SAE.
- L'activité EMG maximale du SAE.
- L'aire sous la courbe de l'activité EMG du SAE.

Les paramètres EMG étaient mesurés pour chacune des contractions périnéales volontaires analysables dans chacune des conditions. Pour chacun des paramètres étudiés, une moyenne des valeurs enregistrées dans chaque condition était retenue.

**Figure 14 : Courbe ré-échantillonnée d'une contraction périnéale volontaire : Activité électromyographique du sphincter anal externe sans épreuve de charge cognitive puis avec épreuve de charge cognitive**



**Légendes :** *Figure du haut : contraction périnéale volontaire sans ECC ; Figure du bas : contraction périnéale volontaire avec ECC ; Courbe grise : stimulus d'ordre de contraction périnéale ; Courbe noire : Activité EMG du SAE ; Flèche en pointillée : temps de réaction de contraction périnéale ; Flèche pleine : temps de réaction de contraction périnéale maximale ; Zone grise foncée : Aire sous la courbe de l'activité EMG du SAE.*

L'étude de la reproductibilité de l'analyse des courbes a été effectuée sur un panel de courbes, par deux observateurs en aveugle des conditions dans lesquelles les

mesures avaient été réalisées. Le test de corrélation inter-observateur était de 0,94 et le test de corrélation intra-observateur était de 0,89.

#### **IV-A-3-2- Epreuve de contraction périnéale involontaire**

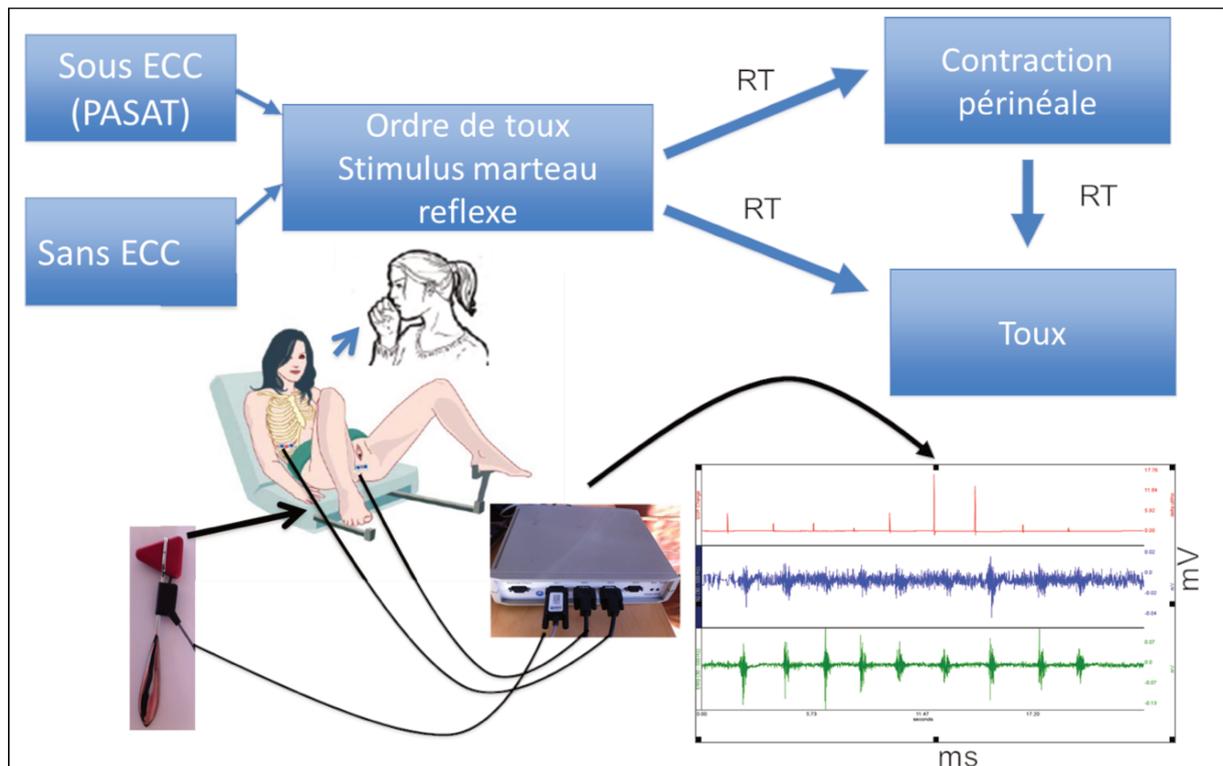
##### **IV-A-3-2-1- Ordre de contraction périnéale involontaire**

Au même titre que pour la contraction périnéale volontaire, la toux menant à une contraction périnéale involontaire était ordonnée à l'aide d'un marteau réflexe électronique (Ref SS36L) par un stimulus en regard du nerf médian sur la face interne du poignet gauche. Le stimulus était également donné en aveugle, de manière aléatoire avec un intervalle minimum de 10 secondes entre deux ordres. Il s'agit d'un intervalle plus long que pour le protocole précédent. L'action de tousser est en effet plus longue que celle de contracter volontairement le périnée.

##### **IV-A-3-2-2- Effort de toux et contraction périnéale involontaire**

Les sujets étaient en position demi-assise sur une table d'examen gynécologique vessie vide, deux électrodes de surface collées au niveau péri-anal et deux électrodes de surface collées en regard du 7<sup>ème</sup> espace intercostal droit. Les volontaires devaient tousser sans prendre d'inspiration préalable lorsqu'elles ressentaient le stimulus au niveau du bras. Le choix de la toux a été fait car il s'agit d'un effort simple, pouvant être effectué sur une table d'examen, reproductible et menant fréquemment à la fuite d'urine chez les patientes présentant une IUE. De plus, l'ensemble des travaux réalisés par notre équipe et s'intéressant à la contraction périnéale réflexe ont été effectués en utilisant la toux comme effort (201,202) (*figure 15*).

**Figure 15 : Technique expérimentale d'enregistrement des contractions périnéales involontaires avec et sans épreuves de charges cognitives**



**Abréviations :** ECC : épreuve de charge cognitive ; PASAT : Paced Auditory Serial Addition Test ; RT : temps de réaction.

**Légende :** Tracé rouge : stimulus (marteau réflexe électronique) ; Tracé bleu : tracé électromyographique du sphincter anal externe ; tracé vert : tracé électromyographique des muscles intercostaux externes.

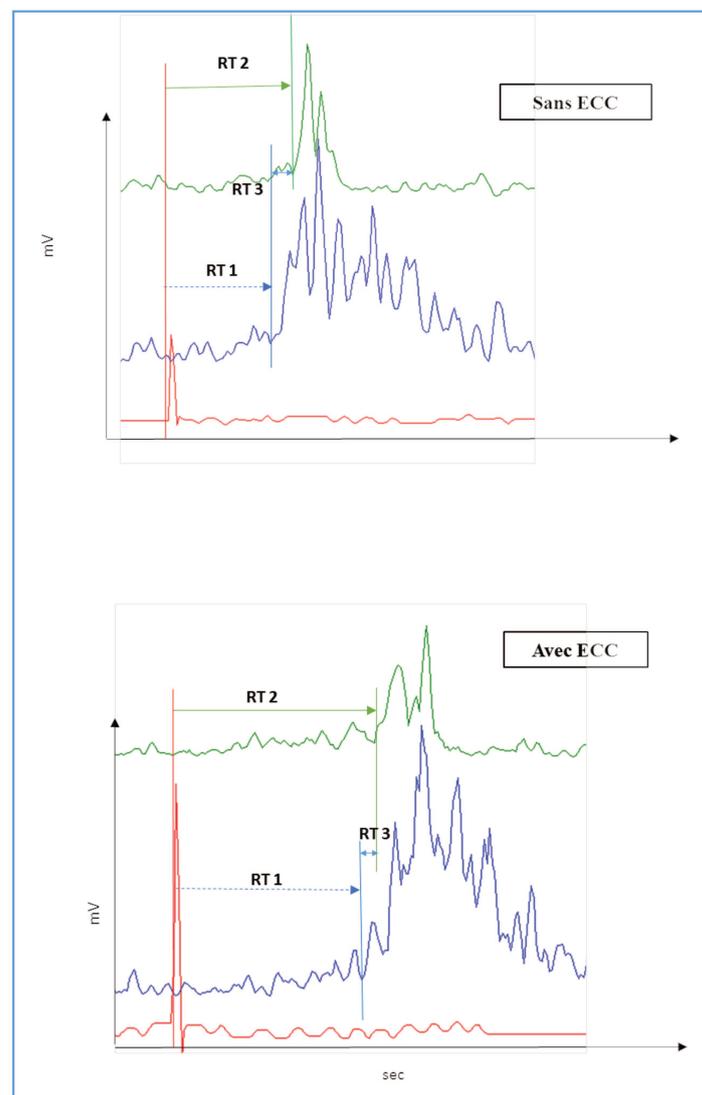
#### **IV-A-3-2-3- Les différents paramètres EMG étudiés**

Les paramètres enregistrés étaient les suivants (*figure 16*):

- RT1 : Il correspond à la latence entre le stimulus et l'initiation de l'activation EMG du SAE.
- RT2 : Il correspond à la latence entre le stimulus et l'initiation de l'activation EMG des muscles ICE.

- RT3 : le délai de pré-activation périnéale. Il correspond à la latence entre l'initiation de l'activation EMG du SAE et l'initiation de l'activation EMG des muscles ICE.
- La durée de contraction du SAE.
- L'aire sous la courbe de l'activité EMG du SAE.

**Figure 16 : Courbe ré-échantillonnée d'une contraction périnéale involontaire :  
Activité électromyographique du sphincter anal externe et des muscles  
intercostaux externe sans épreuve de charge cognitive puis avec épreuve de charge  
cognitive**



*Abréviations : ECC : épreuve de charge cognitive ; RT1 : temps de réaction stimulus-contraction périnéale ; RT2 : temps de réaction stimulus-toux ; RT3 : délai de pré-contraction périnéale ; RT1'/RT2'/RT3' : temps de réaction avec ECC*

#### **IV-A-4- Technique de rééducation cognitive en double tâche**

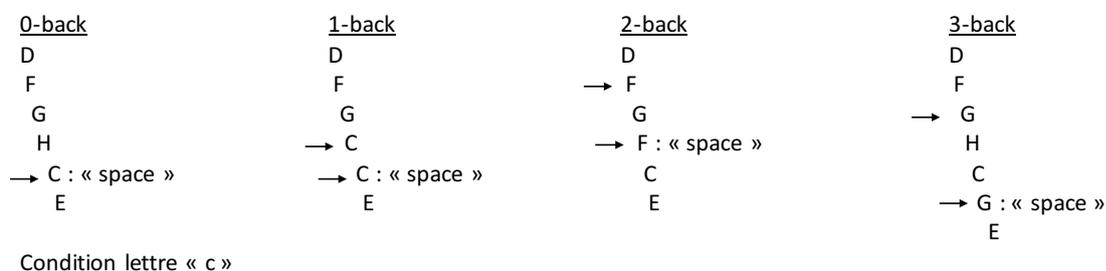
##### **IV-A-4-1- Le rationnel d'une rééducation en double tâche**

En faisant l'hypothèse d'une participation cognitive probable dans la survenue d'une IU, Elliott et al. ont évalué l'apport d'une thérapie cognitive (technique de rééducation virtuelle) en sus d'une rééducation pelvi-périnéale conventionnelle chez 24 patientes souffrant d'IUM. Au décours de cette rééducation, ils retrouvaient une amélioration significative des symptômes (questionnaires de qualité de vie), des performances cognitives, de la musculature périnéale et de l'adhésion aux programmes de rééducation. A ce jour, ces pistes de rééducation dans le traitement de l'IU n'ont pas pu être évaluées sur un grand panel de patientes et nécessitent de futurs essais contrôlés randomisés (247). Le renforcement de la cognition et de l'attention concomitant d'une contraction périnéale pourrait ainsi favoriser la correction des symptômes d'IUE. La mise en place d'un protocole en double tâche (cognitif et musculaire) va dans ce sens : maintenir une contraction périnéale volontaire et involontaire malgré un détournement d'attention permettrait de limiter la probabilité de fuites urinaires.

#### IV-A-4-2- Le rationnel du test cognitif

Plusieurs tests cognitifs évaluant l'attention existent. Leurs fonctions et leurs caractéristiques sont étudiées dans un chapitre dédié (II-B-3). Nous avons choisi de ne pas prendre les mêmes tests que les tests utilisés dans les séances d'évaluation initiale et finale, afin de s'assurer de l'absence d'effet d'apprentissage. Le test choisi était le test N-Back. Ce test a des niveaux de difficultés croissantes. Les modalités du test N-back sont les suivantes : le sujet visualise une série aléatoire de lettres. Le premier niveau de difficulté consiste à cliquer sur le bouton dédié lorsque la personne visualise la lettre préalablement définie (par exemple la lettre C). Le deuxième niveau de difficulté consiste à cliquer sur le bouton dédié lorsque la personne voit deux fois la même lettre séparée par une autre lettre. Le troisième niveau de difficulté consiste à cliquer sur le bouton dédié lorsque la personne voit deux fois la même lettre séparée par deux autres lettres, et ainsi de suite... (figure 17).

**Figure 17 : test de N-back**



Conditions de réponse à la tâche de N-back : appuyer sur la barre « espace » du clavier si :

0-back : apparition de la lettre cible prédéfinie

1-back : lettre présentée identique à celle apparue juste avant

2-back : lettre présentée identique à celle apparue 2 rangs plus haut (avant dernière lettre)

3-back : lettre présentée identique à celle apparue 3 rangs plus haut (avant-avant dernière lettre)

#### IV-A-4-3- Modalités pratiques

Le programme de rééducation cognitive a été réalisé à l'aide d'un logiciel gratuit (PsychoPy) disponible sur internet (<http://www.psychopy.org>). Le programme de rééducation était fourni sur une clef USB. La volontaire devait télécharger le programme sur un support numérique pour pouvoir s'en servir (ordinateur ou tablette numérique). Pour débiter une séance, la volontaire devait s'asseoir devant son ordinateur ou sa tablette numérique et lancer le programme. Une séance de rééducation durait 3 minutes et devait être effectuée 2 fois par jour pour une durée de 15 jours. Lors du démarrage de la séance, la volontaire devait dans un premier temps choisir le niveau de difficulté du test neuropsychologique effectué. Tous les 4 jours, la volontaire devait passer au niveau de difficulté supérieur du test N-Back. Une fois prête, la volontaire démarrait la séance. De manière concomitante au test de N-Back, la volontaire devait effectuer une contraction périnéale lorsqu'un ordre de contraction, représenté par un signal rouge, apparaissait sur l'écran. Au cours d'une séance, 10 ordres de contraction périnéale étaient émis, séparés par des intervalles de temps aléatoires.

## IV-B- Considérations éthiques

Afin de pouvoir procéder à l'ensemble des expériences réalisées, deux avis de Comité de Protection de Personnes (CPP) ont été obtenus. Le premier CPP est un CPP en soin courant. Il a été obtenu auprès du CPP Paris IDF XI : ID RCB 2011-A01690-41. Son intitulé était « effet d'une déplétion cognitive sur les mécanismes neuromusculaires impliqués dans la continence urinaire ». Le deuxième avis favorable de CPP a été obtenu auprès du CPP Paris IDF 3 : ID RCB 2015-A00597-42. Son intitulé était « influence d'une rééducation cognitive sur les mécanismes physiologiques de la continence urinaire ». Une lettre d'information a été remise à l'ensemble des volontaires qui ont été incluses après acceptation et signature d'un consentement écrit (*Annexes 1,2*).

## IV-C- Etude de l'impact d'un détournement d'attention sur la contraction périnéale volontaire (260)

### IV-C-1- Population et critères d'inclusion

Il s'agit d'une population de femmes continentales volontaires. L'ensemble des volontaires a été recruté au sein du service de Gynécologie de l'Hôpital Antoine Béchère et de l'École de Sages-Femmes de Foch. Les critères d'inclusion étaient les suivants : femmes majeures continentales, nullipares, ne présentant aucun trouble urogynécologique, n'ayant pas de trouble colo-rectaux, n'ayant pas d'infection urinaire et acceptant de participer à l'étude et ayant signé un consentement. Les critères d'exclusion étaient les suivants : femme enceinte, refus de participer ou de signer le consentement, femme ne comprenant pas le français, démence et autres troubles cognitifs.

Au total 20 femmes ont accepté de participer à l'étude. Le calcul d'effectif s'est basé sur le nombre de femmes habituellement recrutées pour réaliser une étude expérimentale portant sur les contractions périnéales. Les caractéristiques des patientes étaient les suivantes. Les données sont exprimées en médiane (IQR 25-75). Il s'agissait de volontaires âgées de 19,5 ans (19-22,5) ayant un IMC à 20 Kg/m<sup>2</sup> (19,5-20,8). Toutes les femmes avaient des scores de Wexner et UDI-6 égaux à zéro. Elles avaient toutes un Mini Mental Status test (MMS) à 30.

### **IV-C-2- Protocole expérimental**

#### **IV-C-2-1- Interrogatoire et remplissage des questionnaires**

Les volontaires étaient soumises à un interrogatoire médical (antécédents médicaux, âge, poids, taille, questionnaire *UDI-6* (261), score de *Wexner* et *MMS* (262)). L'absence de déficit cognitif était évalué par la réalisation d'un Mini Mental Status questionnaire (*MMS*) dont le score devait être de 30 pour permettre l'inclusion (262). L'absence de trouble urogynécologique était évalué pour les troubles ano-rectaux par le score de *Wexner* et *Jorge* (263) et pour les troubles urinaires par le questionnaire *UDI-6* (261) (*Annexe 3,4,5*). L'absence d'infection urinaire était dépistée par une bandelette urinaire.

#### **IV-C-2-2- Enregistrement EMG**

L'activité EMG des muscles du SAE était enregistrée par deux électrodes collées de part et d'autre de l'anus, sur les plis radiés.

#### **IV-C-2-3 Traitement des données**

Le signal EMG recueilli par le module Biopac était immédiatement déparasité,

ré échantillonné puis redressé et intégré. Les mesures ont été réalisées par deux personnes en aveugle de la connaissance des conditions d'enregistrement. Toutes les données ont été exportées sur le logiciel Excel de Microsoft pour l'analyse finale.

#### **IV-C-2-4- Epreuves**

Suite à un ordre de contraction réalisé par un stimulus (marteau électronique), la volontaire devait effectuer une contraction périnéale volontaire maximale. L'épreuve était répétée 6 fois dans deux conditions différentes : avec et sans épreuve de détournement d'attention (mPASAT).

#### **IV-C-2-5- Analyse des données**

L'analyse des données a été réalisée via le logiciel R développé par les laboratoires Bell (Lucent Technologies, Paris, France ; <http://www.r-project.org/>). Les données qualitatives étaient exprimées en médiane. Le test non paramétrique de Wilcoxon était utilisé. Il permet de décrire des données quantitatives sur variables appariées. Le seuil de significativité était défini par  $p < 0,05$ .

### **[IV-D- Etude de l'impact d'un détournement d'attention sur la contraction périnéale involontaire \(264\)](#)**

#### **IV-D-1- Population et critères d'inclusion**

Il s'agit d'une population de femmes continentales volontaires. L'ensemble des volontaires a été recruté au sein du personnel du service de Gynécologie de l'Hôpital Antoine Béclère et de l'Ecole de Sage-Femme de Foch. Les critères

d'inclusion étaient les suivants : femmes majeures continentes, nullipares, ne présentant aucun trouble urogynécologique, n'ayant pas de trouble colo-rectaux, n'ayant pas d'infection urinaire acceptant de participer à l'étude et ayant signé un consentement. Les critères d'exclusion étaient les suivants : femme enceinte, refus de participer ou de signer le consentement, femme ne comprenant pas le français, démence et autres troubles cognitifs.

Au total 33 femmes ont accepté de participer à l'étude. Le calcul d'effectif était basé sur l'hypothèse d'une réduction de 30% du temps de pré-contraction périnéale entre les deux conditions (avec et sans épreuve de détournement d'attention). Afin d'avoir une puissance de 80% avec un risque alpha de 0,05, le nombre de sujet à inclure était de 30. Les caractéristiques des sujets étaient les suivantes. Les données sont exprimées en médiane (IQR 25-75). Il s'agissait de volontaires âgées de 28 ans (23-29) ayant un IMC à 21,2 Kg/m<sup>2</sup> (20,2-22,86). Toutes les femmes avaient des scores de Wexner et UDI-6 négatifs. Elles avaient toutes un MMS à 30.

#### **IV-D-2- Protocole expérimental**

##### **IV-D-2-1- Interrogatoire et remplissage des questionnaires**

Les volontaires étaient soumises à un interrogatoire médical (antécédents médicaux, âge, poids, taille, questionnaire *UDI-6* (261), score de *Wexner* (263) et Mini Mental Status questionnaire (MMS) (262)). L'absence de déficit cognitif était évalué par la réalisation d'un Mini Mental Status questionnaire (MMS) dont le score devait être de 30 pour permettre l'inclusion (262). L'absence de trouble urogynécologique était évalué pour les troubles ano-rectaux par le score de Wexner

et Jorge (263) et pour les troubles urinaires par le questionnaire UDI-6 (261) (Annexe 3,4,5). L'absence d'infection urinaire était dépistée par une bandelette urinaire.

#### **IV-D-2-2- Enregistrement EMG**

L'activité EMG des muscles ICE était enregistrée à l'aide de deux électrodes en regard du 7<sup>ème</sup> espace intercostal droit. L'activité EMG des muscles du SAE était enregistrée par deux électrodes collées de part et d'autre de l'anus sur les plis radiés.

#### **IV-D-2-3- Traitement des données**

Le signal EMG recueilli par le module Biopac était immédiatement déparasité, ré échantillonné puis redressé et intégré. Les mesures ont été réalisées par deux personnes en aveugle de la connaissance des conditions d'enregistrement. Toutes les données ont été exportées sur le logiciel Excel de Microsoft pour l'analyse finale.

#### **IV-D-2-4- Epreuves**

Suite à un ordre de contraction réalisé par un stimulus (marteau reflexe) la volontaire devait tousser. L'épreuve était répétée 6 fois dans deux conditions différentes : avec et sans épreuve de détournement d'attention (mPASAT).

#### **IV-D-2-5- Analyse des données**

L'analyse des données a été réalisée via le logiciel R développé par les laboratoires Bell (Lucent Technologies, Paris, France ; <http://www.r-project.org/>). Les données qualitatives étaient exprimées en médiane. Le test non paramétrique

de Wilcoxon était utilisé. Il permet de décrire des données quantitatives sur variables appariées. Le seuil de significativité était défini par  $p < 0,05$ .

#### [IV-E- Etude de l'impact d'une rééducation cognitive en double tâche sur la contraction périnéale réflexe et volontaire \(265\)](#)

##### IV-E-1- Population et critères d'inclusion

Il s'agit d'une population de femmes continentales volontaires. L'ensemble des volontaires a été recruté au sein des étudiants de master 2 Reclip et des internes du DES de Gynécologie de Rouen. Les critères d'inclusion étaient les suivants : femmes majeures continentales, nullipares, ne présentant aucun trouble urogynécologique, n'ayant pas de trouble colo-rectaux, n'ayant pas d'infection urinaire, acceptant de participer à l'étude et ayant signé un consentement. Les critères d'exclusion étaient les suivants : femme enceinte, refus de participer ou de signer le consentement, femme ne comprenant pas le français, démence et autres troubles cognitifs.

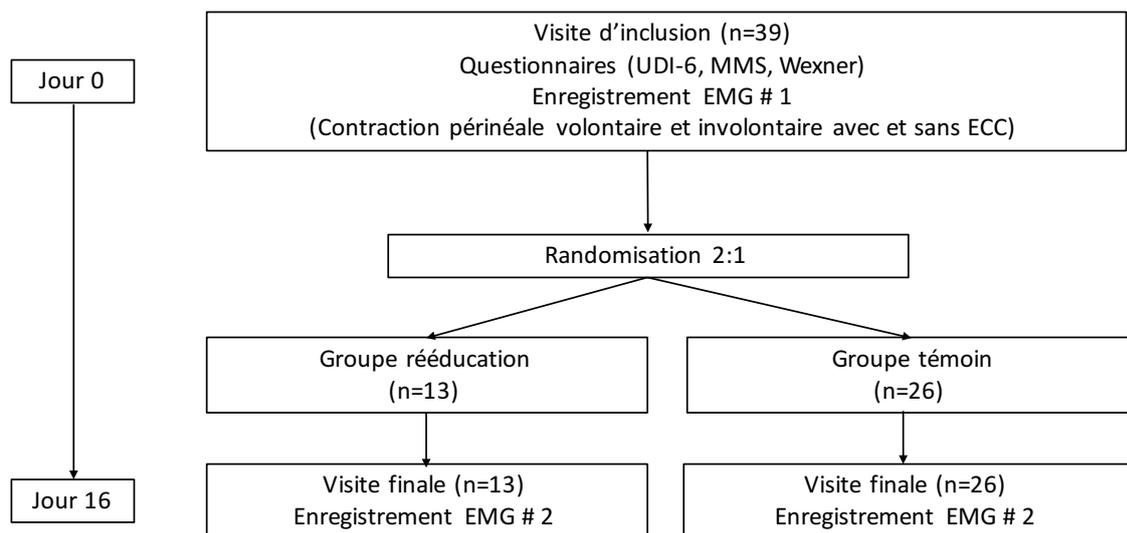
Le calcul d'effectif était basé sur l'hypothèse d'une réduction de 30% du temps de pré-contraction périnéale en cas d'ECC entre les deux conditions (avant et après rééducation). Afin d'avoir une puissance de 95% avec un risque alpha de 0,05, le nombre de sujet à inclure était de 39 femmes (en prenant en compte une randomisation 2/1). Les caractéristiques des femmes étaient les suivantes. Les données sont exprimées en médiane (IQR 25-75). Le groupe ayant bénéficié du protocole de rééducation composé de 13 femmes, était âgé de 28 ans (27-31) avec un IMC de 20,55 Kg/m<sup>2</sup> (20,36-21,38). Le groupe témoin composé de 26 femmes était âgé de 28 ans (27-31) avec un IMC de 21,2 Kg/m<sup>2</sup> (20,5-24,3). Quel que soit le

groupe, toutes les femmes avaient un MMS à 30 et des scores de Wexner et UDI-6 négatif.

#### IV-E-2- Protocole expérimental

Le protocole expérimental se décomposait en 3 parties : (i) une visite d'inclusion au cours de laquelle se faisait la randomisation et les enregistrements EMG initiaux, (ii) une période de 15 jours au cours de laquelle le groupe rééducation faisait la rééducation en double tâche alors que le groupe témoin n'avait aucune instruction particulière, (iii) une visite finale d'évaluation EMG (figure 18).

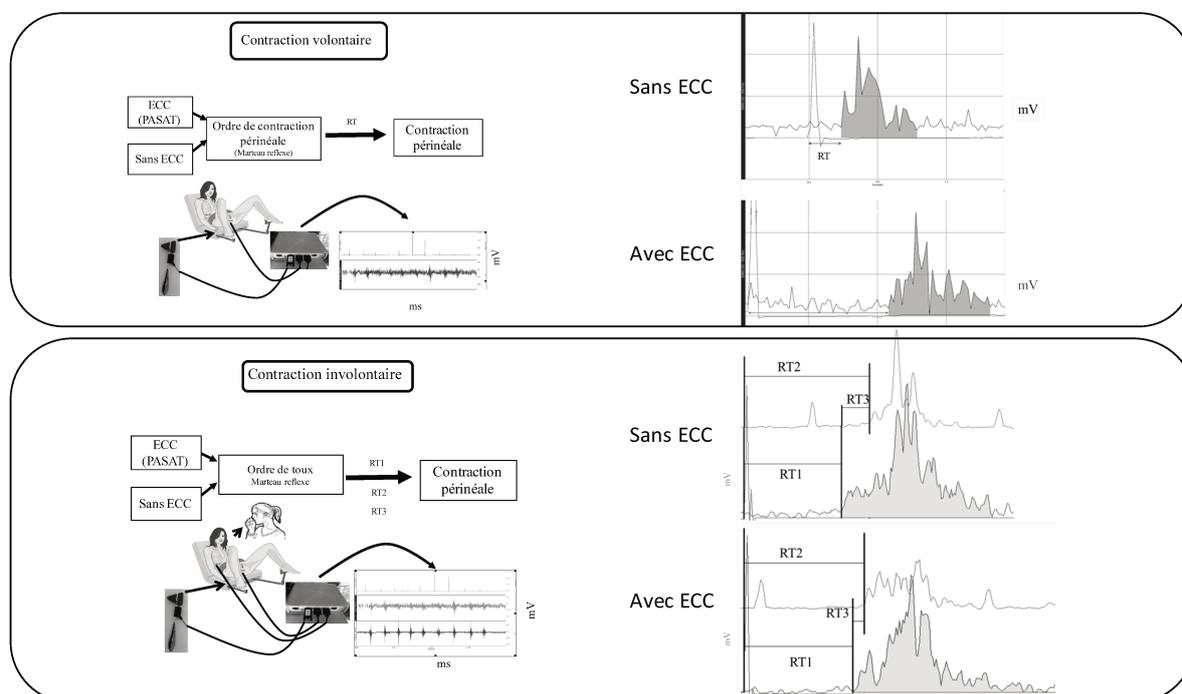
**Figure 18 : Flowchart du protocole de rééducation**



**Abréviations :** ECC : épreuve de charge cognitive ; MMS : Mini Mental Status test ; UDI : Urogenital Distress inventory.

#### IV-E-2-1- Séance d'inclusion (figure 19)

**Figure 19 : Visite d'inclusion : technique expérimentale d'enregistrement des contractions périnéales volontaires et involontaires avec et sans épreuves de charges cognitives**



**Abréviations :** ECC : épreuve de charge cognitive ; PASAT : Paced Auditory Serial Addition Test ; RT : temps de réaction stimulus contraction périnéale ; RT1 : temps de réaction stimulus-contraction périnéale ; RT2 : temps de réaction stimulus-toux ; RT3 : délai de pré-contraction périnéale.

#### IV-E-2-1-1- Interrogatoire et remplissage des questionnaires

Les volontaires étaient soumises à un interrogatoire médical (antécédents médicaux, âge, poids, taille, questionnaire *UDI-6* (261), score de *Wexner* (263) et Mini Mental Status questionnaire (*MMS*) (262)). L'absence de

déficit cognitif était évalué par la réalisation d'un Mini Mental Status questionnaire (MMS) dont le score devait être de 30 pour permettre l'inclusion (262). L'absence de trouble urogynécologique était évaluée pour les troubles ano-rectaux par le score de Wexner et Jorge (263) et pour les troubles urinaires par le questionnaire UDI-6 (261) (*annexe 3,4,5*).

#### **IV-E-2-1-2- Randomisation**

Les volontaires étaient randomisées en deux groupes lors de leur visite d'inclusion. Il s'agissait d'une randomisation 1/2 (13 dans le groupe « rééducation » et 26 dans le groupe « témoin »). La randomisation a été réalisée grâce à des enveloppes cachetées. Les volontaires piochaient une enveloppe dans une corbeille pour connaître le groupe qui leur été alloué.

#### **IV-E-2-1-3- Enregistrement EMG**

Les deux types de contraction périnéale étaient étudiés.

- Pour l'étude de la contraction périnéale volontaire, l'activité EMG des muscles du SAE était enregistrée par deux électrodes collées de part et d'autre de l'anus sur les plis radiés.
- Pour l'étude de la contraction périnéale involontaire, l'activité EMG des muscles ICE était enregistrée à l'aide de deux électrodes en regard du 7<sup>ème</sup> espace intercostal droit. L'activité EMG des muscles du SAE était enregistrée par deux électrodes collées de part et d'autre de l'anus sur les plis radiés.

#### **IV-E-2-1-4- Traitement des données**

Le signal EMG recueilli par le module Biopac était immédiatement déparasité, ré échantillonné puis redressé et intégré. Les mesures ont été réalisées par deux personnes en aveugle de la connaissance des conditions d'enregistrement. Toutes les données ont été exportées sur le logiciel Excel de Microsoft pour l'analyse finale.

#### **IV-E-2-1-5- Epreuves**

Suite à un ordre de contraction réalisé par un stimulus (marteau reflexe) la volontaire devait effectuer une contraction périnéale volontaire maximale. L'épreuve était répétée 6 fois dans deux conditions différentes : avec et sans épreuve de détournement d'attention (mPASAT).

Suite à un ordre de contraction réalisé par un stimulus (marteau reflexe) la volontaire devait tousser. L'épreuve était répétée 6 fois dans deux conditions différentes : avec et sans épreuve de détournement d'attention (mPASAT).

#### **IV-E-2-1-6- Analyse des données**

L'analyse des données a été réalisée via le logiciel R développé par les laboratoires Bell (Lucent Technologies, Paris, France ; <http://www.r-project.org/>). Les données qualitatives étaient exprimées en médiane. Le test non paramétrique de Wilcoxon était utilisé. Il permet de décrire des données quantitatives sur variables appariées. Le seuil de significativité était défini par  $p < 0,05$ .

## **IV-E-2-2- Intervalle de temps de 15 jours**

### **IV-E-2-2-1- Groupe rééducation**

Les 13 volontaires du groupe rééducation, une fois randomisées, se voyaient remettre une clef USB contenant le logiciel permettant de lancer le programme de rééducation. Elles avaient pour ordre de réaliser 2 séances de 3 minutes de rééducation par jour. Tous les 4 jours, la volontaire devait changer de niveau de difficulté de n-back. Elle démarrait le premier jour par le premier niveau de difficulté de n-Back. Une séance de rééducation consistait à réaliser un test de n-Back concomitant de 10 ordres aléatoires de contraction périnéale. La durée totale de la rééducation était de 15 jours

### **IV-E-2-2-2- Groupe témoin**

Les 26 femmes du groupe témoin n'avaient pas d'instruction particulière. Elles étaient convoquées à nouveau 15 jours plus tard pour une séance d'enregistrement EMG.

## **IV-E-2-3- Evaluation finale**

### **IV-E-2-3-1- Enregistrement EMG**

Les deux types de contraction périnéale étaient étudiés.

- Pour l'étude de la contraction périnéale volontaire, l'activité EMG des muscles du SAE était enregistrée par deux électrodes, collées de part et d'autre de l'anus sur les plis radiés.
- Pour l'étude de la contraction périnéale involontaire, l'activité EMG

des muscles ICE était enregistrée à l'aide de deux électrodes, en regard du 7<sup>ème</sup> espace intercostal droit. L'activité EMG des muscles du SAE était enregistrée par deux électrodes, collées de part et d'autre de l'anus sur les plis radiés.

#### **IV-E-2-3-2- Traitement des données**

Le signal EMG recueilli par le module Biopac était immédiatement déparasité, ré-échantillonné puis redressé et intégré. Les mesures ont été réalisées par deux personnes en aveugle de la connaissance des conditions d'enregistrement. Toutes les données ont été exportées sur le logiciel Excel de Microsoft pour l'analyse finale.

#### **IV-E-2-3-3- Epreuves**

Suite à un ordre de contraction réalisé par un stimulus (marteau électronique), la volontaire devait effectuer une contraction périnéale volontaire maximale. L'épreuve était répétée 6 fois dans deux conditions différentes : avec et sans épreuve de détournement d'attention (mPASAT).

Suite à un ordre de contraction réalisé par un stimulus (marteau électronique), la volontaire devait tousser. L'épreuve était répétée 6 fois dans deux conditions différentes : avec et sans épreuve de détournement d'attention (mPASAT).

#### **IV-E-2-3-4- Analyse des données**

L'analyse des données a été réalisée via le logiciel R développé par les laboratoires Bell (Lucent Technologies, Paris, France ; <http://www.r-project.org/>).

Les données qualitatives étaient exprimées en médiane. Le test non paramétrique de Wilcoxon était utilisé. Il permet de décrire des données quantitatives sur variables appariées. Le seuil de significativité était défini par  $p < 0,05$ .

## V- Résultats des travaux personnels

### V-A Impact d'un détournement d'attention sur la contraction périnéale volontaire

Les résultats sont synthétisés dans le tableau 1. En l'absence de détournement d'attention, le RT était de 217 ms (IQR : 170-270). Lors de la réalisation de la PASAT, le RT s'allongeait pour atteindre 779 ms (IQR : 550-1025). Ainsi, les épreuves de charge cognitive multiplient par 3,98 le temps de réaction de contraction périnéale ( $p= 0,00001$  Test de Wilcoxon). De manière similaire, le RT max était multiplié par 2,51 lors d'un détournement d'attention, passant de 512 ms à 1104 ms ( $p= 0,00001$  Test de Wilcoxon). L'activité EMG maximale du SAE était 1,21 fois plus faible en cas d'épreuve du PASAT : 0,0850 contre 0,0701 mv, ( $p=0,0017$ , Test de Wilcoxon). En revanche, quelle que soit la condition expérimentale, l'aire sous la courbe de l'activité EMG du SAE était inchangée (0,0162 contre 0,0157 mv\*s, Ratio 1,01,  $p=0,52$ ).

**Tableau 1 : Contraction périnéale volontaire : Résultats des caractéristiques électromyographiques des muscles du sphincter anale externe avec et sans épreuve de charge cognitive**

	Sans ECC	ECC	R	p
RT (ms)	217	779	3,98	0,00001 <sup>Y</sup>
RT max (ms)	512	1104	2,51	0,00001 <sup>Y</sup>
Activité EMG maximale du muscle du SAE (mv)	0,0850	0,0701	0,85	0,0007 <sup>Y</sup>
Aire sous la courbe de l'activité EMG du SAE (mv*s)	0,0157	0,0162	1,01	0,52 <sup>Y</sup>

<sup>Y</sup> test de Wilcoxon

*Abréviations : ECC : épreuve de charge cognitive ; EMG : électromyographique ; Max : maximal ; R : ratio ; RT : temps de réaction ; SAE : sphincter anal externe.*

### V-B- Impact d'un détournement d'attention sur la contraction périnéale involontaire

Les résultats sont synthétisés dans le tableau 2. Le temps de réaction entre le stimulus et la toux (RT1), passait de 583,33 ms (IQR 344-775) en l'absence d'ECC, à 652,71 ms (IQR 503-790) en cas d'ECC concomitante (p=0,031, Wilcoxon's test). Ainsi, le test cognitif augmentait 1,12 fois le temps de réaction entre le stimulus et la toux (RT1). De la même façon, le temps de réaction entre le stimulus et la contraction du SAE (RT2) était multiplié par 1,26 en cas d'ECC concomitante (492,60 ms (IQR 233-696) vs. 620,0 ms (IQR 467-738), p=0,003). Le temps de latence entre le début de l'activité EMG du SAE et le début de l'activité EMG des

MIE (RT3) qui correspond à la pré-contraction périnéale, passait de - 80,0 ms (IQR - 107 ; -56) en l'absence d'ECC, à -56,67 ms (IQR -94 ; -2) en cas d'ECC (ratio 0,71, p=0,0045, Wilcoxon's test). Ainsi, le temps de latence de pré-contraction périnéale était diminué de 29%. Par ailleurs, la durée de la contraction du SAE, l'aire sous la courbe de l'activité du SAE et l'activité EMG maximale du SAE n'étaient pas modifiées, quelles que soient les conditions avec ou sans ECC.

**Tableau 2 : Contraction périnéale involontaire : Résultats des caractéristiques électromyographiques des muscles du sphincter anale externe avec et sans épreuve de charge cognitive**

	Sans ECC	ECC	R	p
RT 1 (ms) (médiane) (IQR)	492,60 (233-696)	620,00 (467-738)	1,26	0,003 <sup>Y</sup>
RT2 (ms)(médiane)(IQR)	583,33 (344-775)	652,71 (503-790)	1,12	0,031 <sup>Y</sup>
RT3 (ms)(médiane) (IQR)	-80,00(-107;-56)	-56,67 (-94;-2)	0,71	0,005 <sup>Y</sup>
Durée de la contraction (ms) (médiane) (IQR)	828,57 (509-1167)	795,24 (429-1031)	0,96	0,057 <sup>Y</sup>
Aire sous la courbe de l'activité EMG du SAE (mv sec)	0,0115 (0,007- 0,023)	0,0103 (0,005- 0,019)	0,90	0,023 <sup>Y</sup>

<sup>Y</sup> test de Wilcoxon

**Abréviations** : ECC : épreuve de charge cognitive ; EMG : électromyographique ; IQR: interquartile ratio ; R : ratio ; RT : temps de réaction ; RT1: latence entre stimulus et début d'activité EMG du SAE ; RT2: latence entre stimulus et début d'activité EMG des MIE ; RT3: latence entre début d'activité EMG des MIE et début d'activité EMG du SAE ; SAE : sphincter anal externe.

## V-C- Effet d'une rééducation cognitive sur les mécanismes neuromusculaires de la contraction pelvi-périnéale

### V-C-1- Caractéristiques EMG des volontaires lors de la séances d'inclusion

Les caractéristiques EMG des volontaires lors de la visite d'inclusion sont synthétisées dans le tableau 3. Les deux groupes étaient comparables en terme de latence pour RT1 et RT3.

**Tableau 3: Caractéristiques électromyographiques des volontaires lors de la visite d'inclusion**

	Groupe rééducation (n=13)	Groupe contrôle (n=26)	p
RT3 sans ECC	-60,74	-68,52	0,575**
Médiane (IQR) (ms)	(-90,74;-41,04)	(-107,40; -40)	
RT3 avec ECC	-28,70	-42,59	0,505**
Médiane (IQR) (ms)	(-63,88;-2,38)	(-52,09; -6,66)	
RT1 sans ECC	343,65	342,86	0,4311**
Médiane (IQR) (ms)	(257,41-405,69)	(327,77-459,52)	
RT1 avec ECC	369,97	461,11	0,1591**
Médiane (IQR) (ms)	(344,05-448,15)	(357,14 -557,41)	

\*\* Test de Student

*Abréviations : ECC : épreuve de charge cognitive ; IQR: interquartile ratio ; RT1: temps de réaction stimulus-contraction périnéale volontaire; RT3: temps de réaction toux-contraction périnéale.*

### V-C-2- Effet de la rééducation sur la contraction périnéale volontaire

Les données concernant le temps de réaction entre le stimulus et la contraction périnéale volontaire (RT1) sont synthétisées dans le tableau 4.

**Tableau 4: Effet d'une rééducation cognitive en double tâche sur la contraction périnéale volontaire**

	Groupe rééducation (n=13)				Groupe contrôle (n=26)			
	Sans ECC	Avec ECC	R	p	Sans ECC	Avec ECC	R	p
RT1								
Visite d'inclusion	342,86 (327,77-459,52)	461,11 (357,14 - 557,41)	1,35	0,107*	343,65 (257,41-405,69)	369,97 (344,05-448,15)	1,07	0,003*
Médiane (IQR) (ms)								
RT1								
Visite finale	233,33 (207,41 - 353,33)	290,74 (262,96 - 308,88)	1.24	0.294*	282,54 (225,92-354,36)	342,99 (274,54-403,24)	1,21	0,0066*
Médiane (IQR) (ms)								
R	0,68	0,63			0,82	0,92		
p	0,0051*	0,0063*			0,0096*	0,067*		

\* test de Wilcoxon

*Abréviations : ECC : épreuve de charge cognitive ; IQR: interquartile ratio ; R : ratio ; RT1: temps de réaction stimulus-contraction périnéale volontaire.*

Dans le groupe ayant bénéficié de la rééducation en double tâche, le temps de latence RT1 sans ECC passait de 342,86 (IQR 327,77-459,52) ms avant la rééducation, à 233,33 ms (IQR 207,41-353,33) après la rééducation (ratio: 0,68 ; p = 0.005). De la même manière, le temps de latence RT1 avec ECC passait de 461,11 ms (IQR 357,14-557,41) avant rééducation, à 290,74 ms (IQR 262,96-308,88) après rééducation (p=0,006). Alors que le groupe témoin ne bénéficiait d'aucune rééducation en double tâche, le temps de latence RT1 diminuait de manière significative sans ECC entre les 2 évaluations, passant de 343,65 ms à 282,54 ms (ratio 0,82 ; p= 0,01). En revanche, les temps de latence RT1 étaient identiques

entre les deux évaluations en cas d'ECC concomitante. Lors de l'évaluation finale, en l'absence d'ECC les deux groupes avaient des temps de latence RT1 identiques (282,54 ms dans le groupe contrôle vs. 233,33 ms dans le groupe rééducation) (ratio 0,82 ; p= 0,141). Lors de l'évaluation finale, dans des conditions d'ECC, le groupe rééducation avait un temps de latence RT1 plus court que le groupe témoin (290,74 vs. 342,99 ms ; ratio 0,84; p= 0,031).

### V-C-3- Effet de la rééducation sur la contraction périnéale involontaire

Les données concernant le temps de réaction entre la toux et la contraction périnéale (RT3) sont synthétisées dans le tableau 5.

**Tableau 5: Effet d'une rééducation cognitive en double tâche sur la contraction périnéale involontaire**

	Groupe rééducation (n=13)				Groupe contrôle (n=26)			
	Sans ECC	Avec ECC	R	p	Sans ECC	Avec ECC	R	p
RT1								
Visite d'inclusion	-68,52 (-107,40; -40)	-42,59 (-52,09; -6,66)	0,62	0,068*	-60,74 (-90,74; -41,04)	-28,70 (-63,88; -2,38)	0,47	0,00073*
Médiane (IQR) (ms)								
RT1								
Visite finale	-127,78 (-163,06; -93,33)	-59,25 (-119,44; -44,44)	0,46	0,021*	-73,15 (-94,43; -47,68)	-37,96 (-80,99; -5,74)	0,51	0,01545*
Médiane (IQR) (ms)								
R	1,86	1,39			1,20	1,32		
p	0,0327*	0,0478*			0,8221*	0,2078*		

\* test de Wilcoxon

**Abréviations :** ECC : épreuve de charge cognitive ; IQR: interquartile ratio ; R : ratio ; RT3: temps de réaction

Avant la rééducation, les temps de latence de précontraction périnéale, c'est à dire les temps de latence compris entre la contraction des muscles ICE et la contraction du SAE (RT3), étaient similaires entre les deux groupes avec ( $p=0,575$ ) et sans ECC ( $p=0,505$ ). Une fois la rééducation faite, le groupe rééducation avait une contraction reflexe périnéale qui survenait 1,86 plus rapidement que pour le groupe contrôle en l'absence d'ECC ( $p = 0,0327$ ). Dans le groupe rééducation, le RT3 s'allongeait de  $-68,52$  ms (IQR  $-107,40$  ;  $-40$ ), à  $-127,78$  ms (IQR  $-163,06$  ;  $-93,33$ ) en l'absence d'ECC (ratio: 1,86;  $P = 0,033$ ). Dans ce même groupe, en cas d'ECC, le RT3 s'allongeait de  $-42,59$ ms (IQR  $-52,09$  ;  $-6,66$ ) à  $-59,25$  ms (IQR  $-119,44$  ;  $-44,44$ ) (ratio 1,39 ;  $P = 0,048$ ). Dans le groupe contrôle, le RT3 ne changeait pas de manière significative entre les deux évaluations.

## VI- Discussion générale

L'objectif de notre travail était d'étudier l'impact d'un détournement d'attention (épreuve de charge cognitive) sur les mécanismes neuromusculaires de la contraction pelvi-périnéale. Dans un premier temps, nous avons pu montrer qu'une épreuve de charge cognitive modifiait la contraction périnéale volontaire en augmentant le temps de latence par un facteur 3,98. Dans une deuxième partie, nous avons montré qu'une épreuve de charge cognitive modifiait également la contraction périnéale réflexe en diminuant le temps de pré-contraction périnéale de 29%. Finalement, la dernière partie de notre travail reposait sur la construction d'un protocole de rééducation en double tâche (une tâche cognitive composée du test neuropsychologique N-Back et d'une tâche exécutive musculaire qui consistait à réaliser des contractions périnéales concomitantes). Nous avons testé ce protocole sur des femmes volontaires et étudié son impact sur les caractéristiques de la contraction périnéale (volontaire et réflexe) soumise à une épreuve de charge cognitive. Au final, nous avons pu montrer qu'une telle rééducation annulait les effets d'un détournement d'attention sur la contraction périnéale volontaire et involontaire.

### VI-A- Attention et contraction périnéale volontaire

Il s'agissait de la première étude expérimentale concernant l'implication de l'attention dans la contraction des muscles périnéaux. Les constatations générales nous ayant amené à réaliser cette étude étaient les suivantes : (i) la continence est la résultante d'un système d'interaction complexe sous contrôle cognitif (2) faisant intervenir les muscles du plancher pelvien ; (ii) la contraction de ces derniers facilite la continence urinaire par deux mécanismes que sont l'augmentation de la

pression urétrale et la stabilisation du col vésical ; (iii) la contraction périnéale volontaire ou involontaire permet ainsi de prévenir la fuite d'urine lors d'effort (266).

De précédentes études réalisées par notre équipe ont pu montrer qu'en réponse à un effort de toux, une contraction périnéale involontaire réflexe était produite pour renforcer la continence urinaire. Amarenco et al. (15) et Deffieux et al. (13) ont étudié les caractéristiques de cette contraction réflexe et ont montré que l'intensité de la contraction périnéale involontaire était proportionnelle au gradient de pression intra-abdominale, c'est à dire à l'intensité de l'effort. Dans la continuité de ces expériences, ils ont également pu démontrer qu'un défaut d'adaptation de ces contractions périnéales involontaires pourrait être incriminé comme l'un des facteurs contribuant à une IUE (14). Ainsi, lors d'un effort de toux, le système nerveux central et périphérique semblerait adapter le degré de contraction périnéale à l'intensité de la toux pour permettre la continence urinaire. Le système nerveux central permet également une commande volontaire de la contraction périnéale qui permet de renforcer le verrouillage périnéale par anticipation. Plusieurs études de neuro-imagerie ont montré une activation des aires motrices motrices supplémentaires et primaires, de l'insula, du gyrus cingulaire antérieur en cas de contraction des muscles pelvipérinéaux (55). A notre connaissance, aucune étude ne s'était jusqu'à présent focalisée sur l'implication de l'attention sur les contractions périnéales volontaires. Nous avons émis l'hypothèse qu'un détournement d'attention pourrait allonger le temps de latence de contraction périnéale et donc altérer le mécanisme de renforcement de la continence urinaire. En effet, dans notre pratique clinique nous sommes amenés à rencontrer des patientes rapportant des fuites urinaires uniquement lors d'efforts

non anticipés alors que dans la même situation et concentrées, elles n'auraient pas eu de fuites. Il semble évident que le système nerveux joue un rôle primordial dans cette situation. Pour démontrer cette hypothèse, nous avons soumis des volontaires saines à une double tâche synchrone : des contractions volontaires du SAE lors d'une épreuve de charge cognitive. Le temps de réaction d'activation électromyographique du SAE était alors multiplié par 3,98 lors d'ECC ( $p < 0.0001$ ). Nos résultats confirmaient ainsi notre postulat de départ. Bien que ce type d'expérience n'ait jamais été réalisée dans la littérature urogynécologique, plusieurs études se sont intéressées à évaluer l'impact de tâches multiples synchrones sur l'activité EMG d'un muscle de l'avant-bras et du trapèze (146-148) . Les auteurs ont permis de mettre en évidence que la réalisation de deux tâches simultanées altérait l'une des tâches ou les deux tâches effectuées. Lundberg et al. (146) ont analysé l'effet d'une épreuve de charge cognitive sur l'activité EMG du trapèze. Ils retrouvaient une augmentation de l'activité EMG du trapèze dans une situation de détournement d'attention par rapport à une situation sans épreuve de charge cognitive. Ainsi, lorsque le sujet maintenait son bras tendu à 45° d'abduction, les auteurs retrouvaient une légère augmentation (1,17 fois) de l'activité EMG du trapèze dans une condition d'épreuve de charge cognitive comparée à une condition sans épreuve de charge cognitive (146 root mean squares (RMS) contre 124 RMS). Dans une étude similaire, Larson et al. (147) retrouvaient une augmentation de 20% de l'activité EMG du trapèze lors d'une épreuve de charge cognitive (test de Stroop). Les raisons de l'augmentation de l'activité EMG sont discutées: est-elle attribuable à une fatigabilité du muscle ou bien au test de charge cognitive ? Bray and al. (148) confirmaient que les deux mécanismes étaient impliqués. Ils retrouvaient qu'une épreuve de charge cognitive avait un effet sur

l'activation EMG d'un muscle: Pour produire la même force, en cas d'épreuve de charge cognitive, le recrutement d'un nombre d'unités musculaires plus important était nécessaire. Dans notre étude, l'activité EMG du sphincter anal externe était identique dans les 2 conditions (0,0162 contre 0,0157 mv\*s, Ratio 1,01,  $p=0,52$ ). Bien que l'activité EMG des muscles périnéaux puisse être facilement enregistrée, l'interprétation des résultats concernant l'intensité de l'activité EMG doit être considérée avec méfiance à cause de la variabilité du positionnement des électrodes. Nous retrouvons également une activité EMG maximale du sphincter anal externe plus faible en cas d'épreuve de charge cognitive (0,0671 contre 0,0829;  $p=0,0017$ ). Une faible activité EMG est corrélée à une faible force musculaire, en revanche une amplitude EMG ne doit pas être utilisée pour quantifier une force musculaire (267). Nous pouvons imaginer que les patientes altèrent leur capacité de contrôle de contraction musculaire lors d'une épreuve de charge cognitive : elles ne peuvent plus moduler leur force de contraction, ou contracte par erreur un autre muscle comme par exemple les muscles abdominaux alors qu'elles pensaient contracter les muscles de leur périnée. Madill et McLean (268) en 2006 ont montré que les femmes continentales contractaient en synergie leurs muscles abdominaux et périnéaux. Il aurait été intéressant de réaliser des enregistrements EMG des muscles abdominaux en plus de ceux périnéaux lors d'une épreuve de charge cognitive pour confirmer l'hypothèse précédemment émise. Plusieurs études se sont intéressées à l'impact du vieillissement sur la force de contraction périnéale. Les résultats qui en ressortent sont controversés. Deux études retrouvaient que l'âge n'altérait pas la contraction des muscles releveurs de l'anus (269) (270). Une autre étude avait plus récemment montré une altération de la contraction périnéale avec l'âge chez des patientes continentales (271). Les

divergences de résultats de ces études peuvent s'expliquer par la difficulté qu'ont les femmes à contracter volontairement leur périnée. Cela est mis en évidence par les expériences de Madill et al. (269) qui retrouvaient chez des volontaires saines une contraction périnéale plus importante lors d'effort de toux que lors de contractions volontaires. L'étiologie de l'altération de la force du SAE peut être double: soit liée à l'altération du tissu musculaire avec l'âge, soit liée à une diminution de l'attention avec l'âge. Même si la plupart des études se sont intéressées aux paramètres EMG, plus récemment certaines études ont étudié l'impact d'une épreuve de charge cognitive sur le temps de réaction. Hiraga and al. (272) se sont intéressés au temps de réaction lors de la réalisation de deux tâches synchrones (une tâche impliquant l'attention et une tâche impliquant une contraction musculaire volontaire). La tâche motrice était définie par une dorsiflexion du pied du volontaire lorsqu'il observait un stimulus auditif. La tâche cognitive consistait à dénombrer le nombre de points de petite taille sur un support comportant des points de petite et grande taille. Dans leur expérience, les volontaires réalisaient la tâche motrice avec et sans tâche cognitive synchrone. Le temps de réaction de dorsiflexion du pied était multiplié par 1,85 lors de l'ECC (320 ms vs. 173 ms) ( $p < 0,001$ ) (272). Même si aucune étude n'a jusqu'alors étudié spécifiquement les mécanismes attentionnels dans la contraction périnéale, certains auteurs s'en sont approchés. Madill et al. ont étudié l'impact de l'âge sur la contraction périnéale. Ils retrouvaient que les personnes âgées contractaient plus lentement leur périnée que les personnes jeunes (269). Smith et al. (273) ont analysé les modifications d'activité EMG du périnée lors de changements posturaux chez des femmes continentes et incontinentes, dans 2 situations différentes impliquant l'attention. Les femmes incluses dans le protocole devaient rattraper

un poids avant qu'il ne tombe dans un panier en face d'eux. Dans la première situation la patiente savait précisément quand le poids allait tomber alors que dans la deuxième condition elle ne le savait pas. La deuxième condition correspond donc à une condition impliquant davantage l'attention. Les auteurs retrouvaient que l'activité EMG du SAE était plus importante ( $p < 0,001$ ) lorsque la patiente se trouvait dans la deuxième situation. En revanche, les résultats étaient identiques quel que soit le statut de continence urinaire de la patiente ( $p > 0,32$ ) (273).

#### VI-B- Attention et contraction périnéale involontaire

Après avoir montré qu'une épreuve de charge cognitive modifiait les paramètres de la contraction périnéale volontaire par un allongement des temps de latence, et donc la possibilité d'augmenter les capacités résistives de la continence urinaire en condition de stress, nous nous sommes intéressés à l'impact de l'attention dans la contraction périnéale réflexe. Nos résultats retrouvaient un allongement du délai de pré-activation de la contraction périnéale réflexe secondaire à un effort de toux. En condition de détournement d'attention, le temps de latence compris entre l'activation EMG des muscles ICE (reflet de la toux) et l'activation EMG des muscles du SAE était allongé de 29%.

La contraction périnéale réflexe, dont les caractéristiques ont fait l'objet de nombreuses études au sein de notre équipe, est nécessaire au maintien de la continence en cas de stress (effort, rire, toux...). Chez 16 femmes volontaires indemnes de trouble de la continence urinaire, Amarenco et al. (15) avaient montré que le degré d'intensité de contraction périnéale était proportionnel à l'intensité de la toux. Plus l'intensité de la toux était importante, plus l'activation EMG des muscles du SAE était importante. Deffieux et al. (274) avaient mis en

évidence qu'il existait une altération de la modulation de la contraction périnéale réflexe chez les patientes présentant une IUE. En comparant 4 femmes ne présentant pas de fuite d'urine à l'effort à 6 patientes présentant une IUE pure, ils retrouvaient une différence de rapport entre l'activité EMG du SAE et la pression vésicale (reflet de l'intensité de la toux) chez les femmes incontinentes et les volontaires saines ( $p < 0,001$ ). En effet, les patientes présentant une IUE avaient une moins bonne adaptation en termes d'activation EMG réflexe des muscles périnéaux que les femmes continentes. De même, Deffieux et al. (14) ont analysé le timing de la contraction périnéale réflexe suite à un effort de toux. Chez 10 femmes continentes, ils retrouvaient une pré-activation de la contraction périnéale, signifiant que l'activation EMG des muscles du SAE débutait avant l'activation EMG des muscles ICE (temps de pré-contraction médian -210 ms). Ce n'était pas le cas pour les patientes présentant une incontinence urinaire à l'effort qui n'anticipaient pas la contraction périnéale réflexe avec un délai médian de 0 ms. Ils ont également observé que chez les patientes présentant une IUE, celles qui « préactivaient » le moins, étaient également celles dont la modulation de la réponse périnéale réflexe était la plus altérée. Notre étude montre donc que la contraction périnéale réflexe, en plus d'être influencée par la modulation de la pression abdominale et de la présence ou non d'une incontinence urinaire, est également influencée par des facteurs cognitifs tels que l'attention. Pour que cette contraction périnéale « pré-programmée » puisse être optimale, cela implique une modulation par le cortex cérébral de la boucle du « guarding reflex ».

Dans la littérature, différentes études se sont intéressées à l'impact d'une tâche cognitive sur les voies réflexes végétatives, telle que la douleur, la sensation de distension digestive ou de remplissage vésical (275-277). Terkelsen et al. (275)

ont étudié le rôle de la distraction (test de la PASAT) sur la réponse réflexe à la douleur chez 26 volontaires. Ils ont montré que l'intensité de la douleur était perçue comme moindre sous l'influence de la PASAT mais que le réflexe de retrait à la douleur était conservé. De la même manière, Accarino et al. (278) ont évalué l'impact d'une distraction cognitive (via le Toulouse-Pieron Test) sur la perception de la distension gastrique chez 16 volontaires. Les auteurs ont mis en évidence que sous l'influence d'un détournement d'attention, la perception de la distension gastrique était diminuée sans modifier la réponse réflexe à la distension. En 2013, Jousse et al. (277) ont montré qu'une tâche cognitive (test de performance continue et de la PASAT) modifiait de façon significative l'intensité du besoin d'uriner : plus l'intensité de la tâche cognitive était importante, moins important devenait le besoin d'uriner. De la même manière, d'autres auteurs ont montré qu'un fort besoin d'uriner, qui pouvait alors être considéré comme un détournement d'attention en lui-même, entraînait une diminution de la rapidité d'exécution d'une tâche cognitive (277) provoquant des réponses impulsives et précipitées (279).

Une meilleure connaissance de l'impact d'une tâche cognitive sur la pré-contraction périnéale réflexe à l'effort pourrait permettre d'améliorer nos techniques actuelles de rééducation. Ces dernières années, la rééducation pelvi-périnéale était très orientée sur un renforcement des muscles du plancher pelvien en terme d'endurance et de puissance. Les effets constatés de cette rééducation musculaire sont le renforcement des muscles du plancher pelvien. Peu d'études de rééducation périnéale à ce jour se sont focalisées sur le travail en double tâche. Elliott et al. (280) ont mené une étude de faisabilité sur l'intérêt d'une rééducation en réalité virtuelle (Virtual Reality Rehabilitation -VRR-) combinée à

une rééducation périnéale classique chez 24 femmes atteintes d'IUM. La VRR consistait en un programme de danse (Stepmania), durant lequel les patientes devaient contracter régulièrement les muscles du plancher pelvien. Grâce à cette technique, les auteurs retrouvaient non seulement une amélioration de l'adhésion des patientes au programme, mais également une amélioration des symptômes d'incontinence. L'amélioration des symptômes d'incontinence pouvait être due à l'apprentissage d'une nouvelle habilité à contracter les muscles du plancher pelvien dans toutes les situations de la vie quotidienne provoquant une augmentation de la pression abdominale. Danser tout en contractant de façon intermittente les muscles périnéaux, était un équivalent d'apprentissage en double tâche. Madill et al. (281) ont inclus 17 femmes atteintes d'IUE dans un programme de rééducation de 12 semaines, incluant la réalisation de manœuvres de Knack (verrouillage périnéale anticipé avant un effort). Après ce programme de rééducation, sur une période de 15 secondes, les patientes étaient capables de réaliser plus de contractions répétées plus rapidement ( $8,2 \pm 2,7$  versus  $5,6 \pm 2,4$  ;  $p=0,001$ ). De la même manière, après rééducation, le début d'activité EMG des muscles du plancher pelvien, par rapport au début d'augmentation de la pression intra-abdominale était plus précoce lors d'un effort de toux. Ces résultats suggéraient un meilleur contrôle de la contraction périnéale avec une amélioration de la coordination périnéale. La manœuvre de Knack avait probablement permis aux femmes de se concentrer sur leur contraction périnéale afin d'améliorer leur délai d'anticipation entre la toux et la contraction périnéale. Il faut néanmoins prendre en compte que les femmes ayant participé au protocole expérimental ont une connaissance en pelvi-périnéologie de par leur métier ce qui peut avoir un impact sur les résultats observés.

## VI-C- Rééducation en double tâche, détournement d'attention et contraction périnéale

Après avoir montré l'impact de l'attention sur la contraction périnéale réflexe et volontaire, nous voulions trouver une solution pour contrer les effets d'un détournement d'attention sur les caractéristiques de la contraction périnéale volontaire et réflexe. Nous avons établi un protocole de rééducation en double tâche intégrant une tâche cognitive (test d'attention N-Back) et une tâche exécutive motrice (contraction périnéale). Nous avons montré que cette rééducation permettait d'annihiler les effets d'un détournement d'attention sur les caractéristiques EMG des muscles du plancher pelvien. Après la rééducation, les volontaires amélioraient leur latence de contraction périnéale volontaire : RT1 en condition d'épreuve de charge cognitive après rééducation était plus court que RT1 sans épreuve de charge cognitive avant rééducation. De même, après rééducation, la contraction périnéale réflexe semblait être améliorée d'un facteur 1,86 en termes d'anticipation de la pré-contraction périnéale, en l'absence de détournement d'attention.

La continence urinaire est le fruit d'un mécanisme complexe impliquant l'intégration cognitive. Harvey et Gillespie (282,283) ont ainsi introduit le concept de miction cognitive. Ils ont montré que le contrôle de l'alternance miction/continence était sous l'influence de multiples facteurs d'ordre conscient (habitude mictionnelle, horaire, localisation des toilettes...) et inconscient (remplissage vésical, « guarding reflex »...). Nos précédentes expériences vont dans ce sens-là. Elles montraient qu'il existe une implication de la cognition et plus particulièrement de l'attention dans le renforcement/altération de la continence

urinaire par un impact sur la contraction périnéale réflexe (diminution de l'anticipation réflexe) et volontaire (diminution du renforcement des capacités résistives) (260,264). Le traitement de première intention de l'IUE repose sur la rééducation pelvi-périnéale. En émettant l'hypothèse qu'une altération des temps de latence de contraction périnéale réflexe et volontaire, en cas de détournement d'attention, puissent provoquer des fuites d'urine lors d'un effort, notre protocole de rééducation pourrait avoir une utilité certaine dans le traitement de l'IUE.

De nouvelles approches de rééducation périnéale ont vu le jour ces derniers temps, prenant en compte les personnes dans leur globalité (mouvement, environnement, démarches, activités de la vie de tous les jours...). L'objectif de la rééducation pélo-périnéale selon Bo et al. (284) est de transformer une contraction périnéale consciente en contraction périnéale automatique. Cela rejoint le principe de l'apprentissage de la « Knack maneuver » (281). Comme nous l'avons précédemment mentionné, Elliot et al. (280) sont les seuls à avoir créé un programme de rééducation en double tâche utilisant la réalité virtuelle. Contrairement à nos expériences, ils utilisaient deux tâches motrices (danser et contracter le périnée). Ils montraient une amélioration des symptômes d'IUM. Les bénéfices de ce type rééducation passaient probablement par une automatisation de la contraction périnéale consciente et inconsciente, lors du déplacement et des mouvements effectués dans la vie de tous les jours par les patientes. De nombreuses études se sont intéressées à l'impact de la posture dans la continence urinaire. La relation entre l'apparition de fuite d'urines à l'effort et la contraction des muscles périnéaux selon la posture des patientes a été étudiée par Smith et al. (273,285). Ils montraient que l'activation des muscles pelvi-périnéaux après un mouvement rapide du bras était retardé chez les patientes présentant une

incontinence urinaire à l'effort. L'activité EMG des muscles périnéaux apparaissait avant l'activité EMG du deltoïde chez les patientes continentales variant entre  $-15,1 \pm 34$  ms et  $-31,2 \pm 35$  ms selon le degré de flexion ou d'extension du bras et le niveau de remplissage vésical. En reproduisant le même protocole expérimental chez des femmes incontinentes, ils montraient que l'activité EMG du deltoïde précédait celle des muscles du plancher pelvien variant de  $4.8 \pm 32$  à  $22.4 \pm 44$  ms. Madill et al. (286) comparaient les caractéristiques des activités EMG des muscles du plancher pelvien en réponse à un effort de toux des femmes continentales et incontinentes. Ils montraient chez ces patientes, que l'apparition d'une IUE était probablement plus liée à un défaut de pré-activation qu'à une altération de la force musculaire. La norme de la latence de pré-activation est difficile à définir du fait des différents types d'entités enregistrées (deltoïde, muscles des grands droits, pression abdominale, pression vésicale, muscles intercostaux...). Aucune abaque n'existe à ce jour et les résultats sont très variables entre nos résultats et ceux trouvés par Deffieux et al. (14) alors même que nous utilisons les mêmes modalités d'enregistrement. Ceci peut être lié au positionnement des électrodes de surface, qui de par leur largeur peuvent enregistrer avec plus ou moins de précision les muscles du SAE ou d'autres faisceaux musculaires de la région.

Puisque la posture a un retentissement sur la continence urinaire, un travail de rééducation prenant en compte la posture, la démarche de l'individu permet aux patientes de renforcer leur continence urinaire. Notre étude reprend la même idée, qui est que si l'attention a un retentissement sur la continence urinaire, une rééducation par du travail cognitif quotidien permettrait à l'individu d'améliorer sa continence. Dans une étude récente, Fraser et al. (287) analysaient l'impact d'une rééducation en double tâche (posture de la patiente, contraction périnéale, jeux

vidéo) sur la cognition chez 23 patientes présentant une incontinence urinaire mixte. Ils retrouvaient qu'après la rééducation, le nombre d'erreur dans les questionnaires évaluant les fonctions exécutives motrices et le nombre d'erreurs dans le test n-back au cours d'une double tâche diminuait de manière significative. Une analyse en sous-groupe retrouvait que seules les patientes présentant une amélioration de leur continence (évaluée par des pad test) réduisaient de manière significative le nombre d'erreurs du n-back lors d'épreuves de double tâche. Cette étude suggère bien qu'il existe une relation importante entre le statut cognitif et le contrôle mictionnel. Bien qu'aucune étude n'ait évalué la rééducation en double tâche cognitive et motrice dans le domaine de l'urogynécologie, cette technique a été évaluée dans d'autres domaines (288,289). Wollensen et al. (289) ont étudié l'impact d'une rééducation en double tâche (marche et test de Stroop) sur la démarche et la stabilité des patients âgés. Ils retrouvaient qu'une rééducation en double tâche améliorait les performances motrices des patients en condition de double tâche mais également lors de la marche seule. Nous montrons également une amélioration des performances d'anticipation de contraction périnéale volontaire et involontaire au décours de notre protocole de rééducation en double tâche.

## VII- Perspectives et travaux futurs

Au terme de nos expériences, nous avons pu montrer dans un premier temps qu'il existait un impact de l'attention sur les mécanismes de la contraction périnéale réflexe volontaire et involontaire. Dans un second temps, nous avons montré qu'une rééducation cognitive en double tâche permettait d'annuler l'effet attentionnel sur ces deux types de contractions périnéales.

La position de l'individu semble pouvoir avoir un retentissement sur la contraction périnéale volontaire et involontaire. En effet, quelques études se sont intéressées à l'impact de la position sur les caractéristiques EMG des muscles du plancher pelvien. Sapsford et al. (290) ont étudié l'impact des différentes positions assises et de la lordose lombaire sur les caractéristiques EMG des muscles du plancher pelvien chez des volontaires continentes (n=8) et des patientes présentant une IUE (n=9). Quel que soit le statut de la continence des individus, il existait une corrélation entre la verticalité de la position assise et l'importance de l'activité EMG des muscles du plancher pelvien : plus la patiente était verticalisée, plus l'activation EMG des muscles était importante. Ils retrouvaient également une corrélation entre la profondeur de la lordose lombaire et l'activation EMG des muscles du plancher pelvien. Ils observaient une corrélation entre l'activation EMG des muscles obliques internes et externes, des muscles transverses et l'activation des muscles du plancher pelvien ( $p < 0,05$ ). Ces mêmes auteurs avaient également démontré une diminution de la sensation de la contraction périnéale en cas de position fléchie chez des femmes continentes (291). L'ensemble de ces expériences permet de souligner l'importance de la position de l'individu sur la contraction périnéale et l'intérêt du travail de musculation dorsolombaire dans la prévention

et le traitement des troubles uro-gynécologiques liés à une altération des muscles du plancher pelvien. Capson et al. (292) ont étudié l'impact de la position sur la contraction périnéale dans différentes circonstances, notamment au repos, au cours d'une contraction périnéale volontaire maximale et lors d'un effort de toux. Ces expériences ont été réalisées chez 16 femmes volontaires saines en position allongée, debout, en hyper-lordose et en hypo-lordose à l'aide d'une sonde intravaginale (Periform™). Au repos, il existait une activation spontanée EMG des muscles du plancher pelvien plus importante en position debout qu'en position allongée ( $p < 0,001$ ). Contrairement à l'état de repos en position debout, où l'activation EMG des muscles du plancher pelvien était plus importante en hypo-lordose qu'en hyperlordose et en position normale, en cas de toux ou de contraction périnéale volontaire, l'activation EMG des muscles du plancher pelvien était plus importante en position debout standard qu'en hyper ou hypo-lordose ( $p < 0,05$ ). Ils ont également étudié le délai de contraction périnéale par rapport à l'activation des muscles abdominaux (grands droits, obliques externes, obliques internes, muscles érecteurs du rachis) en cas de toux dans les différentes positions. Le délai d'activation n'était pas modifié par la posture des femmes. Toutes positions confondues, le délai entre le début d'activation des muscles abdominaux et les muscles du plancher pelvien variait selon les muscles : les muscles grands droits étaient activés après les muscles du plancher pelvien (292 ms  $\pm$  93 ms), les muscles obliques externes et internes étaient activés en même temps que les muscles du plancher pelvien, et les muscles érecteurs du rachis étaient activés après les muscles du plancher pelvien (450 ms  $\pm$  91 ms). Ces résultats confirment que plus le sujet est en position verticale plus l'activité EMG tonique des muscles du plancher pelvien est importante. L'augmentation de l'activation EMG des

muscles du plancher pelvien était majorée en hypo-lordose par un probable raccourcissement du muscle pubococcygien. Nous avons donc débuté un protocole expérimental visant à évaluer la position de l'individu (debout vs. semi-assise) sur la contraction volontaire et réflexe des muscles du plancher pelvien avec et sans ECC. Pour l'instant, nous avons reproduit les mêmes protocoles que les deux premiers protocoles en position debout et semi-assise. La contraction périnéale volontaire a été évaluée chez onze individus et la contraction périnéale involontaires chez 19. Concernant la contraction périnéale volontaire, l'ensemble des résultats n'était pas significativement différent entre les deux positions, excepté pour le RT1 en l'absence d'ECC. En l'absence d'ECC, le RT1 en position debout était plus rapide qu'en position semi-assise (353,99 ms vs. 409,86 ms,  $R=0,86$ ,  $p=0,014$ ). Tout comme en position semi-assise, en position debout il existait une différence significative pour le RT1 entre les deux conditions sans et avec ECC (353,99 ms(263,89-425,03) vs. 411,27ms (330,36-501,78),  $R=1,16$ ,  $p=0,05$ ). Concernant la contraction périnéale involontaire, Il n'y avait pas de modification du RT3 quelle que soit la position dans les deux conditions. Sans ECC, le RT3 en position debout était de -36 ms (-76;-3) contre -34ms (-67;8) ( $R=1,06$ ,  $p=0,86$ ). Avec ECC, le RT3 en position debout était de -96ms (-114;-62) contre -80ms (-100;-51) ( $R=1,2$ ,  $p=0,225$ ). Tout comme en position semi-assise, en position debout, il existait une différence significative pour le RT3 entre les deux conditions sans et avec ECC (-96ms (-114 ; -62) vs. -36ms (-76 ; -3),  $R=0,38$ ,  $p<0,001$ ). Pour le moment, nous observons que la position du sujet avait un retentissement uniquement sur la contraction périnéale volontaire en l'absence d'ECC avec une diminution du temps de latence de contraction périnéale en position debout par rapport à la position

semi-assise. Le temps de latence de contraction périnéale involontaire n'était pas modifié par la position des individus.

Après s'être intéressé à l'impact de l'attention sur la contraction périnéale chez les volontaires, un projet de recherche se focalisant sur l'IUE est à mettre en place. Nous avons débuté les enregistrements de patientes présentant une incontinence urinaire à l'effort ou mixte. Les résultats préliminaires sur 13 patientes retrouvent bien une modification significative des latences de contraction périnéale réflexe et volontaire chez ce type de patientes. Concernant la contraction périnéale volontaire, le temps de latence RT1 augmente de 766,03 ms (IQR 362,96-852,78) en l'absence d'épreuve de charge cognitive à 1183,37 ms (IQR 706,48- 1352,96) lors d'un détournement d'attention (ratio 1,54,  $p < 0,001$ ). De manière similaire, la contraction périnéale involontaire était modifiée avec une disparition de la pré-contraction périnéale lors d'une épreuve de charge cognitive (en l'absence de détournement d'attention -30,56 ms (IQR -97,09;40,28) vs. 26,77 ms (-25,0 ; 14,35) en présence d'épreuve de charge cognitive)). Il n'y avait pas de corrélation entre les symptômes d'incontinence et le degré d'altération des temps de latence de contraction périnéale réflexe et volontaire. La poursuite de ce travail est néanmoins nécessaire avant d'établir des conclusions trop hâtives liées à un manque de puissance (il est prévu d'inclure 30 patientes au total).

Nous avons également prévu d'étudier la faisabilité d'une rééducation cognitive en double tâche chez les patientes présentant une IUE. Une demande de CPP est en cours pour pouvoir réaliser ce protocole. La difficulté probable reposera sur la sélection des patientes. En effet, il est probable que des patientes âgées aient des difficultés à réaliser ce type de rééducation qui nécessite en plus d'avoir

un bon niveau attentionnel, de savoir et d'accepter de se servir d'un support informatique. Une adaptation de l'épreuve cognitive sera probablement à envisager en cas de mise en place d'un tel protocole dans la population générale souffrant d'incontinence urinaire.

Afin de pouvoir tenter d'établir un abaque des valeurs normales et pathologiques des caractéristiques des contractions périnéales réflexes et volontaires, un enregistrement de ces données à grande échelle est également prévu. Il permettra de pouvoir rechercher s'il existe des facteurs de risque d'IUE, inhérents à la variation des temps de latence de contraction périnéale.

## VIII- Conclusion

De précédents travaux de physiologie portant sur la contraction périnéale réflexe et volontaire avaient déjà permis de mieux comprendre les mécanismes de la contraction périnéale lors de la toux.

Nos travaux apportent des données supplémentaires à la compréhension des mécanismes de la contraction périnéale à l'effort. Nous avons montré que la contraction périnéale (réflexe et volontaire) était modifiée par une épreuve de charge cognitive. Nous avons également montré qu'il était possible d'annuler l'impact d'une charge attentionnelle sur la contraction périnéale (réflexe et volontaire) grâce à une rééducation cognitive en double tâche. Ceci ouvre la voie à de nouvelles pistes de réflexion dans le traitement de l'IUE.

## IX- Références

1. Blok BFM. Brain control of the lower urinary tract. Scand J Urol Nephrol Suppl. 2002;(210):11-5.
2. de Groat WC, Griffiths D, Yoshimura N. Neural control of the lower urinary tract. Compr Physiol. janv 2015;5(1):327-96.
3. Parratte B, Bonniaud V, Tatu L, Lepage D, Vuillier F. [Anatomy and physiology of the lower urinary tract]. Prog En Urol J Assoc Fr Urol Société Fr Urol. mai 2007;17(3):331-5.
4. Fowler CJ, Griffiths DJ. A decade of functional brain imaging applied to bladder control. Neurourol Urodyn. 2010;29(1):49-55.
5. Haylen BT, de Ridder D, Freeman RM, Swift SE, Berghmans B, Lee J, et al. An International Urogynecological Association (IUGA)/International Continence Society (ICS) joint report on the terminology for female pelvic floor dysfunction. Int Urogynecology J. janv 2010;21(1):5-26.
6. de Tairac R, Haylen BT, Deffieux X, Hermieu JF, Wagner L, Amarenco G, et al. [French translation of « An International Urogynecological Association (IUGA)/International Continence Society (ICS) joint report on the terminology for female pelvic floor dysfunction » published in Int Urogynecol J 2010;21(1):5-26]. Progres En Urol J Assoc Francaise Urol Soc Francaise Urol. mars 2016;26(4):197-225.
7. Wilkins MF, Wu JM. Lifetime risk of surgery for stress urinary incontinence or pelvic organ prolapse. Minerva Ginecol. 21 déc 2016;

8. DeLancey JO. Structural support of the urethra as it relates to stress urinary incontinence: the hammock hypothesis. *Am J Obstet Gynecol.* juin 1994;170(6):1713-1720-1723.
9. Petros P. The integral system. *Cent Eur J Urol.* 2011;64(3):110-9.
10. Enhorning G. Simultaneous recording of intravesical and intra-urethral pressure. A study on urethral closure in normal and stress incontinent women. *Acta Chir Scand Suppl.* 1961;Suppl 276:1-68.
11. McGuire EJ. Experimental observations on the integration of bladder and urethral function. *Trans Am Assoc Genitourin Surg.* 1976;68:38-42.
12. McGuire EJ, Lytton B, Pepe V, Kohorn EI. Stress Urinary Incontinence. *Obstet Gynecol.* mars 1976;47(3):255-64.
13. Deffieux X, Hubeaux K, Porcher R, Ismael SS, Raibaut P, Amarenco G. External intercostal muscles and external anal sphincter electromyographic activity during coughing. *Int Urogynecol J Pelvic Floor Dysfunct.* avr 2008;19(4):521-4.
14. Deffieux X, Hubeaux K, Porcher R, Ismael SS, Raibaut P, Amarenco G. Abnormal pelvic response to cough in women with stress urinary incontinence. *Neurourol Urodyn.* 2008;27(4):291-6.
15. Amarenco G, Ismael SS, Lagauche D, Raibaut P, Rene-Corail P, Wolff N, et al. Cough anal reflex: strict relationship between intravesical pressure and pelvic floor muscle electromyographic activity during cough. *Urodynamic and electrophysiological study.* *J Urol.* janv 2005;173(1):149-52.

16. Jousse M, Verollet D, Guinet-Lacoste A, Le Breton F, Auclair L, Sheikh Ismael S, et al. Need to void and attentional process interrelationship. *BJU Int.* in press.
17. Barrington F. The effect of lesions of the hind and midbrain on micturition in the cat. *Q J Exp Physiol Cogn Med.* 1925;15:81-102.
18. Holstege G, Griffiths D, de Wall H, Dalm E. Anatomical and physiological observations on supraspinal control of bladder and urethral sphincter muscles in the cat. *J Comp Neurol.* 22 août 1986;250(4):449-61.
19. Holstege G, Kuypers HG, Boer RC. Anatomical evidence for direct brain stem projections to the somatic motoneuronal cell groups and autonomic preganglionic cell groups in cat spinal cord. *Brain Res.* 3 août 1979;171(2):329-33.
20. Holstege G, Griffiths D, de Wall H, Dalm E. Anatomical and physiological observations on supraspinal control of bladder and urethral sphincter muscles in the cat. *J Comp Neurol.* 22 août 1986;250(4):449-61.
21. Griffiths D, Holstege G, Dalm E, de Wall H. Control and coordination of bladder and urethral function in the brainstem of the cat. *NeuroUrol Urodyn.* 1990;9:63-82.
22. Komiyama A, Kubota A, Hidai H. Urinary retention associated with a unilateral lesion in the dorsolateral tegmentum of the rostral pons. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* déc 1998;65(6):953-4.
23. Blok BF, Sturms LM, Holstege G. A PET study on cortical and subcortical control of pelvic floor musculature in women. *J Comp Neurol.* 22 déc 1997;389(3):535-44.

24. Blok BF, Sturms LM, Holstege G. Brain activation during micturition in women. *Brain J Neurol.* nov 1998;121 ( Pt 11):2033-42.
25. Vanderhorst VG, Mouton LJ, Blok BF, Holstege G. Distinct cell groups in the lumbosacral cord of the cat project to different areas in the periaqueductal gray. *J Comp Neurol.* 16 déc 1996;376(3):361-85.
26. Holstege G. The emotional motor system and micturition control. *Neurourol Urodyn.* 2010;29(1):42-8.
27. Yaguchi H, Soma H, Miyazaki Y, Tashiro J, Yabe I, Kikuchi S, et al. A case of acute urinary retention caused by periaqueductal grey lesion. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* août 2004;75(8):1202-3.
28. Charil A, Zijdenbos AP, Taylor J, Boelman C, Worsley KJ, Evans AC, et al. Statistical mapping analysis of lesion location and neurological disability in multiple sclerosis: application to 452 patient data sets. *NeuroImage.* juill 2003;19(3):532-44.
29. Holstege G. The emotional motor system. *Eur J Morphol.* 1992;30(1):67-79.
30. Athwal BS, Berkley KJ, Hussain I, Brennan A, Craggs M, Sakakibara R, et al. Brain responses to changes in bladder volume and urge to void in healthy men. *Brain J Neurol.* févr 2001;124(Pt 2):369-77.
31. Thubert T, Jousse M, Deffieux X, Amarenco G. [Micturition and cognition]. *Progres En Urol J Assoc Francaise Urol Soc Francaise Urol.* déc 2013;23(17):1511-21.

32. Tai C, Wang J, Jin T, Wang P, Kim S-G, Roppolo JR, et al. Brain switch for reflex micturition control detected by fMRI in rats. *J Neurophysiol.* nov 2009;102(5):2719-30.
33. Griffiths D, Derbyshire S, Stenger A, Resnick N. Brain control of normal and overactive bladder. *J Urol.* nov 2005;174(5):1862-7.
34. Griffiths D, Tadic SD, Schaefer W, Resnick NM. Cerebral control of the bladder in normal and urge-incontinent women. *NeuroImage.* 1 août 2007;37(1):1-7.
35. Griffiths D, Tadic SD. Bladder control, urgency, and urge incontinence: evidence from functional brain imaging. *Neurourol Urodyn.* 2008;27(6):466-74.
36. Zaki J, Davis JI, Ochsner KN. Overlapping activity in anterior insula during interoception and emotional experience. *NeuroImage.* 1 août 2012;62(1):493-9.
37. Terasawa Y, Shibata M, Moriguchi Y, Umeda S. Anterior insular cortex mediates bodily sensibility and social anxiety. *Soc Cogn Affect Neurosci.* mars 2013;8(3):259-66.
38. Kavia R, Dasgupta R, Critchley H, Fowler C, Griffiths D. A functional magnetic resonance imaging study of the effect of sacral neuromodulation on brain responses in women with Fowler's syndrome. *BJU Int.* févr 2010;105(3):366-72.
39. Tadic SD, Griffiths D, Schaefer W, Murrin A, Clarkson B, Resnick NM. Brain activity underlying impaired continence control in older women with overactive bladder. *Neurourol Urodyn.* juin 2012;31(5):652-8.

40. Bush null, Luu null, Posner null. Cognitive and emotional influences in anterior cingulate cortex. *Trends Cogn Sci.* juin 2000;4(6):215-22.
41. Badgaiyan RD, Posner MI. Mapping the cingulate cortex in response selection and monitoring. *NeuroImage.* avr 1998;7(3):255-60.
42. Posner MI, Petersen SE, Fox PT, Raichle ME. Localization of cognitive operations in the human brain. *Science.* 17 juin 1988;240(4859):1627-31.
43. Matsuura S, Kakizaki H, Mitsui T, Shiga T, Tamaki N, Koyanagi T. Human brain region response to distention or cold stimulation of the bladder: a positron emission tomography study. *J Urol.* nov 2002;168(5):2035-9.
44. Corbetta M, Kincade JM, Shulman GL. Neural systems for visual orienting and their relationships to spatial working memory. *J Cogn Neurosci.* 1 avr 2002;14(3):508-23.
45. Mazoyer P, Wicker B, Fonlupt P. A neural network elicited by parametric manipulation of the attention load. *Neuroreport.* 3 déc 2002;13(17):2331-4.
46. Ueki K. Disturbances of micturition observed in some patients with brain tumor. *Neurol Med Chir.* 1960;2:25-33.
47. Andrew J, Nathan PW, Spanos NC. Disturbances of micturition and defaecation due to aneurysms of anterior communicating or anterior cerebral arteries. *J Neurosurg.* janv 1966;24(1):1-10.
48. Blok BF, Willemsen AT, Holstege G. A PET study on brain control of micturition in humans. *Brain J Neurol.* janv 1997;120 ( Pt 1):111-21.

49. Tadic SD, Griffiths D, Murrin A, Schaefer W, Aizenstein HJ, Resnick NM. Brain activity during bladder filling is related to white matter structural changes in older women with urinary incontinence. *NeuroImage*. 15 juill 2010;51(4):1294-302.
50. Tadic SD, Griffiths D, Schaefer W, Cheng CI, Resnick NM. Brain activity measured by functional magnetic resonance imaging is related to patient reported urgency urinary incontinence severity. *J Urol*. janv 2010;183(1):221-8.
51. Griffiths DJ, Tadic SD, Schaefer W, Resnick NM. Cerebral control of the lower urinary tract: how age-related changes might predispose to urge incontinence. *NeuroImage*. sept 2009;47(3):981-6.
52. Zhang H, Reitz A, Kollias S, Summers P, Curt A, Schurch B. An fMRI study of the role of suprapontine brain structures in the voluntary voiding control induced by pelvic floor contraction. *NeuroImage*. 1 janv 2005;24(1):174-80.
53. Seseke S, Baudewig J, Kallenberg K, Ringert R-H, Seseke F, Dechent P. Voluntary pelvic floor muscle control--an fMRI study. *NeuroImage*. 15 juill 2006;31(4):1399-407.
54. Kutzt-Buschbeck JP, van der Horst C, Wolff S, Filippow N, Nabavi A, Jansen O, et al. Activation of the supplementary motor area (SMA) during voluntary pelvic floor muscle contractions--an fMRI study. *NeuroImage*. 1 avr 2007;35(2):449-57.
55. Di Gangi Herms AMR, Veit R, Reisenauer C, Herms A, Grodd W, Enck P, et al. Functional imaging of stress urinary incontinence. *NeuroImage*. 1 janv 2006;29(1):267-75.
56. Gunnarsson M, Ahlmann S, Lindström S, Rosén I, Mattiasson A. Cortical

magnetic stimulation in patients with genuine stress incontinence: correlation with results of pelvic floor exercises. *Neurourol Urodyn.* 1999;18(5):437-444-445.

57. Standring S, éditeur. *Gray's anatomy: the anatomical basis of clinical practice.* Forty-first edition. New York: Elsevier Limited; 2016. 1562 p.

58. Shah AP, Mevcha A, Wilby D, Alatsatianos A, Hardman JC, Jacques S, et al. Continence and micturition: an anatomical basis. *Clin Anat N Y N.* nov 2014;27(8):1275-83.

59. Anderson KE. Pharmacology of lower urinary tract smooth muscles and penile erectile tissues. *Pharmacol Rev.* sept 1993;45(3):253-308.

60. Gosling JA, Dixon JS, Jen PY. The distribution of noradrenergic nerves in the human lower urinary tract. A review. *Eur Urol.* 1999;36 Suppl 1:23-30.

61. Cervero F, Tattersall JE. Somatic and visceral sensory integration in the thoracic spinal cord. *Prog Brain Res.* 1986;67:189-205.

62. Pullen AH, Tucker D, Martin JE. Morphological and morphometric characterisation of Onuf's nucleus in the spinal cord in man. *J Anat.* août 1997;191 ( Pt 2):201-13.

63. Bharucha AE. Pelvic floor: anatomy and function. *Neurogastroenterol Motil Off J Eur Gastrointest Motil Soc.* juill 2006;18(7):507-19.

64. Moore KL, Dalley AF. *Anatomie médicale: aspects fondamentaux et applications cliniques.* Paris: De Boeck; 2001.

65. Raychaudhuri B, Cahill D. Pelvic fasciae in urology. *Ann R Coll Surg Engl.* nov

2008;90(8):633-7.

66. Yiou R, Costa P, Haab F, Delmas V. [Functional anatomy of the pelvic floor]. *Progres En Urol J Assoc Francaise Urol Soc Francaise Urol.* déc 2009;19(13):916-25.

67. Chou Q, DeLancey JO. A structured system to evaluate urethral support anatomy in magnetic resonance images. *Am J Obstet Gynecol.* juill 2001;185(1):44-50.

68. Ercoli A, Delmas V, Fanfani F, Gadonneix P, Ceccaroni M, Fagotti A, et al. Terminologia Anatomica versus unofficial descriptions and nomenclature of the fasciae and ligaments of the female pelvis: a dissection-based comparative study. *Am J Obstet Gynecol.* oct 2005;193(4):1565-73.

69. Margulies RU, Hsu Y, Kearney R, Stein T, Umek WH, DeLancey JOL. Appearance of the levator ani muscle subdivisions in magnetic resonance images. *Obstet Gynecol.* mai 2006;107(5):1064-9.

70. Kearney R, Sawhney R, DeLancey JOL. Levator ani muscle anatomy evaluated by origin-insertion pairs. *Obstet Gynecol.* juill 2004;104(1):168-73.

71. Gosling JA, Dixon JS, Critchley HO, Thompson SA. A comparative study of the human external sphincter and periurethral levator ani muscles. *Br J Urol.* févr 1981;53(1):35-41.

72. Wallner C, van Wissen J, Maas CP, Dabhoiwala NF, DeRuiter MC, Lamers WH. The contribution of the levator ani nerve and the pudendal nerve to the innervation of the levator ani muscles; a study in human fetuses. *Eur Urol.* nov 2008;54(5):1136-42.

73. Barber MD, Bremer RE, Thor KB, Dolber PC, Kuehl TJ, Coates KW. Innervation of the female levator ani muscles. *Am J Obstet Gynecol.* juill 2002;187(1):64-71.
74. O'Connell HE, Hutson JM, Anderson CR, Plenter RJ. Anatomical relationship between urethra and clitoris. *J Urol.* juin 1998;159(6):1892-7.
75. Wallner C, Dabhoiwala NF, DeRuiter MC, Lamers WH. The anatomical components of urinary continence. *Eur Urol.* avr 2009;55(4):932-43.
76. Leroi A-M, Le Normand L. [Physiology of the anal and urinary sphincter apparatus for continence]. *Progres En Urol J Assoc Francaise Urol Soc Francaise Urol.* févr 2005;15(1):123-48.
77. DeLancey JO. Correlative study of paraurethral anatomy. *Obstet Gynecol.* juill 1986;68(1):91-7.
78. Amarenco G, Chantraine A. Les fonctions sphincteriennes [Internet]. Paris; Berlin: Springer; 2006 [cité 11 janv 2017]. Disponible sur: <http://site.ebrary.com/id/10253354>
79. Gosling JA, Dixon JS. The structure and innervation of smooth muscle in the wall of the bladder neck and proximal urethra. *Br J Urol.* oct 1975;47(5):549-58.
80. Yucel S, De Souza A, Baskin LS. Neuroanatomy of the human female lower urogenital tract. *J Urol.* juill 2004;172(1):191-5.
81. Perucchini D, DeLancey JOL, Ashton-Miller JA, Galecki A, Schaer GN. Age effects on urethral striated muscle. II. Anatomic location of muscle loss. *Am J*

Obstet Gynecol. mars 2002;186(3):356-60.

82. DeLancey JO. Anatomy and physiology of urinary continence. Clin Obstet Gynecol. juin 1990;33(2):298-307.

83. Oelrich TM. The striated urogenital sphincter muscle in the female. Anat Rec. févr 1983;205(2):223-32.

84. Vazzoler N, Soulié M, Escourrou G, Seguin P, Pontonnier F, Bécue J, et al. Pubourethral ligaments in women: anatomical and clinical aspects. Surg Radiol Anat SRA. févr 2002;24(1):33-7.

85. DeLancey JO. Structural support of the urethra as it relates to stress urinary incontinence: the hammock hypothesis. Am J Obstet Gynecol. juin 1994;170(6):1713-1720-1723.

86. DeLancey JOL, Trowbridge ER, Miller JM, Morgan DM, Guire K, Fenner DE, et al. Stress urinary incontinence: relative importance of urethral support and urethral closure pressure. J Urol. juin 2008;179(6):2286-2290; discussion 2290.

87. Dompeyre P, Fritel X, Fauconnier A, Robain G. [Pelvic floor muscle contraction and maximum urethral closure pressure]. Progres En Urol J Assoc Francaise Urol Soc Francaise Urol. mars 2015;25(4):200-5.

88. Dietz HP, Shek KL. Levator function and voluntary augmentation of maximum urethral closure pressure. Int Urogynecology J. août 2012;23(8):1035-40.

89. Mahony DT, Laferte RO, Blais DJ. Integral storage and voiding reflexes. Neurophysiologic concept of continence and micturition. Urology. janv

1977;9(1):95-106.

90. Kira S, Mitsui T, Kobayashi H, Haneda Y, Sawada N, Takeda M. Detrusor pressures in urodynamic studies during voiding in women. *Int Urogynecology J*. 20 déc 2016;

91. Bø K, Stien R. Needle EMG registration of striated urethral wall and pelvic floor muscle activity patterns during cough, Valsalva, abdominal, hip adductor, and gluteal muscle contractions in nulliparous healthy females. *Neurourol Urodyn*. 1994;13(1):35-41.

92. Kamo I, Torimoto K, Chancellor MB, de Groat WC, Yoshimura N. Urethral closure mechanisms under sneeze-induced stress condition in rats: a new animal model for evaluation of stress urinary incontinence. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. août 2003;285(2):R356-365.

93. Constantinou CE, Govan DE. Spatial distribution and timing of transmitted and reflexly generated urethral pressures in healthy women. *J Urol*. mai 1982;127(5):964-9.

94. van der Kooi JB, van Wanroy PJ, De Jonge MC, Kornelis JA. Time separation between cough pulses in bladder, rectum and urethra in women. *J Urol*. déc 1984;132(6):1275-8.

95. Thind P, Lose G, Colstrup H. Initial urethral pressure increase during stress episodes in genuine stress incontinent women. *Br J Urol*. févr 1992;69(2):137-40.

96. Thind P. The significance of smooth and striated muscles in the sphincter function of the urethra in healthy women. *Neurourol Urodyn*. 1995;14(6):585-618.

97. Dietz HP, Erdmann M, Shek KL. Reflex contraction of the levator ani in women symptomatic for pelvic floor disorders. *Ultrasound Obstet Gynecol Off J Int Soc Ultrasound Obstet Gynecol.* août 2012;40(2):215-8.
98. Dietz HP, Bond V, Shek KL. Does childbirth alter the reflex pelvic floor response to coughing? *Ultrasound Obstet Gynecol Off J Int Soc Ultrasound Obstet Gynecol.* mai 2012;39(5):569-73.
99. Yang J-M, Yang S-H, Huang W-C, Tzeng C-R. Factors affecting reflex pelvic floor muscle contraction patterns in women with pelvic floor disorders. *Ultrasound Obstet Gynecol Off J Int Soc Ultrasound Obstet Gynecol.* août 2013;42(2):224-9.
100. Chennells M, Floyd WF. Reflex activity in abdominal and limb muscles. *J Physiol.* oct 1952;118(2):196-206.
101. Amarenco G, Ismael SS, Lagauche D, Raibaut P, Rene-Corail P, Wolff N, et al. Cough anal reflex: strict relationship between intravesical pressure and pelvic floor muscle electromyographic activity during cough. Urodynamic and electrophysiological study. *J Urol.* janv 2005;173(1):149-52.
102. Deffieux X, Hubeaux K, Porcher R, Ismael SS, Raibaut P, Amarenco G. Pelvic Floor Muscle Activity During Coughing: Altered Pattern in Women with Stress Urinary Incontinence. *Urology.* sept 2007;70(3):443-7.
103. Deffieux X, Hubeaux K, Porcher R, Ismael SS, Raibaut P, Amarenco G. External intercostal muscles and external anal sphincter electromyographic activity during coughing. *Int Urogynecology J.* avr 2008;19(4):521-4.
104. Deffieux X, Hubeaux K, Porcher R, Ismael SS, Raibaut P, Amarenco G.

Abnormal pelvic response to cough in women with stress urinary incontinence. *Neurourol Urodyn.* 2008;27(4):291-6.

105. Lechevalier B, Eustache F, Viader F. *Traité de neuropsychologie clinique: neurosciences cognitives et cliniques de l'adulte.* Paris: De Boeck : Inserm; 2008.

106. Mesulam MM. Large-scale neurocognitive networks and distributed processing for attention, language, and memory. *Ann Neurol.* nov 1990;28(5):597-613.

107. Mesulam MM. A cortical network for directed attention and unilateral neglect. *Ann Neurol.* oct 1981;10(4):309-25.

108. Posner MI, Petersen SE. The attention system of the human brain. *Annu Rev Neurosci.* 1990;13:25-42.

109. LaBerge null. Attention, Awareness, and the Triangular Circuit. *Conscious Cogn.* juin 1997;6(2/3):149-81.

110. Van Zomeren AH, Brouwer WH. *Theory and concepts of attention.* Clinical Neuropsychology of Attention New-York Oxford University Press.; 1994.

111. Seron X, Van der Linden M. *Traité de neuropsychologie clinique.* Marseille: Solal; 2000.

112. Gil R. *Neuropsychologie.* Paris: Masson; 2010.

113. Corbetta M, Miezin FM, Dobmeyer S, Shulman GL, Petersen SE. Selective and divided attention during visual discriminations of shape, color, and speed: functional anatomy by positron emission tomography. *J Neurosci Off J Soc Neurosci.* août 1991;11(8):2383-402.

114. Dee HL, Van Allen MW. Speed of decision-making processes in patients with unilateral cerebral disease. *Arch Neurol.* mars 1973;28(3):163-6.
115. Baron JC, Rougemont D, Soussaline F, Bustany P, Cruzel C, Bousser MG, et al. Local interrelationships of cerebral oxygen consumption and glucose utilization in normal subjects and in ischemic stroke patients: a positron tomography study. *J Cereb Blood Flow Metab Off J Int Soc Cereb Blood Flow Metab.* juin 1984;4(2):140-9.
116. Fox PT, Mintun MA, Reiman EM, Raichle ME. Enhanced detection of focal brain responses using intersubject averaging and change-distribution analysis of subtracted PET images. *J Cereb Blood Flow Metab Off J Int Soc Cereb Blood Flow Metab.* oct 1988;8(5):642-53.
117. Xiao M, Ge H, Khundrakpam BS, Xu J, Bezgin G, Leng Y, et al. Attention Performance Measured by Attention Network Test Is Correlated with Global and Regional Efficiency of Structural Brain Networks. *Front Behav Neurosci.* 2016;10:194.
118. Xu J, Yin X, Ge H, Han Y, Pang Z, Tang Y, et al. Attentional performance is correlated with the local regional efficiency of intrinsic brain networks. *Front Behav Neurosci.* 2015;9:200.
119. Heyder K, Suchan B, Daum I. Cortico-subcortical contributions to executive control. *Acta Psychol (Amst).* mars 2004;115(2-3):271-89.
120. Alexander GE, DeLong MR, Strick PL. Parallel organization of functionally segregated circuits linking basal ganglia and cortex. *Annu Rev Neurosci.*

1986;9:357-81.

121. Radua J, Phillips ML, Russell T, Lawrence N, Marshall N, Kalidindi S, et al. Neural response to specific components of fearful faces in healthy and schizophrenic adults. *NeuroImage*. 1 janv 2010;49(1):939-46.

122. Vincent JL, Kahn I, Snyder AZ, Raichle ME, Buckner RL. Evidence for a frontoparietal control system revealed by intrinsic functional connectivity. *J Neurophysiol*. déc 2008;100(6):3328-42.

123. Smith A. Symbol Digit Modalities Test. 1991.

124. Ponsford J, Kinsella G. Attentional deficits following closed-head injury. *J Clin Exp Neuropsychol*. sept 1992;14(5):822-38.

125. Lewandowski LJ. The Symbol Digit Modalities Test: a screening instrument for brain-damaged children. *Percept Mot Skills*. oct 1984;59(2):615-8.

126. Bowler R, Sudia S, Mergler D, Harrison R, Cone J. Comparaison of Digit Symbol and Symbol Digit Modalities Tests for assessing neurotoxic exposure. 1992. 6:103-4.

127. Brickenkamp R. Test d2: Concentration-Endurance. In 1981.

128. Trenerry, MR, Crosson B, DeBoe J, Leber W. Visual Search and Attention Test. Odessa, FL.: Psychological Assessment Resources.;

129. Rosvold H, Mirsky A, Sarason I, Bransome E, Beck L. A continuous performance test of brain damage. *Journal of Consulting Psychology*,. 1956;20:343-50.

130. Hall CL, Valentine AZ, Groom MJ, Walker GM, Sayal K, Daley D, et al. The clinical utility of the continuous performance test and objective measures of activity for diagnosing and monitoring ADHD in children: a systematic review. *Eur Child Adolesc Psychiatry*. juill 2016;25(7):677-99.
131. Tombaugh TN. A comprehensive review of the Paced Auditory Serial Addition Test (PASAT). *Arch Clin Neuropsychol Off J Natl Acad Neuropsychol*. janv 2006;21(1):53-76.
132. Gronwall D, Wrightson P. Memory and information processing capacity after closed head injury. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. oct 1981;44(10):889-95.
133. Dyche GM, Johnson DA. Development and evaluation of CHIPASAT, an attention test for children: II. Test-retest reliability and practice effect for a normal sample. *Percept Mot Skills*. avr 1991;72(2):563-72.
134. Snyder PJ, Cappelleri JC, Archibald CJ, Fisk JD. Improved detection of differential information-processing speed deficits between two disease-course types of multiple sclerosis. *Neuropsychology*. oct 2001;15(4):617-25.
135. Lockwood AH, Linn RT, Szymanski H, Coad ML, Wack DS. Mapping the neural systems that mediate the Paced Auditory Serial Addition Task (PASAT). *J Int Neuropsychol Soc JINS*. janv 2004;10(1):26-34.
136. Kerr B, Condon SM, McDonald LA. Cognitive spatial processing and the regulation of posture. *J Exp Psychol Hum Percept Perform*. oct 1985;11(5):617-22.
137. Fraizer EV, Mitra S. Methodological and interpretive issues in posture-cognition dual-tasking in upright stance. *Gait Posture*. févr 2008;27(2):271-9.

138. Lajoie Y, Teasdale N, Bard C, Fleury M. Attentional demands for static and dynamic equilibrium. *Exp Brain Res.* 1993;97(1):139-44.
139. Dault MC, Geurts AC, Mulder TW, Duysens J. Postural control and cognitive task performance in healthy participants while balancing on different support-surface configurations. *Gait Posture.* déc 2001;14(3):248-55.
140. Siu K-C, Woollacott MH. Attentional demands of postural control: the ability to selectively allocate information-processing resources. *Gait Posture.* janv 2007;25(1):121-6.
141. Kelly VE, Janke AA, Shumway-Cook A. Effects of instructed focus and task difficulty on concurrent walking and cognitive task performance in healthy young adults. *Exp Brain Res.* nov 2010;207(1-2):65-73.
142. Hall CD, Echt KV, Wolf SL, Rogers WA. Cognitive and motor mechanisms underlying older adults' ability to divide attention while walking. *Phys Ther.* juill 2011;91(7):1039-50.
143. Hiraga CY, Garry MI, Carson RG, Summers JJ. Dual-task interference: Attentional and neurophysiological influences. *Behav Brain Res.* déc 2009;205(1):10-8.
144. Zijdwind I, van Duinen H, Zielman R, Lorist MM. Interaction between force production and cognitive performance in humans. *Clin Neurophysiol Off J Int Fed Clin Neurophysiol.* mars 2006;117(3):660-7.
145. Temprado J-J, Vieluf S, Bricot N, Berton E, Sleimen-Malkoun R. Performing Isometric Force Control in Combination with a Cognitive Task: A Multidimensional

Assessment. *PLoS One*. 2015;10(11):e0142627.

146. Lundberg U, Kadefors R, Melin B, Palmerud G, Hassmen P, Engstrom M, et al. Psychophysiological stress and EMG activity of the trapezius muscle. *Int J Behav Med*. 1994;1(4):354-70.

147. Larsson SE, Larsson R, Zhang Q, Cai H, Oberg PA. Effects of psychophysiological stress on trapezius muscles blood flow and electromyography during static load. *Eur J Appl Physiol*. 1995;71(6):493-8.

148. Bray SR, Martin Ginis KA, Hicks AL, Woodgate J. Effects of self-regulatory strength depletion on muscular performance and EMG activation. *Psychophysiology*. 2008;45(2):337-43.

149. Zhang H, Reitz A, Kollias S, Summers P, Curt A, Schurch B. An fMRI study of the role of suprapontine brain structures in the voluntary voiding control induced by pelvic floor contraction. *NeuroImage*. 1 janv 2005;24(1):174-80.

150. Schrum A, Wolff S, van der Horst C, Kultz-Buschbeck JP. Motor cortical representation of the pelvic floor muscles. *J Urol*. juill 2011;186(1):185-90.

151. Dietz HP, Shek KL. Levator function and voluntary augmentation of maximum urethral closure pressure. *Int Urogynecology J*. août 2012;23(8):1035-40.

152. Sapsford RR, Hodges PW. Contraction of the pelvic floor muscles during abdominal maneuvers. *Arch Phys Med Rehabil*. août 2001;82(8):1081-8.

153. Deffieux X, Raibaut P, Rene-Corail P, Katz R, Perrigot M, Ismael SS, et al. External anal sphincter contraction during cough: not a simple spinal reflex.

Neurourol Urodyn. 2006;25(7):782-7.

154. Haylen BT, Freeman RM, Swift SE, Cosson M, Davila GW, Deprest J, et al. An International Urogynecological Association (IUGA) / International Continence Society (ICS) joint terminology and classification of the complications related directly to the insertion of prostheses (meshes, implants, tapes) & grafts in female pelvic floor surgery. *Int Urogynecology J.* janv 2011;22(1):3-15.

155. Dieter AA, Wilkins MF, Wu JM. Epidemiological trends and future care needs for pelvic floor disorders. *Curr Opin Obstet Gynecol.* oct 2015;27(5):380-4.

156. Wu JM, Hundley AF, Fulton RG, Myers ER. Forecasting the prevalence of pelvic floor disorders in U.S. Women: 2010 to 2050. *Obstet Gynecol.* déc 2009;114(6):1278-83.

157. Nygaard I, Barber MD, Burgio KL, Kenton K, Meikle S, Schaffer J, et al. Prevalence of symptomatic pelvic floor disorders in US women. *JAMA.* 17 sept 2008;300(11):1311-6.

158. Dooley Y, Kenton K, Cao G, Luke A, Durazo-Arvizu R, Kramer H, et al. Urinary incontinence prevalence: results from the National Health and Nutrition Examination Survey. *J Urol.* févr 2008;179(2):656-61.

159. Al-Mukhtar Othman J, Åkervall S, Milsom I, Gyhagen M. Urinary incontinence in nulliparous women aged 25-64 years: a national survey. *Am J Obstet Gynecol.* 6 oct 2016;

160. Rortveit G, Hannestad YS, Daltveit AK, Hunskaar S. Age- and type-dependent effects of parity on urinary incontinence: the Norwegian EPINCONT study. *Obstet*

Gynecol. déc 2001;98(6):1004-10.

161. Ebbesen MH, Hunskaar S, Rortveit G, Hannestad YS. Prevalence, incidence and remission of urinary incontinence in women: longitudinal data from the Norwegian HUNT study (EPINCONT). *BMC Urol.* 30 mai 2013;13:27.

162. Sangsawang B, Sangsawang N. Stress urinary incontinence in pregnant women: a review of prevalence, pathophysiology, and treatment. *Int Urogynecology J.* juin 2013;24(6):901-12.

163. Zhu L, Li L, Lang J, Xu T. Prevalence and risk factors for peri- and postpartum urinary incontinence in primiparous women in China: a prospective longitudinal study. *Int Urogynecology J.* mai 2012;23(5):563-72.

164. Wesnes SL, Rortveit G, Bø K, Hunskaar S. Urinary incontinence during pregnancy. *Obstet Gynecol.* avr 2007;109(4):922-8.

165. Liang C-C, Chang S-D, Lin S-J, Lin Y-J. Lower urinary tract symptoms in primiparous women before and during pregnancy. *Arch Gynecol Obstet.* mai 2012;285(5):1205-10.

166. Groutz A, Rimon E, Peled S, Gold R, Pauzner D, Lessing JB, et al. Cesarean section: does it really prevent the development of postpartum stress urinary incontinence? A prospective study of 363 women one year after their first delivery. *Neurourol Urodyn.* 2004;23(1):2-6.

167. Wesnes SL, Hunskaar S, Bo K, Rortveit G. The effect of urinary incontinence status during pregnancy and delivery mode on incontinence postpartum. A cohort study. *BJOG Int J Obstet Gynaecol.* avr 2009;116(5):700-7.

168. McKinnie V, Swift SE, Wang W, Woodman P, O'Boyle A, Kahn M, et al. The effect of pregnancy and mode of delivery on the prevalence of urinary and fecal incontinence. *Am J Obstet Gynecol.* août 2005;193(2):512-517-518.
169. Rortveit G, Daltveit AK, Hannestad YS, Hunskaar S, Norwegian EPINCONT Study. Urinary incontinence after vaginal delivery or cesarean section. *N Engl J Med.* 6 mars 2003;348(10):900-7.
170. Hunskaar S. A systematic review of overweight and obesity as risk factors and targets for clinical intervention for urinary incontinence in women. *Neurourol Urodyn.* 2008;27(8):749-57.
171. Hannestad YS, Rortveit G, Daltveit AK, Hunskaar S. Are smoking and other lifestyle factors associated with female urinary incontinence? The Norwegian EPINCONT Study. *BJOG Int J Obstet Gynaecol.* mars 2003;110(3):247-54.
172. Legendre G, Fritel X, Ringa V, Lesavre M, Fernandez H. [Urinary incontinence and menopause]. *Progres En Urol J Assoc Francaise Urol Soc Francaise Urol.* oct 2012;22(11):615-21.
173. Mishra GD, Cardozo L, Kuh D. Menopausal transition and the risk of urinary incontinence: results from a British prospective cohort. *BJU Int.* oct 2010;106(8):1170-5.
174. Thom DH, Brown JS, Schembri M, Ragins AI, Subak LL, Van Den Eeden SK. Incidence of and risk factors for change in urinary incontinence status in a prospective cohort of middle-aged and older women: the reproductive risk of incontinence study in Kaiser. *J Urol.* oct 2010;184(4):1394-401.

175. Irwin DE, Milsom I, Chancellor MB, Kopp Z, Guan Z. Dynamic progression of overactive bladder and urinary incontinence symptoms: a systematic review. *Eur Urol.* oct 2010;58(4):532-43.
176. Nygaard IE, Lemke JH. Urinary incontinence in rural older women: prevalence, incidence and remission. *J Am Geriatr Soc.* sept 1996;44(9):1049-54.
177. Legendre G, Ringa V, Panjo H, Zins M, Fritel X. Incidence and remission of urinary incontinence at midlife: a cohort study. *BJOG Int J Obstet Gynaecol.* mai 2015;122(6):816-24.
178. Komesu YM, Schrader RM, Ketai LH, Rogers RG, Dunivan GC. Epidemiology of mixed, stress, and urgency urinary incontinence in middle-aged/older women: the importance of incontinence history. *Int Urogynecology J.* mai 2016;27(5):763-72.
179. Deffieux X, Hubeaux K, Amarenco G. [Female urinary stress incontinence: analysis of pathophysiological hypothesis]. *J Gynecol Obstet Biol Reprod (Paris).* avr 2008;37(2):186-96.
180. Kim KJ, Ashton-Miller JA, Strohbehn K, DeLancey JO, Schultz AB. The vesico-urethral pressuregram analysis of urethral function under stress. *J Biomech.* janv 1997;30(1):19-25.
181. Howard D, Miller JM, Delancey JO, Ashton-Miller JA. Differential effects of cough, valsalva, and continence status on vesical neck movement. *Obstet Gynecol.* avr 2000;95(4):535-40.
182. Pirpiris A, Shek KL, Dietz HP. Urethral mobility and urinary incontinence. *Ultrasound Obstet Gynecol Off J Int Soc Ultrasound Obstet Gynecol.* oct

2010;36(4):507-11.

183. Lovegrove Jones RC, Peng Q, Stokes M, Humphrey VF, Payne C, Constantinou CE. Mechanisms of pelvic floor muscle function and the effect on the urethra during a cough. *Eur Urol.* juin 2010;57(6):1101-10.

184. McGuire EJ, Lytton B, Pepe V, Kohorn EI. Stress Urinary Incontinence. *Obstet Gynecol.* mars 1976;47(3):255-64.

185. Fitzpatrick C, Swierzewski SJ 3rd, McGuire EJ. Periurethral collagen for urinary incontinence after gender reassignment surgery. *Urology.* oct 1993;42(4):458-60.

186. Versi E, Cardozo LD. Perineal pad weighing versus videographic analysis in genuine stress incontinence. *Br J Obstet Gynaecol.* avr 1986;93(4):364-6.

187. Chapple CR, Helm CW, Blease S, Milroy EJ, Rickards D, Osborne JL. Asymptomatic bladder neck incompetence in nulliparous females. *Br J Urol.* oct 1989;64(4):357-9.

188. Davis K, Kumar D. Pelvic floor dysfunction: a conceptual framework for collaborative patient-centred care. *J Adv Nurs.* sept 2003;43(6):555-68.

189. Hilde G, Stær-Jensen J, Ellström Engh M, Brækken IH, Bø K. Continence and pelvic floor status in nulliparous women at midterm pregnancy. *Int Urogynecology J.* sept 2012;23(9):1257-63.

190. Wijma J, Weis Potters AE, de Wolf BT, Tinga DJ, Aarnoudse JG. Anatomical and functional changes in the lower urinary tract during pregnancy. *BJOG Int J*

Obstet Gynaecol. juill 2001;108(7):726-32.

191. Jundt K, Scheer I, Schiessl B, Karl K, Friese K, Peschers UM. Incontinence, bladder neck mobility, and sphincter ruptures in primiparous women. Eur J Med Res. 28 juin 2010;15(6):246-52.

192. Robinson D, Toozs-Hobson P, Cardozo L. The effect of hormones on the lower urinary tract. Menopause Int. déc 2013;19(4):155-62.

193. Kristiansson P, Samuelsson E, von Schoultz B, Svärdsudd K. Reproductive hormones and stress urinary incontinence in pregnancy. Acta Obstet Gynecol Scand. déc 2001;80(12):1125-30.

194. Harvey M-A, Johnston SL, Davies GAL. Mid-trimester serum relaxin concentrations and post-partum pelvic floor dysfunction. Acta Obstet Gynecol Scand. 2008;87(12):1315-21.

195. de Oliveira MCE, Varella LRD, Angelo PHM, Micussi MTABC. The relationship between the presence of lower urinary tract symptoms and waist circumference. Diabetes Metab Syndr Obes Targets Ther. 2016;9:207-11.

196. Bump RC, Sugeran HJ, Fantl JA, McClish DK. Obesity and lower urinary tract function in women: effect of surgically induced weight loss. Am J Obstet Gynecol. août 1992;167(2):392-397-399.

197. Luber KM. The definition, prevalence, and risk factors for stress urinary incontinence. Rev Urol. 2004;6 Suppl 3:S3-9.

198. Link CL, Steers WD, Kusek JW, McKinlay JB. The association of adiposity and

overactive bladder appears to differ by gender: results from the Boston Area Community Health survey. *J Urol.* mars 2011;185(3):955-63.

199. Neels JG, Olefsky JM. Inflamed fat: what starts the fire? *J Clin Invest.* janv 2006;116(1):33-5.

200. Tyagi S, Tyagi P, Van-le S, Yoshimura N, Chancellor MB, de Miguel F. Qualitative and quantitative expression profile of muscarinic receptors in human urothelium and detrusor. *J Urol.* oct 2006;176(4 Pt 1):1673-8.

201. Deffieux X, Hubeaux K, Porcher R, Ismael SS, Raibaut P, Amarenco G. External intercostal muscles and external anal sphincter electromyographic activity during coughing. *Int Urogynecol J Pelvic Floor Dysfunct.* avr 2008;19(4):521-4.

202. Amarenco G, Ismael SS, Lagauche D, Raibaut P, Rene-Corail P, Wolff N, et al. Cough anal reflex: strict relationship between intravesical pressure and pelvic floor muscle electromyographic activity during cough. Urodynamic and electrophysiological study. *J Urol.* janv 2005;173(1):149-52.

203. Zhang Q, Wang L, Zheng W. Surface electromyography of pelvic floor muscles in stress urinary incontinence. *Int J Gynaecol Obstet Off Organ Int Fed Gynaecol Obstet.* nov 2006;95(2):177-8.

204. Kamo I, Kaiho Y, Miyazato M, Torimoto K, Yoshimura N. Two kinds of urinary continence reflexes during abrupt elevation of intravesical pressure in rats. *Low Urin Tract Symptoms.* 1 sept 2009;1(s1):S40-3.

205. Kamo I, Cannon TW, Conway DA, Torimoto K, Chancellor MB, de Groat WC, et al. The role of bladder-to-urethral reflexes in urinary continence mechanisms in

rats. *Am J Physiol Renal Physiol.* sept 2004;287(3):F434-441.

206. Butler WJ. Pseudomyotonia of the periurethral sphincter in women with urinary incontinence. *J Urol.* déc 1979;122(6):838-40.

207. Barnick CG, Cardozo LD. Denervation and re-innervation of the urethral sphincter in the aetiology of genuine stress incontinence: an electromyographic study. *Br J Obstet Gynaecol.* août 1993;100(8):750-3.

208. de Aguiar Cavalcanti G, Manzano GM, Nunes KF, Giuliano LMP, de Menezes TA, Bruschini H. Electrophysiological evaluation of the pudendal nerve and urethral innervation in female stress urinary incontinence. *Int Urogynecology J.* mai 2013;24(5):801-7.

209. Deffieux X, Hubeaux K, Porcher R, Ismael SS, Raibaut P, Amarenco G. Decrease in urethral pressure following repeated cough efforts: a new concept for pathophysiology of stress urinary incontinence. *Int J Urol Off J Jpn Urol Assoc.* nov 2007;14(11):1019-24.

210. Verelst M, Leivseth G. Are fatigue and disturbances in pre-programmed activity of pelvic floor muscles associated with female stress urinary incontinence? *Neurourol Urodyn.* 2004;23(2):143-7.

211. Martin GR. Isolation of a pluripotent cell line from early mouse embryos cultured in medium conditioned by teratocarcinoma stem cells. *Proc Natl Acad Sci U S A.* déc 1981;78(12):7634-8.

212. Thomson JA, Itskovitz-Eldor J, Shapiro SS, Waknitz MA, Swiergiel JJ, Marshall VS, et al. Embryonic stem cell lines derived from human blastocysts. *Science.* 6 nov

1998;282(5391):1145-7.

213. Ding D-C, Shyu W-C, Lin S-Z. Mesenchymal stem cells. *Cell Transplant.* 2011;20(1):5-14.

214. Yiou R, Committee on Women's Urology and pelvipereineology, French Association of Urology. [Guidelines for cell therapy to treat urinary incontinence]. *Progres En Urol J Assoc Francaise Urol Soc Francaise Urol.* févr 2010;20 Suppl 2:S174-176.

215. Boissier R, Karsenty G. [Cellular therapy and urinary incontinence]. *Progres En Urol J Assoc Francaise Urol Soc Francaise Urol.* juill 2012;22(8):454-61.

216. Krause DS, Theise ND, Collector MI, Henegariu O, Hwang S, Gardner R, et al. Multi-organ, multi-lineage engraftment by a single bone marrow-derived stem cell. *Cell.* 4 mai 2001;105(3):369-77.

217. Goldman HB, Sievert K-D, Damaser MS. Will we ever use stem cells for the treatment of SUI? ICI-RS 2011. *Neurourol Urodyn.* mars 2012;31(3):386-9.

218. Bharadwaj S, Liu G, Shi Y, Wu R, Yang B, He T, et al. Multipotential differentiation of human urine-derived stem cells: potential for therapeutic applications in urology. *Stem Cells Dayt Ohio.* sept 2013;31(9):1840-56.

219. Zhang Y, Atala A. Urothelial cell culture. *Methods Mol Biol Clifton NJ.* 2013;1037:27-43.

220. Lin AS, Carrier S, Morgan DM, Lue TF. Effect of simulated birth trauma on the urinary continence mechanism in the rat. *Urology.* juill 1998;52(1):143-51.

221. Zou XH, Zhi YL, Chen X, Jin HM, Wang LL, Jiang YZ, et al. Mesenchymal stem cell seeded knitted silk sling for the treatment of stress urinary incontinence. *Biomaterials*. juin 2010;31(18):4872-9.
222. Dissaranan C, Cruz MA, Kiedrowski MJ, Balog BM, Gill BC, Penn MS, et al. Rat mesenchymal stem cell secretome promotes elastogenesis and facilitates recovery from simulated childbirth injury. *Cell Transplant*. 2014;23(11):1395-406.
223. Cruz M, Dissaranan C, Cotleur A, Kiedrowski M, Penn M, Damaser M. Pelvic organ distribution of mesenchymal stem cells injected intravenously after simulated childbirth injury in female rats. *Obstet Gynecol Int*. 2012;2012:612946.
224. Lin G, Wang G, Banie L, Ning H, Shindel AW, Fandel TM, et al. Treatment of stress urinary incontinence with adipose tissue-derived stem cells. *Cytotherapy*. 2010;12(1):88-95.
225. Fu Q, Song X-F, Liao G-L, Deng C-L, Cui L. Myoblasts differentiated from adipose-derived stem cells to treat stress urinary incontinence. *Urology*. mars 2010;75(3):718-23.
226. Jack GS, Almeida FG, Zhang R, Alfonso ZC, Zuk PA, Rodríguez LV. Processed lipoaspirate cells for tissue engineering of the lower urinary tract: implications for the treatment of stress urinary incontinence and bladder reconstruction. *J Urol*. nov 2005;174(5):2041-5.
227. Chermansky CJ, Tarin T, Kwon D-D, Jankowski RJ, Cannon TW, de Groat WC, et al. Intraurethral muscle-derived cell injections increase leak point pressure in a rat model of intrinsic sphincter deficiency. *Urology*. avr 2004;63(4):780-5.

228. Lecoœur C, Swieb S, Zini L, Rivière C, Combrisson H, Gherardi R, et al. Intraurethral transfer of satellite cells by myofiber implants results in the formation of innervated myotubes exerting tonic contractions. *J Urol.* juill 2007;178(1):332-7.
229. Gotoh M, Yamamoto T, Kato M, Majima T, Toriyama K, Kamei Y, et al. Regenerative treatment of male stress urinary incontinence by periurethral injection of autologous adipose-derived regenerative cells: 1-year outcomes in 11 patients. *Int J Urol Off J Jpn Urol Assoc.* mars 2014;21(3):294-300.
230. Carr LK, Steele D, Steele S, Wagner D, Pruchnic R, Jankowski R, et al. 1-year follow-up of autologous muscle-derived stem cell injection pilot study to treat stress urinary incontinence. *Int Urogynecol J Pelvic Floor Dysfunct.* juin 2008;19(6):881-3.
231. Carr LK, Robert M, Kultgen PL, Herschorn S, Birch C, Murphy M, et al. Autologous muscle derived cell therapy for stress urinary incontinence: a prospective, dose ranging study. *J Urol.* févr 2013;189(2):595-601.
232. Hermieu J-F, Denys P, Fritel X. [Critical review of guidelines for female urinary incontinence diagnosis and treatment]. *Prog En Urol J Assoc Fr Urol Société Fr Urol.* oct 2012;22(11):636-43.
233. Fritel X, Fauconnier A, Bader G, Cosson M, Debodinance P, Deffieux X, et al. Diagnosis and management of adult female stress urinary incontinence: guidelines for clinical practice from the French College of Gynaecologists and Obstetricians. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol.* juill 2010;151(1):14-9.

234. Deffieux X, Billecocq S, Demoulin G, Rivain A-L, Trichot C, Thubert T. [Pelvic floor rehabilitation for female urinary incontinence: Mechanisms of action]. *Prog En Urol J Assoc Fr Urol Société Fr Urol*. juin 2013;23(8):491-501.
235. Dumoulin C, Peng Q, Stodkilde-Jorgensen H, Shishido K, Constantinou C. Changes in levator ani anatomical configuration following physiotherapy in women with stress urinary incontinence. *J Urol*. sept 2007;178(3 Pt 1):970-977; quiz 1129.
236. Dumoulin C, Hay-Smith EJC, Mac Habée-Séguin G. Pelvic floor muscle training versus no treatment, or inactive control treatments, for urinary incontinence in women. *Cochrane Database Syst Rev*. 2014;5:CD005654.
237. Dumoulin C, Hay-Smith J. Pelvic floor muscle training versus no treatment, or inactive control treatments, for urinary incontinence in women. *Cochrane Database Syst Rev*. 2010;(1):CD005654.
238. Dumoulin C, Hay-Smith J, Habée-Séguin GM, Mercier J. Pelvic floor muscle training versus no treatment, or inactive control treatments, for urinary incontinence in women: A short version Cochrane systematic review with meta-analysis. *Neurourol Urodyn*. 18 nov 2014;
239. Labrie J, Berghmans BLCM, Fischer K, Milani AL, van der Wijk I, Smalbraak DJC, et al. Surgery versus physiotherapy for stress urinary incontinence. *N Engl J Med*. 19 sept 2013;369(12):1124-33.
240. Herderschee R, Hay-Smith EJC, Herbison GP, Roovers JP, Heineman MJ. Feedback or biofeedback to augment pelvic floor muscle training for urinary incontinence in women. *Cochrane Database Syst Rev*. 2011;(7):CD009252.

241. Higgins JPT, Thompson SG, Deeks JJ, Altman DG. Measuring inconsistency in meta-analyses. *BMJ*. 6 sept 2003;327(7414):557-60.
242. Imamura M, Abrams P, Bain C, Buckley B, Cardozo L, Cody J, et al. Systematic review and economic modelling of the effectiveness and cost-effectiveness of non-surgical treatments for women with stress urinary incontinence. *Health Technol Assess Winch Engl*. août 2010;14(40):1-188, iii-iv.
243. Acunzo G, Guida M, Pellicano M, Tommaselli GA, Di Spiezio Sardo A, Bifulco G, et al. Effectiveness of auto-cross-linked hyaluronic acid gel in the prevention of intrauterine adhesions after hysteroscopic adhesiolysis: a prospective, randomized, controlled study. *Hum Reprod Oxf Engl*. sept 2003;18(9):1918-21.
244. Baker J, Costa D, Guarino JM, Nygaard I. Comparison of mindfulness-based stress reduction versus yoga on urinary urge incontinence: a randomized pilot study. with 6-month and 1-year follow-up visits. *Female Pelvic Med Reconstr Surg*. juin 2014;20(3):141-6.
245. Fritel X, Lachal L, Cassou B, Fauconnier A, Dargent-Molina P. Mobility impairment is associated with urge but not stress urinary incontinence in community-dwelling older women: results from the Ossébo study. *BJOG Int J Obstet Gynaecol*. nov 2013;120(12):1566-72.
246. Morrisroe SN, Rodriguez LV, Wang P-C, Smith AL, Trejo L, Sarkisian CA. Correlates of 1-year incidence of urinary incontinence in older Latino adults enrolled in a community-based physical activity trial. *J Am Geriatr Soc*. avr 2014;62(4):740-6.

247. Elliott V, de Bruin ED, Dumoulin C. Virtual reality rehabilitation as a treatment approach for older women with mixed urinary incontinence: a feasibility study. *Neurourol Urodyn*. 10 janv 2014;
248. Stalberg E. Propagation velocity in human muscle fibers in situ. *Acta Physiol Scand Suppl*. 1966;287:1-112.
249. Hakansson CH. Conduction velocity and amplitude of the action potential as related to circumference in the isolated fibre of frog muscle. *Acta Physiol Scand*. 17 juill 1956;37(1):14-34.
250. Pedersen E. Electromyography of the sphincter muscles. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol Suppl*. 1978;(34):405-16.
251. Jost WH, Ecker KW, Schimrigk K. Surface versus needle electrodes in determination of motor conduction time to the external anal sphincter. *Int J Colorectal Dis*. 1994;9(4):197-9.
252. Deffieux X, Hubeaux K, Porcher R, Ismael SS, Raibaut P, Amarenco G. Abnormal pelvic response to cough in women with stress urinary incontinence. *Neurourol Urodyn*. 2008;27(4):291-6.
253. Lose G, Tanko A, Colstrup H, Andersen JT. Urethral sphincter electromyography with vaginal surface electrodes: a comparison with sphincter electromyography recorded via periurethral coaxial, anal sphincter needle and perianal surface electrodes. *J Urol*. mai 1985;133(5):815-8.
254. Chantraine A. [Electromyography of the human striated urethral and anal sphincters. Descriptive and analytical study]. *Rev Neurol (Paris)*. sept

1966;115(3):396-403.

255. Podnar S. Pneumothorax after needle electromyography of the diaphragm: a case report. *Neurol Sci Off J Ital Neurol Soc Ital Soc Clin Neurophysiol.* juill 2013;34(7):1243-5.

256. Amirjani N, Hudson AL, Butler JE, Gandevia SC. An algorithm for the safety of costal diaphragm electromyography derived from ultrasound. *Muscle Nerve.* déc 2012;46(6):856-60.

257. Iscoe S, Grélot L. Regional intercostal activity during coughing and vomiting in decerebrate cats. *Can J Physiol Pharmacol.* août 1992;70(8):1195-9.

258. McCarthy LE, Borison HL. Respiratory mechanics of vomiting in decerebrate cats. *Am J Physiol.* mars 1974;226(3):738-43.

259. Tombaugh TN. A comprehensive review of the Paced Auditory Serial Addition Test (PASAT). *Arch Clin Neuropsychol Off J Natl Acad Neuropsychol.* janv 2006;21(1):53-76.

260. Thubert T, Deffieux X, Jousse M, Guinet-Lacoste A, Ismael SS, Amarenco G. Influence of a distraction task on pelvic floor muscle contraction. *Neurourol Urodyn.* 12 févr 2014;

261. Klovning A, Avery K, Sandvik H, Hunskaar S. Comparison of two questionnaires for assessing the severity of urinary incontinence: The ICIQ-UI SF versus the incontinence severity index. *Neurourol Urodyn.* 2009;28(5):411-5.

262. Horton AM Jr, Alana S. Validation of the Mini-Mental State Examination. *Int J*

Neurosci. août 1990;53(2-4):209-12.

263. Jorge JM, Wexner SD. Etiology and management of fecal incontinence. *Dis Colon Rectum*. janv 1993;36(1):77-97.

264. Thubert T, Villot A, Billecocq S, Auclair L, Amarenco G, Deffieux X. Influence of a distraction task on the involuntary reflex contraction of the pelvic floor muscles following cough. *Neurourol Urodyn*. 9 oct 2015;

265. Villot A, Deffieux X, Billecocq S, Auclair L, Amarenco G, Thubert T. Influence of cognitive rehabilitation on pelvic floor muscle contraction: A randomized controlled trial. *Neurourol Urodyn*. 29 oct 2016;

266. DeLancey JO. Structural support of the urethra as it relates to stress urinary incontinence: the hammock hypothesis. *Am J Obstet Gynecol*. juin 1994;170(6):1713-1720-1723.

267. Bø K, Sherburn M. Evaluation of female pelvic-floor muscle function and strength. *Phys Ther*. mars 2005;85(3):269-82.

268. Madill SJ, McLean L. Relationship between abdominal and pelvic floor muscle activation and intravaginal pressure during pelvic floor muscle contractions in healthy continent women. *Neurourol Urodyn*. 2006;25(7):722-30.

269. Madill SJ, McLean L. Intravaginal pressure generated during voluntary pelvic floor muscle contractions and during coughing: the effect of age and continence status. *Neurourol Urodyn*. mars 2010;29(3):437-42.

270. Trowbridge ER, Wei JT, Fenner DE, Ashton-Miller JA, Delancey JOL. Effects of aging on lower urinary tract and pelvic floor function in nulliparous women.

Obstet Gynecol. mars 2007;109(3):715-20.

271. Weemhoff M, Shek KL, Dietz HP. Effects of age on levator function and morphometry of the levator hiatus in women with pelvic floor disorders. *Int Urogynecology J.* sept 2010;21(9):1137-42.

272. Hiraga CY, Garry MI, Carson RG, Summers JJ. Dual-task interference: Attentional and neurophysiological influences. *Behav Brain Res.* déc 2009;205(1):10-8.

273. Smith MD, Coppieters MW, Hodges PW. Postural response of the pelvic floor and abdominal muscles in women with and without incontinence. *Neurourol Urodyn.* mai 2007;26(3):377-85.

274. Deffieux X, Hubeaux K, Porcher R, Ismael SS, Raibaut P, Amarenco G. Pelvic floor muscle activity during coughing: altered pattern in women with stress urinary incontinence. *Urology.* sept 2007;70(3):443-447-448.

275. Terkelsen AJ, Andersen OK, Mølgaard H, Hansen J, Jensen TS. Mental stress inhibits pain perception and heart rate variability but not a nociceptive withdrawal reflex. *Acta Physiol Scand.* avr 2004;180(4):405-14.

276. Accarino AM, Azpiroz F, Malagelada JR. Attention and distraction: effects on gut perception. *Gastroenterology.* août 1997;113(2):415-22.

277. Jousse M, Verollet D, Guinet-Lacoste A, Le Breton F, Auclair L, Sheikh Ismael S, et al. Need to void and attentional process interrelationships: Need to void and attention. *BJU Int.* août 2013;112(4):E351-7.

278. Accarino AM, Azpiroz F, Malagelada JR. Attention and distraction: effects on gut perception. *Gastroenterology*. août 1997;113(2):415-22.
279. Tuk MA, Trampe D, Warlop L. Inhibitory Spillover: Increased Urination Urgency Facilitates Impulse Control in Unrelated Domains. *Psychol Sci*. 1 mai 2011;22(5):627-33.
280. Elliott V, de Bruin ED, Dumoulin C. Virtual reality rehabilitation as a treatment approach for older women with mixed urinary incontinence: a feasibility study. *Neurourol Urodyn* [Internet]. 2014 [cité 18 nov 2014]; Disponible sur: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/nau.22553/full>
281. Madill SJ, Pontbriand-Drolet S, Tang A, Dumoulin C. Effects of PFM rehabilitation on PFM function and morphology in older women. *Neurourol Urodyn*. nov 2013;32(8):1086-95.
282. Harvey J, Finney S, Stewart L, Gillespie J. The relationship between cognition and sensation in determining when and where to void: the concept of cognitive voiding. *BJU Int*. déc 2012;110(11):1756-61.
283. Gillespie JI. What determines when you go to the toilet? The concept of cognitive voiding. *BJOG Int J Obstet Gynaecol*. janv 2013;120(2):133-6.
284. Bø K. Pelvic floor muscle training is effective in treatment of female stress urinary incontinence, but how does it work? *Int Urogynecol J Pelvic Floor Dysfunct*. avr 2004;15(2):76-84.
285. Smith MD, Coppieters MW, Hodges PW. Is balance different in women with and without stress urinary incontinence? *Neurourol Urodyn*. 2008;27(1):71-8.

286. Madill SJ, Harvey M-A, McLean L. Women with stress urinary incontinence demonstrate motor control differences during coughing. *J Electromyogr Kinesiol Off J Int Soc Electrophysiol Kinesiol.* oct 2010;20(5):804-12.
287. Fraser SA, Elliott V, de Bruin ED, Bherer L, Dumoulin C. The Effects of Combining Videogame Dancing and Pelvic Floor Training to Improve Dual-Task Gait and Cognition in Women with Mixed-Urinary Incontinence. *Games Health J.* juin 2014;3(3):172-8.
288. Li KZH, Roudaia E, Lussier M, Bherer L, Leroux A, McKinley PA. Benefits of cognitive dual-task training on balance performance in healthy older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* déc 2010;65(12):1344-52.
289. Wollesen B, Voelcker-Rehage C, Willer J, Zech A, Mattes K. Feasibility study of dual-task-managing training to improve gait performance of older adults. *Aging Clin Exp Res.* août 2015;27(4):447-55.
290. Sapsford RR, Richardson CA, Maher CF, Hodges PW. Pelvic floor muscle activity in different sitting postures in continent and incontinent women. *Arch Phys Med Rehabil.* sept 2008;89(9):1741-7.
291. Sapsford RR, Hodges PW, Richardson CA, Cooper DH, Markwell SJ, Jull GA. Co-activation of the abdominal and pelvic floor muscles during voluntary exercises. *Neurourol Urodyn.* 2001;20(1):31-42.
292. Capson AC, Nashed J, Mclean L. The role of lumbopelvic posture in pelvic floor muscle activation in continent women. *J Electromyogr Kinesiol Off J Int Soc Electrophysiol Kinesiol.* févr 2011;21(1):166-77.

## X- Annexes

### Annexe 1 : fiches d'informations et consentements des protocoles expérimentaux 1 et 2

Fiches d'information et de consentement pour une personne participant à une recherche biomédicale

#### **EFFET D'UNE EPREUVE DE CHARGE COGNITIVE SUR LA CONTINENCE URINAIRE**

Les pages de ce document doivent être numérotées (1/nombre total de pages), paraphées par le médecin investigateur et la personne donnant son consentement; la dernière page doit être datée et signée par ces deux mêmes personnes

Le docteur ....., médecin investigateur m'a proposé de participer à la recherche biomédicale intitulée " Effet d'une charge cognitive sur les réflexes périnéaux". Le médecin m'a précisé que j'étais libre d'accepter ou de refuser de participer à cette recherche.

Afin d'éclairer ma décision, j'ai reçu et bien compris les informations suivantes:

#### **Médecins investigateurs:**

Professeur Gérard Amarenco (PU-PH), Docteur Xavier Deffieux (MCU-PH) et Docteur Thibault THUBERT (IHP)

Service de rééducation Neurologique et d'exploration périnéale. Hôpital Tenon, 4 rue de la Chine, 75020 Paris. Tel: 01.56.01.75.00

Vous pouvez contacter ces médecins pour toute information.

#### **Objectifs de l'étude**

Vous avez accepté de participer à une étude concernant la continence. Notre équipe de recherche s'intéresse au fonctionnement des muscles du périnée, et en particulier du muscle de l'anus, lors d'épreuve de détournement cognitif. Nous pensons que la perception de phénomènes environnementaux peut avoir un impact sur la contraction des muscles du périnée. Le but de l'étude est de déterminer l'influence de des tâches conditionnantes sur les mécanismes neuromusculaires impliqués lors de la miction mais aussi l'impact de ces tâches sur la continence urinaire à l'effort. L'objectif ultime est d'améliorer les indications et les modalités de la rééducation pour les femmes souffrant d'une incontinence.

#### **Méthodes et procédures de l'étude**

Cette étude se déroulera comme suit :

1. Vous aurez un entretien avec un médecin gynécologue qui vous expliquera l'étude, et vous fera remplir un questionnaire concernant d'éventuels symptômes urinaires ou digestifs. Un examen des urines sera réalisé afin de vérifier l'absence d'infection. A l'issue de cet entretien, si vous ne présentez pas de contre indication, l'étude pourra commencer.
2. Après vous être déshabillée, vous serez invitée à vous installer en position gynécologique sur une table d'examen. Le médecin gynécologue et l'infirmière vous expliqueront à nouveau le déroulement de l'étude.
3. Un examen médical sera pratiqué.
4. Quatre électrodes autocollantes seront collées sur la peau : deux sur le périnée autour de l'anus une au niveau du thorax et une au niveau de la face interne du poignet. Les électrodes situées autour de l'anus et au niveau du thorax sont complètement indolores et n'envoient aucun courant. Elles enregistrent simplement l'activité des muscles situés en dessous. L'électrode située sur la face interne du poignet émet une impulsion correspondant à l'ordre de contraction périnéale ou l'ordre de toux
5. Une petite sonde (2 mm de diamètre) sera introduite dans la vessie. L'introduction est très brève, et le passage de la sonde un peu sensible.
6. Ensuite, le médecin vous demandera de réaliser des efforts de toux, de contraction périnéale.
7. Une fois les mesures terminées, on retirera les électrodes et la sonde.

#### **Contraintes, durée du protocole, inconvénients et risques**

Pour participer à ce protocole, vous devez obligatoirement être affiliée à un régime d'assurance maladie.

La durée totale de votre participation prolongera l'examen pour lequel vous êtes venue de 15 minutes. L'introduction de la sonde dans la vessie représente le seul réel désagrément de cette étude. Ce geste est toutefois très bref, et très bien toléré sans douleur par la très grande majorité des femmes. Il est possible, même si ce risque est très faible, que vous présentiez des signes d'irritation urinaire après l'examen. Ces signes disparaissent spontanément en quelques heures ou quelques jours. En cas de signes d'infection urinaire (brûlures lors des mictions, douleurs abdominales, besoin fréquent d'uriner, fièvre) il faudra consulter un médecin, si possible au niveau de l'Hôpital Tenon dans le service où l'examen a eu lieu.

Cette recherche a reçu l'avis favorable du Comité Consultatif de Protection des Personnes participant à une Recherche Biomédicale de \_\_\_\_\_ le \_\_\_\_\_.

Elle ne présente pas en soi de bénéfice individuel direct pour les personnes qui y participent et de ce fait j'accepte d'être inscrit sur le fichier national des personnes qui se prêtent à des recherches sans bénéfice individuel direct.

J'ai la possibilité de vérifier auprès du titulaire de l'autorisation de lieu de recherches ou du ministre chargé de la santé, de l'exactitude des données me concernant présentes dans ce fichier et de la destruction de ces données au terme du délai prévu à l'article R. 2045 du code de la santé publique.

Je ne pourrai pas participer à une autre recherche sans bénéfice individuel direct pendant une durée de 2 mois. Avant de participer à cette recherche j'ai bénéficié d'un examen médical dont les résultats m'ont été communiqués. J'ai bien noté que pour pouvoir participer à cette recherche je dois être affiliée à ou bénéficier d'un régime de sécurité sociale. Je confirme que c'est bien le cas.

Le fichier informatique utilisé pour la recherche a fait l'objet d'une autorisation auprès de la Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés en application des articles 40-1 et suivants de la loi " informatique et libertés ".

J'accepte que les données médicales me concernant ainsi que celles relatives à mes habitudes de vie recueillies à l'occasion de cette recherche puissent faire l'objet d'un traitement informatisé par les organisateurs de la recherche. Les données recueillies demeureront strictement confidentielles. Elles ne pourront être consultées que par l'équipe médicale, les personnes dûment mandatées par le promoteur de la recherche et éventuellement par des représentants des autorités sanitaires et judiciaires habilités.

Le droit d'accès et de rectification prévu par la loi " Informatique et Liberté " s'exerce à tout moment auprès des

responsables de l'étude. Pour toutes les informations de nature médicale, j'exercerai ce droit directement ou par l'intermédiaire d'un médecin de mon choix, le Dr.....(article 40 de la loi 78.17 du 6 janvier 1978 et art. L.1111-7 du Code de la Santé Publique).

Après en avoir discuté et avoir obtenu réponse à toutes mes questions, j'accepte librement et volontairement de participer à la recherche décrite ci-dessus. Je suis parfaitement consciente que je peux retirer à tout moment mon consentement à ma participation à cette recherche et cela quelles que soient mes raisons et sans supporter aucune responsabilité. Le fait de ne plus participer à cette recherche ne portera pas atteinte à mes relations avec le médecin investigateur.

Je peux à tout moment demander toute information complémentaire au Dr THUBERT (01.50.01.75.00). Si je le

souhaite, à son terme, je serai informée par l'investigateur qui recueille mon consentement des résultats globaux

de cette recherche.

Mon consentement ne décharge en rien l'investigateur et le promoteur de l'ensemble de leurs responsabilités et

je conserve tous mes droits garantis par la loi.

L'investigateur :

Fait à \_\_\_\_\_, le :

Personne donnant le consentement :

Fait à \_\_\_\_\_, le :

Nom, prénom :

Signature

Nom, prénom :

Signature

## **Annexe 2 : Fiche d'information et consentement du protocole expérimental 3**

Formulaire d'information pour une personne participant à une recherche biomédicale

### **INFLUENCE D'UNE REEDUCATION COGNITIVE SUR LES MECANISMES PHYSIOLOGIQUES DE LA CONTINENCE URINAIRE**

#### **Promoteur de l'étude**

Groupe de Recherche clinique En Neurourologie (GREEN), UPMC GRC 01  
Hôpital Tenon, 4 rue de la Chine, 75020 Paris  
Directeur de laboratoire : Professeur Gérard Amarenco (PU-PH)

#### **Médecins investigateurs:**

Docteur Thibault THUBERT (CCA-AHU) et Professeur Xavier Deffieux (PU-PH)  
Service de gynécologie obstétrique et biologie de la reproduction. Hôpital Antoine Béclère. 92140 Clamart.  
Téléphone : 01 45 37 44 69  
Fax : 01 45 37 49 63  
Vous pouvez contacter ces médecins pour toute information.

#### **Objectifs de l'étude**

Vous avez accepté de participer à une étude concernant la physiologie de la continence urinaire. Notre équipe de recherche s'intéresse à l'impact d'une rééducation cognitive dans les mécanismes neuromusculaires impliqués dans la continence urinaire. Nous savons qu'un détournement de l'attention provoque une altération du déroulement des mécanismes impliqués dans la continence urinaire. Le but de l'étude est de déterminer si une rééducation cognitive permettrait d'inhiber l'impact d'un détournement attentionnel sur les mécanismes neuromusculaires impliqués dans la continence urinaire.

#### **Méthodes et procédures de l'étude**

Cette étude comportera plusieurs étapes :

A/Une visite d'évaluation durera 45 minutes et se déroulera ainsi :

1. Vous aurez un entretien avec un médecin qui vous expliquera l'étude, et vous fera remplir un questionnaire concernant d'éventuels symptômes urinaires, digestifs et cognitifs. A l'issue de cet entretien, si vous ne présentez pas de contre-indication, l'étude pourra commencer.
2. Après vous avoir montré un schéma explicatif, vous serez invité à coller vous-même deux électrodes de surface de part et d'autre de votre anus. Dans un second temps, vous vous installerez sur un siège pour la durée de l'évaluation.
4. 3 électrodes autocollantes supplémentaires seront collées sur la peau : deux au niveau du thorax et une au niveau de la face interne du poignet.  
Les électrodes sont complètement indolores et n'envoient aucun courant. Elles enregistrent simplement l'activité des muscles situés en dessous.
6. Ensuite, le médecin vous demandera de réaliser des efforts de toux et de contraction périnéale, dans le même temps ou vous réalisez des épreuves de "charges cognitives" (calcul mental). Le principe est de réaliser une double tâche. Différentes mesures seront réalisées au cours de ces exercices.
7. Une fois les mesures terminées, les électrodes seront retirées.

B/Vous serez alors répartie de manière aléatoire dans un des deux groupes ci-dessous

1. Le premier groupe bénéficiera d'une rééducation cognitive.
2. Le deuxième groupe ne bénéficiera pas de rééducation cognitive.

C/Si vous êtes affectée au groupe rééducation cognitive

Vous réaliserez une rééducation cognitive deux fois par jour pendant 15 jours. Une tablette numérique contenant le protocole de rééducation vous sera fournie. Chaque séance de rééducation cognitive durera 3 minutes. Vous devrez en synergie effectuer des tests attentionnels (test de n-back) et contracter le périnée lors d'ordres de contraction apparaissant sur l'écran (10 stimulus auditifs aléatoires sur 3 minutes). La difficulté des tests attentionnels sera progressivement augmentée tous les 4 jours. Les modalités du test N-back sont les suivantes : vous visualisez une série aléatoire de lettres. Le premier niveau de difficulté consiste à cliquer sur le bouton dédié lorsque vous visualisez deux fois la même lettre. Le deuxième niveau de difficulté consiste à cliquer sur le bouton dédié lorsque vous visualisez à trois reprises la même lettre et ainsi de suite...Une note explicative apparaîtra sur l'écran au lancement de l'application numérique. Les données seront enregistrées sur l'application numérique.

Une nouvelle évaluation au cours d'une visite se déroulant de la même manière que la visite d'inclusion sera réalisée au décours de la rééducation

D/ En l'absence de rééducation cognitive

Une nouvelle évaluation selon les mêmes modalités que la première sera réalisée quinze jours plus tard.

#### **Contraintes, durée du protocole, inconvénients et risques**

Vous n'encourez aucun risque en cas de participation à ce projet de recherche.

En acceptant de participer à ce protocole de recherche, vous acceptez de réaliser avec assiduité des séances de rééducation de 3 minutes deux fois par jour pendant 15 jours en cas d'inclusion dans le groupe rééducation cognitive.

Deux évaluations d'environ une heure seront effectuées à l'inclusion et à la fin du protocole.

Formulaire de consentement pour une personne participant à une recherche biomédicale

Le docteur ....., médecin investigateur m'a proposé de participer à la recherche biomédicale intitulée " influence d'une rééducation cognitive sur les mécanismes physiologiques de la continence urinaire ". Le médecin m'a précisé que j'étais libre d'accepter ou de refuser de participer à cette recherche.

Afin d'éclairer ma décision, j'ai reçu et bien compris les informations détaillées dans la fiche d'information.

Ce projet a reçu l'avis favorable du Comité de Protection des Personnes participant à une recherche biomédicale Ile de France III le .....(numéro CPP :..... ).

J'ai la possibilité de vérifier auprès du titulaire de l'autorisation de lieu de recherches ou du ministre chargé de la santé, de l'exactitude des données me concernant présentes dans ce fichier et de la destruction de ces données au terme du délai prévu à l'article R. 2045 du code de la santé publique. J'ai bien noté que pour pouvoir participer à cette recherche je dois être affiliée à ou bénéficier d'un régime de sécurité sociale. Je confirme que c'est bien le cas.

Le fichier informatique utilisé pour la recherche a fait l'objet d'une autorisation auprès de la Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés en application des articles 40-1 et suivants de la loi " informatique et libertés ". J'accepte que les données médicales me concernant ainsi que celles relatives à mes habitudes de vie recueillies à l'occasion de cette recherche puissent faire l'objet d'un traitement informatisé par les organisateurs de la recherche. Les données recueillies demeureront strictement confidentielles. Elles ne pourront être consultées que par l'équipe médicale, les personnes dûment mandatées par le promoteur de la recherche et éventuellement par des représentants des autorités sanitaires et judiciaires habilités. Le droit d'accès et de rectification prévu par la loi " Informatique et Liberté " s'exerce à tout moment auprès des responsables de l'étude. Pour toutes les informations de nature médicale, j'exercerai ce droit directement ou par l'intermédiaire d'un médecin de mon choix, le Dr.....(article 40 de la loi 78.17 du 6 janvier 1978 et art. L.1111-7 du Code de la Santé Publique).

Après en avoir discuté et avoir obtenu réponse à toutes mes questions, j'accepte librement et volontairement de participer à la recherche décrite ci-dessus. Je suis parfaitement consciente que je peux retirer à tout moment mon consentement à ma participation à cette recherche et cela quelles que soient mes raisons et sans supporter aucune responsabilité. Le fait de ne plus participer à cette recherche ne portera pas atteinte à mes relations avec le médecin investigateur.

Je peux à tout moment demander toute information complémentaire au Dr ..... (01.45.37.44.69). Si je le souhaite, à son terme, je serai informée par l'investigateur qui recueille mon consentement des résultats globaux de cette recherche. Mon consentement ne décharge en rien l'investigateur et le promoteur de l'ensemble de leurs responsabilités et je conserve tous mes droits garantis par la loi.

Le promoteur (GREEN) a souscrit un contrat d'Assurance spécifique (contrat numéro 0100534514058-150115-10005) garantissant sa responsabilité civile et celle de tout intervenant auprès de la société Biomedicinsure dont le siège social est situé au 12 rue de Kerogan, CS 44012, 29335 Quimper.

L'investigateur :

Personne donnant le consentement :

Fait à , le :

Fait à , le :

Nom, prénom :

Nom, prénom :

Signature

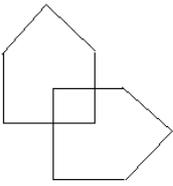
Signature

Ce document est à réaliser en deux exemplaires, dont l'original doit être conservé pendant 15 ans par le promoteur et le second remis au volontaire se prêtant à la recherche.

### Annexe 3 : Questionnaire MMS (Questionnaire Mini Mental Status)

	Réponses
<b>1. orientation dans le temps</b>	
"En quelle année sommes-nous?"	Correcte ou Incorrecte
"En quel mois sommes-nous?"	Correcte ou Incorrecte
"Quel jour du mois sommes-nous?"	Correcte ou Incorrecte
"Quel jour de la semaine sommes-nous?"	Correcte ou Incorrecte
"En quelle saison sommes-nous?"	Correcte ou Incorrecte
<b>1 bis. orientation dans l'espace</b>	
"Dans quel pays sommes-nous?"	Correcte ou Incorrecte
"Dans quelle région (ou département) sommes-nous?"	Correcte ou Incorrecte
"Dans quelle ville sommes-nous?"	Correcte ou Incorrecte
"Dans quelle lieu (appartement, maison, hôpital...) sommes-nous?"	Correcte ou Incorrecte
"A quel étage sommes-nous?"	Correcte ou Incorrecte
<b>2. Apprentissage</b>	
demander au sujet de répéter trois mots (ex: citron, clé, ballon) noter le nombre de mots obtenus au <b>premier essai</b> puis faire répéter les trois mots jusqu'à ce que le sujet les retienne	nombre de mots répétés au 1er essai:  0  1  2  3
<b>3. Attention et calcul</b>	
demander au sujet de soustraire 7 de 100, puis à nouveau 7 du résultat obtenu, etc...	nombre de bons résultats obtenus  0  1  2

	<p>3</p> <p>4</p> <p>5</p>
demander au sujet d'épeler le mot "MONDE" à l'envers (nb: conformément aux prescriptions d'analyse du test, l'ordinateur ne retiendra que le meilleur score obtenu, entre cette question et la précédente)	<p>nombre de lettres épelées successivement dans le bon ordre:</p> <p>0</p> <p>1</p> <p>2</p> <p>3</p> <p>4</p> <p>5</p>
<b>4. Rétention mnésique</b>	
"Répétez les trois mots que je vous avais dits tout à l'heure"	<p>nombre de mots obtenus:</p> <p>0</p> <p>1</p> <p>2</p> <p>3</p>
<b>5. Langage</b>	
Montrer deux objets au sujet, et lui demander de les nommer.	<p>nombre de mots obtenus:</p> <p>0</p> <p>1</p> <p>2</p>
Demander au sujet de répéter la phrase suivante: "pas de MAIS, de SI, ni de ET"	Correcte ou Incorrecte

<p>obéir à un ordre en trois temps: "prenez mon papier de la main gauche, pliez-le en deux, jetez le par terre"(nb: demander au sujet droitier de prendre de la main gauche et vice-versa. Posez la feuille à portée de la main, ne pas la tendre à la main, éviter les indices non verbaux)</p>	<p>nombre de conduites exécutées:</p> <p>0</p> <p>1</p> <p>2</p> <p>3</p>
<p>lire et faire: montrer au sujet une feuille sur laquelle est écrit l'ordre "FERMEZ LES YEUX". Demander au sujet d'exécuter ce qui est écrit sur la feuille</p>	<p>exécution de l'ordre</p> <p>oui</p> <p>non</p>
<p>demander au sujet d'écrire une phrase (nb: une phrase comprend au minimum un sujet, un verbe, un complément)</p>	<p>phrase correcte</p> <p>phrase incorrecte ou pas de phrase</p>
<b>6. Praxies constructives</b>	
<p>demander au sujet de copier le dessin ci-dessous</p> 	<p>dessin correct</p> <p>dessin incorrect ou pas de dessin</p>

#### Annexe 4 : Score de Wexner et Jorge (score d'incontinence anale)

Nature	Fréquence				
	0	<1 fois/mois	>1 fois/mois	>1 fois/semaine	> 1 fois/jour
Selles solides	0	1	2	3	4
Selles liquides	0	1	2	3	4
Gaz	0	1	2	3	4
Port de protection	0	1	2	3	4
Altération de la qualité de vie	0	1	2	3	4

## Annexe 5 : Questionnaire UDI-6 (Urogenital Distress inventory Short Form)

Avez-vous éprouvé, et en ce cas en quelle proportion:

Question 1: De fréquents besoins d'uriner

[0] Pas du tout

[1] Très légèrement

[2] Moyennement

[3] Beaucoup

Question 2 : Des fuites d'urines précédées d'un besoin urgent d'uriner?

[0] Pas du tout

[1] Très légèrement

[2] Moyennement

[3] Beaucoup

Question 3: Des fuites d'urine à l'effort, lors d'une activité physique, de la toux, de l'éternuement?

[0] Pas du tout

[1] Très légèrement

[2] Moyennement

[3] Beaucoup

Question 4: Des petites fuites urinaires en goutte

[0] Pas du tout

[1] Très légèrement

[2] Moyennement

[3] Beaucoup

Question 5: Des difficultés à vider votre vessie?

[0] Pas du tout

[1] Très légèrement

[2] Moyennement

[3] Beaucoup

Question 6: Des douleurs ou une sensation d'inconfort pelvien ou périnéal?

[0] Pas du tout

[1] Très légèrement

[2] Moyennement

[3] Beaucoup

## Influence of a Distraction Task on Pelvic Floor Muscle Contraction

Thibault Thubert,<sup>1,2,3a\*</sup> Xavier Deffieux,<sup>2,3b</sup> Marylène Jousse,<sup>1,2a</sup> Amandine Guinet-Lacoste,<sup>1,2a</sup> Samer Sheik Ismael,<sup>1,2a</sup> and Gérard Amarenco<sup>1,2b</sup>

<sup>1</sup>Neuro-Urology Department, Tenon Hospital, Assistance Publique des Hôpitaux de Paris, Paris, France

<sup>2</sup>GMC-UPMC 01, GREEN, Group of Clinical Research in Neuro-Urology, University Pierre and Marie Curie, Paris, France

<sup>3</sup>Service de gynécologie obstétrique et biologie de la reproduction, APHP, Hôpital Antoine Bécère, Clamart, France

**Aims:** Attention may play a key role in the contraction of pelvic floor muscles in stressful situations, meaning that mental distraction may be involved in urinary incontinence. **Methods:** Informed consent was obtained from 20 healthy volunteers. The electromyographic (EMG) activity of the external anal sphincter (EAS) was recorded during voluntary contraction elicited by local stimulation. The trials were carried out twice: combined (or not) with a mental distraction task (PASAT), Paced auditory serial additional test. Reaction time, latency between the stimulus and maximum EAS EMG activity, duration of the contraction, maximum EAS EMG activity, and the area under the EAS EMG activity curve were measured. **Results:** The mental distraction task led to a 3.98 times greater reaction time (RT), ( $P=0.00001$  Wilcoxon's test). The RT increased from 217 (IQR: 170–270) to 779 msec (IQR: 550–1,025,  $P<0.0001$ ) when the EAS contraction was combined with PASAT. However, the maximum EAS EMG activity was weaker during PASAT than in the absence of a mental distraction task: 0.0850 mv versus 0.0701 mv, that is, 1.21 times weaker ( $P=0.00077$ , Wilcoxon's test). Finally, when the two conditions (respectively with and without the mental distraction task) were compared, no significant difference was found in the area under the EAS EMG activity curve (0.0157 mv sec vs. 0.0162 mv sec, ratio 1.01,  $P=0.52$ ). **Conclusions:** The mental distraction task altered voluntary contraction of the pelvic floor muscles. *Neurorol. Urodynam.* 34:139–143, 2015.

© 2014 Wiley Periodicals, Inc.

**Key words:** attention; mental distraction task; PASAT; pelvic floor muscles; reaction time; rehabilitation; urinary continence

### INTRODUCTION

Normal continence is maintained by the complex integration of pelvic, spinal, and supraspinal factors. The pelvic floor muscles (PFM), bladder neck, urethral sphincter, and its supportive layers are essential for the maintenance of urinary continence. PFM contraction is a major factor in urinary continence, since it increases urethral pressure during stress, thus making it possible to maintain a positive urethral-bladder pressure gradient.<sup>1</sup> Until now, research into PFM function focused on their strength, endurance, reflex activity, and co-contraction with abdominal muscles, but never on the timing needed to contract them voluntarily, or on the influence of mental distraction on this reaction time (RT).<sup>2–4</sup> Very few studies have investigated the role of the supraspinal mechanism, in particular that of attentional and cognitive phenomena, in PFM modulation. The influence of a distraction task on voluntary muscle contraction has already been studied in literature dealing with self-regulation or stress and workplace ergonomics.<sup>5–8</sup> In the case of muscles such as the trapezius muscle, the forearm muscles, or the dorsi-flexion muscles of the feet, mental distraction tasks lead to a modification of EMG activity and a longer RT.<sup>5–8</sup> In the present study, it was postulated that attention is likely to play a key role in the contraction of the voluntary pelvic floor muscles in stress situations, and that mental distraction could thus be involved in urinary incontinence. This postulate was tested by measuring the influence of a mental distraction task on PFM contraction.

© 2014 Wiley Periodicals, Inc.

### MATERIALS AND METHODS

#### Ethics (Institutional Review Board)

All of the volunteers were informed of the purpose and progress of the trial. They gave their informed consent, and ethical approval was obtained. The ethical review committee (CPP Paris XI, France) examined the research entitled "Effect of cognitive depletion on the neuromuscular continence mechanisms." This research was considered to comply with the generally accepted scientific principles and ethical standards of medical research, and to comply with the laws and regulations of the country in which the research trials were performed (Approval number: ID-RCB: 2011-A01690-41).

Heinz Koelbl led the peer-review process as the Associate Editor responsible for the paper.

Conflict of interest: none.

\*Medical Doctor.

<sup>b</sup>Doctorate of Medicine and Philosophy.

\*Correspondence to: Thibault Thubert, M.D., M.S., Service de Neuro urologie

Hôpital Tenon 4 rue de la chine, Paris 75020, France.

E-mail: thibault.thubert@gmail.com

Received 5 August 2013; Accepted 21 October 2013

Published online 12 February 2014 in Wiley Online Library

(wileyonlinelibrary.com).

DOI 10.1002/nau.22524

### Subjects

The study group consisted in 20 healthy female volunteers (mean age  $21.75 \pm 7.25$  years). These volunteers were recruited in the medical department of the authors' hospital. Healthy volunteers were defined as follows: nulliparous, asymptomatic in terms of their urinary function (UDI-6 questionnaire), bowel function (Wexner questionnaire), no diabetes, no neurological disease, no pregnancy, no problems in understanding the language used during the trials, no cognitive depletion or dementia (Mini Mental Status questionnaire (MMS)). The patients' characteristics are provided in Table I. These healthy women were required to answer a questionnaire, which included their medical history, age, weight, height, and date of their most recent menstruation. They also performed an MMS test to evaluate their cognitive ability. The subjects voided prior to the start of the trial.

### Maneuvers

After voiding, the women were seated on a chair which provided arm support. They were then asked to contract their anal sphincter when they felt a mechanical stimulus on their left arm. Of all of the women underwent the trial twice, and the second trial was combined with a mental distraction task. Under each of these two conditions, the protocol was repeated six times. The latency between the stimulus and the onset of the external anal sphincter (EAS) EMG was measured, during each voluntary EAS contraction. This quantity corresponds to the reaction time. The mean reaction time was calculated for each patient, under each of the two trial conditions. Other parameters, such as the latency between the stimulus and the maximum EAS EMG activity, the maximum EAS EMG activity, and the area under the EAS EMG activity curve, were also measured.

### Distraction Task

During the trials, the volunteers were required to complete a paced auditory serial addition test (PASAT). The PASAT, which was developed to assess the influence of traumatic brain injury on cognitive functioning, requires the successful completion of a variety of cognitive functions, primarily those related to attention.<sup>9</sup> In the present study, the PASAT mental distraction task was chosen because of its weak learning effect, thus allowing it to be used repeatedly, and because it is specifically adapted to the analysis of attention-related cognitive functions.

### Stimulus

The stimulus was delivered by means of an electronic hammer, allowing a gentle mechanical shock to be applied to

the left arm, close to the median nerve. The volunteers were seated on a chair which provided arm support, and the volunteer's arm placed on the support was hidden so that she could not see the stimulus. The mechanical stimulus corresponded to the order for immediate and maximal EAS contraction. In the Student Lab Pro software, the stimulus was represented by a spike. This allowed the latency between the stimulus and the onset of EAS EMG activity (formally the RT) to be analyzed. The successive stimuli were separated by 5-sec rest intervals.

### Electromyography (EMG) Recordings

EMG recordings were made using a pair of disposable pre-gelled surface self-adhesive electrodes (REF: 9012S0242, Alpine BioMed<sup>®</sup> (Skovlunde, Denmark)), which were positioned on the perineal skin, and attached laterally to the two opposite sides of the EAS. The electrodes recorded the signals originating from the EAS. Disposable pre-gelled surface electrodes were chosen, rather than concentric needle electrodes, since they are painless and are not displaced by EAS contractions. Furthermore, contact electrodes are more suitable for the accurate measurement of whole-muscle EMG activity. Indeed, surface electrodes can record a higher EMG volume than needle electrodes, which assess the activity of only a small numbers of muscular fibers. The EMG signals were recorded using the Acknowledge<sup>®</sup> data collection software from Biopac<sup>®</sup>, and were analyzed using the Student Lab Pro<sup>®</sup> Software. The raw muscle activity measurements were firstly de-noised and calibrated (Fig. 1). Then, for each perineal contraction, the numerical values were exported to a Microsoft Excel<sup>®</sup> spreadsheet for final data reduction. We decided to measure several parameters as follows: the reaction time (RT) was the latency between onset of the stimulus and the onset of the external anal sphincter EMG activity curve. The RT max was defined as the latency between the onset of the stimulus and the maximum EAS EMG activity. The maximum EAS EMG activity was defined as the highest peak of EAS EMG activity. The length of the EAS contraction was defined as the time between the onset of the EAS EMG activity and the end of the EAS EMG activity.

### Data Analysis

Statistical analysis of the data was performed using "R statistical software" (R is a language and environment for statistical computing and graphics, developed by Bell Laboratories (Lucent Technologies, Paris, France; <http://www.r-project.org/>)). The descriptive statistics are expressed in the form of median and IQR (interquartile range) values. The nonparametric Wilcoxon's test was used to compare the quantitative data. Test-retest reliability was verified with a Kappa test. A probability of  $P < 0.05$  was considered to be statistically significant.

### RESULTS

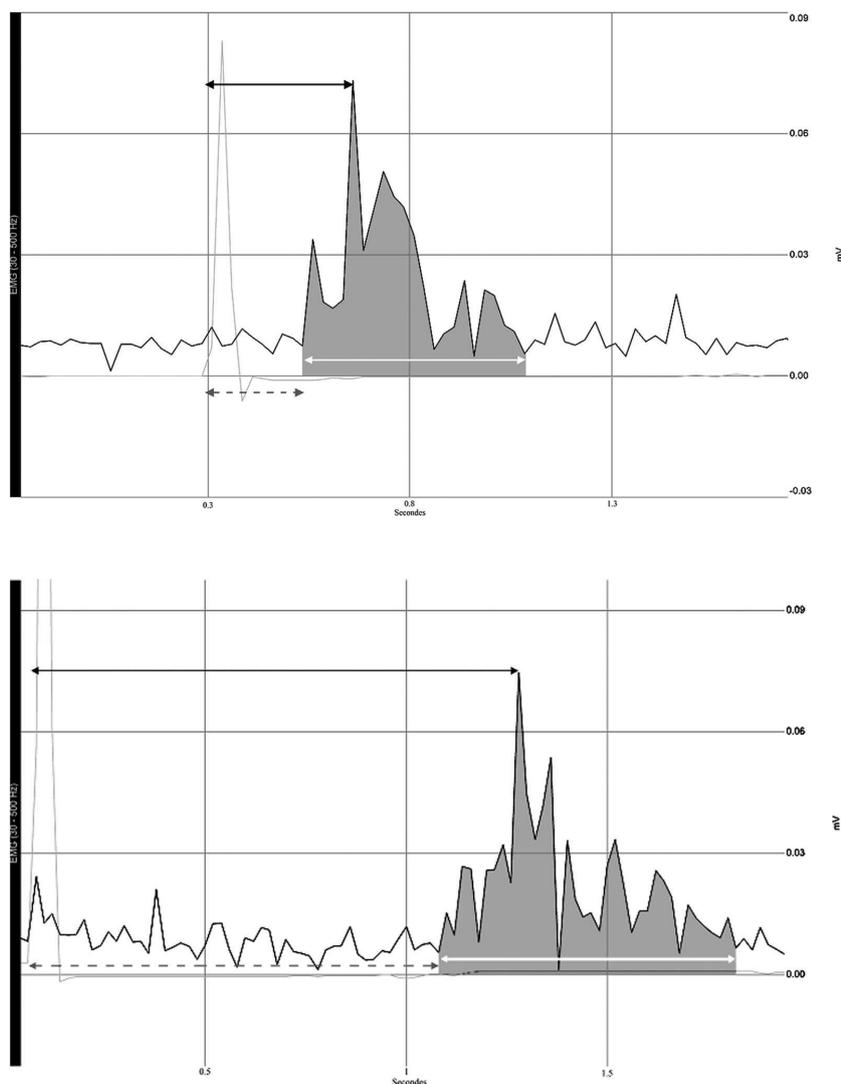
The results are summarized in Table II. In the absence of the mental distraction task, the median latency between the stimulus and the onset of EAS EMG activity was 217 msec (IQR: 170–270), whereas when the volunteers were performing the PASAT test, the median latency between the stimulus and the onset of the EAS EMG activity was 779 msec (IQR: 550–1,025). The mental distraction task thus led to a 3.98 times increase in reaction time ( $P = 0.00001$ , Wilcoxon's test). Similarly, an increased latency between the stimulus and maximum EAS EMG activity was observed during the distraction task:

TABLE I. Patient's Characteristics

	n
BMI ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ) median (IQR) [range]	20 (19.5–20.8) [16.5–23]
Age (years) median (IQR)	19.5 (19–22.25)
Parity (n) median (IQR)	0 (0–0)
Wexner questionnaire	0
ICIQ-SF	0
Mini Mental Status (points) median (IQR)	30 (30–30)

BMI, Body mass index; ICIQ-SF, Incontinence questionnaire Short Form.

Neurology and Urodynamics DOI 10.1002/nau



**Fig. 1.** De-noised and recalibrated curve of one contraction of external sphincter anal recorded by means of Student Lab Pro Software. **Top:** Experimentation without distraction task; gray wave: stimulus; black wave: EAS EMG activity; dotted arrow: reaction time (msec); white arrow: length of contraction (msec); black arrow: latency between the Stimulus and the maximal EAS EMG activity (msec); gray area: area under the curve of EAS EMG activity (mv sec). **Bottom:** Experimentation with distraction task; gray wave: stimulus; black wave: EAS EMG activity; dotted arrow: reaction time (msec); white arrow: length of contraction (msec); black arrow: latency between the Stimulus and the maximal EAS EMG activity (msec); gray area: area under the curve of EAS EMG activity (mv sec). Abbreviations: EAS, external anal sphincter; EMG, electromyographic.

512 msec versus 1,104 msec, that is, 2.51 times longer ( $P = 0.0001$ , Wilcoxon's test). The maximum EAS EMG activity was weaker when the PASAT was applied, than in the absence of the mental distraction task: 0.0850 mv vs. 0.0701 mv, that is, 1.21 times weaker ( $P = 0.0017$ , Wilcoxon's test). Conversely, between both conditions (respectively in the absence of, and with, the mental distraction task) no significant difference was found in terms of the area under the EAS EMG activity curve (0.0162 mv sec vs. 0.0157 mv sec, Ratio 1.01,  $P = 0.52$ ).

**DISCUSSION**

This is the first prospective experimental study to have investigated the role of attention and mental distraction tasks on PFM contraction. Urinary continence in women involves many structures such as the bladder neck, the urethral sphincter, and its supportive layers, which include the endopelvic fascia, pelvic floor muscle (PFM), and anterior vaginal wall. Urinary continence results from a complex

TABLE II. External Anal Sphincter (EAS) Electromyographic Parameter

	No DT	DT	R	P-value
RT (msec)	217	779	3.98	0.00001 <sup>a</sup>
RT max (msec)	512	1,104	2.51	0.00001 <sup>a</sup>
Maximal EAS EMG activity (mv)	0.0850	0.0701	0.85	0.0007 <sup>a</sup>
Area under the curve of EAS EMG activity (mv sec)	0.0157	0.0162	1.01	0.52 <sup>a</sup>

R, ratio (distraction task/without distraction task).

DT, distraction task; EAS, external anal sphincter; EMG, electromyographic; RT, reaction time (Latency stimulus—Onset EAS EMG Activity) RT max, Latency stimulus—Maximal EAS EMG activity.

<sup>a</sup>Wilcoxon's test.

interaction between all of these structures. Contraction of the pelvic floor muscle thus contributes to urinary continence, through an increase in urethral closure pressure and maintenance of the bladder neck position. This perineal muscle contraction allows the bladder neck and urethra support structures to become more rigid, and thus allows urethral obstruction during stress to prevent stress urinary incontinence.<sup>10</sup> Voluntary or involuntary contractions, which lead to a rigidification of certain muscles resulting from an increase in intra-abdominal pressure, thus allow continence. Amarenco<sup>4</sup> and Deffieux<sup>11</sup> demonstrated that during coughing, the induced involuntary PFM contraction increases with the level of intra-abdominal pressure generated by the cough. The latter authors also showed that a lack of gradual PFM adaptation is probably one of the main factors contributing to stress urinary incontinence.<sup>12</sup> During involuntary PFM contraction, the central and peripheral nervous systems appear to adapt the PFM contraction to the intensity of the cough. In most women suffering from SUI, the latency between the onset of coughing (i.e., intercostal muscle EMG activation) and the onset of EAS EMG activation is significantly increased, corresponding to a lack of EAS EMG preactivation.<sup>12</sup> The nervous system is also involved in the control of voluntary PFM contractions. It should be pointed out that no previous study has focused on the role of attention in PFM contraction. The present authors postulated that mental distraction could lead to a longer reaction time in PFM contraction, and would thus be responsible for urinary leakage. Indeed, in daily life, women experience urinary leakage when they have to cope with an unpredictable event and are not paying attention to their continence. Sapsford et al.<sup>13</sup> investigated the role of abdominal muscles and PFM co-contraction in an effort to explain the maintenance of women's continence during an unexpected event. They found that a strong contraction of both the lower abdominal muscles and the PFM reduced urinary flow in healthy women, with the same delay (4.3 sec vs. 4 sec  $P=0.78$ ).<sup>13</sup> Although this mechanism may contribute to the maintenance of women's continence, the nervous system could play a key role in this type of situation. To investigate this effect, the volunteers underwent dual-task performance trials: a distraction task during EAS contraction. Although the EAS is not directly involved in the continence mechanism, we choose this muscle because the PFM (levator ani), urethral sphincter, and EAS behave like one single muscle, providing a global synchronous contraction.<sup>14</sup> The aforementioned postulate is thus confirmed, since the mean EAS muscle activity reaction time was 3.98 times longer when the women completed a distraction task ( $P < 0.0001$ ). Although this type of trial, related to pelvic floor/or continence mechanisms, has not been previously reported in the literature, several studies of

self-regulation or stress and workplace ergonomics can be found in the literature. The earliest studies, which investigated the impact of multitasking on EMG activation, were designed to study musculoskeletal diseases resulting from work in industrialized countries. They focused on the impact of distraction tasks on the activation of voluntary muscles such as the forearm and Trapezius muscles.<sup>5-7</sup> These studies demonstrated that the simultaneous performance of two tasks often alters the performance of one or both tasks. Lundberg et al.<sup>6</sup> examined the influence of mental stress on the EMG activity of the Trapezius Muscle. They observed an increase in EMG activity of the Trapezius muscle under conditions of stress, when compared to a rest situation. However, when the subject kept her arms straight and raised at a 45° angle of abduction in the scapular plane, in the absence of, or combined with a mental stressor, these authors observed only a small increase in the Trapezius muscle EMG activity (146 RMS vs. 124 RMS, i.e., 1.17 times stronger). In a similar study, Larson et al. found a 20% increase in Trapezius muscle EMG activity when this was combined with a Stroop task.<sup>5</sup> Explanations for the increase in EMG activation were probably twofold: fatigability of the muscle and/or self-regulatory depletion, which could be attributable to the performance of the cognitive depletion task? Bray et al.<sup>7</sup> confirmed that both of these mechanisms are involved. They observed that cognitive depletion has an influence on the amount of EMG activation required to generate a given force: in order to generate the same force, a higher degree of muscle motor unit activation was required. In the present study, EAS EMG activities were equal under both conditions (0.0162 mv sec vs. 0.0157 mv sec, Ratio 1.01,  $P=0.52$ ). Although PFM activity can be easily measured using surface EMG, the signals must be interpreted with caution, since they can vary as a function of electrode placement. It was also found that the maximum EAS EMG activity was weaker during the mental distraction task (0.0671 vs. 0.0829;  $P=0.0017$ ). Although the decrease in EMG amplitude is correlated with a decrease in force, the amplitude of the EMG cannot be used to quantify the contraction force.<sup>15</sup> It can be hypothesized that the volunteers' motor control is altered by a mental distraction task: they are unable to modulate their PFM contraction, or contract another muscle, such as the abdominal muscle, since they are concentrated on producing PFM contraction. It has already been shown that in continent women, the abdominal muscles contract in synergy with the PFM.<sup>16</sup> It would have been interesting to simultaneously record abdominal muscle EMG activation during the mental distraction task, in order to confirm this hypothesis. Although several studies have focused on the impact of aging on PFM strength, the results are controversial. Two published studies claim that increasing age does not affect levator function.<sup>2,17</sup> One more recent study reported that PFM strength decreases with increasing age, in continent women.<sup>18</sup> The discrepancy can be explained by the difficulty women experience with voluntary PFM contraction. In fact, Madill et al.<sup>2</sup> found that volunteers experience greater intravaginal pressure when they cough, than when they voluntarily contract their PFM. The decrease in EAS strength could have two different origins: differences in muscle fiber type and composition, or a reduced ability to generate contraction due to a loss of attention. Although the global EMG muscle activity is the most commonly analyzed parameter, several recent studies have investigated the influence of cognitive depletion on reaction time. Hiraga et al.<sup>8</sup> have shown that dual-task interference, involving a non-motor cognitive task and a voluntary motor task, was significant. A motor task was defined as a brisk dorsi-flexion of the foot, as soon as the volunteers noticed a visual stimulus (a brief flash). The

cognitive task consisted in counting the number of high-pitched tones present in a series of high- and low-pitched tones. During these trials, the volunteers were required to perform this motor task in the presence and absence of a cognitive task. The stimulus reaction time was 1.85 times longer when performing the cognitive task (320 msec vs. 173 msec;  $P < 0.001$ ).<sup>8</sup> Although no previous studies have specifically analyzed the role of attention or distraction on voluntary PFM contraction, some authors have approached this topic. Madill et al. studied the impact of aging on PFM contraction. They found that older women contract their PFM more slowly than younger women.<sup>2</sup> Smith et al.<sup>19</sup> analyzed PFM EMG activity during a postural change in continent and incontinent women, under two different attentional conditions. The subjects were required to catch a load when it contacted a bucket positioned in front of them. The first (attentional) condition resulted from the fact that the subject did not know when the load would fall into the bucket. In the case of the second condition, the subject controlled the timing of the load's fall into the bucket. These authors found that PFM EMG activity was greater ( $P < 0.001$ ) when the load's fall was unexpected, than when it was expected. Nevertheless, the influence of expectation did not affect the muscles' activity differently in continent and incontinent women ( $P > 0.32$ ).<sup>19</sup>

Further large-population based studies should assess the frequency of these neuromuscular dysfunctions in women presenting with SUI. A slowed reaction time due to attentional distraction probably contributes to urine leakage in this population, which already suffers from pelvic dysfunction. Further studies focused on bladder sensitivity during distraction tasks should be carried out, to determine the impact of cognitive depletion on urinary continence. Furthermore, it would be interesting to assess the usefulness of cognitive rehabilitation in the curing of neuromuscular abnormalities, such as long reaction times in the case of PFM contraction. It is likely that PFM training could improve the speed at which PFM is generated, through strengthening of the neural pathway and improvements in contraction efficiency.

#### CONCLUSION

Distraction tasks lead to a modification of the PFM function. It is possible that such tasks potentiate urinary incontinence, through slower perineal contraction reaction times. Further studies involving bladder sensitivity and cognitive depletion should be carried out in women suffering from SUI.

#### REFERENCES

1. Bø K, Hagen RH, Kvarstein B, et al. Pelvic floor muscle exercise for the treatment of female stress urinary incontinence: III. Effects of two different degrees of pelvic floor muscle exercises. *Neurourol Urodyn* 1990;9:489–502.
2. Madill SJ, McLean L. Intravaginal pressure generated during voluntary pelvic floor muscle contractions and during coughing: The effect of age and continence status. *Neurourol Urodyn* 2010;29:437–42.
3. Capson AC, Nashed J, Mclean L. The role of lumbopelvic posture in pelvic floor muscle activation in continent women. *J Electromyogr Kinesiol* 2011;21:166–77.
4. Amarenco G, Ismael SS, Lagauche D, et al. Cough anal reflex: Strict relationship between intravesical pressure and pelvic floor muscle electromyographic activity during cough. *Urodynamic and electrophysiological study. J Urol* 2005;173:149–52.
5. Larsson SE, Larsson R, Zhang Q, et al. Effects of psychophysiological stress on trapezius muscles blood flow and electromyography during static load. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1995;71:493–98.
6. Lundberg U, Kadefors R, Melin B, et al. Psychophysiological stress and EMG activity of the trapezius muscle. *Int J Behav Med* 1994;1:354–70.
7. Bray SR, Martin Ginis KA, Hicks AL, et al. Effects of self-regulatory strength depletion on muscular performance and EMG activation. *Psychophysiology* 2008;45:337–43.
8. Hiraga CY, Garry MI, Carson RG, et al. Dual-task interference: Attentional and neurophysiological influences. *Behav Brain Res* 2009;205:10–8.
9. Tombaugh TN. A comprehensive review of the Paced Auditory Serial Addition Test (PASAT). *Arch Clin Neuropsychol* 2006;21:53–76.
10. Delancey JO. Structural support of the urethra as it relates to stress urinary incontinence: The hammock hypothesis. *Am J Obstet Gynecol* 1994;170:1713–20; discussion 1720–23.
11. Deffieux X, Hubeaux K, Porcher R, et al. External intercostal muscles and external anal sphincter electromyographic activity during coughing. *Int Urogynecol J Pelvic Floor Dysfunct* 2008;19:521–4.
12. Deffieux X, Hubeaux K, Porcher R, et al. Abnormal pelvic response to cough in women with stress urinary incontinence. *Neurourol Urodyn* 2008;27:291–6.
13. Sapsford RR, Hodges PW. The effect of abdominal and pelvic floor muscle activation on urine flow in women. *Int Urogynecol J* [Internet] 2012; [cité 25 avr 2012]; Disponible sur: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22278713>.
14. Lose G, Tanko A, Colstrup H, et al. Urethral sphincter electromyography with vaginal surface electrodes: A comparison with sphincter electromyography recorded via periurethral coaxial, anal sphincter needle and perianal surface electrodes. *J Urol* 1985;133:815–8.
15. Bø K, Sherburn M. Evaluation of female pelvic-floor muscle function and strength. *Phys Ther* 2005;85:269–82.
16. Madill SJ, McLean L. Relationship between abdominal and pelvic floor muscle activation and intravaginal pressure during pelvic floor muscle contractions in healthy continent women. *Neurourol Urodyn* 2006;25:722–30.
17. Trowbridge ER, Wei JT, Fenner DE, et al. Effects of aging on lower urinary tract and pelvic floor function in nulliparous women. *Obstet Gynecol* 2007;109:715–20.
18. Weemhoff M, Shek KL, Dietz HP. Effects of age on levator function and morphometry of the levator hiatus in women with pelvic floor disorders. *Int Urogynecol J* 2010;21:1137–42.
19. Smith MD, Coppiters MW, Hodges PW. Postural response of the pelvic floor and abdominal muscles in women with and without incontinence. *Neuro-urology* 2007;26:377–85.

## Influence of a Distraction Task on the Involuntary Reflex Contraction of the Pelvic Floor Muscles Following Cough

Thibault Thubert,<sup>1,2,3\*</sup> Anne Villot,<sup>2,3</sup> Sylvie Billecocq,<sup>4</sup> Laurent Auclair,<sup>5</sup> Gérard Amarenco,<sup>1,2</sup> and Xavier Deffieux<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Neuro-Urology Department, Tenon Hospital, Assistance Publique des Hôpitaux de Paris, France

<sup>2</sup>GMC-UPMC 01, GREEN (Group of clinical Research in Neuro-Urology, University Pierre and Marie Curie), France

<sup>3</sup>APHP, Hôpital Antoine Béchère, Service de gynécologie obstétrique et biologie de la reproduction, France

<sup>4</sup>Cabinet de rééducation périnéale, 34 rue Raymond Losserand, Paris, France

<sup>5</sup>Université Paris Descartes, Inserm UMR 1129, France

**Aims:** To explore the involvement of a distraction task in involuntary reflex pelvic floor muscle contraction following cough. **Methods:** Informed consent was obtained from 33 healthy volunteers. Involuntary contraction of the external anal sphincter (EAS) was induced by means of coughing. Cough efforts were elicited by electronic order. The electromyographic (EMG) activity of the EAS was recorded during involuntary contraction elicited by coughing. The trials were carried out twice: combined (or not) with a mental distraction task; the paced auditory serial additional test (PASAT). Reaction time (RT) defined as latency between the stimulus and maximum EAS EMG activity (RT1), latency between the stimulus and external intercostal (EIC) muscle EMG activity (RT2), latency between EIC EMG activity and EAS EMG activity (RT3), duration of the contraction, and the area under the EAS EMG activity curve (perineal contraction) were measured. **Results:** The distraction task altered anticipation of the PFM contraction: RT3 was  $-80.00$  ms (IQR:  $-107$ ;  $-56$ ) without the PASAT versus  $-56.67$  ms (IQR:  $-94$ ;  $-2$ ) with the distraction task (ratio 0.71,  $P = 0.0045$ , Wilcoxon test). RT2 was altered during the distraction task:  $583.33$  ms (IQR:  $344$ – $775$ ) without PASAT versus  $652.71$  ms ( $503$ – $790$ ) during PASAT (ratio 1.12,  $P = 0.031$ , Wilcoxon test). Finally, when the two conditions (respectively with and without the mental distraction task) were compared, there was a significant difference between the area under the EAS EMG activity curve ( $0.0115$  mv sec vs.  $0.0103$  mv sec, ratio 0.90,  $P = 0.023$ ). **Conclusions:** The mental distraction task altered involuntary reflex contraction of the pelvic floor muscles. *NeuroUrol. Urodynam.*

© 2015 Wiley Periodicals, Inc.

**Key words:** attention; cognition; neuropsychological test; pelvic floor muscles; reaction time; rehabilitation; urinary incontinence

### INTRODUCTION

Voiding control and urinary continence involve multiple mechanisms involving the autonomic nervous system, the somatic nervous system, the bladder, the urethra, and their support systems (muscles and pelvic-perineal fascia). Various attempts have been made to explain urinary incontinence mechanisms. Many theories hypothesize that stress urinary incontinence (SUI) consists of passive phenomena such as: (i) urethral hypermobility; (ii) abnormal transmission of pressure between bladder and urethral sphincter; (iii) intrinsic sphincter deficiency; or (iv) abnormal urethral compliance. All these passive phenomena are probably associated.<sup>1–4</sup> Some authors have hypothesized that active mechanisms are involved in SUI pathogenesis. Pelvic floor muscles (PFMs) increase urethral pressure during stress, allowing urinary continence. A lack of voluntary contraction of these muscles may involve leakage.<sup>5–7</sup> In addition, attention and distraction seem to play a key role in PFM contraction during stressful situations, meaning that mental distraction may be involved in urinary incontinence. In a previous study, we showed that a mental distraction task altered voluntary contraction of the PFMs, resulting in an increase of the reaction time by 3.98 times.<sup>8</sup> Involuntary reflex induced by coughing can impact urinary continence as well. Recent studies by Amarenco et al. and Deffieux et al.<sup>9,10</sup> focusing on the temporal course of external anal sphincter (EAS) activation during coughing, highlighted the existence of pre-activation of PFM, and showed that the strength of PFM contraction was proportional to the

intensity of the cough. Although several studies have focused on the influence of reflex activity, endurance, or fatigue on pelvic floor contraction, only a few have focused on the role of the supraspinal mechanism in PFM modulation.<sup>9,11–13</sup> In the present study, we postulate that mental distraction is likely to play a key role in the involuntary contraction of PFMs, which was represented by the EAS, in a stressful situation (coughing).

### MATERIALS AND METHODS

#### Ethics (Institutional Review Board)

The ethics committee (CCPRB: Comité Consultative de Protection des Personnes dans la Recherche Biomédicale, "Ile-de-France VII," France) approved the study protocol entitled

Dr. Hashim Hashim led the peer-review process as the Associate Editor responsible for the paper.

Potential conflicts of interest: Dr. Deffieux reports personal fees from Allergan outside the submitted work. Dr. Amarenco reports trial participation for Allergan and Astellas, and personal fees from Allergan, Astellas, Coloplast, Pfizer and Wellspect outside the submitted work.

\*Correspondence to: Thibault Thubert, M.D., M.Sc., Service de gynécologie obstétrique et médecine de la reproduction, Hôpital Antoine Béchère, 157 rue de la porte de Trivaux 92140 Clamart, France. E-mail: thibault.thubert@gmail.com

Received 12 March 2015; Accepted 21 September 2015

Published online in Wiley Online Library

(wileyonlinelibrary.com).

DOI 10.1002/nu.22903

© 2015 Wiley Periodicals, Inc.

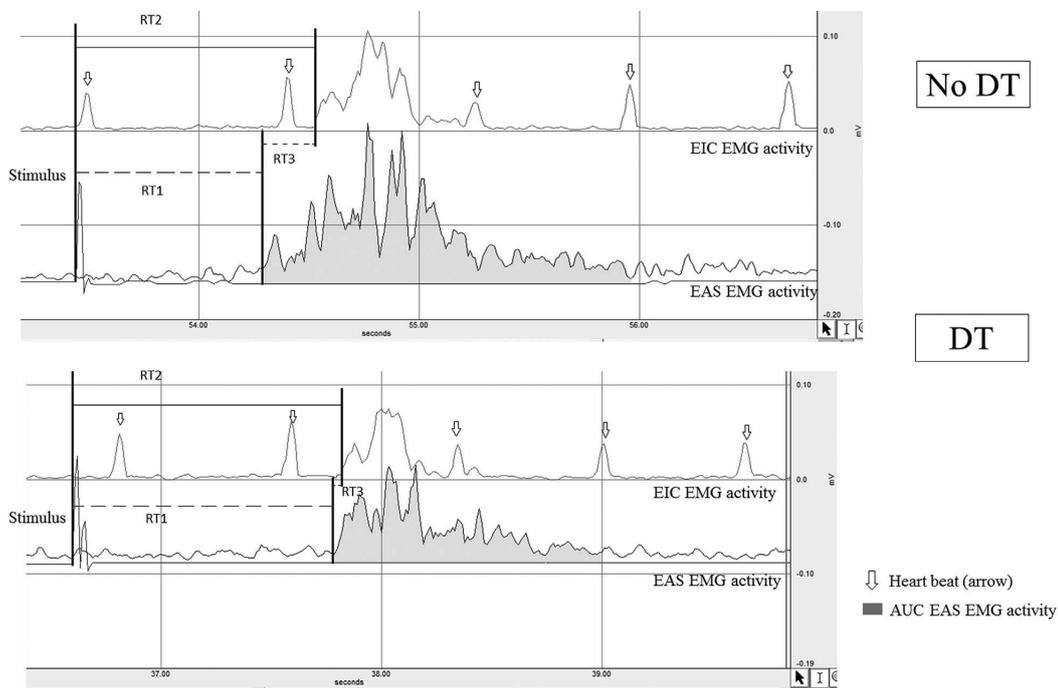
“Effect of cognitive depletion on neuromuscular continence mechanisms.” Informed written consent was obtained from all participants who were informed of the aim and purpose of this trial. This research was considered to comply with the generally accepted scientific principles and ethical standards of medical research, and to comply with the laws, and regulations of the country (France) in which the research was performed (approval number: ID-RCB:2011-A01690-41).

**Subjects**

The number of required subjects was calculated using a power of 80%, an  $\alpha$ -risk of 0.05 and a longer latency weighted at least 30%. This suggested a sample of 30 subjects. Finally, the study group consisted of 33 healthy female volunteers. All the volunteers were recruited in the medical department of the author’s hospital. Inclusion criteria were defined as follows: nulliparous, without symptoms of urinary voiding (UDI-6 questionnaire) or bowel (Wexner questionnaire) dysfunction, without diabetes, neurological diseases, or pregnancy. Volunteers had to be able to understand the instructions. Mini Mental Status (MMS) was performed before the trial to exclude women suffering from cognitive depletion or dementia. Urinary infection was excluded by means of a dipstick urine test. A medical questionnaire concerning medical history, age, weight, and height was completed jointly with the investigator. The volunteers voided prior to starting the protocol.

**Electromyographic Recordings**

EMG recordings of the EAS muscles were made using a pair of pre-gelled disposable surface self-adhesive electrodes (REF: 9012S0242, Alpine BioMed© (Skovlunde, Denmark), which were positioned on the perineal skin, attached laterally to the two opposite sides of the EAS. These electrodes recorded the signals originating from the EAS. EMG recordings of the EIC muscles (seventh right intercostal space) were also made using two pregelled disposable surface self-adhesive electrodes (REF: 9012S0242, Alpine BioMed© (Skovlunde, Denmark)). We chose the EIC because this muscle is one of the muscular components of cough initiation along with the diaphragm muscle, whereas other abdominal muscles are not.<sup>14</sup> Disposable pre-gelled surface electrodes were chosen, rather than concentric needle electrodes, since they are painless and are not displaced by EAS or EIC contractions. The EMG signals were recorded using the Acknowledge<sup>®</sup> data collection software from Biopac<sup>®</sup>, and were analyzed using the Student Lab Pro<sup>®</sup> Software. Using the same method as in our previous study, we first de-noised and calibrated the raw muscle activity measurements.<sup>8</sup> The sampling rate used for EMG acquisition was 1,000 samples/sec. The filter settings on the amplifiers were 30–500 Hz. The signal processing methods included choosing a new sample rate (90 samples/sec), using a smoothing factor (3.0 samples, mean value smoothing), and integrating the rectified EMG signal using an average over sample (samples 3) of absolute value. The numerical values for each perineal and intercostal contraction were exported to a Microsoft Excel<sup>®</sup> spreadsheet



**Fig. 1.** Denoise and recalibrated curve of one involuntary contraction of the external anal sphincter recorded by means of Student Lab Pro<sup>®</sup> Software. Top: experiment without distraction task. Bottom: experiment with distraction task. DT, distraction task; EAS, external anal sphincter; EIC, external intercostal muscle; EMG, electromyographic; RT1: latency between stimulus and onset of EAS EMG activity; RT2: latency between stimulus and onset of EIC EMG activity; RT3: latency between onset of EIC EMG activity and onset of EAS EMG activity.

for final data reduction. Different parameters were evaluated: latency between the onset of the stimulus and the onset of the EAS EMG activity (RT1), latency between the onset of the stimulus and the onset of the EIC EMG activity (RT2), latency between the onset of the EIC EMG activity and the onset of the EAS EMG (RT3) activity, which correspond to the pre-activation of the PFMs during cough, as previously described (Fig. 1).<sup>11,15,16</sup> Finally, we recorded the duration of the EAS contraction (defined as the time between the onset of the EAS EMG activity and the end of the EAS EMG activity) and the area under the curve to EAS EMG activity. The protocol was repeated and recorded 10 times in each situation. The first six records, which met quality requirements, were interpreted. A good quality EMG recording was defined as follows: a noisy baseline signal with a standard deviation under 0.0012 mV, an onset of EMG activation was defined as a standard deviation greater than 0.002 mV with a slope greater than 0.25 mV/sec. The end of the perineal contraction represented a return to a standard deviation of less than 0.0012 mV.

**Manoeuvres**

Women were seated on a chair, which provided arm support. They were then asked to cough when they felt a mechanical stimulus on their left arm. Before starting the procedure, we asked volunteers to cough with three different intensity levels: low, moderate, and high. We ensured that the moderate level could be recorded for each volunteer. During the entire procedure and in both conditions, we decided to standardize the protocol on the basis of moderate coughing. Moderate coughing corresponds to a single and frank effort. We asked the volunteers to cough at the same intensity level in both conditions, and we compared the resulting maximal EIC-EMG activities. No statistical difference was observed between each condition: the maximal EIC EMG activity was 0.248 mV sec without PASAT and 0.233 with PASAT ( $P=0.43$ , wilcoxon's test). EAS and external intercostal muscle (EIC) EMG activities were recorded using the Acknowledge<sup>®</sup> data collection software from Biopac<sup>®</sup>. Experiments were performed twice: the first trial was done without a distraction task whereas the second was combined with the PASAT. The protocol was repeated 10 times in each condition. In each condition, the latency between the stimulus and the onset of the EAS EMG (RT1) was measured, during each involuntary EAS contraction. This quantity corresponds to the reaction time. The mean reaction time was calculated for each patient, under each of the two trial conditions. Latencies between: (i) the stimuli and the onset of the cough (corresponding to EMG activity of the EIC muscle) (RT2); and (ii) the onset of the cough and the onset of the EAS EMG (RT3) were measured. Other parameters, such as the area under the EAS EMG activity curve, were also measured. We carried out the entire protocol a second time for six patients from our sample, in order to evaluate the reliability of our measurements and conclusions at 15-day intervals.

**Distraction Task**

The PASAT mental distraction task was selected due to the absence of learning bias and the short duration of the task, which is an advantage for repeated protocols. This task is specifically adapted to the analysis of attention-related cognitive functions because of its weak learning effect, thus allowing it to be used repeatedly.<sup>8</sup> This test consisted of an unpredictable auditory presentation of 61 digits from one to nine with an interval of 2 sec. Patients had to add the last number heard to the second-to-last number.

*Neurourology and Urodynamics* DOI 10.1002/nau

**Stimulus**

The stimulus, which consisted of a gentle mechanical shock, was given by means of an electronic hammer, near the median nerve. Stimulus orders were blinded to the volunteers by means of a sheet separation, which made the volunteer unable to see both her arm and the examiner. The successive stimuli were randomly performed and they were separated by minimum 10-sec rest intervals.

In the Student Lab Pro<sup>®</sup> software, a spike represented the stimulus. This allowed measurement of latencies between the onset of stimulus, the onset of EIC activity, and the onset of EAS activity.

**Data Analysis**

The authors defined the onset of the EAS EMG activity as follows: an onset of EMG activation was defined as a standard deviation greater than 0.002 mV with a slope greater than 0.25 mV/sec. The first author (AV) performed the exam. Then, two authors (TT,AV) carried out the analysis. On the basis of this definition, intra-observer, and inter-observer analysis were performed on a sample of five volunteers. Each author analyzed EMG recording according to the definition of onset EMG activation. TT and AV were blinded to each other's analysis results. Data were analyzed using R statistical software (R is a language and environment for statistical computing and graphics, developed by Bell Laboratories (Lucent Technologies, Paris, France; <http://www.r-project.org/>). We expressed the descriptive statistics in the form of median and IQR (interquartile range) values. We used the nonparametric Wilcoxon test to compare the quantitative data. A probability of  $P < 0.05$  was considered to be statistically significant.

**RESULTS**

The characteristics of our population are summarized in Table I. Thirty-three healthy female volunteers (mean age  $26.67 \pm 3.01$  years) were included. We observed a good reliability of our EMG measurements and conclusions at 15-day intervals. Without PASAT, the RT3 were initially  $-50.33$  and  $-42.53$  ms after 2 weeks ( $P=0.84$ , Wilcoxon's test). With PASAT, the RT3 were initially  $-21.67$  and  $-28.52$  ms after 2 weeks ( $P=1$ , Wilcoxon's test). There was no statistical significant difference in the amplitude of the force of the stimulus with and without distraction task ( $1.22$  vs.  $1.38$  mV,  $P=0.69$ , wilcoxon's test). When participants underwent the PASAT, the median latency between the stimulus and cough increased from  $583.33$  ms (IQR  $344-775$ ) to  $652.71$  ms (IQR  $503-790$ ). Thus, the cognitive task led to a 1.12-fold increase in reaction time between stimulus and cough ( $P=0.031$ , Wilcoxon's test). Similarly, reaction time between

**TABLE I. Patient Characteristics**

	n
Age (years) median (IQR)	28 (23-29)
BMI (kg/m <sup>2</sup> ) median (IQR)	21.22 (20.20-22.86)
Parity (n) median (IQR)	0 (0-0)
Mini Mental Status (points) median (IQR)	30 (30-30)
Wexner questionnaire	0
ICIQ-SF	0

BMI, body mass index; IQR, interquartile ratio; ICIQ-SF, incontinence questionnaire short form.

the stimulus and EAS contraction increased by a factor of 1.26 when PASAT was performed, increasing from 492.60 ms (IQR 233–696) to 620.00 ms (IQR 467–738) ( $P=0.003$  Wilcoxon's test). The reaction time between the onsets of the EIC EMG activity and the EAS EMG activity (RT3) differed significantly in each experimental condition:  $-80.00$  ms (IQR  $-107$ ;  $-56$ ) without the PASAT versus  $-56.67$  ms (IQR:  $-94$ ;  $-2$ ) with a distraction task (ratio 0.71,  $P=0.0045$ , Wilcoxon's test). The negative value of RT3 was due to pre-activation of the EAS in case of cough. Conversely, the length of time of the EAS contraction, the area under the curve of the EAS EMG activity, and the maximal EAS EMG activity did not differ between the two experimental conditions (Table II). Reliability of measurement were good with an intraclass correlation coefficients of Pearson for the intra-observer and the inter-observer analyses, which were respectively  $\rho=0.89$  and  $\rho=0.94$ .

#### DISCUSSION

To the best of our knowledge, this is the first study to investigate the influence of a dual task on involuntary contraction of the PFM. As in previous findings on voluntary PFM contraction,<sup>8</sup> we found that a distraction task altered anticipation of PFM contraction.

The modality of PFM contraction plays a key role in urinary continence. To study PFM contraction, EAS muscles have been chosen in most studies. Even if the EAS is not involved in the mechanism of urinary continence, during involuntary contractions such as coughing, the urethral sphincter, PFM (levator ani) and EAS function as one muscle, leading to a global contraction.<sup>17,18</sup> In 16 healthy women, Amarenco et al.<sup>9</sup> showed that the degree of PFM contraction (formally cough anal reflex) following cough was proportional to cough intensity. The greater the intensity of cough, the higher the PFM electromyographic activity.<sup>9</sup> Deffieux et al.<sup>16</sup> highlighted that the modulation of PFM contraction following cough effort was altered in patients suffering from SUI. Comparing four women without urine leakage and six women with isolated SUI, they found that the relationship between PFM electromyographic activity and bladder pressure (i.e., intensity of cough) was significantly different between the continent and incontinent groups ( $P < 0.0001$ ). SUI patients had less adaptive response and lower values of electromyographic PFM activity than continent women.<sup>16</sup> Deffieux et al.<sup>10</sup> analyzed the temporal course of EAS activation during cough effort. In 10 healthy women, they noted pre-activation of PFM contraction meaning that the onset of PFM electromyographic activity increased before the onset of the EIC electromyographic activity (median latency  $-210$  ms). Conversely, women suffering from SUI did not anticipate PFM contraction (median latency 0 ms) ( $P < 0.001$ ).<sup>10</sup> Moreover,

Deffieux et al. found in SUI women that when EAS EMG was less pre-activated, the modulation of pelvic contraction during increasing cough efforts was altered more.<sup>11</sup> Previous studies seem to show that cough anal reflex is a modulated reflex influenced at least by modulation of abdominal pressure and continence status. Our study highlights that the contraction of PFM during cough effort and more generally abdominal straining effort is also modulated by cognitive factors. Given our results we can hypothesize that “pre-program” contractions of the PFMs seem to involve a complex coordinated neural activity implying brain participation in addition to autonomic neural pathways.

Few literature studies have documented the impact of distraction tasks on autonomic neural pathway activation such as pain, gut perception, or bladder feeling.<sup>19–21</sup> Terkelsen et al.<sup>19</sup> studied the effect of a distraction task on pain reflex response. Because the effect of psychological manipulation such as distraction from pain was unclear, Terkelsen et al. undertook a study in which 26 volunteers were distracted from a noxious stimulus by exposing them to a PASAT. In stressful conditions (PASAT), the intensity of pain was less but did not affect the withdrawal reflex response. Similarly, Accarino et al.<sup>20</sup> investigated the impact of distraction (by means of the Toulouse–Pieron test) on gut perception (of intestinal distention) in 16 healthy volunteers. They found that the distraction task altered gut perception without any significant modification of gut reflex activity. In 2013, Jousse et al.<sup>21</sup> showed that a concomitant cognitive task significantly modified the intensity of the need to void: the greater the distraction, the less the need to void. Other authors have shown that a strong need to void, which can be analogous to a distraction task, slows the performance of cognitive tasks<sup>22</sup> and leads to impulse control and hurry in taking decisions.<sup>23</sup>

Previous studies have demonstrated the impact of distraction tasks (i.e., brain involvement) on modulation of reflex or autonomic activity. A better understanding of the impact of a distraction task on PFM pre-activation following abdominal straining would probably help improve delivery of PFM rehabilitation. Until now, the aim of PFM rehabilitation has been to improve PFM contractility (endurance, power etc.). Voluntary contractions assessed during PFM training sessions increase urethral pressure and improve bladder neck support, thus avoiding leakage during an effort. Studies now focus on dual task activities during PFM rehabilitation. As an example, Elliott et al.<sup>24</sup> conducted a feasibility study of the value of virtual reality rehabilitation (VRR) combined with classic PFM training in 24 women suffering from mixed urinary incontinence. VRR consisted of a freeware dance game program (StepMania), during which women had to perform PFM

TABLE II. Electromyographic Parameters

	No DT	DT	R	P
RT1 (ms) (median) (IQR)	492.60 (233–696)	620.00 (467–738)	1.26 (0.99–1.79)	0.003 <sup>a</sup>
RT2 (ms)(median)(IQR)	583.33 (344–775)	652.71 (503–790)	1.12 (0.95–1.68)	0.031 <sup>a</sup>
RT3 (ms)(median) (IQR)	$-80.00$ ( $-107$ ; $-56$ )	$-56.67$ ( $-94$ ; $-2$ )	0.71 (0.30–0.90)	0.005 <sup>a</sup>
Duration of the contraction (ms) (median) (IQR)	828.57 (509–1167)	795.24 (429–1031)	0.96 (0.73–1.09)	0.057 <sup>a</sup>
Area under the curve of EAS EMG activity (mv sec)	0.0115 (0.007–0.023)	0.0103 (0.005–0.019)	0.90 (0.65–1.19)	0.023 <sup>a</sup>

R, ratio (distraction task/without distraction task); DT, distraction task; EAS, external anal sphincter; EIC, external intercostal muscle; EMG, electromyographic; RT, reaction time; RT1, latency between stimulus and onset of EAS EMG activation; RT2, latency between stimulus and onset of EIC EMG activation; RT3, latency between onset of EIC EMG activation and onset of EAS EMG activation.

<sup>a</sup>Wilcoxon test.

contractions. VRR improved adhesion to the rehabilitation programme and symptoms, and Elliott et al. considered that the improvement of symptoms could be due to a new ability to contract PFMs in different situations of everyday life. Dancing while contracting PFMs is equivalent to dual task teaching. Smith et al.<sup>25</sup> analyzed the EMG activity of PFMs and abdominal muscles. Participants were required to catch a weight dropped into a bucket positioned in front of them in two specific conditions: a condition equivalent to a distraction (the timing of the weight drop was unknown) and normal conditions (the timing of the weight drop was known). During distraction conditions, Smith et al. showed that PFM activity was greater independently of the subject's continence status ( $P < 0.001$ ). Madill et al.<sup>26</sup> enrolled 17 women suffering from SUI to perform 12 weeks of PFM rehabilitation including the Knack manoeuvre.<sup>27</sup> After PFM training, women were able to perform more rapid repeated PFM contractions in 15 sec than under baseline conditions ( $8.2 \pm 2.7$  vs.  $5.6 \pm 2.4$ ,  $P = 0.001$ ). Following rehabilitation, the onset of EAS-EMG activity onset relative to the onset of intravaginal force (i.e., intra-abdominal pressure) was earlier during coughing effort. These results show better control of contraction with an improvement in PFM co-ordination. The Knack manoeuvre, which consists of pre-contraction before coughing, probably allowed women to focus on PFM contraction, thus increasing the anticipated reaction time between cough and PFM contraction.

The current study has some limitations. The first limitation was the difficulty to define the beginning of the onset of the EAS and EIC EMG activation. We chose to define the onset of the EAS or EIC EMG activity as a standard deviation greater than 0.002 mV with a slope greater than 0.25 mV/sec, which can be debated. In the current study, the median value of preactivation of EAS EMG activation is quite different than those previously reported by Deffieux et al. (80 vs. 210 ms).<sup>10</sup> We can hypothesize that these measures' discrepancies may be due to the use of surface electrodes placed with a large inter-electrode distance which can induce contamination from contraction of nearby muscles and difficulty in determining signal onsets. However, contrary to the previous study, we clearly determine a reproducible method to define onset of EMG activation. In the literature there was no consensual definition to define onset of EMG signal. As an example Bauer et al.<sup>28</sup> defined onset of EMG activation of the M peroneus longus above a threshold of the resting signal plus two standard deviations. Based on this definition, an intra-observer and inter-observer analysis was performed on a sample of five volunteers. The Intraclass Correlation Coefficients of Pearson for intra-observer and inter-observer analysis were respectively  $\rho = 0.89$  and  $\rho = 0.94$ . Moreover, the lack of blind analysis of the curve by the two of the authors may present a bias. Our findings showed that cognitive distraction modified urinary continence mechanisms by means of increased reaction time in voluntary and involuntary pelvic floor muscle contractions. Even if SUI pathogenesis is multifactorial, until now, we didn't know the extent to which each mechanism played a part in SUI pathogenesis. We hypothesized that cognitive distraction could be one factor involved in SUI with alteration of PFM preactivation. A deeper understanding of the impact of a cognitive task on the involuntary PFM contraction could improve our current technical rehabilitation. According to our findings, we can hypothesize that if women were more able to perform dual tasks, meaning a distraction task and/or other motor activity associated with PFM contraction, then pre-activation would probably be anticipated better. To test this hypothesis, further studies involving patients with SUI are needed. It would be of interest to establish a rehabilitation

program focusing on dual task activities in order to improve the timing of pre-activation and thus urinary continence. Moreover, further studies on urinary incontinence physiopathology should be conducted to determine the role of each mechanism in SUI.

## CONCLUSION

A distraction task modified involuntary reflex PFM contraction. Such a task may potentiate urinary incontinence, through alteration of the temporal course between intra-abdominal pressure and PFM contraction. Further studies involving women with SUI and PFM programmes focusing on dual tasks, and more specifically cognitive tasks, should be carried out.

## REFERENCES

1. DeLancey JO. Structural support of the urethra as it relates to stress urinary incontinence: The hammock hypothesis. *Am J Obstet Gynecol* 1994;170:1713–20;discussion 1720–3.
2. Enhorming G. Simultaneous recording of intravesical and intra-urethral pressure. A study on urethral closure in normal and stress incontinent women. *Acta Chir Scand Suppl* 1961;Suppl 276:1–68.
3. McGuire EJ. Experimental observations on the integration of bladder and urethral function. *Trans Am Assoc Genitourin Surg* 1976;68:38–42.
4. McGuire EJ, Lytton B, Pepe V, et al. Stress Urinary Incontinence. *Obstet Gynecol* 1976;47:255–64.
5. Shafik A. A new concept of the anatomy of the anal sphincter mechanism and the physiology of defecation: Mass contraction of the pelvic floor muscles. *Int Urogynecol J Pelvic Floor Dysfunct* 1998;9:28–32.
6. Van der Kooij JB, van Wanroy PJ, De Jonge MC, et al. Time separation between cough pulses in bladder, rectum and urethra in women. *J Urol* 1984;132:1275–8.
7. Zhang Q, Wang L, Zheng W. Surface electromyography of pelvic floor muscles in stress urinary incontinence. *Int J Gynaecol Obstet* 2006;95:177–8.
8. Amarengo G, Ismael SS, Lagauche D, et al. Cough anal reflex: Strict relationship between intravesical pressure and pelvic floor muscle electromyographic activity during cough. *Urodynamic and electrophysiological study*. *J Urol* 2005;173:149–52.
9. Deffieux X, Hubeaux K, Porcher R, et al. External intercostal muscles and external anal sphincter electromyographic activity during coughing. *Int Urogynecol J Pelvic Floor Dysfunct* 2008;19:521–4.
10. Deffieux X, Hubeaux K, Porcher R, et al. Abnormal pelvic response to cough in women with stress urinary incontinence. *Neurourol Urodyn* 2008;27:291–6.
11. Burti JS, Hacad CR, Zambon JP, et al. Is there any difference in pelvic floor muscles performance between continent and incontinent women? *Neurourol Urodyn* 2015;34:544–8.
12. Verelst M, Leivseth G. Are fatigue and disturbances in pre-programmed activity of pelvic floor muscles associated with female stress urinary incontinence? *Neurourol Urodyn* 2004;23:143–7.
13. Thubert T, Deffieux X, Jousse M, et al. Influence of a distraction task on pelvic floor muscle contraction. *Neurourol Urodyn* 2015;34:139–43.
14. Bolser DC, Reier PJ, Davenport PW. Responses of the anterolateral abdominal muscles during cough and expiratory threshold loading in the cat. *J Appl Physiol* 2000;88:1207–14.
15. Deffieux X, Raibaut P, Rene-Corail P, et al. External anal sphincter contraction during cough: Not a simple spinal reflex. *Neurourol Urodyn* 2006;25:782–7.
16. Deffieux X, Hubeaux K, Porcher R, et al. Pelvic floor muscle activity during coughing: Altered pattern in women with stress urinary incontinence. *Urology* 2007;70:443–7;discussion 447–8.
17. Lose G, Tanko A, Colstrup H, et al. Urethral sphincter electromyography with vaginal surface electrodes: A comparison with sphincter electromyography recorded via periurethral coaxial, anal sphincter needle and perianal surface electrodes. *J Urol* 1985;133:815–8.
18. Sapsford RR, Hodges PW. Contraction of the pelvic floor muscles during abdominal maneuvers. *Arch Phys Med Rehabil* 2001;82:1081–8.
19. Terkelsen AJ, Andersen OK, Mølgaard H, et al. Mental stress inhibits pain perception and heart rate variability but not a nociceptive withdrawal reflex. *Acta Physiol Scand* 2004;180:405–14.
20. Accarino AM, Azpiroz F, Malagelada JR. Attention and distraction: Effects on gut perception. *Gastroenterology* 1997;113:415–22.
21. Jousse M, Verollet D, Guinet-Lacoste A, et al. Need to void and attentional process interrelationship. *BJU* 2013;112:351–7.
22. Lewis MS, Snyder PJ, Pietrzak RH, et al. The effect of acute increase in urge to void on cognitive function in healthy adults. *Neurourol Urodyn* 2011;30:183–7.

6 Thubert et al.

23. Tuk MA, Trampe D, Warlop L. Inhibitory spillover: Increased urination urgency facilitates impulse control in unrelated domains. *Psychol Sci* 2011;22:627–33.
24. Elliott V, de Bruin ED, Dumoulin C. Virtual reality rehabilitation as a treatment approach for older women with mixed urinary incontinence: A feasibility study. *NeuroUrol Urodyn* 2015;34:236–43.
25. Smith MD, Coppieters MW, Hodges PW. Postural response of the pelvic floor and abdominal muscles in women with and without incontinence. *NeuroUrol Urodyn* 2007;26:377–85.
26. Madill SJ, Pontbriand-Drolet S, Tang A, et al. Effects of PFM rehabilitation on PFM function and morphology in older women. *NeuroUrol Urodyn* 2013;32:1086–95.
27. Miller JM, Sampelle C, Ashton-Miller J, et al. Clarification and confirmation of the Knack maneuver: The effect of volitional pelvic floor muscle contraction to preempt expected stress incontinence. *Int Urogynecol J Pelvic Dysfunct* 2008;19:773–82.
28. Baur H, Hirschi Müller A, Cassel M, et al. Gender-specific neuromuscular activity of the *M. peroneus longus* in healthy runners—A descriptive laboratory study. *Clin Biomech* 2010;25:938–43.

# Influence of cognitive rehabilitation on pelvic floor muscle contraction: A randomized controlled trial

Anne Villot<sup>1,2</sup> | Xavier Deffieux<sup>1,3</sup> | Sylvie Billecocq<sup>4</sup> | Laurent Auclair<sup>5</sup> | Gérard Amarenco<sup>1,2</sup> | Thibault Thubert<sup>1,2,3,6</sup>

<sup>1</sup>GRC-UPMC 01, GREEN (Group of clinical Research in Neuro-urology, University Pierre and Marie Curie), Paris, France

<sup>2</sup>Department of Neuro-Urology, Tenon Hospital, Assistance Publique des Hôpitaux de Paris, Paris, France

<sup>3</sup>APHP, Hôpital Antoine Bécélère, Service de gynécologie obstétrique et biologie de la reproduction, Clamart, France

<sup>4</sup>Cabinet de rééducation périnéale, Paris, France

<sup>5</sup>Université Paris Descartes, Inserm UMR 1129, Boulogne, France

<sup>6</sup>APHP, Hôpital Cochin, Service de gynécologie obstétrique et biologie de la reproduction, Paris, France

## Correspondence

Thibault Thubert, MD, MS, Hôpital Antoine Bécélère, Service de gynécologie obstétrique et médecine de la reproduction, 157 rue de la porte de Trivaux, Clamart 92140, France.  
Email: thibault.thubert@gmail.com

## Funding information

SIFUD-PP (Société Interdisciplinaire Francophone d'Urodynamique et de Pelvi-Périnéologie) (<http://www.sifud-pp.org>)

**AIM:** Distraction task (DT), which led to a modification of voluntary and involuntary reflex pelvic floor muscle (PFM) activation, might potentiate urinary incontinence, through an alteration of the temporal course between intra-abdominal pressure and PFM contraction. We evaluated whether cognitive rehabilitation (dual-task method) could prevent the effect of a mental distraction task on the reaction time of PFM contraction.

**METHODS:** Thirty-nine healthy volunteers underwent two sessions of electromyographic (EMG) PFM recordings separated by a 2-week interval. We recorded external anal sphincter EMG activity during voluntary and involuntary PFM contraction with and without a DT (Paced Auditory Serial Addition Task). Two main parameters were recorded: RT1 (latency between an order for PFM contraction and the onset of the external anal sphincter EMG activation during voluntary PFM contraction) and RT3 (latency between the onset of the involuntary external anal sphincter EMG activation and the onset of the external intercostal muscle EMG activation during involuntary PFM contraction). Volunteers were randomized (ratio 1:2) in two groups: dual task cognitive (an attentional test, the n-back test, and PFM exercises) rehabilitation program ( $n = 13$ ) and control group ( $n = 26$ ). The control group had no specific instructions and did not have to do PFM exercises.

**RESULTS:** Concerning voluntary PFM contraction, following a 2-week interval, in the study group RT1 in DT conditions decreased from 461.11 ms [357.14–557.41] to 290.74 ms [262.96–308.88] (ratio 0.63,  $P = 0.0063$ ). In the control group, RT1 in DT conditions was not significantly different. Concerning involuntary PFM contraction, in the study group RT3 without a DT increased from  $-68.52$  ms [ $-107.40; -40$ ] to  $-127.78$  ms [ $-163.06; -93.33$ ] (ratio 1.86,  $P = 0.0327$ ). In DT conditions, in the study group RT3 increased from  $-42.59$  ms [ $-52.09; -6.66$ ] to  $-59.25$  ms [ $-119.44; -44.44$ ] (ratio 1.39,  $P = 0.0478$ ).

**CONCLUSION:** The alteration of the reaction time of PFM provoked by a distraction task can be prevented by specific cognitive rehabilitation.

## KEYWORDS

distraction task, dual task, pelvic floor muscle, rehabilitation

## 1 | INTRODUCTION

Pelvic floor muscle training is the first-line therapy to treat stress or mixed urinary incontinence and effects a cure in 30% of women.<sup>1</sup> There are several possible reasons why PFM

Dr. Alan Wein led the peer-review process as the Associate Editor responsible for the paper.

training works: (i) strengthening Pelvic Floor Muscle (PFM)<sup>2</sup>; (ii) improvement of PFM tone limiting downward movement of the bladder neck upon effort<sup>2,3</sup>; (iii) pre-activation of the PFM contraction (Knack maneuver)<sup>4,5</sup>; and (iv) modification of the striated urethral sphincter in terms of thickness, cross-sectional area, and volume.<sup>6</sup> However, the high failure rate associated with PFM training (with or without biofeedback or electrostimulation) underlines the need for research into new techniques of rehabilitation. New approaches to urinary incontinence rehabilitation have been developed, including postural rehabilitation, physical activity, and psychological approaches in addition to PFM exercises.<sup>7-9</sup> It has been previously observed that lack of coordination between cough effort initiation and PFM contraction (modulation or timing) may be an associated mechanism involved in stress urinary incontinence.<sup>10-12</sup> Some women suffering from stress urinary incontinence have defective pre-activation and/or modulation of PFM contraction following cough.<sup>12</sup> In continent women, we previously observed that a mental DT altered reaction time (RT) between an order to contract PFM and the onset of PFM contraction activation.<sup>13</sup> In the same way, during a mental DT, the RT between the initiation of cough effort (activation of the external intercostal muscles) and the onset of the PFM contraction is delayed.<sup>14</sup> In the same way, during a mental DT, the RT between the initiation of cough effort (activation of the EIC muscles) and the onset of the PFM contraction is delayed.<sup>14</sup> This kind of experiment, which consisted in performing two activities simultaneously (eg, a mental task and a motor task or two motor tasks), is currently called a “dual task.” The first dual task rehabilitation model was described by Elliott et al,<sup>8</sup> who explored a dual task paradigm including two motor tasks: a dance game program combined with a voluntary PFM contraction to treat 24 women suffering from mixed urinary incontinence. The authors postulated that developing the ability to contract PFMs during their daily life will allow women to improve UI symptoms. They showed an improvement in terms of symptoms and quality of life. Developing the skill to contract PFMs during another activity was probably inspired by the “knack maneuver.”<sup>5</sup> This training, which has only been evaluated following cough, consisted of PFM contractions just before physical efforts, holding the contraction throughout the stress period. Using this kind of rehabilitation, the authors integrated the PFM training in the women's daily lives in order to liken PFM contraction to an automatic response to an effort. In the current study, we developed dual task rehabilitation including an attentional test (n-back test) and a motor task (voluntary PFM contraction). The n-back test was used to reproduce a diversion of attention. This cognitive task is traditionally used in studies concerning working memory that involve executive function and activate regions of the prefrontal cortex. This task required a high attention load. We hypothesized that if women were more able to perform a dual task activity,

meaning a distraction task and/or another motor activity associated with PFM contraction, the pre-activation would probably occur earlier. It would be of interest to establish a rehabilitation program focusing on dual task activity in order to improve the timing of pre-activation and thus urinary continence. The aim of the current study was to evaluate whether cognitive rehabilitation based on a dual task method could prevent the effect of a mental DT on the RT of PFM contraction.

## 2 | MATERIALS AND METHODS

### 2.1 | Ethics

The ethics committee (CPP: Comité Consultative de Protection des Personnes dans la recherche biomédicale, “Ile-de-France III,” France) approved the study protocol entitled “Influence of cognitive rehabilitation on neuromuscular continence mechanisms.” This research was considered to comply with the generally accepted scientific principles and ethical standards of medical research, and to comply with the laws and regulations of the country (France) in which the research was performed (approval number: ID-RCB: 2015-A00597-42). Informed written consent was obtained from all participants, who were informed of the aim and purpose of this trial.

### 2.2 | Sample size calculation

Considering an expected difference of 30% between the two groups regarding the latency between the onset of the involuntary EAS EMG activation and the onset of the EIC EMG activation (RT3) after rehabilitation (meaning that we expected a 30% faster perineal pre-contraction in response to cough effort in women who underwent double task rehabilitation, compared with the control group), and a power of 95% and an  $\alpha$ -risk of 0.05, 13 volunteers were included in each group. Thirty percent was chosen because in the case of a DT, we previously showed that latency of the perineal pre-contraction was 30% shorter.<sup>14</sup> To improve the power of our study, two controls were included for each patient included in the rehabilitation group.

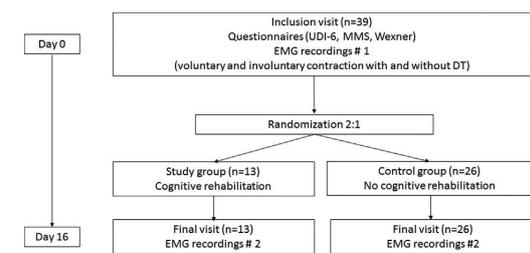
### 2.3 | Subjects

The study group consisted of 39 healthy women volunteers recruited in the medical department of the authors' hospital. All volunteers were medical students who worked with the two main authors of the study (AV, TT). They were included and randomized after receiving an explanation of the purpose of the study. Nobody declined the invitation. The constitution of the two groups was performed by random draw: each volunteer drew a card from an opaque

paper bag on which was indicated the group to which she was assigned (control group or rehabilitation group). Thirteen volunteers were included in the intervention group (dual task cognitive rehabilitation) and 26 volunteers were included in the control group. As the volunteers were assumed not to suffer from urinary or gynecological diseases, the inclusion criteria were as follows: nulliparous, no diabetes, no heart rhythm disorder, no neurological disease, no pregnancy, no urinary symptoms (UDI-6 questionnaire score equal 0), no bowel symptoms (Wexner questionnaire score equal 0), no problems understanding the language (French) used during the trials, no cognitive depletion or dementia (Mini Mental Status questionnaire score equal 30). Patients underwent a medical examination (medical history, age, weight, height) and completed questionnaires.

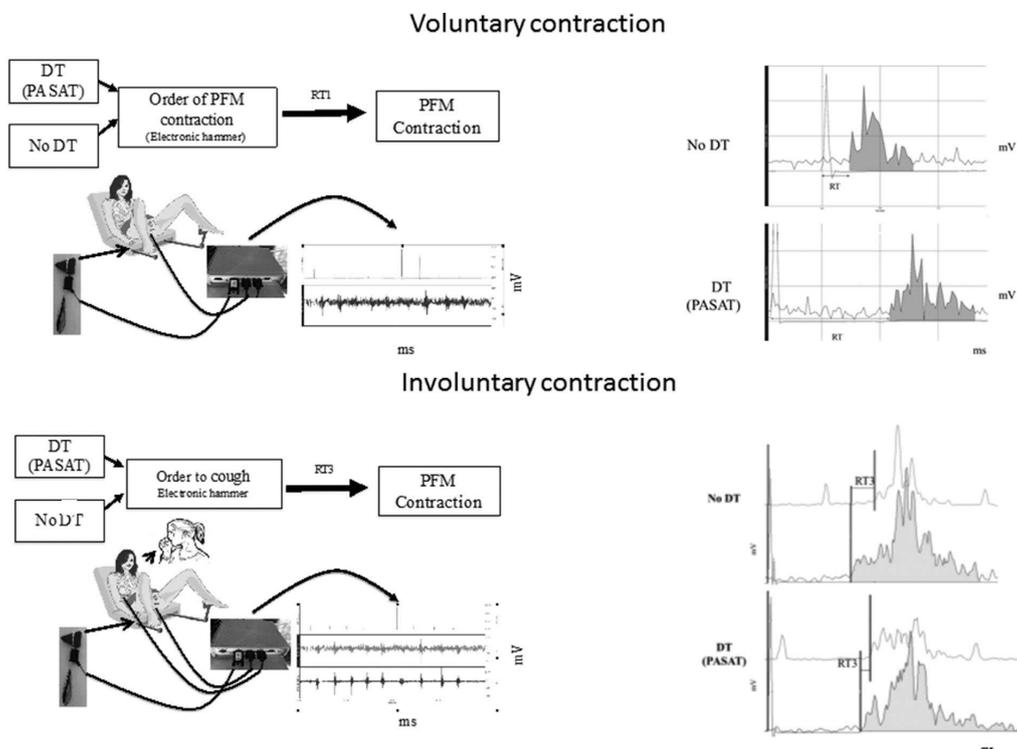
### 2.4 | Protocol of EMG recordings

The experimental protocol is shown in Fig. 1. All volunteers underwent two sessions of EMG recordings separated by 2 weeks. Following randomization (ratio 1:2), one third of volunteers ( $n = 13$ ) participated in a cognitive rehabilitation program for 15 days (study group), whereas the others



**FIGURE 1** Study protocol. EMG, electromyographic; UDI-6, urinary distress inventory; MMS, Mini Mental Status questionnaire; DT, distraction task

( $n = 26$ ) had no instruction ( $n = 26$ ). At the end of the protocol, every volunteer underwent a second EMG recording session. Using the previously published methodology<sup>13,14</sup> (Fig. 2), external anal sphincter EMG activity was recorded during voluntary and involuntary PFM contraction with and without a DT (paced auditory serial addition task [PASAT]<sup>15</sup>). PASAT is a mental DT which consists of an unpredictable auditory presentation of 61 digits from one to nine with an interval of 2 s. Patients had to add the last number heard to the second-to-last number.



**FIGURE 2** Electromyographic recording protocol. PFM, pelvic floor muscle; DT, distraction task; PASAT, paced auditory serial addition task; RT, reaction time (RT1, reaction time between stimulus and external anal sphincter voluntary contraction; RT3, reaction time between external intercostal muscle contraction and external anal sphincter contraction)

#### 2.4.1 | Material

We used pre-gelled electrodes (REF: 9012S0242, Alpine BioMed© [Skovlunde, Denmark]), which incorporate a gel cavity located between the electrode and the skin surface, in order to obtain high-quality measurements of biopotentials with fewer motion artifacts. The EMG signals were recorded using the Acknowledge® data collection software from Biopac® (biopac systems, Goleta, CA), and were analyzed using Student Lab Pro® Software. The sampling rate used for EMG acquisition was 1000 samples/s. The filter settings on the amplifiers were 30–500 Hz. The signal processing methods included choosing a new sample rate (90 samples/s), using a smoothing factor (3.0 samples, mean value smoothing) and integrating the EMG signal using an average over samples (samples 3). The numerical values for each perineal and external intercostal muscle contractions were exported to a Microsoft Excel© spreadsheet for final data reduction.

A mechanical stimulus, which corresponded to the order for immediate cough (for the involuntary PFM contraction) or voluntary PFM, respectively, was delivered by means of an electronic hammer, allowing a gentle mechanical shock to be applied to the left arm. Stimulus orders were blinded to the volunteers by means of a sheet separation, meaning that the volunteer could not see her arm or the examiner. The successive stimuli were randomly applied and were separated by rest intervals of at least 10 s. In the Student Lab Pro software, the stimulus was represented by a spike. In a separate channel, we recorded heart beat rhythm to avoid false interpretation of the recorded signal.

#### 2.4.2 | EMG recordings of voluntary PFM contraction

Because the PFM (levator ani) and external anal sphincter function as one muscle, leading to a global contraction,<sup>16,17</sup> two electrodes were positioned on the perineal skin, and attached laterally to the two opposite sides of the external anal sphincter. The volunteers, lying on a bed, were asked to contract their anal sphincter when they felt a mechanical stimulus on their left arm (Fig. 2). We recorded latency between the order for PFM contraction and the onset of external anal sphincter EMG activation (RT1). Recordings were made with and without a DT.

#### 2.4.3 | EMG recordings of involuntary PFM contraction

Two electrodes were positioned on the perineal skin, and attached laterally to the two opposite sides of the external anal sphincter. EMG recordings of the external intercostal muscles (seventh right intercostal space) were made with two other surface electrodes. We chose the external intercostal because it is one of the muscular components of cough initiation with the diaphragm muscle, whereas other abdominal muscles are not.<sup>18</sup> We recorded latency between the onset of the

involuntary external anal sphincter EMG activation and the onset of the external intercostal EMG activation (RT3). Recordings were made with and without a DT.

#### 2.4.4 | EMG interpretation

In each situation, the protocol was repeated and recorded 10 times. The first six recordings, which met quality requirements, were interpreted. EMG recordings and their interpretation were done by two authors (AV, TT). For interpretation of the EMG recordings, the authors were blinded concerning the recording situation. The reliability of our measurements has already been evaluated as good.<sup>14</sup> A good-quality EMG recording was defined as follows: a noisy baseline signal with a standard deviation under 0.0012 mV, an onset of EMG activation was defined as a standard deviation greater than 0.002 mV with a slope greater than 0.25 mV/s. The end of the perineal contraction represented a return to a standard deviation of less than 0.0012 mV. According to this definition a Bland-Altman plot was constructed for a sample of five volunteers between the two authors and for the same author in order to assess the reliability of our measurement technique (see Appendix).

### 2.5 | Cognitive dual task rehabilitation program

The rehabilitation program was provided on a computer support, which was lent to the 13 volunteers of the study group. It consisted of a dual task intervention which included a cognitive task and a motor task. The cognitive task consisted of an n-back test, which is used in studies of working memory tasks that involve executive function and activate regions of the prefrontal cortex.<sup>19–21</sup> This task required a high attention load. Volunteers upgraded n-back test difficulty every 4 days: (i) condition 0-back (control condition): the subject pressed the space key when the target letter was presented; (ii) condition 1-back: the subject pressed the space key when the last letter seen was the same as the second-to-last letter; (iii) condition 2-back: the subject pressed the space key when the last letter seen was the same as the third-to-last letter; and (iv) condition 3-back: the subject pressed the space key when the letter presented was the same as that which occurred three positions before. The motor task consisted of PFM contractions. Volunteers had to contract their PFM when random auditory stimuli occurred (10 stimuli per session). Each rehabilitation session lasted 3 min. The study group underwent the dual task rehabilitation twice a day for 15 days.

### 2.6 | Control group

The control group comprised 26 volunteers who underwent two sessions of EMG recordings separated by 2 weeks. The volunteers had no specific instructions and did not have to do PFM exercises.

## 2.7 | Data analysis

Data were analyzed using R statistical software (R is a language and environment for statistical computing and graphics, developed by Bell Laboratories [Lucent Technologies, Paris, France; <http://www.r-project.org/>]). Descriptive statistics were expressed in the form of median and IQR (interquartile range) values. The interquartile range represents the range from the 25th percentile to the 75th percentile. We used the nonparametric Wilcoxon test to compare the quantitative data in each group and Student's *t*-test to compare the quantitative data between the test group ( $n = 13$ ) and the control group ( $n = 26$ ). A probability of  $P < 0.05$  was considered to be statistically significant.

## 3 | RESULTS

### 3.1 | Volunteer characteristics

The general and EMG characteristics of our population are summarized in Table 1. There was no significant difference between the two groups.

### 3.2 | Voluntary contraction

The results of the voluntary contraction in the study group are summarized in Table 2. In the study group, the latency between the stimulus and voluntary pelvic floor contraction (RT1) without a DT decreased from 342.86 ms before rehabilitation (IQR 327.77-459.52) to 233.33 ms (IQR 207.41-353.33) (ratio: 0.68;  $P = 0.005$ ) after rehabilitation. Similarly, this latency with a DT decreased from 461.11 ms (IQR 357.14-557.41) before rehabilitation to 290.74 ms (IQR 262.96-308.88) after rehabilitation ( $P = 0.006$ ). While the control group did not receive any cognitive rehabilitation, we noticed a significant decrease in latency of the voluntary

pelvic floor contraction (RT1) without PASAT between the first and the second recordings (343.65 vs 282.54; ratio 0.82;  $P = 0.01$ ). This difference was not significant in the control group between the first and second recordings in the presence of a DT (RT1 with PASAT) (Table 2). In the second recording, without a DT, both groups had similar RT1 (282.54 ms in control group vs 233.33 ms in the study group; ratio 0.82;  $P = 0.141$ ). However, with a DT, the study group had a shorter RT1 than the control group (290.74 vs 342.99 ms; ratio 0.84;  $P = 0.031$ ) (Table 2).

### 3.3 | Involuntary contraction

The involuntary contraction results in the study group are summarized in Table 3. Before rehabilitation, the reaction time between the onset of the external intercostal muscle EMG activity and the onset of the external anal sphincter EMG activity (RT3) was similar in the two groups, without and with PASAT ( $P = 0.575$  and  $P = 0.505$ , respectively) (Table 1). At the end of the protocol the study group contracted 1.86 times faster than the control group ( $P = 0.0327$ ) without PASAT (Table 3). Reaction time between the onset of external intercostal EMG activity and external anal sphincter EMG activity (RT3) increased from  $-68.52$  ms (IQR  $-107.40$ ;  $-40$ ) to  $-127.78$  ms (IQR  $-163.06$ ;  $-93.33$ ) without PASAT (ratio: 1.86;  $P = 0.033$ ) and increased from  $-42.59$  ms (IQR  $-52.09$ ;  $-6.66$ ) to  $-59.25$  ms (IQR  $-119.44$ ;  $-44.44$ ) (ratio 1.39;  $P = 0.048$ ) with PASAT. In the control group, RT3 did not differ significantly between the two recordings (Table 3).

## 4 | DISCUSSION

In the current study, we show that a cognitive rehabilitation program (including dual motor and cognitive tasks) improved

TABLE 1 Population characteristics ( $n = 39$ )

	Control group ( $n = 26$ )	Study group ( $n = 13$ )	<i>P</i>
BMI ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ) median (IQR) [range]	21.22 (20.55-24.33) [19.5-29.4]	20.55 (20.36-21.38)[19.43-28.34]	0.28
Age (years) median (IQR)	28 (27-31)	29 (28-30)	0.39
Parity (n) median (IQR)	0	0	1
Wexner questionnaire	0	0	1
UDI-6	0	0	1
Mini Mental Status (points) median (IQR)	30 (30-30)	30 (30-30)	1
Baseline RT3 without DT median (IQR) (ms)	$-60.74$ ( $-90.74$ ; $-41.04$ )	$-68.52$ ( $-107.40$ ; $-40$ )	0.575*
Baseline RT3 with DT median (IQR) (ms)	$-28.70$ ( $-63.88$ ; $-2.38$ )	$-42.59$ ( $-52.09$ ; $-6.66$ )	0.505*
Baseline RT1 without DT median (IQR) (ms)	343.65 (257.41-405.69)	342.86 (327.77-459.52)	0.4311*
Baseline RT1 with DT median (IQR) (ms)	369.97 (344.05-448.15)	461.11 (357.14-557.41)	0.1591*

\*Student's *t*-test.

BMI, body mass index; DT, distraction task; IQR, interquartile ratio; R, ratio; RT, reaction time; RT1: reaction time between stimulus and external anal sphincter contraction during voluntary contraction; RT3: reaction time between external intercostal muscle contraction and external anal sphincter contraction; UDI-6, Urogenital Distress Inventory-6.

TABLE 2 Voluntary contraction results

	Study group (n = 13)				Control group (n = 26)			
	Without a DT	With a DT	R	P	Without a DT	With a DT	R	P
RT1 recordings #1 median (IQR) (ms)	342.86 (327.77-459.52)	461.11 (357.14-557.41)	1.35	0.107*	343.65 (257.41-405.69)	369.97 (344.05-448.15)	1.07	0.003*
RT1 recordings #2 median (IQR) (ms)	233.33 (207.41-353.33)	290.74 (262.96-308.88)	1.24	0.294*	282.54 (225.92-354.36)	342.99 (274.54-403.24)	1.21	0.0066*
R	0.68	0.63			0.82	0.92		
P	0.0051*	0.0063*			0.0096*	0.067*		

\*Wilcoxon's test.

DT, distraction task; IQR, interquartile ratio; R, ratio; RT, reaction time; RT1 reaction times between stimulus and external anal sphincter voluntary contraction.

the reaction time of voluntary and involuntary PFM contractions. This rehabilitation seemed to erase the effect of a DT on EMG parameters. Following rehabilitation, volunteers improved the times they needed to contract PFM voluntarily: RT1 with a DT after rehabilitation was shorter than RT1 without a DT before rehabilitation. Likewise, after rehabilitation, involuntary PFM seemed to be improved with a 1.86-fold increase in RT3 without a DT.

Urinary continence results from a complex mechanism which involves PFM contraction but also cognitive integration. Harvey et al<sup>22</sup> developed the concept of cognitive voiding. They showed that urinary continence is under the influence of many key factors including conscious (temporal map, voiding behavior, habituation...) and unconscious orders (bladder filling, urinary continence sympathetic reflex...). In previously published studies, we showed that a cognitive DT increased nearly fourfold the reaction time between an order to contract PFM and PFM contraction (RT1).<sup>13</sup> Likewise, a DT decreased the timing of PFM pre-activation in the case of cough (RT3).<sup>14</sup> All these mechanisms may play a key role in urinary continence. We hypothesized that an increase in the reaction time needed to contract PFM voluntarily, in the case of an unpredictable event in women who are not paying attention to their continence, could provoke urinary leakage. Other authors who focused on the temporal course of PFM activation during cough showed that

women suffering from stress urinary incontinence did not anticipate PFM contraction (increase of RT3), whereas healthy women had pre-activation of PFM.<sup>12</sup> Amarenco et al<sup>23</sup> showed that the level of PFM contraction following cough was proportional to the cough intensity. They found a strict correlation between cough level (reflected by bladder pressure) and the integrated electromyographic value of the PFM contraction: the greater the level of cough, the higher the PFM electromyographic activity.<sup>23</sup> Deffieux et al<sup>24</sup> showed that the modulation of PFM contraction following cough was altered in patients suffering from SUI. Comparing six women suffering from isolated SUI and four women without urine leakage, they highlighted that SUI patients had less adaptive response and lower values of EMG PFM activity than continent women ( $P < 0.0001$ ).<sup>24</sup> The same team<sup>11</sup> analyzed the temporal course of EAS activation during cough in healthy women and women with SUI. They only found pre-activation of PFM contraction in healthy women, whereas women suffering from SUI did not anticipate PFM contraction ( $P < 0.001$ ).<sup>11</sup> They also showed an association between a defect in PFM pre-activation and alteration of PFM modulation.<sup>12</sup> Thus the latency after an order to contract PFM voluntarily (RT1) and the latency of perineal pre-contraction (RT3) are involved in urinary continence, and their lengthening during a DT may lead to SUI.<sup>14</sup> We hypothesized that if women were more able to perform a dual task activity,

TABLE 3 Involuntary contraction results

	Study group (n = 13)				Control group (n = 26)			
	Without a DT	With a DT	R	P	Without a DT	With a DT	R	P
RT3 recordings #1 median (IQR) (ms)	-68.52 (-107.40;-40)	-42.59 (-52.09;-6.66)	0.62	0.068*	-60.74 (-90.74;-41.04)	-28.70 (-63.88;-2.38)	0.47	0.00073*
RT3 recordings #2 median (IQR) (ms)	-127.78 (-163.06;-93.33)	-59.25 (-119.44;-44.44)	0.46	0.021*	-73.15 (-94.43;-47.68)	-37.96 (-80.99;-5.74)	0.51	0.01545*
R	1.86	1.39			1.20	1.32		
P	0.0327*	0.0478*			0.8221*	0.2078*		

\*Wilcoxon's test.

DT, distraction task; IQR, interquartile ratio; R, ratio; RT, reaction time; RT3: reaction time between external intercostal muscle contraction and external anal sphincter contraction.

meaning a DT and/or other motor activity associated with PFM contraction, then pre-activation would probably be anticipated more. The current study is the first to show objectively the influence of cognitive rehabilitation on these parameters.

New approaches to urinary continence rehabilitation include an overview of subjects (movement, daily life activity, environment ...). Elliott et al<sup>8</sup> evaluated a new rehabilitation program in 24 women suffering from mixed urinary incontinence. This method used conventional PFM training plus virtual reality rehabilitation, which consisted of a dual task performance combining two motor tasks: a freeware dance game program (StepMania) and PFM contraction. The authors showed that developing the ability to contract PFM during their daily life activity allowed women to improve urinary incontinence symptoms and quality of life. Developing the skill to contract PFM during another activity was probably inspired by the “knack maneuver.” This training, which has only been evaluated following cough, consisted in contracting PFM just before physical effort, and holding the contraction throughout the stress period.<sup>4</sup> Using this kind of rehabilitation, the authors integrated PFM training into the women's daily life activities in order to assimilate PFM contraction as an automatic response to an effort. Bo et al considered that the optimal outcome of a PFM training program is reaching the automatic (unconscious) co-contraction level present in continent women.<sup>3</sup> We evaluated the influence of dual task rehabilitation including cognitive and motor tasks. We showed that performance of a PFM contraction motor task, which is disturbed by a DT, can be corrected by means of specific cognitive rehabilitation. We postulate that a cognitive rehabilitation program could prevent the alteration of the PFM contraction pattern (RT1 and RT3) in the case of a DT.

The physiopathology of incontinence is multifactorial and the modalities of rehabilitation have to include a global approach of the patients. The relationship between SUI and postural activity of the PFM was evaluated by Hodges study group.<sup>25,26</sup> Hodges' group showed that postural activation of the PFM after rapid arm movements was delayed in women suffering from SUI. PFM EMG activity appeared before the deltoid EMG activity in continent women ( $-15.1 \pm 34$  ms to  $-31.2 \pm 35$  ms), depending on the extension or flexion of the arm and the bladder filling level. However, the deltoid EMG activity increased before the PFM activity in incontinent women ( $4.8 \pm 32$  to  $22.4 \pm 44$  ms).<sup>26</sup> These findings were confirmed by Madill et al<sup>27</sup> who compared patterns of PFM activity during coughing between two populations of continent and incontinent women. They showed that SUI is probably related more to a delay in PFM force activation than to PFM weakness. As the authors studied various actions involving measurements of different muscle entities (ie, deltoid, abdominal muscle, intercostal muscle), it is difficult to

compare PFM pre-activation latency between the different studies. The only study that measured PFM latency between external intercostal muscles and PFM was done in a small population. Deffieux et al,<sup>11</sup> reported a mean value of PFM preactivation latency of  $-210$  ms in continent women versus  $0$  ms in women with SUI between EAS EMG activity and external intercostal muscle EMG activity. Madill et al<sup>27</sup> showed that this different latency was modified according to position (standing or supine) and the severity of incontinence in incontinent women. To date, authors have mostly studied the impact of postural activation on PFM in continent women and women with urinary incontinence, because postural activation is continuous in women's daily lives. In the same way, because distraction is common in daily life, we chose to analyze its impact on PFM. Different studies have analyzed the impact of gait or cognitive function on urinary symptoms. In a recent study Fraser et al<sup>28</sup> assessed executive function and dual-task gait after a multicomponent intervention that combined pelvic floor muscle training and videogame dancing in 23 women with mixed urinary incontinence. They showed that, after training, the number of errors in questionnaires testing executive functions and the number of n-back errors during dual-task gait significantly decreased. A subgroup analysis based on continence improvements (pad test) revealed that only those subjects who improved in the pad test had significantly reduced numbers of n-back errors during dual-task gait, suggesting an association between cognitive function and bladder control. However, no study has previously evaluated rehabilitation programs including cognitive and motor tasks in the field of urogynecology. Dual-task-managing training is a new method of rehabilitation that has been developed in many research areas.<sup>29,30</sup> Its efficiency was demonstrated by Wollensen et al,<sup>30</sup> who evaluated the effect of a task managing training on gait stability in a randomized control trial, in which DT training (visual-verbal Stroop test) was compared with a non-training control group. The training group improved their gait performance with a single task and a DT. We showed that our dual task rehabilitation program influences PFM contraction parameters, erasing the impact of a DT. Given the impact of such rehabilitation in continent healthy women, further studies including women suffering from urinary incontinence should be conducted. Further studies should be conducted to evaluate RT1 and RT3 with and without a DT in women suffering from stress urinary incontinence. Moreover, the current cognitive rehabilitation program should be assessed in women suffering from stress urinary incontinence in order to evaluate its impact on EMG characteristics, daily life symptoms, and quality of life.

Nevertheless the current study had some limitations. A third control group, performing only voluntary perineal contractions without a cognitive task, would have enabled us to assess the effectiveness of dual task rehabilitation. We did

not explore the effect of pelvic floor contraction alone on the latency of voluntary and involuntary pelvic floor contraction. Further research should include a control group that receives the gold standard PFM training. Nevertheless, we hypothesized that PFM contractions 20 times per day for 15 days probably had no impact on pelvic floor muscle latency in healthy women. It is also necessary to evaluate the effectiveness of such rehabilitation in the long term. A further evaluation 15 days after rehabilitation would have been of interest. We considered that this kind of evaluation would be more appropriate for women suffering from SUI. Further studies including such women should be designed to evaluate the impact of such rehabilitation on daily life symptoms. This kind of rehabilitation would probably not be suitable for every patient. As an example, older women might not be able to perform such difficult concomitant motor and cognitive tasks using a computer. A feasibility study would allow us to target the kind of patient who would benefit from such rehabilitation and to analyze the compliance and efficiency of this dual task program.

#### POTENTIAL CONFLICTS OF INTEREST

None to disclose.

#### REFERENCES

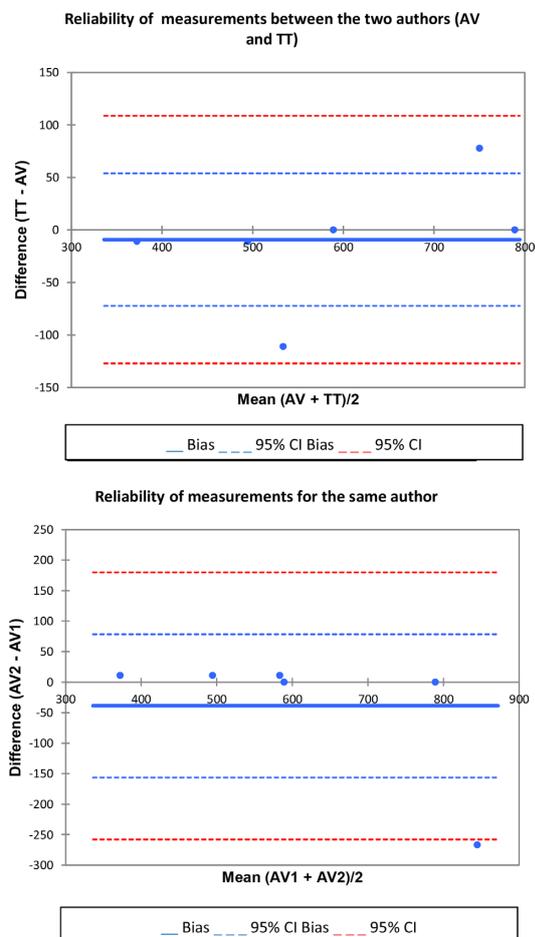
- Dumoulin C, Hunter KF, Moore K, et al. Conservative management for female urinary incontinence and pelvic organ prolapse review 2013: summary of the 5th International Consultation on Incontinence. *Neurourol Urodyn*. 2016;35:15–20.
- DeLancey JO. Structural aspects of the extrinsic continence mechanism. *Obstet Gynecol*. 1988;72:296–301.
- Bø K. Pelvic floor muscle training is effective in treatment of female stress urinary incontinence, but how does it work? *Int Urogynecol J Pelvic Floor Dysfunct*. 2004;15:76–84.
- Miller JM, Ashton-Miller JA, DeLancey JO. A pelvic muscle precontraction can reduce cough-related urine loss in selected women with mild SUI. *J Am Geriatr Soc*. 1998;46:870–874.
- Miller JM, Sampsel C, Ashton-Miller J, Hong G-RS, DeLancey JO. Clarification and confirmation of the Knack maneuver: the effect of volitional pelvic floor muscle contraction to preempt expected stress incontinence. *Int Urogynecology J*. 2008;19:773–782.
- Madill SJ, Pontbriand-Drolet S, Tang A, Dumoulin C. Changes in urethral sphincter size following rehabilitation in older women with stress urinary incontinence. *Int Urogynecology J*. 2015;26:277–283.
- Morrisroe SN, Rodriguez LV, Wang P-C, Smith AL, Trejo L, Sarkisian CA. Correlates of 1-year incidence of urinary incontinence in older Latino adults enrolled in a community-based physical activity trial. *J Am Geriatr Soc*. 2014;62:740–746.
- Elliott V, de Bruin ED, Dumoulin C. Virtual reality rehabilitation as a treatment approach for older women with mixed urinary incontinence: a feasibility study. *Neurourol Urodyn*. 2015;34:236–243.
- Fritel X, Lachal L, Cassou B, Fauconnier A, Dargent-Molina P. Mobility impairment is associated with urge but not stress urinary incontinence in community-dwelling older women: results from the Osebo study. *BJOG Int J Obstet Gynaecol*. 2013;120:1566–1572.
- Amarengo G, Ismael SS, Lagauche D, et al. Cough anal reflex: strict relationship between intravesical pressure and pelvic floor muscle electromyographic activity during cough. Urodynamic and electrophysiological study. *J Urol*. 2005;173:149–152.
- Deffieux X, Hubeaux K, Porcher R, Ismael SS, Raibaut P, Amarengo G. External intercostal muscles and external anal sphincter electromyographic activity during coughing. *Int Urogynecology J*. 2008;19:521–524.
- Deffieux X, Hubeaux K, Porcher R, Ismael SS, Raibaut P, Amarengo G. Abnormal pelvic response to cough in women with stress urinary incontinence. *Neurourol Urodyn*. 2008;27:291–296.
- Thubert T, Deffieux X, Jousse M, Guinet-Lacoste A, Ismael SS, Amarengo G. Influence of a distraction task on pelvic floor muscle contraction. *Neurourol Urodyn*. 2015;34:139–143.
- Thubert T, Villot A, Billecocq S, Auclair L, Amarengo G, Deffieux X. Influence of a distraction task on the involuntary reflex contraction of the pelvic floor muscles following cough. *Neurourol Urodyn*. 2015. doi: 10.1002/nau.22903
- Tombaugh TN. A comprehensive review of the paced auditory serial addition test (PASAT). *Arch Clin Neuropsychol Off J Natl Acad Neuropsychol*. 2006;21:53–76.
- Lose G, Tanko A, Colstrup H, Andersen JT. Urethral sphincter electromyography with vaginal surface electrodes: a comparison with sphincter electromyography recorded via periurethral coaxial, anal sphincter needle and perianal surface electrodes. *J Urol*. 1985;133:815–818.
- Sapsford RR, Hodges PW. Contraction of the pelvic floor muscles during abdominal maneuvers. *Arch Phys Med Rehabil*. 2001;82:1081–1088.
- Bolser DC, Reier PJ, Davenport PW. Responses of the anterolateral abdominal muscles during cough and expiratory threshold loading in the cat. *J Appl Physiol Bethesda Md* 1985. 2000;88:1207–1214.
- Perlstein WM, Carter CS, Noll DC, Cohen JD. Relation of prefrontal cortex dysfunction to working memory and symptoms in schizophrenia. *Am J Psychiatry*. 2001;158:1105–1113.
- Perlstein WM, Dixit NK, Carter CS, Noll DC, Cohen JD. Prefrontal cortex dysfunction mediates deficits in working memory and prepotent responding in schizophrenia. *Biol Psychiatry*. 2003;53:25–38.
- Perlstein WM, Cole MA, Demery JA, et al. Parametric manipulation of working memory load in traumatic brain injury: behavioral and neural correlates. *J Int Neuropsychol Soc JINS*. 2004;10:724–741.
- Harvey J, Finney S, Stewart L, Gillespie J. The relationship between cognition and sensation in determining when and where to void: the concept of cognitive voiding. *BJU Int*. 2012;110:1756–1761.
- Amarengo G, Ismael SS, Lagauche D, et al. Cough anal reflex: strict relationship between intravesical pressure and pelvic floor muscle electromyographic activity during cough. Urodynamic and electrophysiological study. *J Urol*. 2005;173:149–152.
- Deffieux X, Hubeaux K, Porcher R, Ismael SS, Raibaut P, Amarengo G. Pelvic floor muscle activity during coughing: altered pattern in women with stress urinary incontinence. *Urology*. 2007;70:443–7; discussion 447–8.

25. Smith MD, Coppieters MW, Hodges PW. Is balance different in women with and without stress urinary incontinence? *Neurorol Urodyn*. 2008;27:71–78.
26. Smith MD, Coppieters MW, Hodges PW. Postural activity of the pelvic floor muscles is delayed during rapid arm movements in women with stress urinary incontinence. *Int Urogynecology J*. 2007;18:901–911.
27. Madill SJ, Harvey M-A, McLean L. Women with stress urinary incontinence demonstrate motor control differences during coughing. *J Electromyogr Kinesiol*. 2010;20:804–812.
28. Fraser SA, Elliott V, de Bruin ED, Bherer L, Dumoulin C. The effects of combining videogame dancing and pelvic floor training to improve dual-task gait and cognition in women with mixed-urinary incontinence. *Games Health J*. 2014;3:172–178.
29. Li KZH, Roudaia E, Lussier M, Bherer L, Leroux A, McKinley PA. Benefits of cognitive dual-task training on balance performance in healthy older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2010;65:1344–1352.
30. Wollesen B, Voelcker-Rehage C, Willer J, Zech A, Mattes K. Feasibility study of dual-task-managing training to improve gait performance of older adults. *Aging Clin Exp Res*. 2015;27: 447–455.

**How to cite this article:** Villot A, Deffieux X, Billecoq S, Auclair L, Amarengo G, Thubert T. 2016. Influence of cognitive rehabilitation on pelvic floor muscle contraction: A randomized controlled trial. *Neurorol Urodynam* 9999:1–9.

## APPENDIX

Bland-Altman plot assessing the reliability of electromyographic measurements.



**Résumé:**

**But:** L'attention semble avoir un impact sur le fonctionnement des muscles périnéaux.

**Matériels :** L'activité électromyographique (EMG) du sphincter anal externe (SAE) a été recueillie au cours d'effort de contractions périnéales volontaires et réflexe (provoquées par la toux) réalisées en réponse à un stimulus au marteau réflexe chez des femmes volontaires saines avec et sans épreuve de charge cognitive (ECC). Le temps de réaction (RT1) correspondant à la latence entre le stimulus et le début d'activité EMG du SAE lors d'une contraction périnéale volontaire, le RT3, correspondant au temps de latence entre le début d'activité EMG du SAE et le début d'activité EMG des muscles intercostaux externes (ICE) lors d'un effort de toux, ont été mesurés. Après randomisation (1/2) 13 femmes ont bénéficié d'une rééducation en double tâche (cognitivo-musculaire) et 26 femmes constituaient le groupe témoin. Ces mêmes paramètres ont été enregistrés avant et après rééducation dans les deux groupes.

**Resultats:** Une ECC provoque un allongement du RT1 par un facteur 3,98 ( $p < 0,001$ ). Une ECC entraîne une diminution de 29% de la contraction périnéale réflexe: RT3 était respectivement de -80,00 ms sans ECC contre -56,7 ms en cas d'ECC ( $r=0,7$ ,  $p=0,0045$ ). Dans le groupe « rééducation » le RT1 en présence d'une ECC passait de 461,1 à 290,7 ms ( $r=0,6$ ,  $p=0,006$ ) contre 370 à 343 ms dans le groupe témoin ( $r=0,9$ ,  $p=NS$ ). Le RT3 dans le groupe « rééducation » en absence d'une ECC passait de -68,5 à -127,8 ms ( $r=1,9$ ,  $p=0,03$ ) et en présence d'une ECC de -42,6 ms à -59,3 ms ( $r=1,4$ ,  $p=0,04$ ).

**Conclusion:** Une rééducation spécifique corrige les effets provoqués par une ECC sur la contraction périnéale.

**Mots clefs:** muscles pelvi-périnéaux ; continence urinaire ; attention ; cognition ; double tâche ; rééducation

**Title** : Influence of distraction task on pelvic floor muscle functions

**Abstract:**

**Aims:** Attention may be involved in pelvic floor muscles (PFM)

**Methods:** The electromyographic (EMG) activity of the external anal sphincter (EAS) was recorded on healthy female volunteers, during voluntary and involuntary (induced by cough) PFM contraction, elicited by local stimulation, combined (or not) with a mental Distraction Task (DT). Reaction time (RT1), ie. the latency between stimulus and the onset of EAS EMG activity, RT3, ie. the latency between the onset of EAS EMG activity and the onset of External intercostal muscle (EIC) (cough) were measured. Following randomisation (2/1) 13 volunteers underwent dual task cognitive (an attentional test and PFM exercises) rehabilitation program and 26 were the control group (no specific instruction). RT1 and RT3 were recorded before and after the program in both group.

**Results:** The mental distraction task led to a 3.98 times greater reaction time between stimulus and EAS EMG activation (RT1), ( $p < 0.001$ ). DT led to a 29% shorter anticipation of the involuntary PFM contraction: RT3 were respectively -80.00 ms without a DT versus -56.67 ms with a DT ( $r = 0.7$ ,  $p = 0.004$ ). In the rehabilitation group RT1 in DT conditions decreased from 461.1 ms to 290.7 ms ( $r = 0.6$ ,  $p = 0.006$ ) vs 370 to 343 ms in the control group ( $r = 0.9$ ,  $p = \text{NS}$ ). In the study group RT3 without a DT increased from -68.5 ms to -127.8 ms ( $r = 1.89$ ,  $p = 0.03$ ) and from 42,6 ms to -59,3 ms with a DT ( $r = 1.4$ ,  $p = 0.04$ ).

**Conclusions:** A specific dual task rehabilitation can prevent the effect of DT on PFM contraction characteristics.

**Key words:** Pelvic floor muscles; urinary continence; attention; cognition; dual task; Rehabilitation