

**UNIVERSITE D'ANGERS**

---

**FACULTE DE MEDECINE**

---

**Année 2014**

**N° .....**

**THESE**

**pour le**

**DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN MEDECINE**

**Qualification en : MEDECINE PHYSIQUE ET READAPTATION**

**Par**

***Eva CHINIER***

**Née le 13/05/1984 à Nantes (44)**

---

**Présentée et soutenue publiquement le : 8 Juillet 2014**

---

**NEUROSTIMULATEUR DE BRINDLEY: INDICATIONS, RESULTATS,  
COMPLICATIONS ET QUALITE DE VIE DES PATIENTS**

---

**Président : Madame le Professeur RICHARD Isabelle**

**Directeur : Madame le Professeur PERROUIN-VERBE Brigitte**

# LISTE DES ENSEIGNANTS DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE D'ANGERS

---

**Doyen**  
**Vice doyen recherche**  
**Vice doyen pédagogie**

Pr. RICHARD  
Pr. PROCACCIO  
Pr. COUTANT

**Doyens Honoraires** : Pr. BIGORGNE, Pr. EMILE, Pr. REBEL, Pr. RENIER, Pr. SAINT-ANDRÉ

**Professeur Émérite** : Pr. Gilles GUY, Pr. Jean-Pierre ARNAUD

**Professeurs Honoraires** : Pr. ACHARD, Pr. ALLAIN, Pr. ALQUIER, Pr. BASLÉ, Pr. BIGORGNE, Pr. BOASSON, Pr. BOYER, Pr. BREGEON, Pr. CARBONNELLE, Pr. CARON-POITREAU, Pr. M. CAVELLAT, Pr. COUPRIS, Pr. DAUVER, Pr. DELHUMEAU, Pr. DENIS, Pr. DUBIN, Pr. EMILE, Pr. FOURNIÉ, Pr. FRANÇOIS, Pr. FRESSINAUD, Pr. GESLIN, Pr. GROSIEUX, Pr. GUY, Pr. HUREZ, Pr. JALLET, Pr. LARGET-PIET, Pr. LARRA, Pr. LIMAL, Pr. MARCAIS, Pr. PARÉ, Pr. PENNEAU, Pr. PIDHORZ, Pr. POUPLARD, Pr. RACINEUX, Pr. REBEL, Pr. RENIER, Pr. RONCERAY, Pr. SIMARD, Pr. SORET, Pr. TADEI, Pr. TRUELLE, Pr. TUCHAIS, Pr. WARTEL

## PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS

<b>MM.</b>	<b>ABRAHAM Pierre</b>	Physiologie
	<b>ASFAR Pierre</b>	Réanimation médicale
	<b>AUBÉ Christophe</b>	Radiologie et imagerie médicale
	<b>AUDRAN Maurice</b>	Rhumatologie
	<b>AZZOUZI Abdel-Rahmène</b>	Urologie
<b>Mmes</b>	<b>BARON Céline</b>	Médecine générale (professeur associé)
	<b>BARTHELAIX Annick</b>	Biologie cellulaire
<b>MM.</b>	<b>BATAILLE François-Régis</b>	Hématologie ; Transfusion
	<b>BAUFRETON Christophe</b>	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire
	<b>BEAUCHET Olivier</b>	Médecine interne, gériatrie et biologie du vieillissement
	<b>BEYDON Laurent</b>	Anesthésiologie et réanimation chirurgicale
	<b>BIZOT Pascal</b>	Chirurgie orthopédique et traumatologique
	<b>BONNEAU Dominique</b>	Génétique
	<b>BOUCHARA Jean-Philippe</b>	Parasitologie et mycologie
	<b>CALÈS Paul</b>	Gastroentérologie ; hépatologie
	<b>CAMPONE Mario</b>	Cancérologie ; radiothérapie option cancérologie
	<b>CAROLI-BOSC François-Xavier</b>	Gastroentérologie ; hépatologie
	<b>CHABASSE Dominique</b>	Parasitologie et mycologie
	<b>CHAPPARD Daniel</b>	Cytologie et histologie
	<b>COUTANT Régis</b>	Pédiatrie
	<b>COUTURIER Olivier</b>	Biophysique et Médecine nucléaire
	<b>DARSONVAL Vincent</b>	Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique ; brûlologie
	<b>de BRUX Jean-Louis</b>	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire
	<b>DESCAMPS Philippe</b>	Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale
	<b>DIQUET Bertrand</b>	Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique
	<b>DUVERGER Philippe</b>	Pédopsychiatrie
	<b>ENON Bernard</b>	Chirurgie vasculaire ; médecine vasculaire
	<b>FANELLO Serge</b>	Épidémiologie, économie de la santé et prévention
	<b>FOURNIER Henri-Dominique</b>	Anatomie
	<b>FURBER Alain</b>	Cardiologie

	<b>GAGNADOUX Frédéric</b>	Pneumologie
	<b>GARNIER François</b>	Médecine générale (professeur associé)
<b>MM.</b>	<b>GARRÉ Jean-Bernard</b>	Psychiatrie d'adultes
	<b>GINIÈS Jean-Louis</b>	Pédiatrie
	<b>GRANRY Jean-Claude</b>	Anesthésiologie et réanimation chirurgicale
	<b>HAMY Antoine</b>	Chirurgie générale
	<b>HUEZ Jean-François</b>	Médecine générale
<b>Mme</b>	<b>HUNAUT-BERGER Mathilde</b>	Hématologie ; transfusion
<b>M.</b>	<b>IFRAH Norbert</b>	Hématologie ; transfusion
<b>Mmes</b>	<b>JEANNIN Pascale</b>	Immunologie
	<b>JOLY-GUILLOU Marie-Laure</b>	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière
<b>MM.</b>	<b>LACCOURREYE Laurent</b>	Oto-rhino-laryngologie
	<b>LASOCKI Sigismond</b>	Anesthésiologie et réanimation ; médecine d'urgence option anesthésiologie et réanimation
	<b>LAUMONIER Frédéric</b>	Chirurgie infantile
	<b>LE JEUNE Jean-Jacques</b>	Biophysique et médecine nucléaire
	<b>LEFTHÉRIOTIS Georges</b>	Physiologie
	<b>LEGRAND Erick</b>	Rhumatologie
	<b>LEROLLE Nicolas</b>	Réanimation médicale
<b>Mme</b>	<b>LUNEL-FABIANI Françoise</b>	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière
<b>MM.</b>	<b>MALTHIÉRY Yves</b>	Biochimie et biologie moléculaire
	<b>MARTIN Ludovic</b>	Dermato-vénéréologie
	<b>MENEI Philippe</b>	Neurochirurgie
	<b>MERCAT Alain</b>	Réanimation médicale
	<b>MERCIER Philippe</b>	Anatomie
<b>Mmes</b>	<b>NGUYEN Sylvie</b>	Pédiatrie
	<b>PENNEAU-FONTBONNE Dominique</b>	Médecine et santé au travail
<b>MM.</b>	<b>PICHARD Eric</b>	Maladies infectieuses ; maladies tropicales
	<b>PICQUET Jean</b>	Chirurgie vasculaire ; médecine vasculaire
	<b>PODEVIN Guillaume</b>	Chirurgie infantile
	<b>PROCACCIO Vincent</b>	Génétique
	<b>PRUNIER Fabrice</b>	Cardiologie
	<b>REYNIER Pascal</b>	Biochimie et biologie moléculaire
<b>Mme</b>	<b>RICHARD Isabelle</b>	Médecine physique et de réadaptation
<b>MM.</b>	<b>RODIEN Patrice</b>	Endocrinologie et maladies métaboliques
	<b>ROHMER Vincent</b>	Endocrinologie et maladies métaboliques
	<b>ROQUELAURE Yves</b>	Médecine et santé au travail
<b>Mmes</b>	<b>ROUGÉ-MAILLART Clotilde</b>	Médecine légale et droit de la santé
	<b>ROUSSELET Marie-Christine</b>	Anatomie et cytologie pathologiques
<b>MM.</b>	<b>ROY Pierre-Marie</b>	Thérapeutique ; médecine d'urgence ; addictologie
	<b>SAINT-ANDRÉ Jean-Paul</b>	Anatomie et cytologie pathologiques
	<b>SENTILHES Loic</b>	Gynécologie-obstétrique
	<b>SUBRA Jean-François</b>	Néphrologie
	<b>URBAN Thierry</b>	Pneumologie
	<b>VERNY Christophe</b>	Neurologie
	<b>VERRET Jean-Luc</b>	Dermato-vénéréologie
<b>MM.</b>	<b>WILLOTEAUX Serge</b>	Radiologie et imagerie médicale
	<b>ZANDECKI Marc</b>	Hématologie ; transfusion

## MAÎTRES DE CONFÉRENCES

<b>MM.</b>	<b>ANNAIX Claude</b> <b>ANNWEILER Cédric</b>	Biophysique et médecine nucléaire Médecine interne, gériatrie et biologie du vieillissement ; médecine générale ; addictologie option , gériatrie et biologie du vieillissement
<b>Mmes</b>	<b>BEAUVILLAIN Céline</b> <b>BELIZNA Cristina</b> <b>BLANCHET Odile</b>	Immunologie Médecine interne, gériatrie et biologie du vieillissement Hématologie ; transfusion
<b>M.</b>	<b>BOURSIER Jérôme</b>	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie
<b>Mme</b>	<b>BOUTON Céline</b>	Médecine générale (maître de conférences associé)
<b>MM.</b>	<b>CAILLIEZ Éric</b> <b>CAPITAIN Olivier</b> <b>CHEVAILLER Alain</b>	Médecine générale (maître de conférences associé) Cancérologie ; radiothérapie Immunologie
<b>Mme</b>	<b>CHEVALIER Sylvie</b>	Biologie cellulaire
<b>MM.</b>	<b>CONNAN Laurent</b> <b>CRONIER Patrick</b> <b>CUSTAUD Marc-Antoine</b>	Médecine générale (maître de conférences associé) Anatomie Physiologie
<b>Mme</b>	<b>DUCANCELLE Alexandra</b>	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière
<b>MM.</b>	<b>DUCLUZEAU Pierre-Henri</b> <b>FORTRAT Jacques-Olivier</b> <b>HINDRE François</b> <b>JEANGUILLAUME Christian</b>	Nutrition Physiologie Biophysique et médecine nucléaire Biophysique et médecine nucléaire
<b>Mme</b>	<b>JOUSSET-THULLIER Nathalie</b>	Médecine légale et droit de la santé
<b>MM.</b>	<b>LACOEUILLE Franck</b> <b>LETOURNEL Franck</b>	Biophysique et médecine nucléaire Biologie cellulaire
<b>Mmes</b>	<b>LOISEAU-MAINGOT Dominique</b> <b>MARCHAND-LI BOUBAN Hélène</b> <b>MAY-PANLOUP Pascale</b>	Biochimie et biologie moléculaire Biologie cellulaire Biologie et médecine du développement et de la reproduction
	<b>MESLIER Nicole</b>	Physiologie
<b>MM.</b>	<b>MOUILLIE Jean-Marc</b> <b>PAPON Xavier</b>	<i>Philosophie</i> Anatomie
<b>Mmes</b>	<b>PASCO-PAPON Anne</b> <b>PELLIER Isabelle</b> <b>PENCHAUD Anne-Laurence</b>	Radiologie et Imagerie médicale Pédiatrie <i>Sociologie</i>
<b>M.</b>	<b>PIHET Marc</b>	Parasitologie et mycologie
<b>Mme</b>	<b>PRUNIER Delphine</b>	Biochimie et biologie moléculaire
<b>M.</b>	<b>PUISSANT Hugues</b>	Génétique
<b>Mmes</b>	<b>ROUSSEAU Audrey</b> <b>SAVAGNER Frédérique</b>	Anatomie et cytologie pathologiques Biochimie et biologie moléculaire
<b>MM.</b>	<b>SIMARD Gilles</b> <b>TURCANT Alain</b>	Biochimie et biologie moléculaire Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique

# COMPOSITION DU JURY

**Président du jury :**

**Madame le Professeur RICHARD Isabelle**

**Directeur de thèse :**

**Madame le Professeur PERROUIN-VERBE Brigitte**

**Membres du jury :**

**Monsieur le Professeur AZZOUZI Abdel-Rahmène**

**Monsieur le Docteur CHAUTARD Denis**

**Monsieur le Docteur EGON Guy**

**Monsieur le Professeur MENEI Philippe**

**Madame le Professeur PERROUIN-VERBE Brigitte**

# REMERCIEMENTS

Aux membres du jury,

A Jean-Michel,

A ma famille,

A mes amis,

A mes collègues.

# LISTE DES ABREVIATIONS

HRA = Hyper-Réflexie Autonome

LCS = Liquide Cérébro-Spinal

Coll. = Collègues

STIC = Soutien aux Techniques Innovantes Coûteuses

CHU = Centre Hospitalo-Universitaire

# PLAN

INTRODUCTION .....4

BIBLIOGRAPHIE.....22

LISTE DES FIGURES .....27

LISTE DES TABLEAUX.....28

SOMMAIRE.....29

LISTE DES MANUSCRITS .....38



# INTRODUCTION

Les neurostimulateurs de Brindley sont des dispositifs utilisés depuis les années 80 chez certains patients ayant une lésion médullaire complète. Ce dispositif implanté permet d'acquérir des mictions électro-induites grâce à des stimulations intermittentes des racines sacrées antérieures.

Nous aborderons successivement les bases physiologiques du fonctionnement du neurostimulateur, les différentes techniques chirurgicales décrites pour leur implantation, les résultats cliniques et urodynamiques attendus et un retour d'expérience de patients implantés d'un neurostimulateur de Brindley.

Nous présenterons enfin trois manuscrits rédigés dans le cadre de cette thèse. Ils sont intitulés :

- « Predictive factors of stress incontinence after posterior sacral rhizotomy »
- « Efficiency and main complications in management of spastic bladder in spinal cord injured patients after sacral anterior roots stimulation combined with sacral dorsal roots rhizotomy »
- « The effect of using electro-induced micturition on specific impact of urinary disorders on quality of life in patients with spinal cord injury : a longitudinal analysis »

## **1. Néo-physiopathologie des neuro-vessies des patients lésés médullaires**

Chez le patient lésé médullaire supra-sacrée, après la période de choc spinal, le fonctionnement vésico-sphinctérien le plus fréquent associe une hyperactivité détrusorienne et une dysnergie vésico-sphinctérienne (1,2). La dysnergie vésico-sphinctérienne associe une contraction détrusorienne à une contraction involontaire des muscles striés urétraux ou périurétraux (3). Ce néo-fonctionnement vésico-sphinctérien peut être à l'origine de diverses complications.

### **a. Les complications des neuro-vessies chez le patient lésé médullaire**

Les principales complications de la dysnergie vésico-sphinctérienne sont la persistance d'un résidu d'urine qui peut induire des infections urinaires à répétition et/ou des calculs urinaires de stase et un régime de fonctionnement à haute pression qui peut conduire à la détérioration du haut appareil urinaire. L'hyperactivité détrusorienne quant à elle peut induire des fuites urinaires causées par des contractions détrusoriennes désinhibées. Une forme sévère d'incontinence urinaire peut conduire à une fragilité cutanée, à un inconfort mais aussi avoir un retentissement social majeur (4,5). De plus, en cas de niveau lésionnel  $\geq T5$ , une hyperactivité détrusorienne peut induire des poussées d'Hyper-Réflexie Autonome aussi appelées HRA.

C'est l'association d'une hyperactivité détrusorienne et d'une dysnergie vésico-sphinctérienne qui est le plus à risque de complications, puisqu'elle induit un fonctionnement vésical à haut régime de pression. En effet, un fonctionnement vésical à haut régime de pression peut se compliquer d'un reflux vésico-urétéral puis d'une urétéro-hydronephrose bilatérale, d'infections urinaires à répétition, de calculs urinaires de stase et enfin mener à une dégradation progressive du haut appareil urinaire jusqu'à une insuffisance rénale (1).

### **b. La prise en charge usuelle des neuro-vessies chez le patient lésé médullaire**

Les deux principaux objectifs de prise en charge des neuro-vessies après lésion médullaire sont :

- des objectifs médicaux de protection du haut appareil grâce au contrôle de la pression intravésicale afin de diminuer drastiquement la morbi-mortalité liée aux troubles vésico-sphinctériens (5)
- des objectifs de qualité de vie du patient

Le GENULF (Groupe d'Etude en Neuro-Urologie en Langue Française) a publié des recommandations de suivi des neuro-vessies après lésion médullaire (6). La figure 1 représente un algorithme de prise en charge des neuro-vessies après lésion médullaire fait par l'équipe nantaise.

Le gold standard est l'obtention d'un fonctionnement vésical à basse pression associant une vidange vésicale par sondages intermittents et l'abolition des contractions détrusoriennes désinhibées lors du remplissage vésical grâce à un traitement par parasymphicolitique (7). En cas d'échec ou d'intolérance à ce traitement, des injections de toxine botulinique intra-détrusoriennes peuvent être proposées. Et en cas d'échec du traitement conservateur de l'hyperactivité détrusorienne, il peut être proposé un traitement chirurgical par enterocystoplastie d'agrandissement ou par désafférentation sacrée (8).

Lorsque les sondages intermittents ne sont pas possibles, il peut être envisagé, chez les femmes, une dérivation continente ou non des urines et chez les hommes, des mictions réflexes associées à l'ouverture des voies sous-vésicales par sphinctérotomie ± cervicotomie.

Parfois, l'implantation d'un neurostimulateur de Brindley peut être indiquée. Le neurostimulateur de Brindley est un stimulateur implanté indiqué chez certains patients ayant une lésion médullaire complète avec des troubles vésico-sphinctériens sévères. L'objectif de ce système est de permettre des mictions électro-induites. Il peut également être une aide à l'exonération ou permettre des érections électro-induites.

## **2. Les neurostimulateurs de Brindley**

### **a. Indications**

Peu de patients sont éligibles à l'implantation d'un neurostimulateur de Brindley (9). Seuls les patients adultes ayant une lésion médullaire supra-conale sans atteinte des voies sacrées motrices sont concernés. De plus, il faut attendre une stabilisation du statut neuro-urologique, au moins un an après la survenue de la lésion médullaire, avant d'envisager l'implantation d'un neurostimulateur de Brindley (5).

En pratique, il existe trois principales indications (Figure 1) :

- Les patients pouvant réaliser des auto-sondages intermittents mais dont l'hyperactivité détrusorienne échappe aux traitements conservateurs. Le neurostimulateur de Brindley sera alors une alternative à l'entérocystoplastie d'agrandissement ou à la désafférentation sacrée
- Les hommes ne pouvant pas réaliser d'auto-sondage intermittent et qui ne souhaitent pas réaliser de mictions réflexes. Le neurostimulateur de Brindley sera alors une alternative à une chirurgie d'ouverture des voies urinaires sous-vésicales (sphinctérotomie ± cervicotomie ± résection transurétrale de prostate) en vue d'utiliser des mictions réflexes
- Les femmes ne pouvant pas réaliser d'auto-sondage intermittent. Le neurostimulateur de Brindley sera alors une alternative à une chirurgie de dérivation des urines

En plus du nombre limité d'indications, il faut rechercher les contre-indications à la réalisation d'une désafférentation sacrée. En effet, lors de l'implantation des électrodes de stimulation, le geste chirurgical sera toujours associé à une désafférentation sacrée. Les contre-indications de la désafférentation sacrée sont :

- La persistance d'érections réflexes chez les hommes
- La présence d'une lésion médullaire préservant la sensibilité dans les territoires sacrés

Enfin, les patients qui sont éligibles à cette chirurgie devront tous avoir un bilan pré-opératoire qui regroupe une évaluation de la contractilité du détrusor, la recherche de contre-indications au geste opératoire et la recherche de facteurs de risque de survenue d'une incontinence urinaire d'effort secondaire. Le détail de ce bilan pré-opératoire est présenté dans le manuscrit intitulé « Predictive factors of stress incontinence after posterior sacral rhizotomy » (10).

## **b. Historique**

### **Une idée originale**

C'est en 1954 que les premiers travaux de recherche sur le développement de mictions électro-induites chez le patient lésé médullaire ont débuté. Les stimulations étaient réalisées directement sur le muscle détrusor ou au niveau du cône médullaire ou sur les nerfs splanchniques pelviens ou sur les racines sacrées antérieures (11). Ces travaux de physiologie ont amené au développement par le Professeur Giles Brindley, un physiologiste anglais, d'un système de stimulation des racines sacrées antérieures implanté au niveau de la queue de cheval permettant d'obtenir de manière fiable et répétée des mictions électro-induites (12).

Les premiers tests de stimulations électriques ont été réalisés chez le babouin au *Medical Research Council Neurological Prosthesis Unit* à Londres de 1969 à 1977 (13). Ceux-ci se sont révélés infructueux car la stimulation des racines sacrées antérieures induisait non seulement une contraction du détrusor mais aussi des sphincters (14). La première miction électro-induite est obtenue avec succès chez un chien en février 1972 (15). Le premier patient a été implanté en 1976 à Londres, sans obtenir de miction électro-induite à cause du caractère douloureux des stimulations (16). Les deuxième et troisième patients, implantés en 1978, ont tous les deux pu utiliser le neurostimulateur et ont obtenu des mictions électro-induites efficaces (16).

En 1985, on comptait 50 patients porteurs d'un neurostimulateur de Brindley à travers le monde (13); en 1990, 300 patients (17) ; en 1992, 500 patients (18) ; en 2001, plus de 1600 patients (5).

### **Le perfectionnement de la technique**

Lors des premières implantations de neurostimulateurs de Brindley, il n'était pas réalisé de désafférentation des racines sacrées postérieures lors de la pose des électrodes de stimulation. Cette procédure est devenue partie intégrante de l'implantation d'un neurostimulateur suite au constat que les patients qui présentaient des lésions per-opératoires « fortuites » des racines sacrées postérieures possédaient des mictions électro-induites de meilleure qualité.

La désafférentation était initialement moins complète car seules les racines S<sub>2</sub> et S<sub>3</sub> étaient sectionnées. Ce n'est qu'en 1986, que la désafférentation a été étendue à la racine S<sub>4</sub> (11).

## **c. Le matériel**

Le neurostimulateur de Brindley comporte deux parties : une partie externe et une partie implantée.

La partie implantée est elle-même composée de 3 parties : les électrodes, les câbles et le récepteur (Figure 2). Les électrodes sont reliées par des câbles au récepteur. Les câbles sont composés d'un alliage de 90% de platinium et 10% d'iridium entouré de silicone (11). Il existe deux types d'électrodes en fonction de la technique opératoire utilisée : les électrodes intradurales et les électrodes extradurales. Tous ces appareils ont été créés par le *Medical Research Council Neurological Protheses Unit* de Londres et ont été produits par la même entreprise à Welwyn Garden City en Angleterre, *Finetech Medical Ltd* (13).

- La partie implantée

Les électrodes utilisées pour une implantation intradurale possèdent à leur extrémité des fentes permettant de fixer les racines sacrées. Chaque électrode possède une cathode entourée de deux anodes afin d'éviter de stimuler les structures avoisinantes (11) (Figure 3).

Il existe plusieurs types de stimulateurs en fonction du nombre de voies de stimulation. Les stimulateurs les plus fréquemment utilisés sont les stimulateurs trois voies (18). Ils possèdent une voie de stimulation par paire de racines sacrées antérieures.

La partie implantée ne contient pas de batterie et reçoit l'énergie nécessaire à son fonctionnement par radiotransmission d'ondes électromagnétiques entre l'émetteur et le récepteur (5).

- La partie externe

Cette partie du stimulateur est composée d'un bloc transmetteur qui doit être posé en regard du récepteur afin de déclencher une stimulation (Figure 4).

**d. Technique chirurgicale**

L'implantation d'un neurostimulateur est faite en un seul temps chirurgical. Elle consiste en l'implantation d'électrodes de stimulation, en intradural ou extradural, accompagnée de la section des racines sacrées postérieures. La durée opératoire est en moyenne de 4h30-5h.

Plusieurs techniques chirurgicales ont été décrites dans la littérature en fonction de la voie d'accès aux racines sacrées : la technique intradurale qui est la technique princeps décrite par le Professeur G. Brindley, la technique extradural décrite par le Docteur Sauerwein, la technique de Barcelone et la technique « tout sacrée » décrite par le Professeur Hamel à Nantes. Ces différentes techniques ont chacune leurs avantages et inconvénients qui sont détaillés dans le tableau 1.

- Technique intra-durale

Une laminectomie L<sub>4-5</sub> et une laminectomie S<sub>1-2</sub> permettent d'exposer la dure-mère sur 10-12 centimètres. La dure-mère est ensuite ouverte pour accéder aux racines (19).

Les racines sacrées sont identifiées en fonction de leur localisation, de leur taille et de leurs réponses somatiques et viscérales à la stimulation, évaluées en monitorant la réponse du sphincter anal par électromyogramme et celle du détrusor par cystomanométrie. Il est également prêté une attention particulière au suivi de la pression artérielle durant la chirurgie afin de dépister la survenue d'une hyper-réflexie autonome per-opératoire.

Lors des stimulations somatiques, la stimulation de  $S_2$  induit une contraction du triceps sural, du moyen fessier et du biceps fémoral. La stimulation de la racine  $S_3$  induit une contraction du plancher pelvien dont des muscles ischio-caverneux et des fléchisseurs des orteils. La stimulation de  $S_4$  induit une contraction du plancher pelvien. Les sphincters anaux et urétraux sont principalement innervés par  $S_4$  mais aussi par  $S_3$  et  $S_2$ . L'innervation du détrusor est variable. Une contraction du détrusor est observée lors de la stimulation de  $S_3$  ou  $S_4$  mais aussi parfois par stimulation de  $S_2$  (11,20,21).

Une fois les racines sacrées identifiées, la radicotomie des racines sacrées postérieures est réalisée de manière bilatérale de  $S_2$  à  $S_4$  sur au moins 2 centimètres de longueur. Ensuite les racines sacrées antérieures sont placées dans les fentes des électrodes de stimulation et l'étanchéité de la dure-mère à la sortie des câbles est assurée par un manchon siliconé. Les électrodes sont ensuite connectées, par un trajet tunnelisé, au récepteur qui est placé en sous-cutané en regard du flanc du patient.

Les complications per-opératoires possibles de cette technique chirurgicale sont un risque de fuite du liquide cérébro-spinal et un risque de lésion des racines sacrées motrices. De plus, en intradural, il peut être difficile d'identifier et d'isoler les différentes racines sacrées.

#### - Technique extra-durale

Cette technique décrite par le Docteur Sauerwein a été réalisée pour la première fois en 1982 (22). Elle associe une désafférentation sacrée et l'implantation des électrodes par voie extradurale. Le principal avantage de cette technique est de diminuer le risque de fuites de liquide cérébro-spinal car il n'y a pas d'ouverture de la dure-mère (23). La technique extradurale nécessite une laminectomie  $S_{1-3} \pm L_5$  et une désafférentation réalisée au niveau des ganglions nerveux de  $S_2$ ,  $S_3$  et  $S_4$  de manière bilatérale. Les électrodes de stimulation implantées en extradural sont cousues autour de chacune des racines sacrées par un ruban de silicone renforcé de polyéthylène téréphtalate (11).

Les principales complications per-opératoires possibles de cette technique sont une majoration du risque hémorragique, du risque de lésion des racines sacrées et de désafférentation incomplète. Pour ces trois raisons, cette technique n'est pas recommandée par le Professeur Brindley. En pratique, la technique extradurale est uniquement proposée en cas d'arachnoïdite (24). Lors d'étude post-mortem, il semble toutefois que la désafférentation des racines sacrées obtenue par cette technique peut être d'aussi bonne qualité que la désafférentation par voie intradurale (25).

#### - Technique de Barcelone

La technique de Barcelone est la plus utilisée à travers le monde. C'est également la technique recommandée en première intention par le Professeur Brindley. Elle a été décrite par Sarrias (26). Cette technique associe l'implantation d'électrodes en extradural et une désafférentation au niveau du cône médullaire. La désafférentation intradurale au cône est permise grâce à une laminectomie de  $T_{12}$ - $L_1$  et la pose des électrodes est extra-durale grâce à une laminectomie  $S_{2-4}$ .

Le principal avantage de cette technique est de diminuer le risque de lésion des racines sacrées antérieures car au niveau du cône médullaire, les racines sacrées antérieures et postérieures sont parfaitement séparées. De plus, au niveau du cône médullaire, les racines sont protégées par la dure-mère. Les inconvénients de cette technique sont qu'elle est plus longue que les autres techniques chirurgicales, que la laminectomie  $T_{12}$ - $L_1$  peut avoir des conséquences sur la stabilité du rachis et qu'elle nécessite un double abord chirurgical.

- Technique tout sacrée

Cette technique décrite par Hamel et coll. en 2004, associe une seule laminectomie sacrée pour la désafférentation et la pose des électrodes (24). Il y a y une seule incision qui est réalisée de L<sub>5</sub> au hiatus sacré. La désafférentation est faite au niveau du cul-de-sac dural. La stimulation des racines sacrée est extradurale.

Les objectifs de cette technique sont d'être au moins aussi rapide que la technique intra-durale, de diminuer le risque de lésion des racines sacrées antérieures et de permettre une désafférentation complète. Le repérage des racines au cul de sac dural est simplifié car les racines sont étagées à leur sortie de la dure-mère. Il y a de plus un bénéfice théorique qui est de limiter la déstabilisation secondaire rachis grâce à la voie d'abord sacrée.

**Prise en charge des suites opératoires**

En post-opératoire, les patients doivent respecter un alitement strict de cinq jours pour limiter le risque de fuite de liquide cérébro-spinal lié à l'ouverture de la dure-mère (9).

Ce n'est que sept jours après la chirurgie que les paramètres de stimulation sont rentrés et le patient commence à se stimuler. Ce délai permet d'attendre la diminution de l'irritation des racines sacrées liée à la chirurgie. Il existe ensuite une période d'ajustement individuel des paramètres de stimulation.

**e. Objectifs des neurostimulateurs de Brindley**

Les objectifs pré-opératoires principaux de l'implantation d'un neurostimulateur de Brindley sont de permettre des mictions électro-induites complètes et une continence.

En plus de ces objectifs, il existe de nombreux autres bénéfices attendus. Nous allons distinguer les bénéfices attendus liés à la section de racines sacrées postérieures et ceux liés à la pose d'électrodes de stimulation sur les racines sacrées antérieures.

**La section des racines sacrées postérieures**

Initialement, de nombreuses équipes se sont opposées à la réalisation d'une désafférentation sacrée (22). La première section des racines sacrées postérieures a été réalisée en 1981 dans le but d'améliorer la continence (18). Les bénéfices de la réalisation d'une section des racines sacrées postérieures de S<sub>2</sub> à S<sub>4</sub> sur le haut appareil urinaire ont pour la première fois été soulignés par Docteur Sauerwein en 1986. De nos jours, il est clairement démontré que les résultats des neurostimulateurs de Brindley sont beaucoup moins bons si le patient n'a pas bénéficié d'une radicotomie sacrée (18). Ainsi, la section des racines sacrées postérieures de S<sub>2</sub> à S<sub>4</sub> est de nos jours toujours associée à l'implantation des électrodes de stimulation.

L'objectif principal de la désafférentation est de permettre un remplissage vésical à basse pression. En effet, la désafférentation permet de (21) :

- Rétablir une phase de stockage des urines par l'abolition des contractions détrusoriennes désinhibées (14) ce qui permet de réduire l'utilisation d'anticholinergiques (5), d'abolir l'incontinence sur contractions détrusoriennes désinhibées et permet au patient d'être continent (13,27,28)

- Optimiser la compliance vésicale en retirant la part réflexe des troubles de la compliance (13,28,29)
- Abolir la dysnergie vésico-sphinctérienne qui permet de diminuer le résidu post-mictionnel et donc de diminuer le nombre d'infections urinaires (5,13,14)
- Augmenter la capacité vésicale ce qui permet de ne réaliser en moyenne que 4 stimulations par jour (18,28)

Les bénéfices secondaires de la désafférentation sacrée sont :

- Abolir les dysrélaxies à points de départ vésico-sphinctérien ou ano-rectal (30)
- Diminuer le risque de lésion rénale lié au stockage des urines à basse pression, de reflux vésico-urétéral et de la dilatation du haut appareil (18)

Les implications d'une désafférentation sacrée sont :

- Perte de la sensibilité sacrée des territoires S<sub>2</sub> à S<sub>4</sub>
- Perte des érections réflexes chez l'homme
- Modification du fonctionnement ano-rectal nécessitant un période d'adaptation (5)

### **La stimulation des racines sacrées antérieures**

L'objectif principal de la stimulation des racines sacrées antérieures est de permettre des mictions électro-induites complètes sur demande. C'est la stimulation des racines sacrées antérieures qui permet la contraction efficace du détrusor. Cependant, la stimulation continue des racines sacrées antérieures ne permet pas de miction complète car elle induit non seulement une contraction du détrusor mais également des muscles striés tel que le sphincter strié urétral (14).

C'est grâce à des stimulations intermittentes des racines sacrées antérieures que les mictions électro-induites sont possibles. C'est la différence entre la durée de contraction et de relaxation des muscles striés et des muscles lisses et l'ajustement personnalisé des paramètres de stimulation que la miction est possible. En effet, à l'interruption de la stimulation, l'association de la relaxation rapide des muscles striés, tels que le sphincter urétral, et de la longue période réfractaire des muscles lisses, tels que le muscle détrusor, permet la miction (13). C'est en moyenne après la deuxième ou la troisième impulsion de stimulation, aussi appelée « bursts », que la miction débute. Il faut environ quatre à dix « bursts » pour vider la vessie (11). Le nombre de « bursts » nécessaire varie en fonctions du volume vésical, de la contractilité du détrusor et de la sévérité de la dysnergie vésico-sphinctérienne induite électriquement. Le principal objectif de l'optimisation des paramètres de stimulation sera de définir la durée et l'intensité des impulsions électriques afin d'optimiser la durée et les pics d'amplitude de contraction du détrusor. Ainsi, le nombre de « bursts » nécessaires pour la vidange complète de la vessie est un bon indicateur de l'optimisation des paramètres de stimulation.

Les bénéfices secondaires à la stimulation des racines sacrées antérieures sont variables. En voici quelques-uns:

- Réduire l'utilisation des sondages urinaires intermittents (5) et donc les complications liées à leur usage (31)
- Faciliter l'exonération, diminuer le temps passé aux toilettes (32) mais aussi réduire l'utilisation de suppositoires permettant de déclencher le réflexe recto-anal (5) et abolir les épisodes de constipation sévère (32). En effet, les voies sympathiques et somatiques sacrées innervent également la partie distale du colon et du rectum

- Permettre des érections électro-induites (33) qui peuvent faciliter la pose d'étuis péniens en cas de fuites urinaires (34) ± permettre la pénétration ± permettre les coïts

### **3. Résultats**

On ne répertorie pas moins de 26 études qui se sont intéressées aux résultats des neurostimulateurs de Brindley (1,5,11,13,14,17,18,21–23,26,27,29,32,34–45). En 2011, Martens et coll. ont réalisé une méta-analyse de ces résultats. Mais la plupart de ces études font un screening uniquement descriptif de leur série de patients sans stratifier leurs résultats. Il est ainsi très difficile de faire une synthèse satisfaisante de ces résultats et ce pour plusieurs raisons :

- Il n'y a pas de consensus sur la définition de l'efficacité d'un neurostimulateur de Brindley
- Il n'y a également pas, dans les premières séries publiées dans les années 1980, de consensus sur la technique chirurgicale utilisée car certains patients n'avaient pas bénéficié d'une désafférentation sacrée
- Enfin, il n'y a pas de stratification des résultats concernant l'efficacité des neurostimulateurs en fonction de la durée de suivi des patients

#### **a. Résultats cliniques**

Les résultats en terme d'utilisations des mictions électro-induites, d'exonération électro-aidée, d'érections électro-induites et de continence sont détaillés dans le tableau 2.

##### **- Mictions électro-induites**

L'acquisition de mictions électro-induites est l'objectif principal de l'implantation des neurostimulateurs.

Peu d'études se sont intéressées à l'efficacité des mictions électro-induites au cours de la première année. Une seule étude multicentrique prospective (n=23) rédigée par Creasey et coll. a étudié l'efficacité des mictions électro-induites au cours de la première année (5). A un an de la chirurgie, 18 patients (78.2%) avaient des mictions électro-induites permettant d'uriner 200mL et chez 15 patients (65.2%) d'uriner 200mL avec des résidus post-mictionnels ≤ 50mL (5). Dans une étude rétrospective (n=47), Van Kerrebroeck et coll ont décrit que 82% de leurs patients obtenaient à six mois post-opératoire des mictions électro-induites avec un résidu ≤ 30mL (9).

Un autre objectif est le maintien des mictions électro-induites plusieurs années après l'implantation du neurostimulateur. Les résultats à long terme de l'utilisation des neurostimulateurs de Brindley sont disponibles dans le tableau 2. En ne reprenant que les résultats des 4 études ayant inclus plus de 100 patients, 86 à 95% des patients ont des mictions électro-induites lors de la dernière consultation de suivi (tableau 2) (11,18,42,43). Toutefois, ce chiffre est probablement surestimé car la qualité des mictions électro-induites n'est pas toujours précisée. En effet, certaines études ne précisent pas la valeur du résidu post-mictionnel, ni si un autre mode de drainage est associé à l'utilisation du neurostimulateur. Cette nuance peut être appréciée en comparant les résultats des colonnes « mictions électro-induites » et « mictions électro-induites avec résidu post-mictionnel » dans le tableau 2.

Peu d'études ont comparé les résultats à court et à long terme des neurostimulateurs de Brindley. Dans notre étude intitulée « Efficiency and main complications in management of spastic bladder in spinal cord



injured patients after sacral anterior roots stimulation combined with sacral dorsal roots rhizotomy », nous avons suivi si le nombre de patient ayant des mictions électro-induites restait stable au cours du temps. Nous avons montré que certains patients perdaient la capacité d'avoir des mictions électro-induites suite à des complications tardives. Le Professeur Brindley a lui aussi repris les résultats des 50 premiers patients implantés à quatre ans d'intervalle (13,17). Ils ont également constaté que certains patients avaient perdu secondairement la capacité d'avoir des mictions électro-induites liées à des complications matérielles (17). Ces complications seront abordées dans la partie dédiée aux complications tardives.

#### - Exonération électro-aidée

Dans les mois suivant la désafférentation sacrée, l'équilibre ano-rectal est modifié. Initialement, les patients sont plus constipés (14), mais après une période d'adaptation et le début des stimulations, il existe un réel bénéfice décrit par les patients avec une augmentation de la fréquence des selles (13,14).

Dans une étude prospective de Mac Donagh et coll., 100% des patients (n=12) présentaient des exonérations électro-aidées complètes dont 50% (n=6) sans évacuation digitale associée. Ils soulignaient également que le neurostimulateur permettait de diminuer l'utilisation des lavements intestinaux, du temps passé à la selle et des hospitalisations pour constipation sévère (32).

De plus, dans une étude contrôlée, Binnie et coll. ont étudié la variation des paramètres manométriques au cours de la stimulation des racines sacrées antérieures  $S_{2-3-4}$ . La stimulation permettait d'accélérer la motilité du colon transverse et du colon gauche ce qui facilite la vidange du tube digestif distal (Binnie 1991). La stimulation des racines sacrées antérieures n'ayant pas d'effet sur la motilité du colon droit et bien que le transit soit significativement accéléré, il n'y a pas d'effet sur l'hydratation des selles.

En pratique, il semble que 56-70% des patients utilisent le mode d'aide à l'exonération du neurostimulateur de Brindley (34) (Tableau 2).

#### - Erections électro-induites

41-71% des hommes ont des érections électro-induites dont 25-55% leur permettent un coït (34). Mais, le nombre de patient pouvant avoir des rapports sexuels grâce aux érections électro-induites est sous-estimé. Egon et coll., ont souligné cette nuance. Dans leur série, 46 hommes (n=65) avaient des érections électro-induites complètes mais seulement 17 patients les utilisaient pour les rapports sexuels (11). 22 patients ne les utilisaient pas pour les rapports sexuels car ils n'en n'avaient pas l'occasion (17 patients sont célibataires et 5 patients sont mariés mais n'ont pas de rapports sexuels). Seulement 7 patients considéraient que les érections électro-induites étaient insuffisantes pour permettre une pénétration.

Il semble qu'il y ait une dégradation possible de la qualité des érections avec le temps (13,17,23). Les mécanismes de cette dégradation ne sont pas connus.

#### - Continence

Alors que la désafférentation sacrée complète permet l'abolition des fuites urinaires sur contractions détrusoriennes désinhibées, elle est aussi responsable d'une perte de la contraction du sphincter strié urétral à l'effort. Dans notre étude intitulée « Predictive factors of stress incontinence after posterior sacral rhizotomy », 10.4% des patients avaient, un an après la désafférentation complète, une incontinence urinaire d'effort (n=96) (10).

Nos résultats sont en accord avec les données de la littérature. Une continence complète est rapportée chez 68 à 91% des patients (34). Mais, ce résultat est à interpréter avec précautions. En effet, dans la littérature, les taux d'incontinence après désafférentation sacrée sont variables pour plusieurs raisons :

La première raison est que toutes ces études ne distinguent pas l'incontinence urinaire d'effort et l'incontinence urinaire sur persistance de contractions détrusoriennes désinhibées. Par exemple, dans les premières études des années 1980, la désafférentation n'étaient pas encore systématique (13). Vastenholt et coll. ont bien fait cette distinction et répertoriait 16% d'incontinence urinaire d'effort secondaire mais sans préciser leur degré de sévérité (34). De plus, toutes les études ne considéraient pas comme incontinents les patients qui avaient une incontinence urinaire modérée. Enfin, certaines études ne considéraient pas comme incontinents des patients qui ont bénéficié de la pose de sphincters urinaires artificiels en post-opératoire (42,43).

La dernière raison est que certaines équipes excluaient en pré-opératoire des patients qui auraient été à risque de développer une incontinence urinaire d'effort après la désafférentation sacrée. Par exemple, dans leur étude prospective Creasey and coll. ont exclu les patients qui avaient des antécédents de traumatisme ou de chirurgie urétrale (5). Dans notre article intitulé « Predictive factors of stress incontinence after sacral deafferentation », nous avons recherché des facteurs prédictifs de survenue d'une incontinence urinaire d'effort un an après désafférentation complète. Parmi sept facteurs (âge, genre, niveau lésionnel entre T<sub>10</sub> et L<sub>2</sub>, antécédents de chirurgie urétrale, incompétence du col vésical, pression de clôture urétrale inférieure à 30 cmH<sub>2</sub>O, compliance inférieure à 30 ml/cmH<sub>2</sub>O), un seul facteur est statistiquement lié au risque de survenue d'une incontinence qui est l'incompétence du col vésical (10).

Pour améliorer la continence, lors des débuts de la technique de Brindley, quelques patients ont bénéficié de stimulations continues des rhabdosphincters via le neurostimulateur pour aider à la continence notamment pour la nuit lorsque la désafférentation n'est pas faite ou incomplète. Cette technique n'a pas fait ses preuves et n'est maintenant plus utilisée (16).

#### **b. Résultats urodynamiques**

Dans leur étude, Van Kerrebroeck et coll. ont étudié l'amélioration des paramètres urodynamiques dans les premiers mois suivant la désafférentation (36). Ils confirment l'amélioration significative de la capacité vésicale et la diminution du résidu post-mictionnel (Figure 6). De plus il y a une amélioration puis stabilisation de la compliance dans les six semaines qui suivent la désafférentation (36). Ces résultats sont confirmés à long terme par de nombreuses études (5,11,13,18,21,29,36,36,43).

Toutefois la qualité des résultats urodynamiques est conditionnée par la qualité de la désafférentation. Ainsi judicieusement, certaines études prennent soin d'exclure de l'analyse des paramètres urodynamiques les patients ayant une désafférentation incomplète (13,42).

#### **c. Résultats sur les complications des neuro-vessies**

##### **- Résidu post-mictionnel**

De nombreuses études montrent une diminution significative du résidu post-mictionnel (13). Mais, il dépend de plusieurs facteurs. En effet, la persistance d'un résidu post-mictionnel peut être liée à une insuffisance de désafférentation, à un défaut d'optimisation des paramètres de stimulation ou à un mauvais

positionnement de l'émetteur. Egon et coll. ont montré que 92.2% des patients avaient des mictions électro-induites avec un résidu post-mictionnel inférieur à 50mL.

- Régime de pression

L'abolition de l'arc reflexe sacré induit une aréflexie sacrée et donc un fonctionnement vésical à basse pression.

- Infections urinaires

Le taux d'infections urinaires est très largement diminué en fréquence et en sévérité du fait de la décroissance du résidu post-mictionnel et du fonctionnement à basse pression (13).

Dans leur étude Van Kerrebroeck et coll. ont montré une diminution du nombre d'infections urinaires dès 6 mois après l'implantation (36). 65-71% des patients n'ont pas présenté d'infections urinaires dans l'année qui a suivi l'implantation du neurostimulateur (13,34,43). De plus, ce résultat persiste à distance. En effet, Vastenholt et coll. ont décrit qu'après un recul de 7 ans, 41% des patients n'ont pas eu une seule infection urinaire (34).

- Complications sur le haut appareil

La principale complication sur le haut appareil est l'urétéro-hydronéphrose qui peut entraîner une dégradation rénale pouvant aller jusqu'à une insuffisance rénale terminale et la mise en place d'une dialyse.

La désafférentation sacrée permet d'avoir une compliance haute et un détrusor aréflexique (43). Ce fonctionnement vésical à basse pression permet une protection du haut appareil urinaire.

Plusieurs études ont montré une diminution du nombre de reflux vésico-urétéral dans les suites de la désafférentation (9,21). Dans la population de 96 patients de Egon et coll. avec en moyenne 5 ans de suivi, 3 patients ont eu une disparition de l'urétéro-hydronéphrose et aucun n'en a secondairement développé depuis l'utilisation du neurostimulateur (11).

Mais, même après une désafférentation complète, un défaut d'optimisation des paramètres de stimulation peut être à l'origine d'une dégradation du haut appareil urinaire. Des contractions électro-induites élevées et prolongées peuvent induire un reflux vésico-urétéral iatrogène. Plusieurs études soulignent que lors du suivi de leurs patients, ils s'efforcent de limiter le nombre de « bursts » nécessaires à la vidange vésicale et de ne pas dépasser un seuil de 90 cmH<sub>2</sub>O pour les contractions électro-induites (43). Dans leur étude, Egon et coll. ont étudié les régimes de pression lors des stimulations de leurs patients. Ils ont retrouvés lors des stimulations des pressions intra-détrusoriennes chez les femmes en moyenne de 80 cmH<sub>2</sub>O (25-130) et chez les hommes de 90 cmH<sub>2</sub>O (60-150) (11). Il a été décrit de rares cas de modification du haut appareil urinaire sous neurostimulateur de Brindley (18,23).

- Diminution de l'incidence de l'hyper-réflexie autonome

Deux études avaient comme objectif principal d'étudier l'incidence des épisodes d'hyper-réflexie dans les suites de la pose d'un neurostimulateur de Brindley (30,46). L'aréflexie sacrée a comme bénéfice secondaire l'abolition des épisodes d'hyper-réflexie autonome à point de départ pelvi-périnéal (vésico-sphinctérien, ano-

rectal, génito-sexuel et cutané). Par contre, les stimulations électriques à haute intensité via le neurostimulateur peuvent induire des épisodes d'hyper-réflexie (13,30).

#### **4. Les complications**

On distingue les complications à court terme qui sont liées à l'acte chirurgical des complications à long terme qui sont liées à l'utilisation des neurostimulateurs.

##### **a. Les complications à court terme**

Les complications à court terme sont pour la plupart transitoires et ne nécessitent pas de reprise chirurgicale. Par contre, elles diffèrent d'au moins trois mois la mise en fonctionnement du neurostimulateur. Parmi les complications liées à la chirurgie, on distingue : les fuites de liquide céphalo-spinal, les conflits peau/récepteur, les lésions nerveuses per-opératoires, l'augmentation de la spasticité post-opératoire et les risques liés au geste opératoire. Nous évoquerons aussi dans une dernière partie les échecs primaires de l'implantation.

##### **- Fuites de liquide céphalo-spinal**

L'incidence des fuites de Liquide Cérébro-Spinal (LCS) varie de 28% dans l'étude de Brindley et coll., 8-10% dans l'étude d'Egon et coll., 4.2% dans l'étude de Van Kerrebroeck et coll., à 1.3% dans l'étude de Kutzenberger et coll.(9,13,42).

Leur incidence dépend de la technique chirurgicale utilisée. En effet, l'ouverture de la dure-mère à fortiori pour le passage des électrodes de stimulation sont des facteurs de risque de fuite de LCS. Mais, même dans l'article princeps qui décrivait la technique d'implantation par voie extradurale qui ne nécessite pas d'ouverture de la dure-mère, un patient a présenté une brèche accidentelle de la dure-mère qui a nécessité une reprise chirurgicale (n=12) (22).

En cas de fuite de LCS, la prise en charge initiale est fonctionnelle et associe un repos au lit et de l'acétazolamide pour favoriser la fermeture de la brèche de dure-mère. Malheureusement, certaines reprises chirurgicales sont nécessaires. L'incidence des reprises chirurgicales pour fuites de LCS varie. Elle était de 14% dans l'étude de Brindley et coll. (13), de 3-4% dans l'étude de Egon et coll. (11) et de 5.8% dans l'étude de Krasnik et coll. en 2013 (43).

##### **- Conflit peau/récepteur**

Certaines séries décrivent des déhiscences du récepteur à travers la peau, se compliquant parfois d'une surinfection du récepteur pouvant nécessiter l'ablation du matériel (13,18,42).

##### **- Lésions nerveuses per-opératoires**

Ils existent plusieurs types de lésions nerveuses per-opératoires en fonction du site de la lésion nerveuse : neurapraxie, axonotmésis et neurotmésis. La plus fréquente est la neurapraxie qui correspond à une atteinte de la gaine de myéline sans atteinte du nerf. Elle est de bon pronostic et récupère en 2-3 mois.

Initialement fréquentes dans la première série décrite par le Professeur Brindley (30.8%) (13), le nombre de lésions nerveuses périphériques a ensuite considérablement diminué (21,24). Dans l'étude de Van

Kerrebroeck et coll., 2 patients (n=47) ont présenté une lésion nerveuse périphérique dont un qui n'a que partiellement récupéré (36). Dans l'étude de Egon et coll., 5 patients (n=87) ont présenté des lésions nerveuses périphériques dont 2 patients qui n'ont jamais récupéré (11). Dans l'étude de Schurch et coll., 1 patient a eu un axonotmésis de la racine motrice S<sub>3</sub> (n=10) (21).

- Augmentation de la spasticité en post-opératoire

Lors des suites opératoires, certains patients présentent une majoration transitoire de la spasticité liée à la présence d'épines irritatives. La spasticité revient à son état de base 2 à 3 mois après l'implantation (5,11).

- Risques opératoires

L'implantation d'un neurostimulateur de Brindley est une chirurgie fonctionnelle, qui présente comme toute intervention chirurgicale des risques opératoires. Dans leur étude, Van der Aa et coll., nous rappellent qu'un de leurs patients est décédé 15 jours après l'implantation du neurostimulateur d'une embolie pulmonaire massive (n=38) (23).

- Douleurs lors de la stimulation

Lorsque l'implantation des électrodes de stimulation n'est pas associée à une désafférentation sacrée chez un patient ayant une préservation sensitive sacrée partielle, l'utilisation des stimulations électriques des racines sacrées peut-être douloureuse. Brindley et coll. ont décrit parmi les 50 premiers patients implantés, 7 patients qui se plaignaient de douleurs lors des stimulations dont 2 patients qui n'utilisaient plus le neurostimulateur suite à des douleurs induites par la stimulation.

- Echec primaire de l'implantation du neurostimulateur

Parfois, le test post-opératoire des électrodes de stimulation n'induit pas de réponse. Il est possible que cela soit lié à un mauvais positionnement des électrodes. Il est dans ce cas indiqué de reposer chirurgicalement les électrodes en extra-dural, comme Kutzenberger et coll. l'ont décrit pour 3 de leurs patients (n=464) (42).

## **b. Les complications à long terme**

Les complications tardives des neurostimulateurs de Brindley sont liées à leur utilisation. On distingue les complications liées à un problème matériel, à une modification du statut neurologique ou à une désafférentation incomplète. Nous verrons ensuite des complications théoriques : le risque de déstabilisation du rachis et la tolérance psychologique de matériel implanté.

- Complications liées au matériel

On distingue les complications matérielles liées à des fractures de câbles ou du récepteur, les déconnexions des câbles au récepteur et des infections de matériel.

Lors de la reprise rétrospective des dossiers des 500 premiers patients implantés d'un neurostimulateur de Brindley, le taux de problèmes sur le matériel était de 14.4% (47). Les fractures de câbles ont un taux de survenue de 1/17 par année d'utilisation et les problèmes de récepteurs de 1/38 par année d'utilisation.

L'incidence d'explantation pour infection du matériel est variable. Dans l'étude de Brindley et coll., 4 patients (0.8%) ont eu une explantation pour infection (n=479) (18). Dans leur étude, Krasmik et coll., 2.2% des patients ont eu une infection de leur stimulateur ayant nécessité leur retrait (43). Dans leur étude, Kutzenberger et coll., 5 patients (1%) ont eu une explantation pour infection (n=646) (42). Pour prévenir le risque d'infection, certaines équipes recouvrent l'implant d'antibiotiques (Gentamycine + Fucidine) plusieurs jours avant son implantation. Leur efficacité a été prouvée dans la prévention des complications infectieuses (48).

- Complications liées à une modification secondaire du statut neurologique

La survenue d'une inefficacité secondaire des électrostimulations associée à la perte de réponses somatiques à la stimulation peut conduire au diagnostic d'une lésion des voies nerveuses motrices. Les lésions nerveuses décrites dans la littérature sont liées à un ostéophyte compressif en regard de S1 (11), une polyneuropathie (11) et une compression sur une fracture lombaire cinq mois après l'implantation (5).

Dans notre étude intitulée « Efficiency and main complications in management of spastic bladder in spinal cord injured patients after sacral anterior roots stimulation combined with sacral dorsal roots rhizotomy » dans laquelle nous reprenons les résultats des patients implantés au Centre Hospitalo-Universitaire (CHU) de Nantes (n=32), 2 patients ont présenté une inefficacité secondaire du neurostimulateur liée à des syndromes de la queue de cheval, l'un compliquant un Charcot Spine L<sub>1-2</sub> et l'autre une hernie discale.

- Insuffisance de désafférentation

Dans leur étude, Krasmik et coll., 2.9% des patients ont une désafférentation incomplète (43). Toutefois, nous ne pouvons pas comparer le taux de reprise chirurgicale pour insuffisance de désafférentation car certains patients qui ont de désafférentation incomplète n'ont pas pour autant eu de reprise chirurgicale.

En cas d'insuffisance de désafférentation, il y a deux alternatives à une reprise chirurgicale pour désafférentation au cône : la sphinctérotomie ou plus récemment l'utilisation d'injections itératives de toxine botulinique dans le sphincter strié associé à une optimisation des paramètres de stimulation (13). Parallèlement, certaines équipes soulignent qu'en cas de désafférentation incomplète, il est possible d'introduire un traitement par parasymphicolytique (23,43). Par exemple dans l'étude de Krasmik et coll., 4.4% des patients gardent un traitement par parasymphicolytique pour traiter l'hyperactivité détrusorienne (43). Mais, l'utilisation de parasymphicolytiques peut avoir comme effet secondaire de diminuer la contraction électro-induite du détrusor par le neurostimulateur. La diminution de la contraction électro-induite du détrusor associée à la persistance d'une dysnergie vésico-sphinctérienne induit une augmentation du résidu post-mictionnel.

- Déstabilisation rachidienne

Il existe un risque théorique de déstabilisation du rachis après une laminectomie au niveau de la charnière thoraco-lombaire (24). Ainsi, lors du choix de la voie d'abord chirurgicale, il est préférable d'éviter une laminectomie sur un segment du rachis mobile en dessous du niveau lésionnel. Deux cas de maladie de Charcot ont été décrits, pour un patient dans les suites d'une chirurgie selon la technique de Barcelone et l'autre patient dans les suites d'une chirurgie selon la technique intradurale.

## **5. Conséquences d'un échec d'implantation**

Lors du bilan préopératoire, il faut s'assurer que l'implantation d'un neurostimulateur ne fera pas perdre au patient une fonction ou capacité physique (ex : perte des érections réflexes chez l'homme), n'aura pas de conséquences péjoratives sur le statut neurologique du patient (ex : perte d'une sensibilité sacrée) ou n'augmentera pas sa dépendance à un tiers (ex : aide aux transferts sur les toilettes pour les femmes avant les stimulations). Cela souligne l'importance d'utiliser une évaluation standardisée des patients éligibles à l'implantation d'un neurostimulateur de Brindley.

Nous proposons dans l'article intitulé « Predictive factors of stress incontinence after posterior sacral rhizotomy » un bilan préopératoire standardisé. Ce bilan préimplantatoire consiste en une analyse tridimensionnelle comportant une évaluation des capacités de contraction électro-induite du détrusor par cystomanométrie, une évaluation des risques opératoires et une évaluation du risque de survenue d'une incontinence urinaire d'effort en post-opératoire. L'évaluation des risques chirurgicaux comporte la recherche d'une pathologie neurochirurgicale ou orthopédiques à risque de lésion des voies motrices (ex : syndrome de la queue de cheval compliquant un Charcot-Spina ou une hernie discale).

Toutefois, même en cas d'échec secondaire des stimulations des racines sacrées antérieures, il persiste les bénéfices de la désafférentation sacrée. Mais la désafférentation sacrée va aussi modifier l'équilibre ano-rectal et induire en l'absence de stimulation une diminution de l'activité motrice du colon et du rectum (23) et l'exonération devra être réalisée par curage anal et non plus rééducation anale.

## **6. Expériences et qualité de vie des patients**

Quelques études se sont intéressées au point de vue des patients implantés d'un neurostimulateur de Brindley (5,17,34,49). L'étude la plus détaillée est celle de Vastenholt et coll. (34).

### **a. Les attentes des patients**

Vastenholt et coll. ont repris de manière rétrospective les attentes de patients avant l'implantation d'un neurostimulateur (n=37) (34). Les deux principales attentes des patients sont d'avoir une diminution du nombre d'infections urinaires (84% des patients) et d'être continents (76% des patients). Les autres attentes des patients sont de diminuer le temps dédié à l'exonération (35% des patients), d'être plus indépendant (32% des patients), d'avoir des érections électro-induites (27% des patients) et de passer moins de temps pour la vidange vésicale (19%).

Dans leur étude, Creasey et coll. ont montré que 83% des patients considéraient qu'ils avaient atteint leur objectif pré-opératoire (5).

### **b. Les avantages décrits par les patients**

La même équipe a demandé aux patients quels étaient pour eux les principaux avantages de l'utilisation du neurostimulateur de Brindley (n=37) (34). Le principal avantage est d'après 68% de patients de diminuer la fréquence des infections urinaires. Les autres avantages décrits par les patients sont d'avoir permis d'améliorer leur qualité de vie (54% des patients), d'être continent (54% des patients), d'avoir moins de fuites d'urine (41% des patients), d'avoir amélioré leur exonération (35% des patients) et d'avoir amélioré leurs érections (19% des hommes).

Dans un autre étude, 74% des patients déclaraient que le neurostimulateur leur avait permis d'être plus indépendant (5).

### **c. Les inconvénients décrits par les patients**

Pour terminer, Vastenholt et coll. ont demandé aux patients quels étaient les principaux inconvénients de l'utilisation du neurostimulateur de Brindley (34). 30% des patients ne décrivent aucun inconvénient à l'utilisation du neurostimulateur. Les principaux inconvénients décrits par les patients sont la perte des érections réflexes pour les hommes qui avaient des érections réflexes avant la désafférentation (19% des hommes), une dégradation de l'exonération (11% des patients) et des complications matérielles (5% des patients).

Par contre, nous sous-estimons probablement au quotidien la difficulté liées au bon usage du neurostimulateur. En effet, 11% des patients décrivent des difficultés d'utilisation du neurostimulateur au quotidien (ex. se transférer sur les toilettes, mettre le récepteur en face de l'émetteur (5,50), maintenir l'équilibre du tronc sur les toilettes lors de la survenue des spasmes électro-induit des membres inférieurs). Ces complications conduisent à ce que 11% des patients regrettent de dépendre d'une tierce personne pour l'utilisation du neurostimulateur.

Ainsi, d'autres études ont souligné que le succès de l'utilisation à long terme des neurostimulateurs ne dépend pas seulement du succès clinique et urodynamique mais aussi de facteurs individuels tels que l'habilité du patient à utiliser le stimulateur et des facteurs environnementaux (43). Parmi les 50 premiers patients implantés d'un neurostimulateur de Brindley, un patient ayant la possibilité d'avoir des mictions électro-induites efficaces a préféré, malgré le souhait de ses médecins, la pose d'un cathéter de drainage continu à cause de difficultés pratiques à réaliser des mictions électro-induites (13). Dans l'étude de Krasmik et coll., 8 patients ayant des stimulateurs actifs et fonctionnant de manière efficace ont arrêté de les utiliser dont 2 patients pour des difficultés à la pose d'un étui-pénien (n=137) (43). Dans l'étude de Van Kerrebroeck et coll., 3 de leurs patients conservaient des résidus post-mictionnels significatifs nécessitant la réalisation de sondages intermittents après la stimulation, attribués à un mauvais positionnement de l'émetteur (35). Dans notre étude intitulée « Efficiency and main complications in management of spastic bladder in spinal cord injured patients after sacral anterior roots stimulation combined with sacral dorsal roots rhizotomy », un patient suivi au CHU de Nantes ayant un stimulateur efficace préfère utiliser les sondages intermittents comme mode de vidange vésicale (n=32).

### **d. Satisfaction des patients**

Quelques études se sont intéressées à la satisfaction des patients implantés d'un neurostimulateur de Brindley (5,9,13,34,51). Creasey et coll. et Brindley et coll. ont respectivement montré que 94% et 92% des patients étaient satisfaits de leur neurostimulateur (5,13).

Mais Vastenholt et coll. rappellent que la satisfaction post-opératoire des patients dépend de l'information donnée en pré-opératoire et des attentes possibles de la chirurgie (34) (ex : continence).

### **e. Qualité de vie**

L'évaluation de l'amélioration de la qualité de vie liée à l'utilisation du neurostimulateur grâce à des questions fermées du type : « Considérerez-vous que votre qualité de vie a été améliorée depuis l'implantation du neurostimulateur de Brindley ? », donne des pourcentages très variés. Vastenholt et coll. ont décrit que 54%



des patients considéraient que l'utilisation du neurostimulateur avait permis d'améliorer leur qualité de vie, alors que Creasey et coll., décrivaient que 94% de patients considéraient leur qualité de vie améliorée (5,34).

Trois études ont évalué la qualité de vie des patients implantés du neurostimulateur grâce à des questionnaires de qualité de vie validés (34,49,51). Deux de ces études utilisent le score QUALIVEEN, score spécifique de l'évaluation de la qualité de vie liée aux problèmes urinaires chez le patient lésé médullaire (34,49). La principale différence entre ces études est le choix du groupe de référence : données appariées en fonction du niveau lésionnel issues des scores de références de la validation du score QUALIVEEN (34) ou utilisation d'un groupe contrôle de patients lésés médullaires (49). Jusqu'à notre étude intitulée « The effect of using electro-induced micturition on specific impact of urinary disorders on quality of life in patents with spinal cord injury: a longitudinal analysis », aucune étude n'avait réalisé d'analyse longitudinale de la qualité de vie des patients après implantation d'un neurostimulateur.

Les résultats de ces études concordent tous vers une amélioration significative de la qualité de vie liée aux problèmes urinaires chez les patients utilisant des mictions électro-induites. Les principaux facteurs responsables d'une amélioration du confort sont l'efficacité de la radicotomie sur la continence et l'efficacité des mictions électro-induites qui diminuent significativement le nombre d'infections urinaires symptomatiques (43).

## **7. Avenir**

Malgré tous les bénéfices objectifs et subjectifs secondaires à la désafférentation et l'utilisation des électrostimulations des racines sacrées antérieures que nous avons souligné, quelques études ont évoqué que le nombre de patients implantés chaque année n'augmente pas mais a au contraire tendance à stagner ou à diminuer. La figure 5 représente un histogramme récemment publié par Krasmik et coll. qui représente le nombre de patients implantés par an au *Swiss Paraplegic Center* depuis 1992 (Figure 5) (43). Dans notre manuscrit intitulé « Efficiency and main complications in management of spastic bladder in spinal cord injured patients after sacral anterior roots stimulation combined with sacral dorsal roots rhizotomy », la figure 5 représente le nombre de patients implantés chaque année au CHU de Nantes depuis l'arrivée de la technique en 1995. Il y a globalement une diminution du nombre de patients implantés en Suisse et une stagnation du nombre de patients implantés au CHU de Nantes.

Les deux principales explications de cette tendance sont la modification de l'épidémiologie des patients lésés médullaires avec une diminution du nombre de patients ayant une lésion médullaire complète et l'autorisation de mise sur le marché de la toxine botulinique intra-détrusorienne dans le traitement de l'hyperactivité détrusorienne réfractaire aux anticholinergiques.

### **a. Développement de la technique**

De nouveaux axes de recherches essaient d'éviter le caractère artificiel des mictions. Les principales améliorations envisagées sont l'obtention d'un régime de pression plus bas lors des mictions, d'avoir des mictions non saccadées et d'éviter les contractions des membres inférieurs lors de la stimulation (52).

Un des axes de recherche est d'inhiber la contraction électro-induite du sphincter strié urétral lors de la vidange de la vessie. Certaines équipes ont tenté de couper les nerfs efférents du sphincter urétral. Cela permettrait une miction en un temps mais le risque serait la survenue d'une incontinence urinaire d'effort ainsi qu'un risque de lésion des nerfs à destination de la vessie ou du rectum (11). Une autre voie de recherche est

l'introduction d'une fatigue du sphincter strié urétral par électrostimulation continue (53) ou par blocage des signaux moteurs dans le nerf pudendal (53,54) ou par bloc anodal (54–58).

Un autre axe de recherche est de développer une alternative à la section des racines sacrées postérieures par neuromodulation des racines sacrées postérieures. Il a été démontré une amélioration de la capacité vésicale sous neuromodulation mais à ce jour cette technique est loin de donner d'aussi bons résultats que la désafférentation sacrée (59–61).

#### **b. Etude économique**

Trois études, une étude réalisée en France, une en Allemagne et une aux Etats-Unis, se sont intéressées à l'impact économique de l'utilisation des neurostimulateurs comme mode mictionnel des patients lésés médullaires (37,51,62).

C'est en 2013, qu'une étude multicentrique, prospective et contrôlée française s'est intéressée au coût de l'utilisation d'un neurostimulateur de Brindley. Cette étude était un projet de recherche demandé en 2004 par le Ministère de la santé. Elle s'inscrivait dans le cadre d'un Soutien aux Techniques Innovantes Coûteuses (STIC) dont l'objectif était de valider l'utilité de cet appareil onéreux afin de confirmer son remboursement par la sécurité sociale. Cette étude complexe a suivi les dépenses liées aux troubles urinaires dans l'année qui a suivi l'implantation de 25 patients lésés médullaires (coûts liés au dispositif = 10 500 €, coût de l'hospitalisation en chirurgie puis en rééducation, consultations de suivi, médicaments, soins infirmiers, transports et prise en charge des complications). Les dépenses réalisées au cours de la première année étaient comparées à celles de patients ayant une lésion médullaire complète et qui bénéficiait d'un « traitement médical » de leurs troubles vésico-sphinctériens. Ils définissaient par « traitement médical », l'utilisation d'auto-sondages intermittents associée à des parasympholytiques ou de la toxine botulinique ou à l'utilisation de mictions réflexes. Le résultat de cette étude est que l'utilisation d'un « traitement médical » avait un coût très inférieur (8 762 €) au coût d'un neurostimulateur de Brindley (42 803 €) durant l'année qui suit son implantation. Ils ont également défini grâce à un modèle de régression linéaire que la probabilité que le neurostimulateur soit plus rentable que le « traitement médical » serait de 75% pour une volonté de payer ( $\lambda$ ) de 100 000€.

Cette étude a plusieurs limites. La première limite est la durée de suivi qui n'est que de un an alors que c'est durant cette année que sont regroupés les coûts de la chirurgie et de l'hospitalisation suivant l'implantation du neurostimulateur. D'ailleurs, aux Etats-Unis, Creasey and coll. ont démontré grâce à une étude rétrospective sur dix ans, que ce n'est qu'au bout de cinq ans, que les coûts cumulés issus de l'utilisation du neurostimulateur (implantation, hospitalisations, suivi et maintenance) étaient égaux à ceux de patients utilisant des sondages intermittents ou un drainage continu des urines (37).

La deuxième limite est la définition du groupe contrôle. En effet, en pratique seuls les patients ayant un échec du « traitement médical » sont implantés. Ainsi, il aurait été plus logique d'utiliser comme groupe contrôle des patients qui ont bénéficié d'un traitement chirurgical tel qu'une cystostomie non continente trans-illéale de type Bricker ou qu'une cystostomie continente.

#### **8. Conclusion**

Les neurostimulateurs de Brindley sont reconnus pour leurs bons résultats cliniques et urodynamiques. De plus, leurs bons résultats fonctionnels, la réduction des coûts de prise en charge des patients et l'amélioration de la qualité de vie en font des techniques de choix dans la prise en charge des troubles pelvi-périnéaux de certains patients lésés médullaires.

# BIBLIOGRAPHIE

1. Van Kerrebroeck PE, Koldewijn EL, Scherpenhuizen S, Debruyne FM. The morbidity due to lower urinary tract function in spinal cord injury patients. *Paraplegia*. 1993 May;31(5):320–9.
2. Benevento BT, Sipski ML. Neurogenic bladder, neurogenic bowel, and sexual dysfunction in people with spinal cord injury. *Phys Ther*. 2002 Jun;82(6):601–12.
3. Haab F, Amarenco G, Coloby P, Grise P, Jacquetin B, Labat J-J, et al. [Terminology of lower urinary tract dysfunction: French adaptation of the terminology of the International Continence Society]. *Progrès En Urol J Assoc Française Urol Société Française Urol*. 2004 Dec;14(6):1103–11.
4. Weld KJ, Dmochowski RR. Effect of bladder management on urological complications in spinal cord injured patients. *J Urol*. 2000 Mar;163(3):768–72.
5. Creasey GH, Grill JH, Korsten M, U HS, Betz R, Anderson R, et al. An implantable neuroprosthesis for restoring bladder and bowel control to patients with spinal cord injuries: a multicenter trial. *Arch Phys Med Rehabil*. 2001 Nov;82(11):1512–9.
6. Ruffion A, de Sèze M, Denys P, Perrouin-Verbe B, Chartier-Kastler E, Groupe d'Etudes de Neuro-Urologie de Langue Française. [Groupe d'Etudes de Neuro-Urologie de Langue Française (GENULF) guidelines for the management of spinal cord injury and spina bifida patients]. *Progrès En Urol J Assoc Française Urol Société Française Urol*. 2007 May;17(3):631–3.
7. Perrouin-Verbe B, Labat JJ, Richard I, Mauduyt de la Greve I, Buzelin JM, Mathe JF. Clean intermittent catheterisation from the acute period in spinal cord injury patients. Long term evaluation of urethral and genital tolerance. *Paraplegia*. 1995 Nov;33(11):619–24.
8. Meierowsky AM, Scheibert CD, Hinchey TR. Studies on the sacral reflex arc in paraplegia; response of the bladder to surgical elimination of sacral nerve impulses by rhizotomy. *J Neurosurg*. 1950 Jan;7(1):33–8.
9. Van Kerrebroeck EV, van der Aa HE, Bosch JL, Koldewijn EL, Vorsteveld JH, Debruyne FM. Sacral rhizotomies and electrical bladder stimulation in spinal cord injury. Part I: Clinical and urodynamic analysis. Dutch Study Group on Sacral Anterior Root Stimulation. *Eur Urol*. 1997;31(3):263–71.
10. Chinier E, Hamel O, Richard I, Perrouin-Verbe B. Clinical results of Brindley neurostimulator: Preliminary results. *Ann Phys Rehabil Med*. 2013 Oct;56:e82.
11. Egon G, Barat M, Colombel P, Visentin C, Isambert JL, Guerin J. Implantation of anterior sacral root stimulators combined with posterior sacral rhizotomy in spinal injury patients. *World J Urol*. 1998;16(5):342–9.
12. Brindley GS. History of the sacral anterior root stimulator, 1969-1982. *Neurourol Urodyn*. 1993;12(5):481–3.
13. Brindley GS, Polkey CE, Rushton DN, Cardozo L. Sacral anterior root stimulators for bladder control in paraplegia: the first 50 cases. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 1986 Oct;49(10):1104–14.
14. Van der Aa HE, Hermens H, Alleman E, Vorsteveld H. Sacral anterior root stimulation for bladder control in patients with a complete lesion of the spinal cord. *Acta Neurochir (Wien)*. 1995;134(1-2):88–92.
15. Brindley GS. An implant to empty the bladder or close the urethra. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 1977 Apr;40(4):358–69.
16. Brindley GS, Polkey CE, Rushton DN. Sacral anterior root stimulators for bladder control in paraplegia. *Paraplegia*. 1982 Dec;20(6):365–81.

17. Brindley GS, Rushton DN. Long-term follow-up of patients with sacral anterior root stimulator implants. *Paraplegia*. 1990 Oct;28(8):469–75.
18. Brindley GS. The first 500 patients with sacral anterior root stimulator implants: general description. *Paraplegia*. 1994 Dec;32(12):795–805.
19. Brindley GS. The Finetech-Brindley Bladder Controller: Notes for Surgeons and Physicians.
20. Reiss B, Hamel O, Robert R, Perrouin-Verbe B. Innervation détrusorienne : quelle(s) racine(s) sacrée(s). Évaluation électrophysiologique peropératoire d'une chirurgie de Brindley. *Ann Phys Rehabil Med*. 2011 Oct;54:e299.
21. Schurch B, Rodic B, Jeanmonod D. Posterior sacral rhizotomy and intradural anterior sacral root stimulation for treatment of the spastic bladder in spinal cord injured patients. *J Urol*. 1997 Feb;157(2):610–4.
22. Sauerwein D, Ingunza W, Fischer J, Madersbacher H, Polkey CE, Brindley GS, et al. Extradural implantation of sacral anterior root stimulators. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 1990 Aug;53(8):681–4.
23. Van der Aa HE, Alleman E, Nene A, Snoek G. Sacral anterior root stimulation for bladder control: clinical results. *Arch Physiol Biochem*. 1999 Jul;107(3):248–56.
24. Hamel O, Perrouin-Verbe B, Robert R. [Brindley technique with intradural deafferentation and extradural implantation by a single sacral laminectomy]. *Neurochirurgie*. 2004 Dec;50(6):661–6.
25. Schurch B, Yasuda K, Rossier AB. Detrusor bladder neck dyssynergia revisited. *J Urol*. 1994 Dec;152(6 Pt 1):2066–70.
26. Sarrias M, Sarrias F, Borau A. The “Barcelona” technique. *Neurourol Urodyn*. 1993;12(5):495–6.
27. MacDonagh RP, Forster DM, Thomas DG. Urinary continence in spinal injury patients following complete sacral posterior rhizotomy. *Br J Urol*. 1990 Dec;66(6):618–22.
28. Martens FMJ, Heesakkers JPFA. Clinical results of a brindley procedure: sacral anterior root stimulation in combination with a rhizotomy of the dorsal roots. *Adv Urol*. 2011;2011:709708.
29. Cardozo L, Krishnan KR, Polkey CE, Rushton DN, Brindley GS. Urodynamic observations on patients with sacral anterior root stimulators. *Paraplegia*. 1984 Aug;22(4):201–9.
30. Schurch B, Knapp PA, Jeanmonod D, Rodic B, Rossier AB. Does sacral posterior rhizotomy suppress autonomic hyper-reflexia in patients with spinal cord injury? *Br J Urol*. 1998 Jan;81(1):73–82.
31. Vaidyanathan S, Soni BM, Mansour P, Singh G, Hughes PL. Invasive carcinoma of urinary bladder in a patient with a spinal cord injury with non-functioning Brindley sacral anterior root stimulator: a case report. *Cases J*. 2008;1(1):137.
32. MacDonagh RP, Sun WM, Smallwood R, Forster D, Read NW. Control of defecation in patients with spinal injuries by stimulation of sacral anterior nerve roots. *BMJ*. 1990 Jun 9;300(6738):1494–7.
33. Brindley GS. The Ferrier lecture, 1986. The actions of parasympathetic and sympathetic nerves in human micturition, erection and seminal emission, and their restoration in paraplegic patients by implanted electrical stimulators. *Proc R Soc Lond Ser B Contain Pap Biol Character R Soc Gt Br*. 1988 Nov 22;235(1279):111–20.
34. Vastenholt JM, Snoek GJ, Buschman HPJ, van der Aa HE, Alleman ERJ, Ijzerman MJ. A 7-year follow-up of sacral anterior root stimulation for bladder control in patients with a spinal cord injury: quality of life and users' experiences. *Spinal Cord*. 2003 Jul;41(7):397–402.

35. Barat M, Egon G, Daverat P, Colombel P, Guerin J. Why does continence fail after sacral anterior root stimulator? *Neurourol Urodyn*. 1993;12(5):507–8.
36. Van Kerrebroeck PE, Koldewijn EL, Rosier PF, Wijkstra H, Debruyne FM. Results of the treatment of neurogenic bladder dysfunction in spinal cord injury by sacral posterior root rhizotomy and anterior sacral root stimulation. *J Urol*. 1996 Apr;155(4):1378–81.
37. Creasey GH, Dahlberg JE. Economic consequences of an implanted neuroprosthesis for bladder and bowel management. *Arch Phys Med Rehabil*. 2001 Nov;82(11):1520–5.
38. Vignes JR, Liguoro D, Sesay M, Barat M, Guerin J. Dorsal rhizotomy with anterior sacral root stimulation for neurogenic bladder. *Stereotact Funct Neurosurg*. 2001;76(3-4):243–5.
39. Vignes J-R, De Seze M, Sesay M, Barat M, Guerin J. [Anterior sacral root stimulation with dorsal rhizotomy (Brindley technique)]. *Neurochirurgie*. 2003 May;49(2-3 Pt 2):383–94.
40. Madersbacher H, Fischer J, Ebner A. Anterior sacral root stimulator (Brindley): Experiences especially in women with neurogenic urinary incontinence. *Neurourol Urodyn*. 1988;7(6):593–601.
41. Madersbacher H, Fischer J. Sacral anterior root stimulation: prerequisites and indications. *Neurourol Urodyn*. 1993;12(5):489–94.
42. Kutzenberger J, Domurath B, Sauerwein D. Spastic bladder and spinal cord injury: seventeen years of experience with sacral deafferentation and implantation of an anterior root stimulator. *Artif Organs*. 2005 Mar;29(3):239–41.
43. Krasnik D, Krebs J, van Ophoven A, Pannek J. Urodynamic results, clinical efficacy, and complication rates of sacral intradural deafferentation and sacral anterior root stimulation in patients with neurogenic lower urinary tract dysfunction resulting from complete spinal cord injury. *Neurourol Urodyn*. 2013 Sep 4;
44. Isambert JL, Egon G, Colombel P. Adjuvant drug therapy: a review of 30 cases of sacral anterior root stimulator. *Neurourol Urodyn*. 1993;12(5):513–5.
45. Robinson LQ, Grant A, Weston P, Stephenson TP, Lucas M, Thomas DG. Experience with the Brindley anterior sacral root stimulator. *Br J Urol*. 1988 Dec;62(6):553–7.
46. Hohenfellner M, Pannek J, Bötzel U, Dahms S, Pfitzenmaier J, Fichtner J, et al. Sacral bladder denervation for treatment of detrusor hyperreflexia and autonomic dysreflexia. *Urology*. 2001 Jul;58(1):28–32.
47. Brindley GS. The first 500 sacral anterior root stimulators: implant failures and their repair. *Paraplegia*. 1995 Jan;33(1):5–9.
48. Rushton DN, Brindley GS, Polkey CE, Browning GV. Implant infections and antibiotic-impregnated silicone rubber coating. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 1989 Feb;52(2):223–9.
49. Martens FMJ, den Hollander PP, Snoek GJ, Koldewijn EL, van Kerrebroeck PEVA, Heesakkers JPFA. Quality of life in complete spinal cord injury patients with a Brindley bladder stimulator compared to a matched control group. *Neurourol Urodyn*. 2011 Apr;30(4):551–5.
50. Van der Velden EM, Bosch R, Ijsselmuiden OE, Baruchin AM, de Hondt H, Bükler RA. [Dermatography. An effective method for pacemaker marking after spinal cord injuries and implantation of a Brindley stimulator for neurogenic bladder]. *Urol Ausg*. 2001 Sep;40(5):394–6.
51. Wielink G, Essink-Bot ML, van Kerrebroeck PE, Rutten FF. Sacral rhizotomies and electrical bladder stimulation in spinal cord injury. 2. Cost-effectiveness and quality of life analysis. Dutch Study Group on Sacral Anterior Root Stimulation. *Eur Urol*. 1997;31(4):441–6.

52. Rijkhoff NJ, Wijkstra H, van Kerrebroeck PE, Debruyne FM. Urinary bladder control by electrical stimulation: review of electrical stimulation techniques in spinal cord injury. *Neurourol Urodyn*. 1997;16(1):39–53.
53. Abdel-Gawad M, Boyer S, Sawan M, Elhilali MM. Reduction of bladder outlet resistance by selective stimulation of the ventral sacral root using high frequency blockade: a chronic study in spinal cord transected dogs. *J Urol*. 2001 Aug;166(2):728–33.
54. Boger A, Bhadra N, Gustafson KJ. Bladder voiding by combined high frequency electrical pudendal nerve block and sacral root stimulation. *Neurourol Urodyn*. 2008;27(5):435–9.
55. Brindley GS, Craggs MD. A technique for anodally blocking large nerve fibres through chronically implanted electrodes. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 1980 Dec;43(12):1083–90.
56. Seif C, Braun P-M, Bross S, Scheepe J, Weiss J, Schumacher S, et al. Selective block of urethral sphincter contraction using a modified Brindley electrode in sacral anterior root stimulation of the dog. *Neurourol Urodyn*. 2002;21(5):502–10.
57. Rijkhoff NJM. Comment on “Selective block of urethral sphincter contraction using a modified Brindley electrode in sacral anterior root stimulation of the dog,” *Neurourol Urodynam* (2002) 21:502-510. *Neurourol Urodyn*. 2004;23(3):284–5.
58. Fang ZP, Mortimer JT. Selective activation of small motor axons by quasi-trapezoidal current pulses. *IEEE Trans Biomed Eng*. 1991 Feb;38(2):168–74.
59. Kirkham APS, Knight SL, Craggs MD, Casey ATM, Shah PJR. Neuromodulation through sacral nerve roots 2 to 4 with a Finetech-Brindley sacral posterior and anterior root stimulator. *Spinal Cord*. 2002 Jun;40(6):272–81.
60. Kirkham AP, Shah NC, Knight SL, Shah PJ, Craggs MD. The acute effects of continuous and conditional neuromodulation on the bladder in spinal cord injury. *Spinal Cord*. 2001 Aug;39(8):420–8.
61. Craggs MD, Middleton FRI, Bycroft JA, Chelvarajah R. A complex series of events in a patient with sacral anterior root stimulator (SARS). *Spinal Cord*. 2005 Jan;43(1):59–60.
62. Bénard A, Verpillot E, Grandoulier A-S, Perrouin-Verbe B, Chêne G, Vignes J-R, et al. Comparative cost-effectiveness analysis of sacral anterior root stimulation for rehabilitation of bladder dysfunction in spinal cord injured patients. *Neurosurgery*. 2013 Oct;73(4):600–608; discussion 608.
63. Leroi A-M, Le Normand L. [Physiology of the anal and urinary sphincter apparatus for continence]. *Progrès En Urol J Assoc Française Urol Société Française Urol*. 2005 Feb;15(1):123–48.
64. McGuire EJ. The effects of sacral denervation on bladder and urethral function. *Surg Gynecol Obstet*. 1977 Mar;144(3):343–6.
65. Pajoncini C, Costantini E, Guercini F, Bini V, Porena M. Clinical and urodynamic features of intrinsic sphincter deficiency. *Neurourol Urodyn*. 2003;22(4):264–8.
66. Vallès M, Rodríguez A, Borau A, Mearin F. Effect of sacral anterior root stimulator on bowel dysfunction in patients with spinal cord injury. *Dis Colon Rectum*. 2009 May;52(5):986–92.
67. Sanders PMH, Ijzerman MJ, Roach MJ, Gustafson KJ. Patient preferences for next generation neural prostheses to restore bladder function. *Spinal Cord*. 2011 Jan;49(1):113–9.
68. Egon G, Chartier-Kastler E, Denys P, Ruffion A. [Spinal cord injury patient and Brindley neurostimulation]. *Progrès En Urol J Assoc Française Urol Société Française Urol*. 2007 May;17(3):535–9.

69. McGuire EJ, Savastano JA. Urodynamic findings and clinical status following vesical denervation procedures for control of incontinence. *J Urol*. 1984 Jul;132(1):87–8.
70. McGuire EJ, Woodside JR, Borden TA, Weiss RM. Prognostic value of urodynamic testing in myelodysplastic patients. *J Urol*. 1981 Aug;126(2):205–9.
71. Stöhrer M, Blok B, Castro-Diaz D, Chartier-Kastler E, Del Popolo G, Kramer G, et al. EAU Guidelines on Neurogenic Lower Urinary Tract Dysfunction. *Eur Urol*. 2009 Jul;56(1):81–8.
72. Soni BM, Oo T, Vaidyanathan S, Hughes PL, Singh G. Complications of sacral anterior root stimulator implantation in a cervical spinal cord injury patient: increased spasms requiring intrathecal baclofen therapy followed by delayed fracture of lumbar spine leading to intractable spasms compelling disuse of the sacral anterior root stimulator. *Spinal Cord*. 2004 Feb;42(2):136–8.
73. Vaidyanathan S, Soni BM, Oo T, Hughes PL, Mansour P, Singh G. Infection of Brindley sacral anterior root stimulator by *Pseudomonas aeruginosa* requiring removal of the implant: long-term deleterious effects on bowel and urinary bladder function in a spinal cord injury patient with tetraplegia: a case report. *Cases J*. 2009;2:9364.
74. Hill MR, Noonan VK, Sakakibara BM, Miller WC, SCIRE Research Team. Quality of life instruments and definitions in individuals with spinal cord injury: a systematic review. *Spinal Cord*. 2010 Jun;48(6):438–50.
75. Costa P, Perrouin-Verbe B, Colvez A, Didier J, Marquis P, Marrel A, et al. Quality of life in spinal cord injury patients with urinary difficulties. Development and validation of qualiveen. *Eur Urol*. 2001 Jan;39(1):107–13.
76. Chinier E. Efficiency and main complications in management of spastic bladder in spinal cord injured patients after sacral anterior roots stimulation combined with sacral dorsal roots rhizotomy.
77. Amarenco G., Colvez A., Costa Pierre, Didier J-P, Perrouin-Verbe B. QUALIVEEN Users' manual and interpretation guide.

# LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Algorithme de prise en charge des troubles vésico-sphinctériens après lésion médullaire. Proposé par l'équipe nantaise de Médecine Physique et Réadaptation (B.Reiss, B.Perrouin-Verbe). Non publié. ....	30
Figure 2 : Composition d'un neurostimulateur de Brindley.....	31
Figure 3 : Représentation du positionnement de racines sacrées antérieures lors de la pose intradurale des électrodes .....	32
Figure 4 : Les différents éléments d'un neurostimulateur de Brindley.....	33
Figure 5 : Nombre de patients implantés par an au « <i>Swiss Paraplegic Center</i> » d'un neurostimulateur de Brindley.....	34
Figure 6 : Exemple de courbe de cystomanométrie d'un patient du CHU de Nantes.....	35



# LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Différentes techniques chirurgicales : avantages et inconvénients .....	36
Tableau 2. Résultats des neurostimulateurs de Brindley .....	37

# SOMMAIRE

1. Néo-physiopathologie des neuro-vessies des patients lésés médullaires .....	4
a. Les complications des neuro-vessies chez le patient lésé médullaire.....	4
b. La prise en charge usuelle des neuro-vessies chez le patient lésé médullaire .....	4
2. Les neurostimulateurs de Brindley .....	5
a. Indications.....	5
b. Historique.....	6
Une idée originale.....	6
Le perfectionnement de la technique .....	6
c. Le matériel .....	6
d. Technique chirurgicale.....	7
Prise en charge des suites opératoires.....	9
e. Objectifs des neurostimulateurs de Brindley.....	9
La section des racines sacrées postérieures .....	9
La stimulation des racines sacrées antérieures.....	10
3. Résultats.....	11
a. Résultats cliniques.....	11
b. Résultats urodynamiques .....	13
c. Résultats sur les complications des neuro-vessies.....	13
4. Les complications .....	15
a. Les complications à court terme .....	15
b. Les complications à long terme.....	16
5. Conséquences d'un échec d'implantation .....	18
6. Expériences et qualité de vie des patients .....	18
a. Les attentes des patients.....	18
b. Les avantages décrits par les patients.....	18
c. Les inconvénients décrits par les patients.....	19
d. Satisfaction des patients.....	19
e. Qualité de vie.....	19
7. Avenir .....	20
a. Développement de la technique.....	20
b. Etude économique.....	21
8. Conclusion.....	21

Figure 1 : Algorithme de prise en charge des troubles vésico-sphinctériens après lésion médullaire. Proposé par l'équipe nantaise de Médecine Physique et Réadaptation (B.Reiss, B.Perrouin-Verbe). Non publié

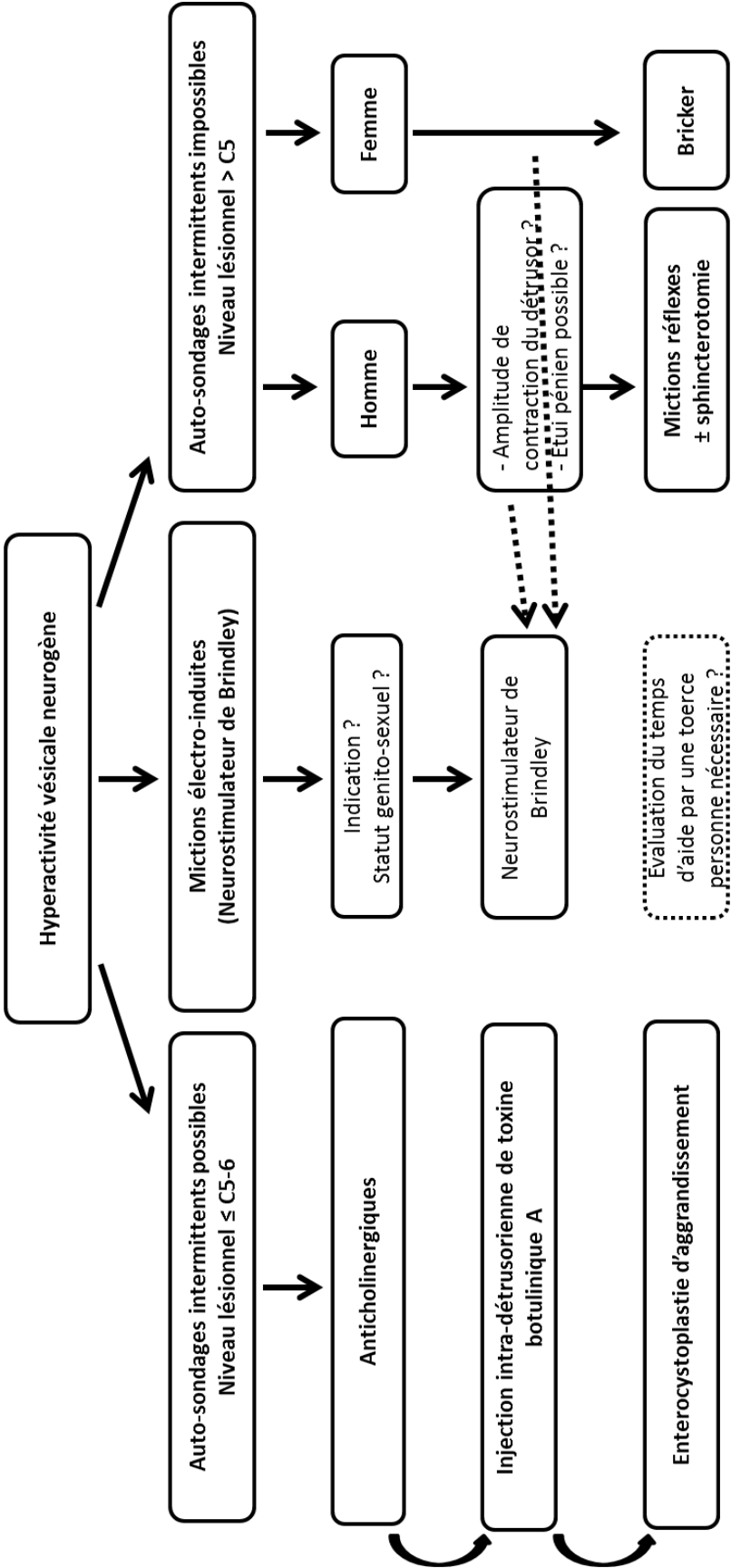


Figure 2 : Composition d'un neurostimulateur de Brindley (Dessin issue de NeuroControl Corp)

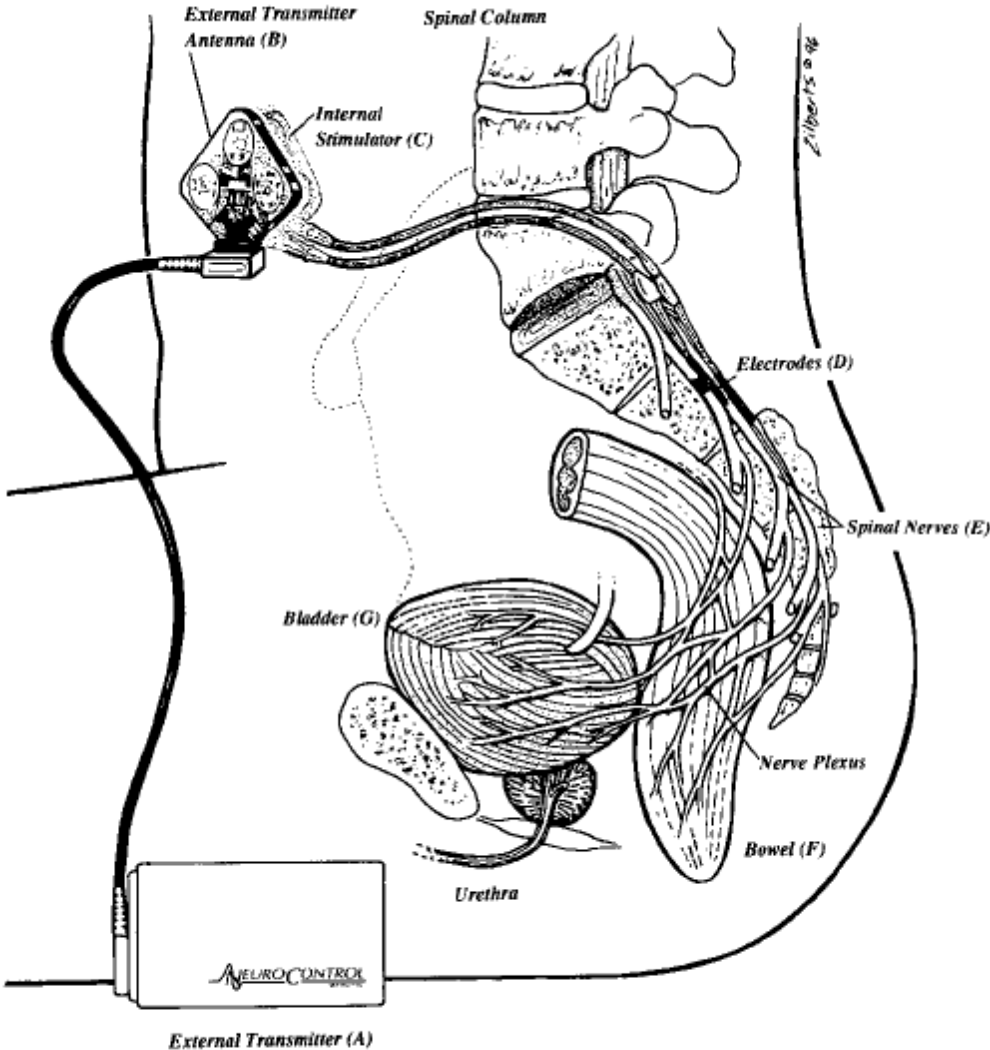


Figure 3 : Représentation du positionnement de racines sacrées antérieures lors de la pose intradurale des électrodes (Photo issue de Van der Aa et coll. 1999 (23))

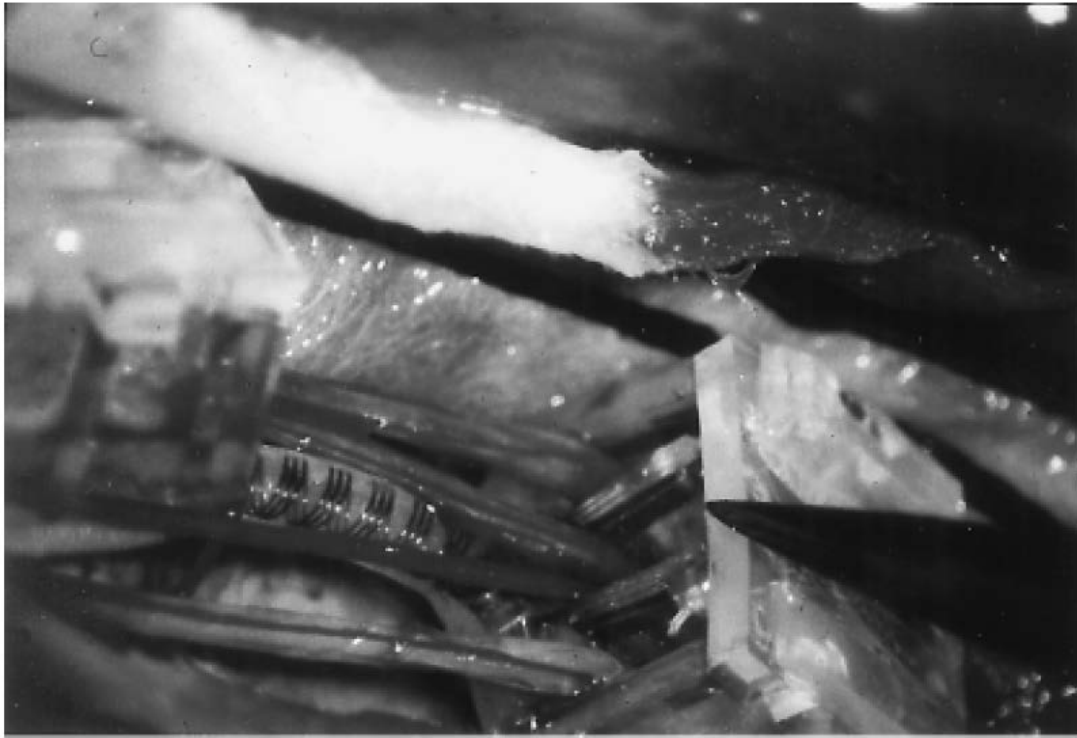
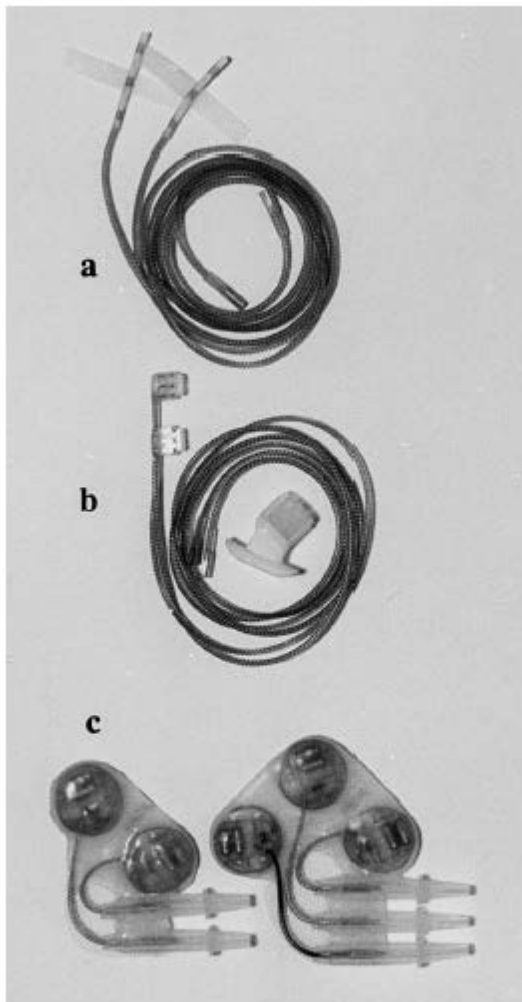


Figure 4 : Les différents éléments d'un neurostimulateur de Brindley (Photos issues de Egon et coll. (11))



**Fig. 1a-c** Internal equipment. **a** Extradural electrode and cable assembly. **b** Intradural electrode and cable assembly. **c** 2-Channel and 3-channel receiver blocks with plug connectors



**Fig. 2a-d** External equipment. **a** New control box. **b** Original control box. **c** Transmitter lead. **d** Transmitter block

Figure 5 : Nombre de patients implantés par an au « *Swiss Paraplegic Center* » d'un neurostimulateur de Brindley (n=137) (Histogramme issu de Krasmik et coll. 2013 (43))

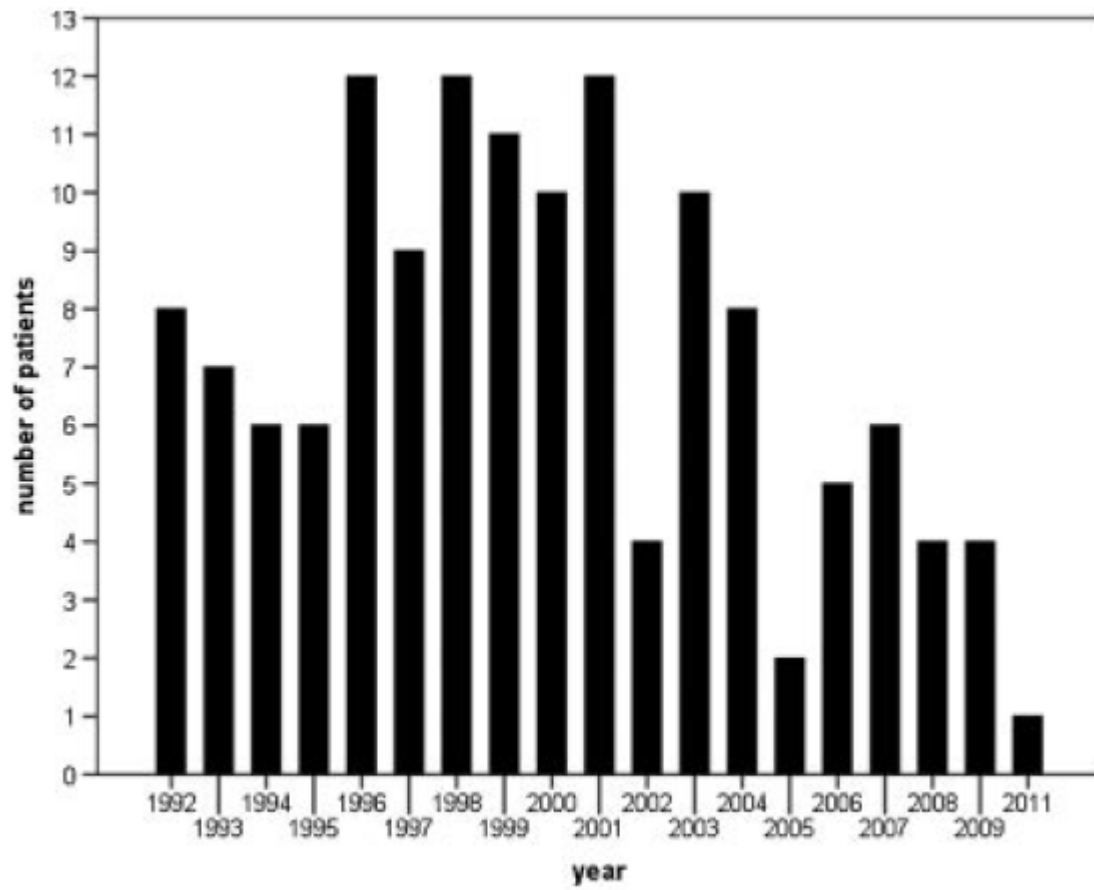
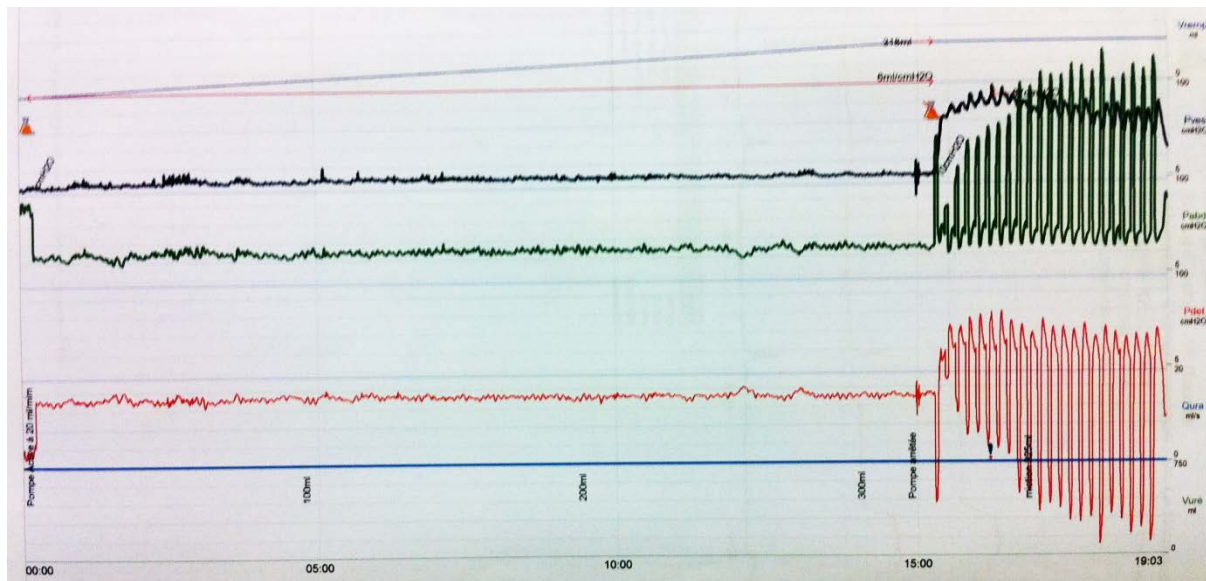


Figure 6 : Exemple de courbe de cystomanométrie d'un patient du CHU de Nantes : Remplissage vésical de 300 mL à basse pression sans troubles de la compliance ni contraction détrusorienne désinhibée. Puis stimulation via le neurostimulateur induisant une contraction détrusorienne de 87 cm H<sub>2</sub>O qui permet une miction avec un résidu post-mictionnel de 30 mL.



Ligne du haut = ligne de pression vésicale ; ligne du milieu = ligne de pression abdominale ; ligne du bas = ligne de pression détrusorienne



Tableau 1. Différentes techniques chirurgicales : avantages et inconvénients

Tableau 1. Les différentes techniques chirurgicales

	Technique	Avantages	Inconvénients
Electrodes intradurales			
Désafférentation intra-durale	Pr Brindley		Ouverture de la dure-mère à risque de fuites de LCS
Electrodes extradurales			
Désafférentation intra-durale	Barcelone	Diminuer le risque de lésion nerveuse	Temps opératoire plus long
	Tout sacré	Voie d'abord unique	Risque de déstabilisation du rachis? Double abord chirurgical
Désafférentation extra-durale	Dr Sauerwein	Repérage plus simple des racines Moins de risque de fuite de LCR Proposée en cas d'arachnoïdite	Aussi rapide que la technique intradurale Risque de lésion des racines sacrées antérieures Risque de déafférentation incomplète

Abréviations: LCSR: Liquide Cérébro-Spinal

Tableau 2. Résultats des neurostimulateurs de Brindley

Auteur	Nb de patients	Durée de suivi (années)	Mictions EI (% de patients)	RPM (% de patients)	Aide à la défécation EI (% des patients)	Erections EI (% des hommes)	Continence (% des patients)
Brindley 1986	50	3.7 (1,25 - 9)	86%	60mL	-	68%	62%
Brindley 1990	48	(5-11)	88.5%	-	56.3%	31.7%	31.7%
Brindley 1994	479	4 (0.4-16.1)	85.8%	-	-	-	-
Creasey 2001	21	1	85.7 %	50mL	88.2%	-	35.3%
Egon 1998	96	♂ 5.4/ 5.8 ♀ 14.8+/-5.3 (0.2-24.5)	-	50mL	56.7%	70.8%	88.2%
Krasmik 2013	137	(0.2-24.5)	80%	-	-	-	61.7%
Kutzenberger 2005	464	6.6 (0.5-17)	90.5%	-	86.4%	-	83%
Sauerwein 1990	12	-	82%	50mL	-	-	-
Schurch 1997	10	3.4	100%	50mL	-	-	-
Van der Aa 1995	17	(1-6)	-	30mL	76.4%	100%	70.6%
Van der Aa 1999	38	(0.4-12)	91.9%	50mL	72.9%	87%	83.7%

Abréviations: Nombre (Nb), Résidu Post-Mictionnel (RPM), Electro-induite (EI), Infection Urinaire (IU)

# LISTE DES MANUSCRITS

PREDICTIVE FACTORS OF STRESS INCONTINENCE AFTER POSTERIOR SACRAL RHIZOTOMY.....	39
EFFICENCY AND MAIN COMPLICATIONS IN MANAGEMENT OF SPASTIC BLADDER IN SPINAL CORD INJURED PATIENTS AFTER SACRAL ANTERIOR ROOTS STIMULATION COMBINED WITH SACRAL DORSAL ROOTS RHIZOTOMY.....	57
THE EFFECT OF USING ELECTRO-INDUCED MICTURITION ON SPECIFIC IMPACT OF URINARY DISORDERS ON QUALITY OF LIFE IN PATIENTS WITH SPINAL CORD INJURY : A LONGITUDINAL ANALYSIS.....	77

## **Title**

Predictive factors of stress incontinence after posterior sacral rhizotomy

## **Key words**

rhizotomy, sacral anterior root stimulation, Brindley, stress incontinence, spinal cord injury, urology.

**Authors** E. Chinier<sup>1</sup>, Dr G. Egon<sup>2</sup>, Prof. O. Hamel<sup>3</sup>, J-M. Lemée<sup>4</sup>, Prof. B. Perrouin-Verbe<sup>5</sup>

<sup>1</sup>: LUNAM University of Angers, Department of Physical Medicine and Rehabilitation, CRRRF Angers, France

<sup>2</sup>: Rehabilitation Centre of L'Arche, Le Mans, France

<sup>3</sup>: Department of Neurotraumatology, University Hospital (Hôtel-Dieu), Nantes, France

<sup>4</sup>: LUNAM University of Angers, Department of Neurosurgery, University Hospital of Angers, France

<sup>5</sup>: Department of Neurological Physical and Rehabilitation Medicine, University Hospital of Nantes, France

## **Address for correspondence**

Brigitte Perrouin-Verbe, MD, PhD

Department of Neurlogical Physical Medicine and Rehabilitation

University Hospital of Nantes

St Jacques Hospital

44093 Nantes Cedex, France

E-mail : [brigitte.perrouinverbe@chu-nantes.fr](mailto:brigitte.perrouinverbe@chu-nantes.fr)

## **Abstract**

### *Aims*

The Brindley procedure, used since the 1980s, consists of implantation of a stimulator for sacral anterior root stimulation combined with a posterior sacral rhizotomy to enable micturition. Patients suitable for the procedure are patients with detrusor overactivity and a complete spinal cord lesion with intact sacral reflexes. S<sub>2</sub> to S<sub>4</sub> posterior sacral rhizotomy abolishes sacral hyperreflexia and may lead to decreased urethral closure pressure and loss of reflex adaptation of continence, leading to stress incontinence.

### *Method*

In this retrospective study of 96 patients with Finetech-Brindley stimulator implanted in Nantes or Le Mans, we analyzed the incidence of stress incontinence one year after surgery and looked for predictive factors of stress incontinence one year after posterior sacral rhizotomy: age, gender, level of injury between T<sub>10</sub> and L<sub>2</sub>, previous urethral surgery, incompetent bladder neck, Maximum Urethral Closure Pressure before surgery less than 30 cmH<sub>2</sub>O, compliance before surgery less than 30 ml/cmH<sub>2</sub>O. Patients with persistent involuntary detrusor contractions with or without incontinence after surgery were excluded.

### *Results*

One year after surgery, 10.4% of the patients included experienced stress incontinence. Urethral closure pressure was significantly decreased by 18% after posterior sacral rhizotomy (P=0.002). This study highlights the only significant predictive factor of stress incontinence after rhizotomy: incompetent bladder neck (p=0.002).

### *Conclusions*

As screening of patient undergoing Brindley procedure is essential to achieve optimal postoperative results, on the basis of this study, we propose preoperative assessment to select the population of patients most likely to benefit from Brindley procedure.

## Introduction

Electrical stimulation of the S<sub>2-3-4</sub> sacral anterior roots to enable micturition in patients with spinal cord injury has been used since the 1980s (1). This technique, also called Brindley procedure, consists of implantation of stimulation electrodes onto sacral anterior roots (SARS) and posterior sacral rhizotomy (sacral deafferentation = SDAF) (2).

The management of urinary tract disorders in complete spinal cord injured patient is now clearly defined. The gold standard is the use of intermittent catheterization (IC) (3), but in some cases, the Brindley stimulator may be proposed in patients with a supraconal lesion and intact sacral reflexes. Three main clinical settings may be observed: patients performing self-IC with failure of Neurogenic detrusor overactivity (NDO) treatment, males who are unable to perform self-IC. Then, the Brindley neurostimulator must be weighed against sphincterotomy to treat dysynergia depending on the level of dependance and the need of a helper for stimulation. The last clinical setting are females who are unable to perform self-IC. Then, the Brindley neurostimulator must be weighed against urinary diversion.

Implantation of a Brindley stimulator may induce stress incontinence as a result of SDAF, as, even if the patient is no longer incontinent due to NDO (4,5), the decreased urethral closure pressure and loss of reflex adaptation of the striated sphincter during exercise related to the rhizotomy can lead to stress urinary incontinence. To our knowledge, identification of predictive factors of stress urinary incontinence after deafferentation has not been previously studied (5,7).

In this study, we focused on patients with stress urinary incontinence occurring during the year following posterior sacral rhizotomy to identify predictive factors of stress urinary incontinence and to improve patient screening before surgery. Seven predictive factors described in the literature were studied: age, gender, level of injury between T<sub>10</sub> and L<sub>2</sub>, previous urethral surgery (sphincterotomy, bladder neck incision or prostatectomy), incompetent bladder neck, Maximum Urethral Closure Pressure (MUCP) before surgery less than 30 cmH<sub>2</sub>O, bladder compliance before surgery less than 30 ml/cmH<sub>2</sub>O.

The Brindley stimulator is known to achieve good results and allows controlled micturition and sometimes also enhanced defecation and erection (8,9). However, the results of the procedure are highly dependent on the quality of preoperative screening.

---

## Materials and Methods

In this multicenter retrospective study, we reviewed the records of 131 patients implanted with a neurostimulator in two spinal cord injury reference centres, experienced in

neurostimulator implantation and programming and in the follow-up of these patients: L'Arche Rehabilitation Centre and Nantes University Hospital Department of Physical Medicine and Rehabilitation.

Ninety-one of these 131 patients were included (Figure 1). Inclusion criteria were patients able to perform independent transfers with sufficient follow-up to assess their continence status 1 year after surgery. Exclusion criteria were absence of continence assessment one year after surgery, patients undergoing urological surgery during the first year or patients with incomplete deafferentation. Thirty-five patients were excluded. Six of these patients were excluded due to missing continence assessment one year after surgery: one patient required an indwelling catheter less than one year after surgery, one patient underwent external sphincterotomy less than one year after surgery, one patient died from an unrelated cause less than one year after surgery and three patients had been implanted for less than one year. Twenty-one patients unable to perform independent transfers were excluded, as they presented a lower risk of stress incontinence due to their inability to perform transfers. Eight patients with incomplete deafferentation one year after surgery were excluded, as incomplete deafferentation may protect against stress incontinence.

This retrospective study was based on review of the patients' medical records. The following data were recorded from the medical records: age at spinal cord injury (SCI), level of injury, AIS (American Spinal Injury Association Impairment Scale) grade according to the American Spinal Injury Association (ASIA), history of urethral surgery (previous sphincterotomy, bladder neck incision or prostatectomy), preoperative bladder voiding mode, preoperative continence, date of surgery, number of reoperations, implantation surgical technique (intradural, extradural, exclusive sacral approach, Barcelona technique) and, when voiding video-cystography or video-urodynamic studies had been performed, we evaluated the bladder neck competence. Bladder neck competence on voiding cystography was defined as a gaping bladder neck or an open bladder neck during Valsalva manoeuvre.

The primary endpoint was continence one year after surgery. The severity of stress urinary incontinence, when present, was evaluated according to the Ingelman-Sundberg stress urinary incontinence rating scale (+ = full bladder leakage during an unusual effort, ++ = urinary incontinence during a transfer or trunk anteflexion, +++ = spontaneous leakage) (10). The bladder voiding mode was recorded for each patient one year after surgery, with or without the use of the neurostimulator for voiding, use of another method for voiding and concomitant anticholinergic treatment.

Preoperative and postoperative urodynamic data were also recorded. Postoperative data were collected one year after surgery, corresponding to optimal neurostimulator settings. Bladder compliance and the presence of involuntary bladder contractions during cystometry were recorded before and one year after surgery. Eight patients with involuntary

bladder contractions during bladder filling were excluded. Maximum Urethral Closure Pressure (MUCP) was measured during the urethral pressure profile, in supine position, using an infusion pump with a perfusion rate constant at 2 ml/min, a puller with a withdrawal speed constant at 1 mm/s and an 8 Fr catheter. MUCP data were collected preoperatively, between 2 and 6 months after surgery, between 12 and 18 months after surgery. MUCP  $\leq$  30 cmH<sub>2</sub>O was selected as cut-off value for sphincter weakness. Exploration techniques, definitions and units used are consistent with the recommendations of the International Continence Society (ICS).

### **Statistical analysis**

The two patient populations at L'Arche rehabilitation centre and Nantes University Hospital were compared by Fisher's exact test and Mann-Whitney test.

Analysis of predictors of urinary incontinence after Brindley neurostimulator implantation comprised the following variables: age, gender, T<sub>10</sub>-L<sub>2</sub> level of injury, previous urethral surgery (sphincterotomy bladder neck incision or prostatectomy), incompetent bladder neck, MUCP before surgery  $\leq$  30 cmH<sub>2</sub>O, bladder compliance before surgery  $\leq$  30 ml/cmH<sub>2</sub>O. The primary endpoint was the presence or absence of stress incontinence one year after implantation of the Brindley neurostimulator. Statistical analysis was performed using logistic regression followed by post-hoc test. The limit of significance was  $p < 0.05$ .

---

## **Results**

The characteristics of the 96 patients included in this study are described in Table 1. Sixteen patients were included in Nantes and 80 patients were included in Le Mans. 24 women (25%) were included. Patients had a mean age of 36 years  $\pm$  11 (from 20 to 63.9 years old). The mean interval between injury and surgery was 6.5 years  $\pm$  7.5 and the mean time since implantation was 21.27 years  $\pm$  10.2.

### Continence:

Three different modes of bladder emptying were identified in the study population before surgery: use of IC, reflex voiding or continuous drainage (suprapubic catheter, indwelling urinary catheter). Ninety-one per cent of patients using IC before surgery were incontinent. All patients using reflex voiding or continuous drainage were considered to be incontinent. Overall, 93.8% of patients were incontinent preoperatively. All of these incontinent patients had leaks due to NDO.



One year after surgery, ten (10.4%) patients experienced stress incontinence : 2 had leaks during unusual efforts on full bladder, 5 during transfers or trunk anteflexion and 3 experienced spontaneous leaks unrelated to effort.

The continence status of one patient was worsened by surgery, as he was continent before surgery and experienced stress urinary incontinence after posterior sacral rhizotomy. He had a level of injury between T<sub>10</sub> and L<sub>2</sub> and an open bladder neck during Valsalva manoeuvre on voiding cystography. Before surgery, he used self-IC and had detrusor overactivity resistant to conservative treatment. During the year after surgery, neurostimulation became less effective due to repeated bladder distension and he experienced leakage during transfers. Following loss of efficacy of neurostimulation, he uses self-IC. As a result of posterior sacral rhizotomy, his lower urinary tract has a low pressure regimen , but his MUCP has also decreased with a value of 54 cmH<sub>2</sub>O one year after surgery.

#### Monitoring of MUCP:

The mean MUCP before surgery in this population was 72.1 cmH<sub>2</sub>O ± 35.04. Mean MUCP was 53.54 cmH<sub>2</sub>O ± 19.9 between 2 and 6 months after surgery and 54.49 cmH<sub>2</sub>O ± 24.97 between 12 and 18 months after surgery.

Monitoring MUCP after neurostimulator implantation showed a significant mean decrease of 18% between the MUCP data before and two to six months after implantation (p=0.02). The decrease of MUCP is presented on a spaghetti plot (Figure 2). No significant improvement of MUCP was observed during the first two years after surgery.

#### Predictive factors of stress incontinence

Seven possible predictive factors were studied. Twenty-four patients (25%) were female and 9 of the 10 patients with stress incontinence after surgery were female. The mean age was 36 years ± 11 and the mean age of patients with stress urinary incontinence was 42 years ± 12.7 (range: 23 to 62 years). Eighteen patients (18.8%) had a level of injury between T<sub>10</sub>-L<sub>2</sub>. Among the 10 patients with stress incontinence after surgery, 4 patients had a level of injury between T<sub>10</sub>-L<sub>2</sub>. One patient (1%) had a history of urethral surgery and experienced stress incontinence after surgery. Fifteen patients had an incompetent bladder neck and 7 patients had a closed bladder neck during voiding cystography. Six patients with an incompetent bladder neck had stress incontinence. Two patients (2.1%) had an MUCP before surgery less than 30 cmH<sub>2</sub>O and none had stress incontinence. Forty-four patients

(45.8%) had a bladder compliance less than 30 ml/cmH<sub>2</sub>O before surgery. Four patients with bladder compliance less than 30 ml/cmH<sub>2</sub>O had stress incontinence after surgery.

On multivariate analysis, this study also highlighted incompetent bladder neck as a significant predictive factor for stress incontinence after rhizotomy ( $p=0.002$ ) (Table 2).

Univariate analysis identified two significant predictive factors for stress incontinence after rhizotomy: incompetent bladder neck ( $p<0.001$ ) and previous urethral surgery ( $p=0.003$ ) (Table 2).

---

## Discussion

This study showed a stress incontinence rate of 10.4% one year after surgery. Three stress incontinent patients reported spontaneous leaks unrelated to effort. These results are in agreement with those of previous studies conducted in France and other countries. A systematic review of literature in 2011 showed that the Brindley neurostimulator can achieve complete continence in 70-90% of cases and decreases the number of patients who need to wear protections (8). In a recent study, Krasmik and al. showed that 61.7% of patients achieved complete continence after implantation (11).

Monitoring of urethral closure pressure showed a significant decrease in mean urethral closure pressure of about 18% between two and six months after surgery. To our knowledge, variations of urethral closure pressure following posterior sacral rhizotomy has not been previously studied.

On multivariate analysis, only incompetent bladder neck was a significant predictive factor for stress incontinence after rhizotomy.

However, predictive factors for developing urinary incontinence after posterior sacral rhizotomy used in this study are consensual factors. In our study, most factors were not significantly correlated with postoperative stress incontinence. The lack of significance of these factors is probably related to the lack of power of the study, the low risk of developing stress incontinence and the small number of patients with predictive factors, probably as a result of pre-implantation screening. Furthermore, in practice, patients with a high risk of developing urinary stress incontinence are usually not eligible for Brindley neurostimulator implantation, which may induce a selection bias. For example, in our population, only two patients had an MUCP less than 30 cmH<sub>2</sub>O before surgery and only one patient had a history of urethral surgery. The only patient with a history of urethral surgery had undergone bladder neck incision and prostatectomy and experienced stress incontinence after posterior sacral rhizotomy. Two predictive factors were also closely linked: incompetent bladder neck

and level of injury between T<sub>10</sub> and L<sub>2</sub>, as the sympathetic nervous centre that controls bladder neck tone is situated between the T<sub>10</sub> and L<sub>2</sub> levels of the spinal cord. In our study, 7 of the 9 patients with a level of injury between T<sub>10</sub> and L<sub>2</sub> and with contributive voiding cystography had an incompetent bladder neck.

Impaired bladder compliance before surgery is a more controversial risk factor for postoperative stress incontinence, as several studies have demonstrated improvement of compliance after posterior sacral rhizotomy (8).

In this study, we didn't include patients who couldn't perform transfers alone because we think that this may be an important confusion factor as patients unable to perform their transfers by themselves have a lower risk to present urinary leakage since transfers is the main physical effort in complete spinal cord injured patients. Anyway, we did a second analysis in which we performed the same analysis of the seven factors but with the inclusion of patients who couldn't perform transfers alone. In this second analysis, none of the factors was a significant risk to develop stress urinary incontinence after SDAF.

In the literature, Brindley neurostimulators are reported to provide good results on continence but also effectively restore controlled voiding (8), abolish reflex bladder contractions in 90% of cases (12), and increase bladder capacity and bladder compliance by 120% (13). It also significantly reduces residual urine and reduces urinary tract infections by 68% (14). In addition to controlled voiding, the Brindley neurostimulator can also improve bowel function and defecation (15), sometimes allowing erection by stimulating parasympathetic fibres to the penis, and can reduce the sympathetic tone in the case of complete deafferentation (16). In most cases, it also improves quality of life (12,14), facilitating social life in 54% of cases (17), a factor of well-being, patient satisfaction with bladder emptying, and represents an economic gain by avoiding intermittent catheterization several times a day (18).

So, after the Brindley procedure, the urological situation was improved as it induces a low risk situation. Then, the risk to develop SUI after SDAF isn't a contra-indication alone for the Brindley procedure. Indeed, patients who have SUI after SDAF may benefit from specific treatment like artificial sphincter or periurethral balloons as they benefit from the low risk situation. For example, in our cohort, two patients with severe SUI underwent the implantation of an artificial sphincter. Then, the risk to develop SUI may be taken into account as part of the preoperative assessment since SUI may have an impact on patient's quality of life.

However, the results of surgery in terms of bladder emptying and continence depend on pre-implantation screening. To optimize patient selection, we propose a standardized preoperative assessment to determine which patients are most likely to benefit from surgery (Figure 3).

First, patients most likely to benefit from neurostimulator implantation must be identified. The indications for implantation of a Brindley stimulator are limited and are reserved to patients with stable supraconal spinal cord injury with an intact sacral reflex arc and unstable neuro-urological status. For example, patients using IC with intolerance or failure of anticholinergic drugs or intra-detrusor botulinum toxin or men using reflex voiding who want to achieve continence (12).

Relative and absolute contraindications to Brindley stimulator implantation must then be identified. A complete spinal cord lesion is preferable as posterior sacral rhizotomy is responsible for loss of perineal sensation in the case of an incomplete lesion, which can be associated with an increased risk of skin lesions. Genito-sexual evaluation is important, as rhizotomy is also responsible for loss of reflex erection in men and loss of vaginal lubrication in women (19). Functional assessment is essential, as electro-induced voiding requires the patient to collect urine, which means transfers to the toilet several times a day for women and the use of an urinal or a condom catheter for men.

Finally, pre-implantation assessment must include assessment of surgical risks, testing of the integrity of efferent pathways and evaluation of predictive factors of urinary stress incontinence. Bladder neck incompetence is a predictive factor for stress incontinence. McDonagh, in 1990, highlighted the importance of patient selection before performing a posterior sacral rhizotomy to prevent postoperative stress urinary incontinence (6). He particularly stressed the importance of evaluation of bladder neck competence. McGuire and Savastano (20), in 1984, also showed that sympathetic innervation of the smooth muscle remains intact after rhizotomy and contributes to continence following rhizotomy.

## **Conclusion**

The complete posterior sacral rhizotomy is responsible for a change in detrusor-sphincter activity, which can lead to urinary incontinence not related to involuntary bladder contractions, but to stress urinary incontinence due to decreased urethral closure pressure and loss of reflex adaptation of continence. The preoperative condition of the striated sphincter and bladder neck are key elements in the postoperative incontinence risk

assessment. Patients must be very carefully selected for neurostimulator implantation to ensure optimal results in terms of voiding quality, continence and quality of life.

## References

1. Brindley GS. History of the sacral anterior root stimulator, 1969-1982. *Neurourol Urodyn.* 1993;12(5):481-3.
2. Madersbacher H, Fischer J. Sacral anterior root stimulation: prerequisites and indications. *Neurourol Urodyn.* 1993;12(5):489-94.
3. Weld KJ, Dmochowski RR. Effect of bladder management on urological complications in spinal cord injured patients. *J Urol.* 2000 Mar;163(3):768-72.
4. Leroi A-M, Le Normand L. [Physiology of the anal and urinary sphincter apparatus for continence]. *Prog En Urol J Assoc Fr Urol Société Fr Urol.* 2005 Feb;15(1):123-48.
5. McGuire EJ. The effects of sacral denervation on bladder and urethral function. *Surg Gynecol Obstet.* 1977 Mar;144(3):343-6.
6. MacDonagh RP, Forster DM, Thomas DG. Urinary continence in spinal injury patients following complete sacral posterior rhizotomy. *Br J Urol.* 1990 Dec;66(6):618-22.
7. Barat M, Egon G, Daverat P, Colombel P, Guerin J. Why does continence fail after sacral anterior root stimulator? *Neurourol Urodyn.* 1993;12(5):507-8.
8. Martens FMJ, Heesakkers JPFA. Clinical results of a brindley procedure: sacral anterior root stimulation in combination with a rhizotomy of the dorsal roots. *Adv Urol.* 2011;2011:709708.
9. Bénard A, Verpillot E, Grandoulier A-S, Perrouin-Verbe B, Chêne G, Vignes J-R, et al. Comparative cost-effectiveness analysis of sacral anterior root stimulation for rehabilitation of bladder dysfunction in spinal cord injured patients. *Neurosurgery.* 2013 Oct;73(4):600-608; discussion 608.
10. Schüssler B, Alloussi S. [Ingelman-Sundberg classification of stress incontinence]. *Gynäkol Rundsch.* 1983;23(3):166-74.
11. Krasnik D, Krebs J, van Ophoven A, Pannek J. Urodynamic results, clinical efficacy, and complication rates of sacral intradural deafferentation and sacral anterior root stimulation in patients with neurogenic lower urinary tract dysfunction resulting from complete spinal cord injury. *Neurourol Urodyn.* 2013 Sep 4;
12. Vignes J-R, De Seze M, Sesay M, Barat M, Guerin J. [Anterior sacral root stimulation with dorsal rhizotomy (Brindley technique)]. *Neurochirurgie.* 2003 May;49(2-3 Pt 2):383-94.
13. Vignes JR, Liguoro D, Sesay M, Barat M, Guerin J. Dorsal rhizotomy with anterior sacral root stimulation for neurogenic bladder. *Stereotact Funct Neurosurg.* 2001;76(3-4):243-5.

14. Vastenholt JM, Snoek GJ, Buschman HPJ, van der Aa HE, Alleman ERJ, Ijzerman MJ. A 7-year follow-up of sacral anterior root stimulation for bladder control in patients with a spinal cord injury: quality of life and users' experiences. *Spinal Cord*. 2003 Jul;41(7):397–402.
15. Vallès M, Rodríguez A, Borau A, Mearin F. Effect of sacral anterior root stimulator on bowel dysfunction in patients with spinal cord injury. *Dis Colon Rectum*. 2009 May;52(5):986–92.
16. Schurch B, Knapp PA, Jeanmonod D, Rodic B, Rossier AB. Does sacral posterior rhizotomy suppress autonomic hyper-reflexia in patients with spinal cord injury? *Br J Urol*. 1998 Jan;81(1):73–82.
17. Wielink G, Essink-Bot ML, van Kerrebroeck PE, Rutten FF. Sacral rhizotomies and electrical bladder stimulation in spinal cord injury. 2. Cost-effectiveness and quality of life analysis. Dutch Study Group on Sacral Anterior Root Stimulation. *Eur Urol*. 1997;31(4):441–6.
18. Creasey GH, Grill JH, Korsten M, U HS, Betz R, Anderson R, et al. An implantable neuroprosthesis for restoring bladder and bowel control to patients with spinal cord injuries: a multicenter trial. *Arch Phys Med Rehabil*. 2001 Nov;82(11):1512–9.
19. Egon G, Chartier-Kastler E, Denys P, Ruffion A. [Spinal cord injury patient and Brindley neurostimulation]. *Prog En Urol J Assoc Fr Urol Société Fr Urol*. 2007 May;17(3):535–9.
20. McGuire EJ, Savastano JA. Urodynamic findings and clinical status following vesical denervation procedures for control of incontinence. *J Urol*. 1984 Jul;132(1):87–8.

**Figures:**

Figure 1. Flow chart of the study design

Figure 2. Spaghetti plot of variations of Maximum Urethral Closure Pressure with time after surgery

Figure 3. Proposed standardized preoperative assessment to enhance patient selection before implantation of a Brindley neurostimulator



Figure 1. Flow chart of the study design

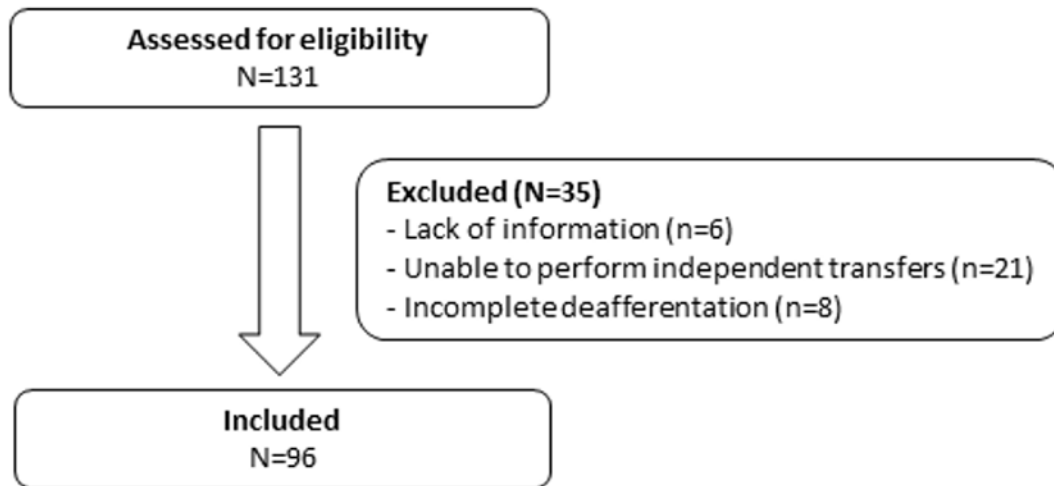


Figure 2. Spaghetti plot of variations of Maximum Urethral Closure Pressure with time after surgery

x-axis: Time since surgery (month)  
y-axis: Maximum Urethral Closure Pressure (cmH<sub>2</sub>O)

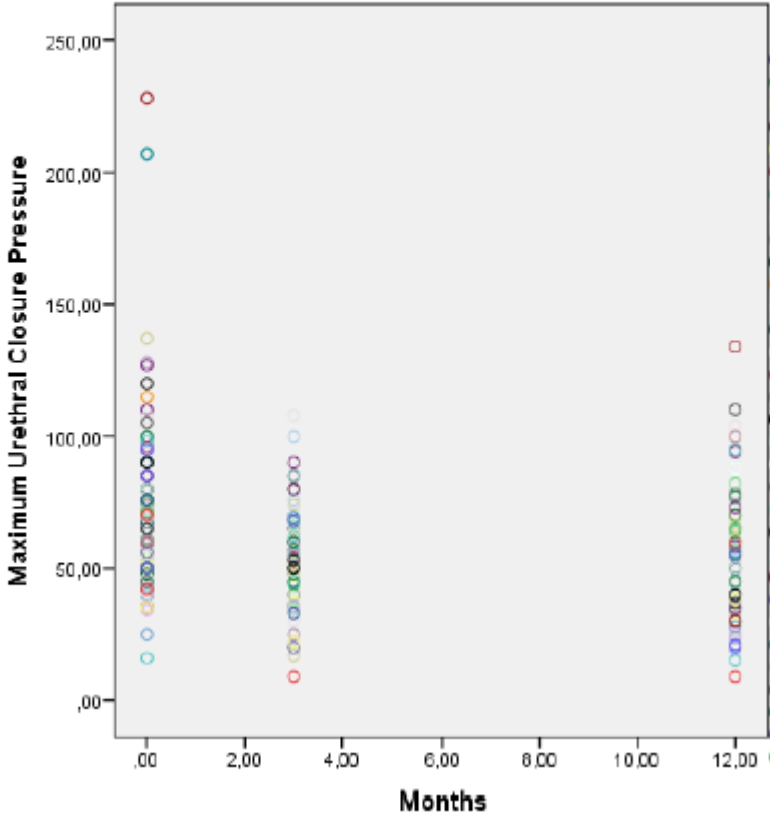


Figure 3: Proposed standardized preoperative assessment to enhance patients selection before implantation of a Brindley neurostimulator

Patients eligible for surgery		
1/ Failure of NDO Treatment in patients under IC 2/ Women who can't perform IC as an alternative to urinary diversion 3/ Men who can't perform IC versus sphincterotomy in case of Detrusor-Sphincter Dyssynergia +/- Improvement of other related disorders: bowel disorders		
Requirements		
Adults Supra-sacral spinal cord injury AIS A on ASIA impairment scale Genito-sexual status unbalanced (= unstable reflex erections not allowing sex intercourse)		
Preoperative assessment		
Study of the quality of efferent: - Cystomanometry: to assess spontaneous detrusor contraction of at least $\geq 70$ cmH <sub>2</sub> O in men and $\geq 50$ cmH <sub>2</sub> O in women Or induced by transrectal stimulation/percutaneous sacral stimulation - Assessment of the sexual status in Men: Unstable reflex erections? Response to intracavernosal injection (Prostaglandin) Collection of sperm and freezing	Preoperative evaluation: - MRI: Neuroradiological Syringomyelia? Structural abnormalities? Arachnoiditis of the conus or cauda equina? Level of the conus? - Spine X Rays: Charcot spine? - Assessment of upper urinary tract complications: Creatinine clearance, and CT Scan of the urinary tract	Balance sheet risk of incontinence after surgery: - Previous urological surgery Sphincterotomy? Bladder neck incision? Prostatectomy? For patients with injury level between T <sub>10</sub> -L <sub>2</sub> : Assessment of bladder neck competence: voiding cystography or video-urodynamic
Expectations after implantation		
SARS- driven micturition : 4/day $\geq 400$ cc in 5 min + residual volume after voiding < 50 mL Abolition of NDO during filling Continence Decrease of Autonomic dysreflexia Decrease $\geq 50\%$ of time exoneration +/- Use of programme erection for sex intercourse		

Abbreviations and Acronyms :

AIS: American Spinal Injury Association impairment scale

IC: Intermittent Catheterization

## **Tables:**

Table 1. Patient characteristics

	Nantes University Hospital (n=16)	L'Arche rehabilitation centre (n=80)	Total (n=96)
Age at surgery	36.7 years $\pm$ 14.4	36 years $\pm$ 10.2	36 years $\pm$ 10.9
Female	3 (18.8%)	21 (26.3%)	24 (25%)
Level of injury:			
C <sub>7</sub> -C <sub>8</sub>	3 (18.8%)	26 (32.5%)	29 (30.2%)
T <sub>1</sub> -T <sub>9</sub>	10 (62.5%)	44 (55%)	54 (56.3%)
T <sub>10</sub> -L <sub>2</sub>	3 (18.8%)	10 (12.5%)	13 (13.5%)
AIS A	15 (93.8%)	74 (92.5%)	89 (92.7%)
Voiding mode before surgery:			
ISC	13 (81.3%)	41 (51.3%)	54 (56.3%)
ICO	1 (6.3%)	12 (15%)	13 (13.5%)
Reflex voiding	2 (12.5%)	16 (20%)	18 (18.8%)
Indwelling urinary catheter	0	10 (12.5%)	10 (10.4%)
Suprapubic catheter	0	1 (1.3%)	1 (1%)
Incontinent before surgery	13 (81.3%)	77 (96.3%)	90 (93.8%)
Stress incontinent after surgery	4 (25%)	6 (7.5%)	10 (10.4%)
Previous urethral surgery	0	1 (1.3%)	1 (1%)
Incompetent bladder neck	4 (25%)	11 (13.8%)	15 (15.6%)
MUCP $\leq$ 30 cmH <sub>2</sub> O	0	2 (2.5%)	2 (2.1%)
Compliance $\leq$ 30 ml/cmH <sub>2</sub> O	5 (31.1%)	39 (48.8%)	44 (45.8%)

Abbreviations: American Spinal Injury Association impairment scale (AIS), Intermittent Self Catheterization (ISC), Intermittent Catheterization by others (ICO), Maximum Urethral Closure Pressure (MUCP)

Table 2. Results of univariate and multivariate analysis of predictive factors for urinary stress incontinence after posterior sacral rhizotomy

Variable	Univariate		Multivariate	
	p	p	OR	95% CI
Age at surgery	0,39	0.05	1.09	1-1.18
Female	0,25	0.68	0.61	0.06-6.60
Injury level T <sub>10</sub> -L <sub>2</sub>	0.07	0.85	1.23	0.15-9.91
Previous urethral surgery	<b>0.003</b>	1	7	-
Incompetent bladder neck	<b>&lt; 0.001</b>	<b>0.002</b>	24.69	3.1-196.48
MUCP before surgery ≤ 30 cmH <sub>2</sub> O	0.63	1	0	-
Compliance before surgery ≤ 30 ml/cmH <sub>2</sub> O	0,7	0.96	0.95	0.16-5.51

Abbreviations: Odds Ratio (OR), Confidence Interval (CI), Maximum Urethral Closure Pressure (MUCP)

**Title:**

Efficiency and main complications in management of spastic bladder in spinal cord injured patients after sacral anterior roots stimulation combined with sacral dorsal roots rhizotomy.

**Key words:** rhizotomy, sacral anterior roots stimulation, Brindley, electrical induced voiding, neuro-stimulator, satisfaction, results, complications, spinal cord, paraplegia, neuro-urology.

**Authors:** E.Chinier<sup>1</sup>, B.Reiss<sup>2</sup>, B.Perrouin-Verbe<sup>2</sup>, O.Hamel<sup>3</sup>

<sup>1</sup>: Department of Physical Medicine and Rehabilitation, CRRRF Angers, France

<sup>2</sup>: Department of Physical and Rehabilitation Medicine, University Hospital of Nantes, France

<sup>3</sup>: Department of Neurotraumatology, University Hospital (Hôtel-Dieu), Nantes, France

**Correspondance address:**

eva.chinier@etud.univ-angers.fr

Eva Chinier, Centre régional de rééducation et réadaptation fonctionnelle, rue des capucins, 49100 Angers

**Summary 240 words:**

The Brindley procedure consists in the implantation of a sacral anterior roots stimulator combined with sacral dorsal roots rhizotomy. The main objective is to enable complete electrical voiding in spinal cord injured patients with no impairment of sacral reflexes. The Finetech-Brindley being an implanted neuro-prosthesis, patients are subject to have complications linked to the surgery, the device or the use of the neuro-stimulator. In our study, we investigated early and late clinical results as well as the complications encountered the use of the Brindley neurostimulator in spinal cord injured patients.

In this retrospective study, thirty-two patients who underwent surgery in Nantes, with a postoperative follow-up of more than a year were included. The mean follow-up period from the date of the surgery to April 2014 was 9 years  $\pm$  5 (from 1.2 to 18.4 years).

Thirty patients (94%) achieved complete electrical induced voiding one year after surgery. At last follow-up, twenty-three patients (82.1%) still use their Finetech-Brindley to empty their bladder.

The reasons for the loss of electro-induced micturition are delayed complications. We had sixteen material failures. Six patients (18.8%) underwent a second surgery for conus deafferentation, and two patients (6%) had a modification of their neurological status unrelated to the neurostimulator.

The Brindley neurostimulators stays a current efficient and safety treatment for bladder dysfunction in some spinal cord injured patients. Indeed, the main target has been reached for the majority of patients, but some will experience delayed complications especially material complications which are the more complicated failures to manage.

**Introduction:**

Bladder dysfunctions in patients with complete suprasacral spinal cord lesion associate Neurogenic Detrusor Overactivity (NDO) and detrusor-sphincter-dysynergia (DSD) with potentially severe medical and social consequences (1).

Medical consequences after spinal cord injury (SCI) are widely described. The major complications are the consequences of a permanent high urine storage pressure more than 40 cmH<sub>2</sub>O that end with a degradation of kidney function (2).

Thus, the bladder management in spinal injured patients is well established and consensual. The main goal in bladder management is low urine pressure storage to protect

kidney function (3). The gold standard is the use of clean intermittent catheterizations (CIC) associated with a treatment of NDO (anticholinergic and botulinum toxin into the detrusor). However, a few patients under CIC don't response or are intolerant to conservative treatment of NDO. Then, the implantation of a Finetech-Brindley can be discussed. A second potential indication of Brindley's neuro-stimulator implantation is in males who can't achieve CIC and who are not eligible for a hand surgery (4). In this case, the Brindley neuro-stimulator is an alternative to reflex voiding before the sphincterotomy. The third and last potential indication of Brindley's neuro-stimulator are women who can't achieve CIC. In this case, the Brindley neuro-stimulator is an alternative to urinary tract derivations surgery (continent or incontinent urinary tract derivations surgery according to the level of injury).

The Brindley procedure has been developed in the 70's and consists of the implantation of sacral anterior roots stimulator (SARS) combined with a sacral dorsal roots rhizotomy or sacral deafferentation (SDAF) (5). Few patients are eligible for surgery (6,7). Only skeletally mature patients with supra-conal spinal cord lesion, with NDO and with no impairment of sacral reflexes are suitable. More, before surgery, contra-indications must be searched. Indeed, because of the SDAF that induces the loss of reflex erections, only males with a genito-sexual status unbalanced (i.e. reflex erections who do not able sexual intercourse) will be candidates to this surgery. Thus, because of the SDAF that abolishes sacral sensory function, patients with a grade on the American Spinal Injury Association Impairment scale of A (AIS A) are more suitable for surgery. At last, because of the electro induced functioning of the neurostimulator, only patients capable to collect urines (i.e. transfers on toilettes, to seize a urinal or to use condom flow) are suitable for surgery (8).

Several studies set up the remarkable long term medical success of Brindley neurostimulator in bladder management (7,9–11). Indeed, it allows low pressure storage and prevents medical consequences of high intra vesical pressure. However, the medical success rate of this procedure is conditioned by the quality of patients' screening. Besides the identification of the potentials indications with the previous described criteria, patients have to undergo complementary exam to study the quality of efferent roots to assess the effectiveness of electro-induced micturition, and identify the commonly known predictive factors of stress incontinence and perform a preoperative evaluation (see also Fig 1). For eligible patients, the preoperative expectations after implantation are the ability to perform intermittent stimulations on the SARS that enables electro-induced voiding at least 4 times a day in less than 5 minutes with a volume and a residue after voiding less than 100 mL. More, the SDAF enables the denervated bladder to improve its capacity ( $\geq 400$  mL) and to abolish involuntary detrusor contractions during filling, allowing an increase of the diurnal and nocturnal continence. Some other benefit effects can be described like the decrease  $\geq 50\%$  of time exoneration, the use of the erection program for sex, the decrease of sympathetic storm (12).



The main usual adverse effects described are the complications linked to the surgery: material failure (13), secondary complications unrelated to the neurostimulator and a few stress incontinence, linked to sacral dorsal roots rhizotomy (see also previous study, (14)).

Beside the medical consequences of bladder dysfunction in spinal cord injured patients, it is important to also focus on social consequences of pelvi-perineal dysfunction that have a severe impact on patients quality of life. But, fewer studies focused on patient's satisfaction and their subjective and objective evaluation of the improvement of their pelvi-perineal function after surgery.

The main objective of our study was to define long term efficacy of Brindley neurostimulator. Our secondary objectives were to list the main complications encountered and to assess patients' satisfaction of the stimulator. Our third aim was to assess patient's satisfaction.

---

## **Materials and Methods:**

### **Material:**

This is a monocentric, retrospective and descriptive study based on patients' files analysis and questionnaire.

### ***Population:***

Thirty-two patients underwent surgical implantation of a Finetech-Brindley neurostimulator (Finetech Medical Ltd, Herfordshire, UK) between December 1995 and April 2014 in the University Hospital of Nantes. We included in our study thirty-two patients (26 men, 6 women) who underwent surgery by our surgical team and have their clinical follow-up in the University Hospital of Nantes with a minimum follow-up of one year.

At the end point, in April 2014, there were 30 remaining from the included patients, one suiced and one had his clinical follow-up in another city.

For each patient, the data were collected before surgery, one year after the surgery and at end-point in April 2014. The follow-up of the patients were done at one year after surgery because the neurostimulator settings are optimized.

### **Physiology of surgery:**

The main target for the Brindley procedure is NDO. Patients who underwent surgery had whether NDO resistant to conservative treatment or intolerance to treatment like one of the included patients who had Botulinum-like syndrome after intradetrusor injection of Botox. In six patients, severe signs of autonomic dysreflexia linked to low urinary tract dysfunction were a supplementary reason for rhizotomy. In one patient, severe bowel disorders were a supplementary reason of rhizotomy. Also, some patients had a high pressure dysfunction of the low urinary tract threatening the kidney and the renal function.

The pre-operative check-up to select patients that may benefit from Brindley procedure was evoked in the introduction and described in a previous article (Chinier).

#### The surgical procedure:

In all cases, patients underwent the implantation of SARS and SDAF during the same procedure.

The surgical procedure consists of a sacral dorsal root rhizotomy combined with the implantation of sacral anterior roots electrodes to enable stimulation. Then the electrodes are connected to the receptor. The procedure took place almost exclusively “with the sacral technique” (15). All surgical procedures were performed by the same team, which included a neurosurgeon from the department of Neurotraumatology of the University Hospital of Nantes and a physician from the department of Physical and Rehabilitation Medicine of the University Hospital of Nantes, France. The neurosurgeon performed the surgery and the physician helped to identify the sacral roots during the surgery. The identification of the anterior and posterior root of each sacral root is performed preoperatively by the identification of their size, their anatomical localization and their stimulation. We use a stimulator set in somatic or visceral, an electromyogram of the striated sphincter and a preoperative urodynamic registration of the bladder pressure by cystomanometry. The adjustment of the stimulation parameters and clinical follow-up is done in the department of Physical and Rehabilitation Medicine of the University Hospital of Nantes, France.

The roots’ identification, the rhizotomy and the electrodes’ implantations are performed with surgical microscope magnification. The sacral posterior roots rhizotomy consists of the removal of a segment measuring about 20-40mm in length. After closure of the dura, the cables are tunneled to a subcutaneous pocket on the lower part of the thorax and connected to the receiver block. Immediately after the end of the surgery, when the roots are in their slots, the responses are checked by stimulation through the implant electrodes and the dura closed. The electrical induced bladder contraction is tested to ensure the suitable positioning of the electrodes.

The first electrical induced voiding is done seven days after the implantation during one week of hospitalization in the department of Physical and Rehabilitation Medicine of the University Hospital of Nantes, France. The optimization of the stimulation parameters (frequency and strength of stimulation) is based on clinical and urodynamic results. Patients had a usual follow-up with urodynamic measurements during the first month, 6 months 1 year and every 2-3 years thereafter, with a yearly check-up including ultrasound of kidney and 24h creatinine clearance test (16).

#### The implant:

All parts were designed by the Neurological Protheses Unit (Finetech Brindley). It contains an implanted part and an external device. The implant is composed of three main parts: electrode, cables and the block receivers. Usually, S2 anterior, S3 anterior, S4 anterior and S5 anterior are bilaterally trapped without separation in electrodes. The radio-receiver is a passive radio-receiver without power source.

#### **Method:**

##### Data collected:

The following informations were collected from the medical records: Date of birth, age at spinal cord injury (SCI), level of injury, ASIA impairment scale using American Spinal Injury Association (AIS) scale, date of implantation, surgical technique of implantation (intra-dural, extra-dural, exclusive sacral approach, Barcelona technique), number of surgical recovery since implantation (cable or receptor failure, deafferentation at the conus, removal of the implant for infection).

The following data were collected before surgery, one year after surgery and at the end point in April 2014: bladder voiding mode, the association of an anticholinergic treatment, and the existence of involuntary bladder contraction. Exploration techniques, definitions and units used are consistent with the recommendations of the International Continence Society (ICS).

##### Questionnaire:

Each patient was asked to complete a questionnaire once optimum setting of the Brindley's stimulation parameters have been achieved. It was a short questionnaire designed

to be easily answered. This questionnaire assessed their satisfaction and their use of the neurostimulator.

#### Criteria of evaluation:

Our first aim was to define how many patients achieved, thanks to the neurostimulator, electro-induced voiding one year after surgery and in April 2014. The criterion of efficacy was to achieve electro-induced voiding with a post-voiding residu < 100 mL.

Our second aim was to define how many patients had adverse effects since the implantation of the neurostimulator. We separated minor early complications related to the surgery (LCR leakage, neurapraxia) from the secondary complications related to material failure, modification of neurological status or the need of a second surgery to complete the sacral deafferentation.

Our third aim was to assess patient's satisfaction. Each patient had to answer a questionnaire, which they had to scale their own satisfaction on a four point scale (from "not at all satisfied" to "quite satisfied") and to scale the improvement of their quality of life surgery on a ten points Likert scale. We also asked two supplementary questions: "Would you advise this surgery for another patient?" and "Knowing what happened, would you undergo the surgery again?".

#### **Statistical analysis:**

We performed in this study a descriptive statistical analysis of patient population and the results of the questionnaire. Results are displayed with the mean, standard deviation and extreme values.

---

## **Results**

### ***Patient characteristics***

Clinical data are summarized in Table 1 (see also Fig 1).

The mean age at surgery was 36 years  $\pm$  13.41 (from 20 to 67 years old). The mean period between injury and implantation was 5.5 years  $\pm$  4.3 (from 1 to 16 years). The mean follow-up period from the date of the surgery to April 2014 was 9 years  $\pm$  5 (from 1.2 to 18.4 years). In April 2014, the mean age of all patients was 45.4 years  $\pm$  11.2 (from 29 to 73 years old).

There were different levels of spinal cord lesion. 11 patients (34.4%) had a cervical lesion and 21 patients (68.7%) had a thoracic lesion. Only one patient did not have a traumatic spinal cord lesion. All patients had a complete lesion except two patients with partially preserved sacral-segment pain sensitivity.

Before surgery, 22 patients (68.8%) emptied their bladder using self-intermittent catheterization, 5 patients (15.6%) using intermittent catheterization by other, 4 patients (12.5%) by supubic tapping and 1 patient (3.1%) had an indwelling catheter.

### ***Efficiency***

One year after surgery, thirty (94%) patients achieved complete electro-induced voiding. Among them, 2 patients (6.7%) needed a reintervention during the first year prior to achieve complete electro-induced voiding: one patient had a cable/receptor disconnection and one patient had a second implantation of sacral electrode.

Two patients never achieved complete electro-induced voiding: one patient keep a sacral reflex activity and one had an insufficient electro-induced contraction of the detrusor. They both use intermittent catheterization to void. Thoses patients were excluded for other analyses.

In April 2014, the follow-up duration was 9 years  $\pm$  5. Since surgery, one patient passed away and one patient pursued his follow-up in another city and thus were excluded from the analysis. Among the 28 remaining patients, 23 patients (82.1%) keep complete electroinduced voiding, 5 patients (17.9%) lost this possibility (Figures 1, 2). The reason for the loss of electro-induced voiding will now be discussed in more details.

### ***Complications***

After the Brindley procedure, several complications may occur. We can make the distinction between early complications, usually related to the surgery, and delayed complications caused by neurostimulator malfunctions or modification of the neurological

status. During the first year after surgery, early complications occurred. Those were minor complications that did not need any further surgical treatment, but delayed the beginning of the use of the stimulator for 3 months. Three (9.4%) patients had a cerebrospinal fluid (CSF) leak along the cables responsible of a fluid collection around the implant. In all cases, these leaks stopped spontaneously and didn't require a surgical treatment. One patient (3.1%) had a neurapraxia but managed to achieve complete electro-induced voiding one year after surgery.

Late complications encountered in our populations were due to material failure, to surgical recovery for insufficient deafferentation because of persistent reflex activity or to modification of neurological status (Table 2).

We encountered 13 material failures (see Table 2). All patients with material failures underwent a second surgery except 1 patient with a cable break, currently waiting for surgery.

Some patients encountered several complications. Indeed, only 3 patients presented most of the complications described: 1 patient had a disconnection of the cable/receptor 5 months after surgery, a receptor changing 8 years after surgery and is waiting for surgical recovery for a rupture of the cable. 1 patient had 2 cables failures, a disconnection of the cable/receptor, a break of the receptor, a displacement of the receptor and deafferentation at the conus. 1 patient had 2 displacements of the receptor, 1 cable/receptor disconnection and deafferentation at the conus. A total of 5 patients (15,6%) had at least one surgical recovery for material failure.

6 patients (18,8% of patients) needed another surgical procedure to extend the deafferentation at the conus (mean 3,2 years after implantation, min 0.7, max 5.6, SD 2).

A total of 9 (28,1% of patients) patients had at least a second surgical procedure for material failure or a surgical recovery for deafferentation at the conus.

Two patients (6,3% of patients) had a modification of their neurological status unrelated to the device that caused the ineffectiveness of the neurostimulator. They both had a secondary cauda equina. One patient had a loss of effectiveness of the device due to a Charcot spine and the other one to a lumbar discal hernia.

### ***Satisfaction***

Among the 32 patients included, we evaluated patients' satisfaction in patients who were able to scale their satisfaction in April 2014.

4 patients were excluded: one patient deceased, one having his clinical follow-up in another city, two patients with severe brain injury.

Two questions were asked: "Would you recommend this surgery for another patient?" and "Knowing what happened, would you undergo the surgery again?". 80% of the patients would do it again and 80% would recommend the device. The results are presented in table 3.

More, we asked patient who use electro-induced micturition in April 2014 (n=23) to scale their satisfaction of the device on a 4 points scale: 8 patients are "strongly satisfied", 6 patients are "satisfied", 2 patients are "not satisfied", none are "totally not satisfied" and 4 didn't answer.

Patients were asked to rate their gain concerning their quality of life on a 10 points scale. The mean gain concerning their quality of life was  $7,33 \pm 1,2$  (min = 5, max = 9).

---

## Discussion

This study underline that almost every patient (94% of patients) achieved complete electro-induced voiding in the year following the implantation. Whereas, after a mean follow-up period of 9 years, most of patients (82.1% of patients) kept complete electro-induced voiding, the occurrence of delayed complications being the main cause of neurostimulator malfunction.

The main delayed complications are secondary modification of their neurological status or material failure (15.6%) or insufficient deafferentation that requires surgical deafferentation at the conus for persistent dysynergie (18.8%).

The original approach of our study was to propose an autoevaluation of the Brindley procedure and its results by the patients, asking them to rate their quality of life's improvement and if they would undergo the procedure again or recommend this surgery to another patient, patients with a functioning neurostimulator rated their gain in quality of life of 7.33 on a 10 points scale.

These results shall now be discussed in more detail.

Our population was relatively homogenous in regards to patients' clinical assessment. However they differed by the technical procedure. The technical procedure may have an impact on the complications encountered.

The main limitation of our study is that the retrospective design of this study. Because of the low number of patients implanted per-years, a prospective design to study efficiency and complications in Brindley implated patients is complicated. Recent study

underlined a decreased in the number of patients implanted per-year (9). In the university hospital of Nantes, the number of implantation per-year stays stable from 1 to 3 procedures per-year (Figure 2).

### ***Short term follow-up***

Our results are in agreement with those previous studies.

#### Early clinical efficiency:

In the literature, the main result of short term efficiency is that almost every patient achieved electro-induced voiding one year after surgery but fewer achieved complete electro-induced voiding without requiring another method to empty the bladder (7). In our study, two patients never achieved electro-induced voiding because of persistent dysynergia related to incomplete deafferentation. Maybe the per-operative examination of these two patients wasn't able to assess their insufficient electro-induced contraction.

The three reasons of incomplete electro-induced voiding after the implantation are persistent dysynergia, misplacement of the electrodes or lesion of sacral anterior roots while surgery. In case of persistent dysynergia, patients may temporally benefit from iterative injections of Botulinum toxin A into the sphincter before a definitive deafferentation at the conus (comparer les résultats à la littérature). This explains why some of our patients with complete electro-induced voiding had a deafferentation at the conus several years after their implantation. In case of misplacement of the electrodes, patients underwent a second extradural electrode implantation.

Our study didn't focus on urodynamical results. But during weeks following the procedure, patients experienced benefits from sacral posterior root rhizotomy. Indeed, before surgery, patients who had spasticity of the detrusor with incontinence, impaired bladder compliance and incontinence +/- impairment of the upper urinary tract. Indeed, thanks to the sacral posterior roots rhizotomy, its earlier benefit is the sacral areflexia that allows low pressure storage in the bladder with high security situation for renal function. Several studies underlined the good urodynamical results of the Brindley procedure. After surgery, patients have an increase in functional capacity and an increase in compliance that stabilizes within 6 weeks after their implantation (17). Sacral dorsal roots rhizotomy allows an improvement in upper tract function and a reduction of the incidence of urinary tract infection

#### Early complications:



The complications described in our study are the commonly reported early complications (fluid collection of LCS, infection with the explantation of the device and receiver failure).

The rate of cerebrospinal fluid collection depends on the technical procedure. Procedure with an open of the dura have more risk to develop LCS leakage around the device after closure of the dura (18).

### ***Long term follow-up: results and main issues***

We especially focused on illustrating the possible different outcomes of patients' years after the procedure.

Several studies confirmed long term efficiency and tolerance of the Brindley procedure. In 2011, Martens and al published a meta-analysis of the results (7).

First, close follow-up of patients after the implantation is a crucial issue. Indeed, a secondary loss of electro-induced voiding can be the sign of inadequate stimulation parameters +/- associated with a persistent dysynergia, material failure or worth a modification of their neurological status. More, an increase of voiding time may indicate an exhaustion of the detrusor that may induce a modification of the stimulator parameters or an insufficient deafferentation. The difficult management of those complications emphasis the importance that experienced teams performs the follow-up of those patients.

Among the delayed complications, material failures are the more difficult complications to manage and to repair (9). The difficult management of material complications underlines the importance of a close screening of patients level of physical activity and occupational activities before implantation. Indeed, in our population only 9.4% of the patient who all had intense physical activities presented 84.6% of the material failure. In literature, patients presenting cable failure are likely to have intensive physical activities like, intensive sport when trunk traction and twisting phenomenon like in basket-ball players and in hunters (10). This results underlines that the success rate of this procedure is conditioned by the quality of patients' screening and ask the question to the implantation of patients with potential intensive activity.

A specific complication of material devices are infection of implanted devices (15). In our study one patient had a skin scare infection of the receiver that requires explantation of the device. This patient is now continent and use intermittent catheterization to void. Our results concerning the incidence of infection are in agreement with previous studies. In 1998 Egon and al and in 1996 Van Kerrebroeck had a rate of explantation of the device for infection of 3% (11,17).

The last result of this study is that 80% of patients are satisfied of the device. This emphasizes that eligible patients for the Brindley procedure should be aware of benefits and improve in quality of life intended after the implantation of a SARS (20,21).

### ***Consequences of a definitive failed of the electro-induced voiding***

This technique is also prone to failure. So before the implantation, patients should be given data regarding potential complications of SARS in case of secondary inefficient device (19).

The SDAF allows low pressure function link to the stop of arc reflex. But it may also induce stress incontinence link to the loss of reflex contraction of the striated sphincter (14).

Another effect of SDAF is the loss of reflex activity in bowels, urinary bladder and penis. Others unusual complications have been described in literature like a spine instability linked to thoraco-lombal laminectomy exacerbated by repeated S2 sacral anterior roots stimulation that induce hip extension (4,21).

### ***Conclusion***

The Brindley neuro-stimulators stay a current efficient and safe treatment of bladder dysfunctions in eligible spinal cord injured patients. But, even years after their implantation, patients should maintain a close follow-up in a specialized team especially for the risk of delayed complications related to the device.

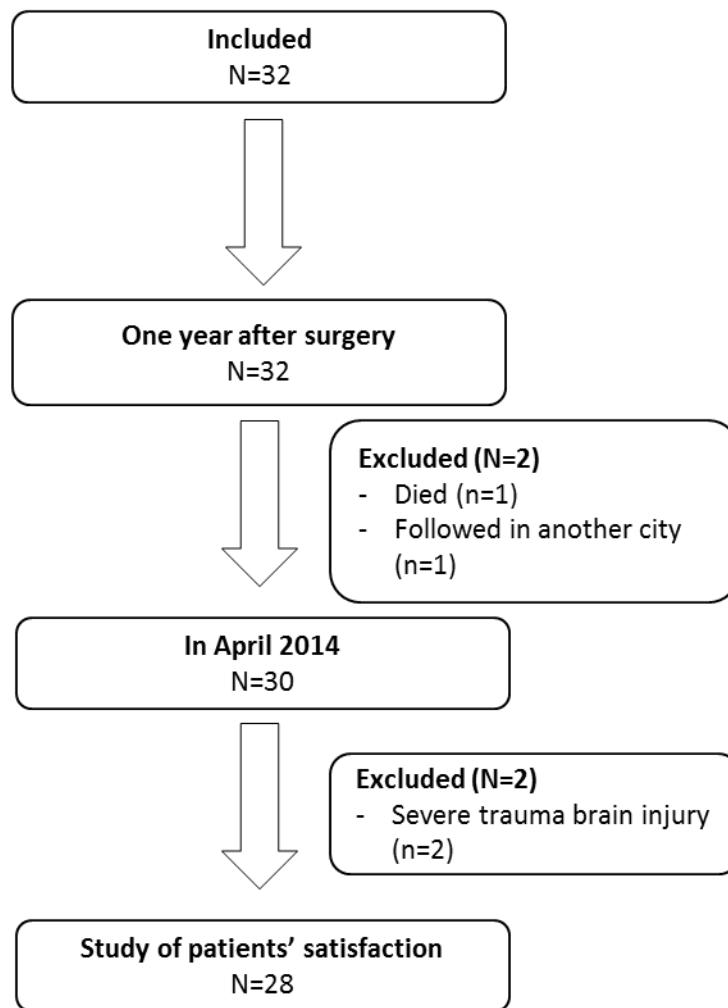
More, the reviewed of the follow-up of our patients enable us to improve the overall result of the Brindley stimulator. Indeed, it will help to perform a better selection of the eligible patients for next procedures and ask the question of implantation of patients with risk behavior?

## Bibliography

1. Benevento BT, Sipski ML. Neurogenic bladder, neurogenic bowel, and sexual dysfunction in people with spinal cord injury. *Phys Ther.* 2002 Jun;82(6):601–12.
2. McGuire EJ, Woodside JR, Borden TA, Weiss RM. Prognostic value of urodynamic testing in myelodysplastic patients. *J Urol.* 1981 Aug;126(2):205–9.
3. Stöhrer M, Blok B, Castro-Diaz D, Chartier-Kastler E, Del Popolo G, Kramer G, et al. EAU Guidelines on Neurogenic Lower Urinary Tract Dysfunction. *Eur Urol.* 2009 Jul;56(1):81–8.
4. Soni BM, Oo T, Vaidyanathan S, Hughes PL, Singh G. Complications of sacral anterior root stimulator implantation in a cervical spinal cord injury patient: increased spasms requiring intrathecal baclofen therapy followed by delayed fracture of lumbar spine leading to intractable spasms compelling disuse of the sacral anterior root stimulator. *Spinal Cord.* 2004 Feb;42(2):136–8.
5. Brindley GS. History of the sacral anterior root stimulator, 1969–1982. *Neurourol Urodyn.* 1993;12(5):481–3.
6. Madersbacher H, Fischer J. Sacral anterior root stimulation: prerequisites and indications. *Neurourol Urodyn.* 1993;12(5):489–94.
7. Martens FMJ, Heesakkers JPFA. Clinical results of a brindley procedure: sacral anterior root stimulation in combination with a rhizotomy of the dorsal roots. *Adv Urol.* 2011;2011:709708.
8. Madersbacher H, Fischer J, Ebner A. Anterior sacral root stimulator (Brindley): Experiences especially in women with neurogenic urinary incontinence. *Neurourol Urodyn.* 1988;7(6):593–601.
9. Krasmik D, Krebs J, van Ophoven A, Pannek J. Urodynamic results, clinical efficacy, and complication rates of sacral intradural deafferentation and sacral anterior root stimulation in patients with neurogenic lower urinary tract dysfunction resulting from complete spinal cord injury. *Neurourol Urodyn.* 2013 Sep 4;
10. Brindley GS. The first 500 patients with sacral anterior root stimulator implants: general description. *Paraplegia.* 1994 Dec;32(12):795–805.
11. Egon G, Barat M, Colombel P, Visentin C, Isambert JL, Guerin J. Implantation of anterior sacral root stimulators combined with posterior sacral rhizotomy in spinal injury patients. *World J Urol.* 1998;16(5):342–9.
12. Brindley GS, Rushton DN. Long-term follow-up of patients with sacral anterior root stimulator implants. *Paraplegia.* 1990 Oct;28(8):469–75.
13. Brindley GS. The first 500 sacral anterior root stimulators: implant failures and their repair. *Paraplegia.* 1995 Jan;33(1):5–9.
14. MacDonagh RP, Forster DM, Thomas DG. Urinary continence in spinal injury patients following complete sacral posterior rhizotomy. *Br J Urol.* 1990 Dec;66(6):618–22.
15. Hamel O, Perrouin-Verbe B, Robert R. [Brindley technique with intradural deafferentation and extradural implantation by a single sacral laminectomy]. *Neurochirurgie.* 2004 Dec;50(6):661–6.
16. Ruffion A, de Sèze M, Denys P, Perrouin-Verbe B, Chartier-Kastler E, Groupe d'Etudes de Neuro-Urologie de Langue Française. [Groupe d'Etudes de Neuro-Urologie de Langue Française (GENULF) guidelines for the management of spinal cord injury and spina bifida patients]. *Prog En Urol J Assoc Fr Urol Société Fr Urol.* 2007 May;17(3):631–3.

17. Van Kerrebroeck PE, Koldewijn EL, Rosier PF, Wijkstra H, Debruyne FM. Results of the treatment of neurogenic bladder dysfunction in spinal cord injury by sacral posterior root rhizotomy and anterior sacral root stimulation. *J Urol.* 1996 Apr;155(4):1378–81.
18. Sauerwein D, Ingunza W, Fischer J, Madersbacher H, Polkey CE, Brindley GS, et al. Extradural implantation of sacral anterior root stimulators. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 1990 Aug;53(8):681–4.
19. Vaidyanathan S, Soni BM, Oo T, Hughes PL, Mansour P, Singh G. Infection of Brindley sacral anterior root stimulator by *Pseudomonas aeruginosa* requiring removal of the implant: long-term deleterious effects on bowel and urinary bladder function in a spinal cord injury patient with tetraplegia: a case report. *Cases J.* 2009;2:9364.
20. Vastenholt JM, Snoek GJ, Buschman HPJ, van der Aa HE, Alleman ERJ, Ijzerman MJ. A 7-year follow-up of sacral anterior root stimulation for bladder control in patients with a spinal cord injury: quality of life and users' experiences. *Spinal Cord.* 2003 Jul;41(7):397–402.
21. Craggs MD, Middleton FRI, Bycroft JA, Chelvarajah R. A complex series of events in a patient with sacral anterior root stimulator (SARS). *Spinal Cord.* 2005 Jan;43(1):59–60.

Figure 1. Flow chart of the study design



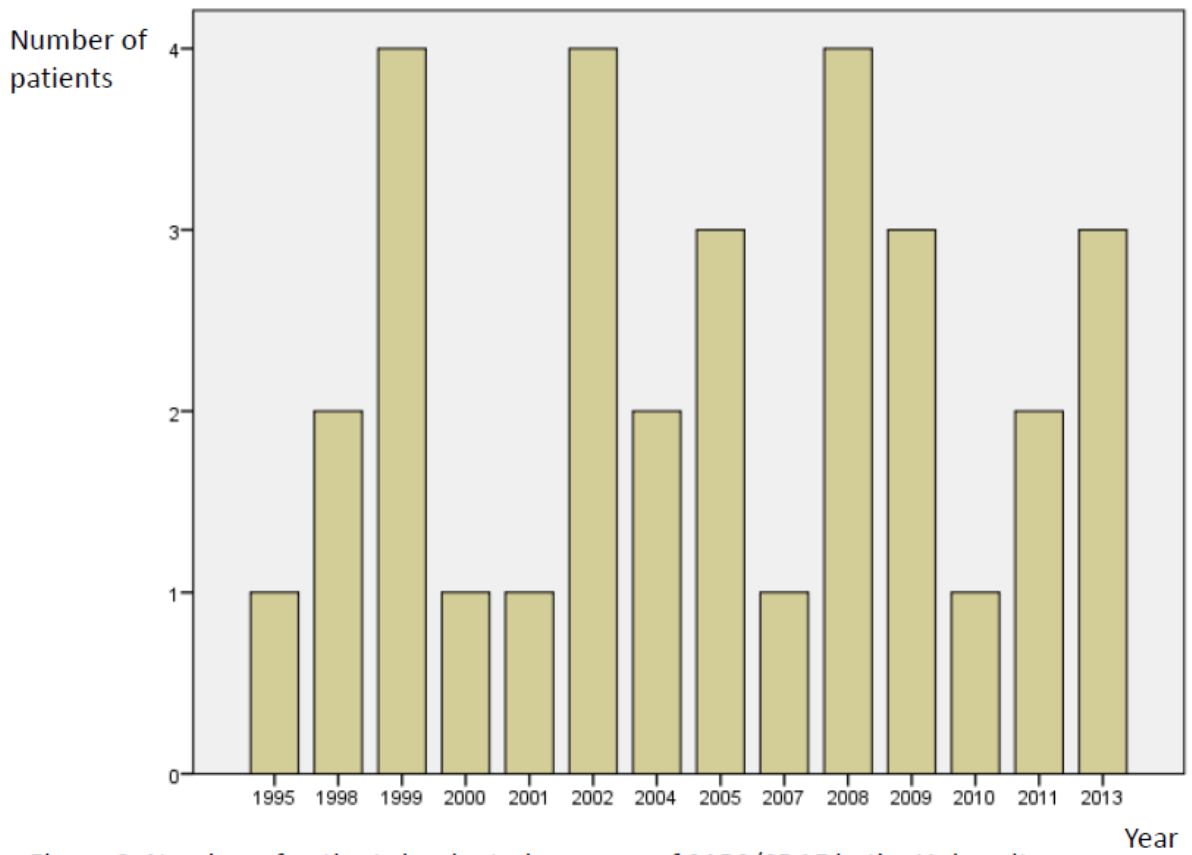


Figure 2. Number of patients implanted per-year of SARS/SDAF in the University Hospital of Nantes

Table 1. Patients characteristics (n=32)

Patient	Gender	Age at surgery	Time between injury and surgery (years)	Level of injury	Preoperative bladder voiding mode	Time of follow-up (years)
1	M	24	1,8	T5	SIC	12,0
2	F	20	7,6	T3	SIC	9,3
3	M	23	7,0	C4	R	11,5
4	M	39	1,0	T10	SIC	5,6
5	M	33	14,2	C5	IC	5,2
6	M	38	2,0	T4	SIC	8,9
7	M	30	1,2	T4	SIC	8,9
8	M	48	7,2	C6	ICO	5,3
9	M	25	3,7	C7	ICO	16,3
10	F	26	1,3	T6	SIC	14,4
11	M	24	1,2	T3	SIC	11,5
12	M	40	1,7	C8	SIC	15,3
13	M	23	1,6	C6	ICO	15,2
14	M	50	7,7	T12	SIC	5,5
15	M	47	9,2	T4	SIC	3,4
16	M	43	3,0	T3	SIC	10,0
17	M	30	11,1	C6	SIC	9,6
18	M	55	8,2	T12	SIC	5,6
19	M	67	9,6	T6	ICO	6,3
20	M	44	2,9	T11	SIC	11,6
21	M	36	12,2	T4	R	3,2
22	F	22	1,8	C5	SIC	13,7
23	F	23	1,9	C7	SIC	14,4
24	M	23	1,5	T11	R	18,4
25	M	28	9,4	T3	R	16,3
26	F	22	3,0	C5	ICO	12,5
27	M	62	4,4	T8	SIC	5,0
28	M	41	16,0	C6	SIC	2,7
29	M	59	4,8	T4	SIC	6,6
30	M	34	5,9	T7	SIC	1,3
31	M	57	1,8	T4	SIC	1,2
32	F	33	11,7	T11	SIC	1,2

**Notes: SIC; Self Intermittent Catheterization; ICO; Intermittent Catheterization by Other; R; Reflex micturition; IC; Indwelling Catether**

Table 2. Delayed complications

	Number of patients
Material failure	
Cable failure	
misplaced electrode	1
cable failures	3
cable/receptor disconnection	3
Change of the receptor	
break of receptor	2
displacement of the receptor	3
Infection	
explantation for infection	1
Extended deafferentation	9
Modification of neurological status	2



Table 3. Patients' satisfaction with the implant

	Number of patients		Total
	Efficient device	Inefficient device	
Would do it again ?			
Yes	14	2	16
No	1	5	6
No answer			6
Would recommend the device ?			
Yes	12	4	16
No	2	2	4
No answer			8

**Title:**

The effect of using electro-induced micturition on specific impact of urinary disorders on quality of life in patients with spinal cord injury: a longitudinal analysis.

**Titre:**

Effet de l'utilisation de mictions électro-induites sur la qualité de vie des patients lésés médullaire : une étude longitudinale

**Authors:** E.Chinier<sup>1</sup>, Dr O.Hamel<sup>2</sup>, Dr B.Reiss<sup>3</sup>, Pr B.Perrouin-Verbe<sup>3</sup>

<sup>1</sup>: Department of Physical Medicine and Rehabilitation, CRRRF Angers, France

<sup>2</sup>: Department of Neurotraumatology, University Hospital (Hôtel-Dieu), Nantes, France

<sup>3</sup>: Department of Physical and Rehabilitation Medicine, University Hospital of Nantes, France

**Address for correspondence**

Brigitte Perrouin-Verbe, MD, PhD

Department of Neurological Physical Medicine and Rehabilitation

University Hospital of Nantes

St Jacques Hospital

44093 Nantes Cedex, France

E-mail : [brigitte.perrouinverbe@chu-nantes.fr](mailto:brigitte.perrouinverbe@chu-nantes.fr)

Phone : 02 40 84 60 47

### Résumé :

L'implantation d'un neuro-stimulateur de Brindley associe une stimulation des racines sacrées antérieures et une radicotomie des racines sacrées postérieures. L'implantation de ce dispositif est indiquée chez certains patients lésés médullaires ayant une hyperactivité détrusorienne résistante aux traitements médicamenteux.

### Objectif:

L'objectif principal de cette étude est la comparaison de la qualité de vie liée aux problèmes urinaires des patients avant et après implantation d'un neurostimulateur de Brindley. L'objectif secondaire est la comparaison de la qualité de vie avant et après l'implantation.

### Matériel/Méthode :

C'est une étude monocentrique rétrospective longitudinale. Quatorze patients utilisant des mictions électro-induites par le stimulateur, implantés au centre hospitalo-universitaire de Nantes ont été inclus. Nous avons utilisé le questionnaire QUALIVEEN, questionnaire français spécifique des patients lésés médullaires permettant l'évaluation à la fois la répercussion des problèmes urinaires sur la qualité de vie (score Specific Impact of Urinary Problems = « SIUP ») dans quatre dimensions mais aussi la qualité de vie des patients (score Quality Of Life = « QoL »).

### Résultats :

On note une amélioration significative du score SIUP ( $p=0.02$ ) mais nous n'avons pas montré d'amélioration significative du score QoL ( $p=0.8$ ). Parmi les quatre sous-scores du score SIUP, il y a une diminution significative de score gêne ( $p=0.03$ ), contrainte ( $p=0.01$ ), crainte ( $p=0.008$ ) mais pas du score vécu ( $p=0.08$ ).

### Discussion/Conclusion :

Nos résultats sont en accord avec les données de la littérature. L'utilisation de mictions électro-induites permet d'améliorer la qualité de vie liée aux problèmes urinaires des patients lésés médullaire ayant un statut neuro-urologique préopératoire insatisfaisant.

**Mots clefs:** stimulation des racines sacrées antérieures, qualité de vie, QUALIVEEN, lésion médullaire.

Abstract:

The Brindley neurostimulator consist of a stimulation of the sacral anterior roots to enable micturition and a sacral dorsal roots rhizotomy to enable low pressure storage in the bladder. This implanted device is indicated in spinal cord injured patients with overactive detrusor resistant to conservative treatment.

Aim :

The main objective of this study was to assess and compare the quality of life related to urinary disorders before and after surgery.

Method/Materiel :

This is a monocentric, longitudinal and retrospective study. Fourteen patients who had complete electro-induced micturition and who underwent the Brindley procedure in Nantes were included. We used the QUALIVEEN questionnaire, a validated French questionnaire that focus on quality of life related to urinary disorders (Specific Impact of Urinary Problems score = « SIUP ») and quality of life (score Quality Of Life = « QoL ») in spinal cord injured patients.

Results :

We found a significant increase in SIUP score ( $p=0.02$ ) but we didn't highlight an increase in QoL score ( $p=0.8$ ) in patient after surgery. Among the four sub-scores of SIUP, we found a

significant decrease in inconvenience ( $p=0.03$ ), restriction ( $p=0.01$ ), fear ( $p=0.008$ ) but no significant difference in impact on daily life ( $p=0.08$ ).

Discussion/Conclusion :

This was the first longitudinal analysis of quality life. Those results are in agreement with previous transversal studies. The use of electro-induced voiding increase quality of life related to urinary disorders in patients who had previously an unbalanced neuro-urological status.

**Keys words:** sacral anterior roots stimulation, quality of life, QUALIVEEN, spinal cord.

## **Introduction:**

Since the improvement in medical care of spinal cord injured patients increase their life expectancy (1), improving their quality of life became a main objective in their rehabilitation, especially in bladder and bowel dysfunctions (2).

The use of sacral anterior roots intermittent stimulation thanks to an implanted device (SARS) is used since the 1980's (3). This device enables electro-induced voiding and may also enhance excretion and allows electro-induced erections in spinal cord injured patients. Moreover, the implantation of this device is always associated with sacral deafferentation (SDAF) to treat neurogenic detrusor overactivity and preserve upper urinary tract.

SARS/SDAF are already widely known for their efficiency and tolerance, even years after their implantation (4). More, their efficiency on continence and urinary tract complications like urinary tract infections has a major impact on quality of life. Indeed, Creasey and al in 2001 assessed that 94% of the patients declared that SARS/SDAF improved their social life (5).

Few studies have already focused on the improvement in quality of life after SARS/SDAF (5–8). In 2011, Martens et al, demonstrated a significant improvement in quality of life in patients using the device compared to a control group (8).

The assessment of the impact of the SARS/SDAF on quality of life may be assessed using a questionnaire like QUALIVEEN questionnaire. QUALIVEEN questionnaire is a validated French questionnaire specially designed to assess quality of life in spinal cord patients with bladder dysfunctions related to spinal cord lesion (9). It allows studying the Specific Impact of Urinary Problems (SIUP) and general Quality of Life (QoL).

In this longitudinal study, we assessed the impact on quality of life related to urinary disorders in patients using electro-induced micturition thanks to SARS/SDAF.

---

**Material and Method:**

This is a monocentric study and retrospective study.

***Population:***

We reviewed the record files of thirty-two supraconal spinal cord injured patients who underwent the Brindley procedure since December 1995 in the university hospital of Nantes with a minimal post-surgery follow-up duration of one year. All subjects were recruited as part of our previous work investigating the efficiency and the main complications of SARS/SDAF.

Among the thirty-two patients, all patients who keep complete electro-induced micturition thanks to the Finetech-Brindley bladder controller at the last follow-up consultation were included. Exclusion criteria were as follows: the use of another bladder voiding method, patients unable to complete a self-administered questionnaire and the inability to express themselves in French language. Twelve patients were excluded: one patient passed away, one patient pursued his clinical follow-up in another city, two patients had a severe brain injury and eight patients couldn't achieve complete electro-induced voiding at last follow-up. Among the twenty patients included, we didn't have an assessment of their quality of life related to urinary disorders and an assessment of their quality life using QUALIVEEN for six of them: three patients didn't answer our questionnaire and we had a lack of information for three patients. Therefore, the longitudinal analysis was performed on 14 patients. The flow chart is presented in figure 1.

***Materials and procedures:***

For each patient, the data were collected at last examination. Data are available in our previous study.

#### Questionnaire:

Each patient was asked during the last follow-up consultation to complete a questionnaire. This questionnaire concerns the use of the neuro-stimulator and an evaluation of quality of life using QUALIVEEN questionnaire.

There are different tools used to assess quality of life in spinal cord injured patients described by Hill and al (1). The QUALIVEEN questionnaire was developed by Coloplast® pharmaceuticals. It is a specific and validated tool to assess quality of life and the evaluation of the impact of urinary problems on the QoL of spinal cord injured patients (9). The QUALIVEEN is a French an easily and effective use of this tool validated in a study done in France in 1997 involving a total number à 400 spinal cord injured patient (10). It consists of 30 questions, subdivided in two main parts. The first part measures the Specific Impact of Urinary Problems on quality of life (SIUP) in terms of inconvenience, restrictions, fears and impact on daily life (10). The higher the score is, the more urinary disorders have an impact on the patient's quality of life. The second parts investigate the quality of life in general (QoL). The higher the QoL score is, the more the quality of life is good.

This questionnaire has already been used by Vastenholt and al. and Martens and al. to study quality of life of patients using the SARS/SDAF to empty their bladder (7,8).

#### **Method:**

The questionnaire was send at home or given during the consultations to the patient.

We used a longitudinal analysis to evaluate the variation of the different items of the QUALIVEEN score of our fourteen patients who completed the score before their implantation.



None had anticholinergic or botulinum toxin A injections in the detrusor treatment or used another method to void.

***Statistical analysis:***

We compared the results of the QUALIVEEN test before and after surgery in our population. For comparison of patient's data we used a paired Student t-test (SPSS 20.0). Graphical representation was drawn using the *ggplot2* package with *R 3.1.0*.

Student test (SPSS 20.0).

Differences with  $p < 0.05$  were considered significant.

---

**Results:**

Patients' characteristics

The response rate of our questionnaire was 70%.

Clinical data are summarized in Table 1.

The mean age at surgery was 34.6 years  $\pm$  11.6 (from 20 to 55 years old). The mean period between injury and implantation was 6.9 years  $\pm$  4.8 (from 1.5 to 16 years). The mean follow-up period from the date of the surgery to April 2014 was 9.7 years  $\pm$  5.4 (from 2.7 to 18.4 years). In April 2014, the mean age of all patients was 44 years  $\pm$  9.6 (from 29 to 61 years old).

There were different levels of spinal cord lesion. 8 patients (57.1%) had a cervical lesion and 6 patients (42.9%) had a thoracic lesion.

Before surgery, 6 patients (42.9%) emptied their bladder using self-intermittent catheterization, 4 patients (28.6%) using intermittent catheterization by other, 3 patients (21.4%) by supubic tapping and 1 patient (7.1%) had an indwelling catheter.

#### Longitudinal study on quality of life

The results are presented in Table 2 and in Figure 2. We found a significant difference between inconvenience before and after surgery ( $p=0.03$ ), restriction before and after surgery ( $p=0.01$ ), fears before and after surgery ( $p=0.008$ ). There were no significant differences concerning the impact on daily life (=feeling) before and after surgery ( $p=0.08$ ). However, there was a significant decrease on SIUP index before and after surgery ( $p=0.02$ ). We didn't find any differences between quality of life indexes before and after surgery ( $p=0.2$ ).

---

#### **Discussion:**

In this longitudinal analysis, we found a significant better quality of life related to urinary disorders after the use of SARS/SDAF, but we didn't highlight any change in quality of life.

Our results are in agreement with previous studies. Previous studies also underlined a significant increase in quality of life related to urinary disorders in patients using SARS/SDAF with the QUALIVEEN questionnaire (7,8). Both previous studies consist of a transversal analysis that compared quality of life of patients using SARS/SDAF with a control group. The main difference between those two studies from the Netherlands was the definition of the control group. In 2003, Vastenholt and al. used the references scores obtained from a French study on a reference group of 400 spinal cord injured patients and data were stratified according to the level of injury, whereas Martens and al in 2012 used a sample of complete spinal cord injured patients.

The two main mechanisms of the increase of quality of life related to urinary disorders are the increase of continence rate and the decrease of infection rate. Indeed, Vastenholt and al. showed that from user's experienced the most important advantages described were for 68% of patients a decreased of infection rate and 54% of patients an increase in continence rate. And, several studies showed a significant decrease of infection rate related to low pressure storage and to the significant decrease of residue after voiding (11). More, in a previous study, we showed a decrease of incontinence rate. Indeed, before the Brindley procedure, 93.8% of patients were incontinent related to leaks caused by neurogenic detrusor overactivity, whereas one year after SDAF/SARS, only 10.4% of patients experienced stress incontinence.

Thus, among the four domains explored to assess quality of life related to urinary disorders by used in the QUALIVEEN questionnaire, like in our study, Vastenholt and al. found no significant decrease in felling after SARS/SDAF. This sub-score of SIUP was defined to explore the "negative impact of urinary problems on self-esteem, such as feelings of shame, humiliation and anxiety" (10). This result underlines that, even if patients have less inconvenience, less restriction and less fear compared to before the procedure, they keep a negative feeling related to their urinary disorders.

At last, previous studies showed a significant increase in quality of life compared to patients with spinal cord injury (7,8) whereas in this study, we didn't found a significant increase in quality of life after the Brindley procedure. This result may be explained by the fact that the quality of life of spinal cord injured patients is linked to many other factors that urinary disorders.

Our study was original because it was the first one to focus on a longitudinal comparison of quality of life after SARS/SDAF.

The main limitation of our study was the small number of patients included. Another limitation is that we didn't distinguish the effect of SDAF to the use of SARS. Martens and al.

explored the quality of life related to urinary disorders in patients after SDAF who didn't use SARS. They found no differences between SDAF group and the control group composed of spinal cord injured patients. For example, it would have been interesting to focus on quality of life of patients who had a secondary inefficient device because after SDAF patients keep a sacral areflexia that treats detrusor overactivity.

---

**Conclusion:**

This study underlines the efficiency of the SARS/SDAF and its significant benefit on quality of life. So, before the implantation patients should not only be informed of the expected benefits of the implant on medical management like the low pressure storage of urine, the decrease of infection rate, the increase of compliance and continence, but also the expected benefit on quality of life related to urinary disorders (12).

---

**Bibliography:**

1. Hill MR, Noonan VK, Sakakibara BM, Miller WC, SCIRE Research Team. Quality of life instruments and definitions in individuals with spinal cord injury: a systematic review. *Spinal Cord*. 2010 Jun;48(6):438–50.
2. MacDonagh RP, Forster DM, Thomas DG. Urinary continence in spinal injury patients following complete sacral posterior rhizotomy. *Br J Urol*. 1990 Dec;66(6):618–22.
3. Brindley GS, Polkey CE, Rushton DN, Cardozo L. Sacral anterior root stimulators for bladder control in paraplegia: the first 50 cases. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 1986 Oct;49(10):1104–14.
4. Martens FMJ, Heesakkers JPFA. Clinical results of a Brindley procedure: sacral anterior root stimulation in combination with a rhizotomy of the dorsal roots. *Adv Urol*. 2011;2011:709708.
5. Creasey GH, Grill JH, Korsten M, U HS, Betz R, Anderson R, et al. An implantable neuroprosthesis for restoring bladder and bowel control to patients with spinal

cord injuries: a multicenter trial. Arch Phys Med Rehabil. 2001 Nov;82(11):1512–9.

6. Wielink G, Essink-Bot ML, van Kerrebroeck PE, Rutten FF. Sacral rhizotomies and electrical bladder stimulation in spinal cord injury. 2. Cost-effectiveness and quality of life analysis. Dutch Study Group on Sacral Anterior Root Stimulation. Eur Urol. 1997;31(4):441–6.
7. Vastenholt JM, Snoek GJ, Buschman HPJ, van der Aa HE, Alleman ERJ, Ijzerman MJ. A 7-year follow-up of sacral anterior root stimulation for bladder control in patients with a spinal cord injury: quality of life and users' experiences. Spinal Cord. 2003 Jul;41(7):397–402.
8. Martens FMJ, den Hollander PP, Snoek GJ, Koldewijn EL, van Kerrebroeck PEVA, Heesakkers JPFA. Quality of life in complete spinal cord injury patients with a Brindley bladder stimulator compared to a matched control group. NeuroUrol Urodyn. 2011 Apr;30(4):551–5.
9. Costa P, Perrouin-Verbe B, Colvez A, Didier J, Marquis P, Marrel A, et al. Quality of life in spinal cord injury patients with urinary difficulties. Development and validation of qualiveen. Eur Urol. 2001 Jan;39(1):107–13.
10. Amarenco G., Colvez A., Costa Pierre, Didier J-P, Perrouin-Verbe B. QUALIVEEN Users' manual and interpretation guide.
11. Krasnik D, Krebs J, van Ophoven A, Pannek J. Urodynamic results, clinical efficacy, and complication rates of sacral intradural deafferentation and sacral anterior root stimulation in patients with neurogenic lower urinary tract dysfunction resulting from complete spinal cord injury. NeuroUrol Urodyn. 2013 Sep 4;
12. Craggs MD, Middleton FRI, Bycroft JA, Chelvarajah R. A complex series of events in a patient with sacral anterior root stimulator (SARS). Spinal Cord. 2005 Jan;43(1):59–60.

### Tableaux

Table 1. Patients characteristics (n=14)

Patient	Gender	Age at surgery	Time between	Level of injury	Preoperative	Time of follow-up (years)
			injury and sugery (years)		bladder voiding mode	
2	F	20	7,6	T3	SIC	9,3
3	M	23	7,0	C4	R	11,5
5	M	33	14,2	C5	IC	5,2
8	M	48	7,2	C6	ICO	5,3
9	M	25	3,7	C7	ICO	16,3
12	M	40	1,7	C8	SIC	15,3
13	M	23	1,6	C6	ICO	15,2
15	M	47	9,2	T4	SIC	3,4
18	M	55	8,2	T12	SIC	5,6
20	M	44	2,9	T11	SIC	11,6
21	M	36	12,2	T4	R	3,2
24	M	23	1,5	T11	R	18,4
26	F	22	3,0	C5	ICO	12,5
28	M	41	16,0	C6	SIC	2,7

**Notes: SIC; Self Intermittent Catheterization; ICO; Intermittent Catheterization by Other; R; Reflex micturition; IC; Indwelling Catether**

Table 2. Quality of life (n=14): Longitudinal analysis

	Before	After	p value
Inconvenience (score 0 to 4)	2.4 ± 0.7 (1.3-3.6)	1.8 ± 0.5 (1.2-3)	<b>0.03</b>
Restrictions (score 0 to 4)	2.3 ± 0.7 (1.1-3.5)	1.6 ± 0.7 (0.6-2.6)	<b>0.01</b>
Fears (score 0 to 4)	1.6 ± 0.9 (0.3-2.9)	0.8 ± 0.7 ( 0-2.5)	<b>0.008</b>
Impact on daily life (score 0 to 4)	0.9 ± 1 (0-3)	1.3 ± 0.6 (0.5-2.5)	0.08
Index SIUP (score 0 to 4)	1.9 ± 0.6 (1-3)	1.3 ± 0.7 (0.5-2.5)	<b>0.02</b>
QoL index (score -2 to 2)	0.2 ± 0.6 (-1-0.9)	0.3 ± 0.7 (-1.1-1.1)	0.2

**Notes: QoL;** Quality of life

**Figures :**

Figure 1. Flow chart of the study design

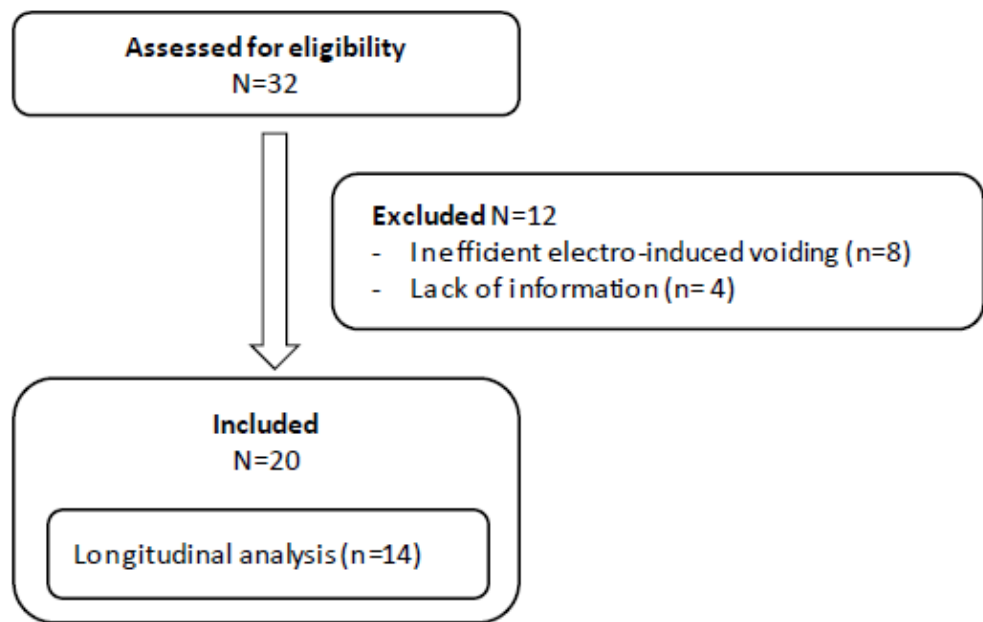
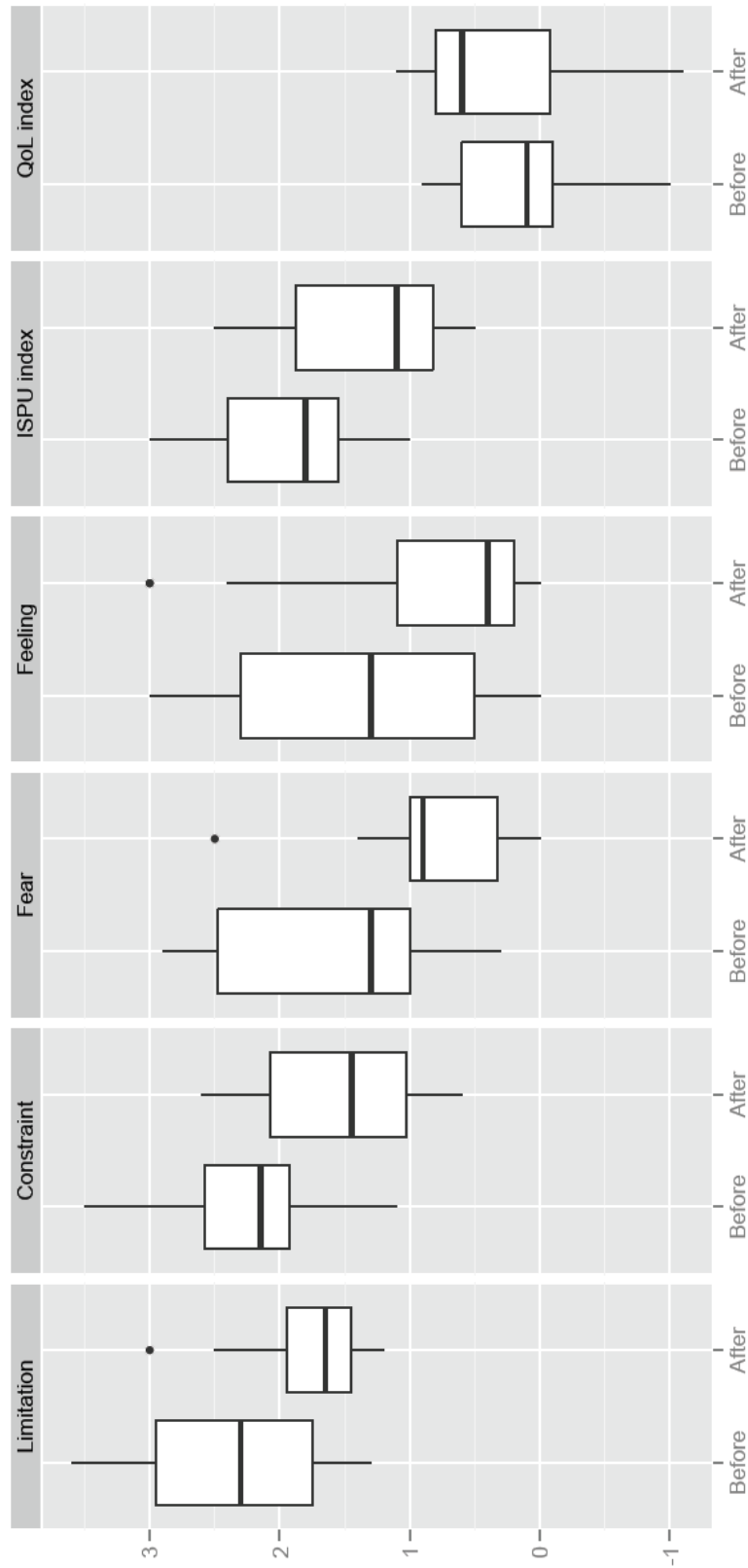




Figure 2. Comparison of quality of life related to urinary disorders and quality of life before and after the use of electro-induced micturition thanks to the neurostimulator



**Abbreviations :** Specific Impact of Urinary Problems (SIUP) ; Quality Of Life (QoL)