

1. INTRODUCCIÓN

La lesión de la médula espinal, sea por causa traumática o de origen médico (enfermedad), comporta una serie de alteraciones en el organismo, más o menos evidentes e invalidantes. El cese de los movimientos voluntarios y la desaparición de la sensibilidad de forma absoluta en las lesiones denominadas “completas”, y de forma parcial en las “incompletas”, condicionan los diferentes niveles de tetraplejía (afectación de brazos, tronco y piernas) o paraplejía (afectación de tronco y piernas). En ambos supuestos y también de forma parcial o total, se afecta el control de los esfínteres (urinario y rectal), así como la capacidad eréctil del pene y eyaculatoria en los lesionados medulares varones. La disfunción sexual afecta en el aspecto sensitivo a ambos sexos, pero no se ve afectada la capacidad reproductiva en las mujeres.

Dentro de los posibles tratamientos que se han ido proponiendo en el tiempo, a tenor de la gran repercusión sobre la persona que significa una lesión medular, actualmente se pueden considerar dos grandes grupos: El primero va encaminado a la consecución de la regeneración del tejido nervioso dañado (implantes celulares), que hoy por hoy, se encuentra muy lejos de sus objetivos, y un segundo grupo, en el que se encuentran las técnicas de electroestimulación, en el que se pretende suplir la función perdida.

Las iniciativas encaminadas a la recuperación funcional mediante implantes neuro-protésicos, son soluciones para el momento actual, en tanto las posibles soluciones definitivas aún lejanas, no constituyan una opción real.

Dentro de las mejoras introducidas por los sistemas de neuroestimulación sacra, ahora ya en concreto, podríamos definir las siguientes:

- Continencia: Urinaria y rectal, evitando la gran repercusión social que representa la incontinencia para la persona, que deja de precisar sistemas de control como pañales, colectores urinarios externos conectados a bolsas colectoras de pierna o sondas permanentes, introducidas a través de la uretra o de una punción suprapúbica en la vejiga urinaria.
- Recuperación de la función normal de almacenamiento tanto de la orina como de las heces, facilitando su eliminación mediante micción o evacuación intestinal controladas.
- Supresión de las complicaciones asociadas al funcionamiento deficiente tanto de la vejiga y recto como de sus correspondientes esfínteres, que se generan por dos hechos básicos:
 1. Por las excesivas presiones a que se ve sometido el sistema (vejiga o recto) y con ello la repercusión sobre otras estructuras adyacentes (uréteres y riñones, colon) que pueden dilatarse y con el tiempo deteriorar sus estructuras y funciones.
 2. Por el vaciado defectuoso de sus contenidos (orina, heces), hecho que genera infecciones y litiasis en el tramo urinario o estreñimiento en el tramo digestivo.
- Recuperación de la capacidad eréctil del pene de forma controlada y voluntaria.

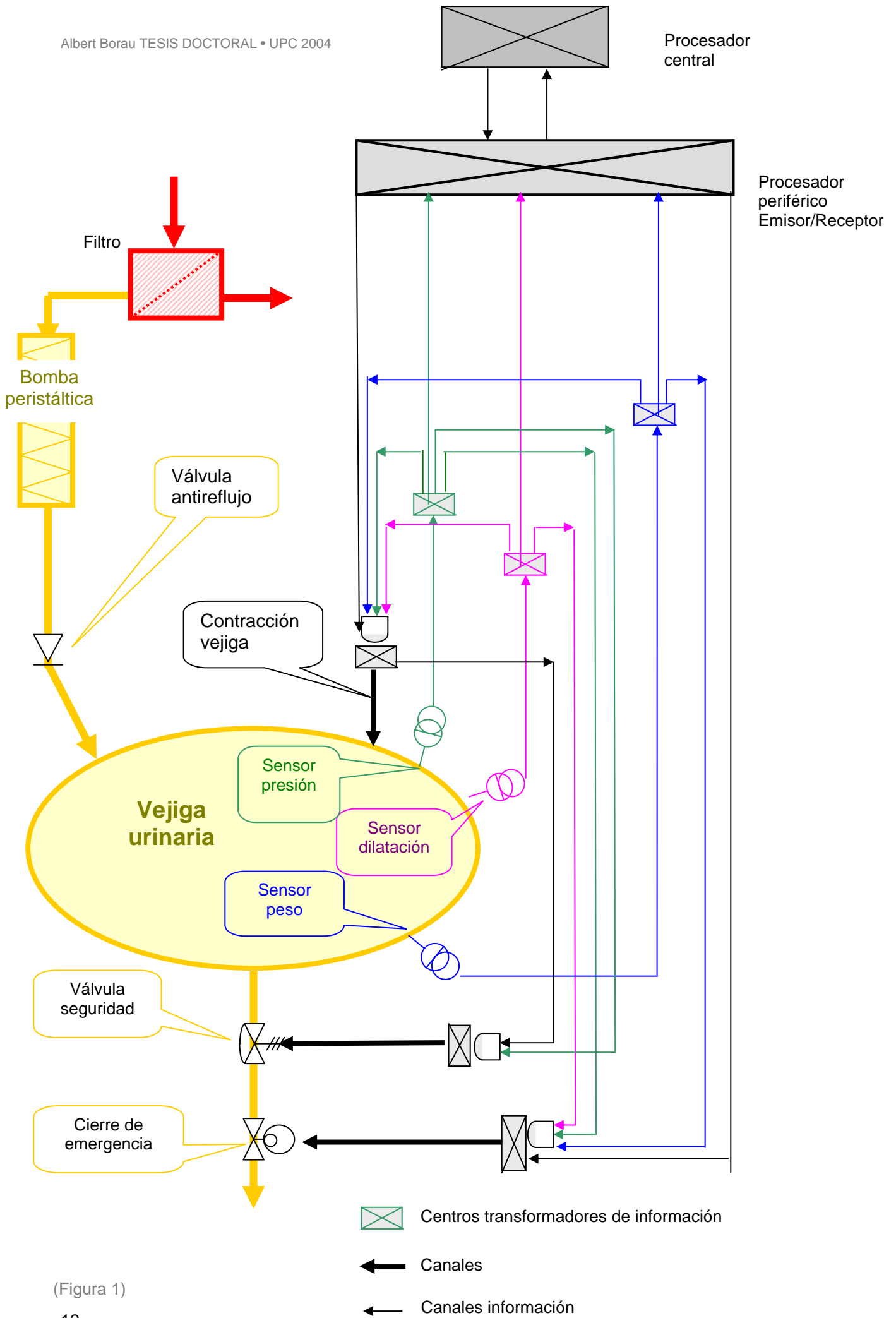
La casuística que se propone estudiar, está compuesta por un total de 60 lesionados medulares con graves repercusiones sobre el funcionamiento del aparato urinario y por extensión sobre el digestivo y actividad sexual, portadores de un electroestimulador de raíces sacras implantado. Los métodos y técnicas de aplicación se describirán en concreto más adelante, pero fundamentalmente enfrentan una nueva estrategia (la técnica Barcelona, que es el objeto de esta Tesis) con una técnica anterior (Extradural), considerada de recurso por su dificultosa ejecución quirúrgica.

DESCRIPCIÓN DEL ESQUEMA QUE RESUME EL APARATO URINARIO Y SUS SISTEMAS DE CONTROL NEUROLÓGICO ASIMILÁNDOLO A UNA INSTALACIÓN ELECTRO-HIDRÁULICA

COMPONENTES

- Riñón: Filtro
- Uréter: Bomba peristáltica o de rodillos (mecanismo de llenado)
- Unión uretero-vesical: Válvula anti-reflujo
- Vejiga: Depósito de paredes elásticas dotado de sensores (presión, dilatación, peso de la columna líquida en la base) y un mecanismo de vaciado, constituido por una válvula de seguridad (cuello vesical = válvula pasiva que se abre por presión) y un cierre de emergencia (esfínter), dotado de mecanismos específicos de control.
- Centros nerviosos : Centros transformadores de información.
- Vías nerviosas: Canales de información.

(Figura 1)



(Figura 1)

FUNCIONAMIENTO NORMAL

(Figura 2)

La instalación que se describe, va encaminada al almacenaje y eliminación de subproductos líquidos, al final de un sistema de filtrado.

El filtro, que posee unos mecanismos de regulación respecto al caudal, que aquí no nos interesan, cesa en su función si debe ejercer una presión de filtrado superior a 25 mm Hg. Para asegurar la rápida evacuación del líquido filtrado y con ello evitar los aumentos de presión en el interior del filtro, se encuentra montada una **bomba peristáltica**, que no posee mecanismos de regulación en sí, aunque perdería su función y dejaría paso libre al filtrado, en caso de presentarse un flujo superior a 10 ml/min., siendo el normal de alrededor de 0.5-1 ml/min. (por el filtro pasan unos 1.500 ml/min., pero las características del filtrado pueden variar, dependiendo de la cantidad de subproductos que haya en el líquido original). Al final de la bomba peristáltica y en su unión con el depósito que va a llenar, se encuentra una **válvula anti-retorno**, que va a proteger la bomba y el filtro de los potenciales aumentos de presión que se pudieran suceder, durante los procesos de almacenaje y vaciado del depósito.

El depósito está constituido por una bolsa de paredes elásticas, que posee la capacidad de reducir su volumen mediante la contracción activa de las mismas, disponiendo de una serie de sensores (presión, dilatación, peso de la columna líquida en la base). La capacidad del depósito es de 350 a 500 ml.

A la salida, el depósito posee una **válvula de seguridad**, que se mantendrá siempre cerrada, en tanto no se produzca una orden de vaciado y con ella la contracción de las paredes del depósito. Esta válvula, en condiciones normales, sólo tiene ciertos controles sobre su estado físico, dependiendo de la estructura de las paredes del depósito al que se encuentra fijada.

Por debajo y ya al final del sistema, se encuentra un **cierre de emergencia**. Este cierre si que posee elementos de control propios, siendo de suma importancia, tanto para evitar vertidos accidentales, como para permitir el vaciado del depósito sin ofrecer resistencia al paso del fluido. En condiciones normales, siempre se encontrará abierto antes de iniciarse el proceso ordenado de vaciado.

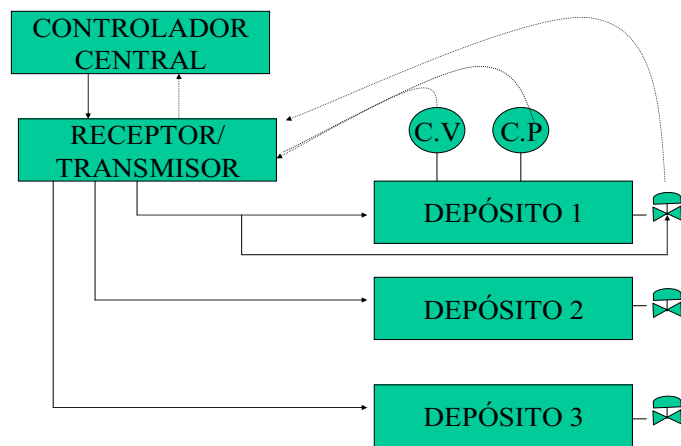
Los mecanismos que permiten y favorecen el comportamiento del depósito peculiar del que tratamos, están controlados por una red de **procesadores**, (centros transformadores de información), que disponen de una red de canales tanto de información como de mando.

El **procesador central** recibe toda la información y ejecuta todas sus órdenes a través de su continua relación con un **procesador periférico**, que si bien se encuentra subordinado al primero y es el mediador de toda la información, también es capaz de ejecutar órdenes que precisan una respuesta rápida.

Por debajo del procesador periférico sólo encontraremos unos pequeños micro-procesadores, que en realidad sólo integran canales de información, para conducirlos a sus puntos de destino en el procesador periférico.

El funcionamiento normal se verá alterado, al producirse fallos tanto en la estructura como en las funciones de sus componentes.

FUNCIONAMIENTO NORMAL



(Figura 2)

SITUACIÓN DE FALLO O AVERÍA

(Figura 3)

El fallo típico es la desconexión total o parcial del procesador central con el periférico.

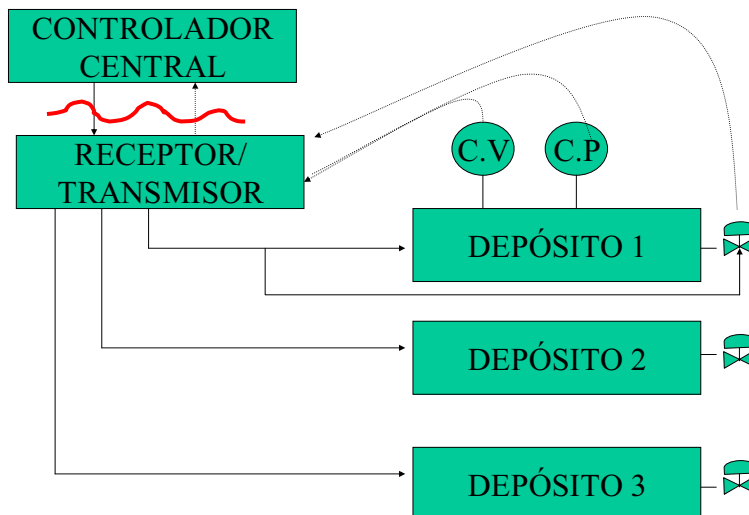
Dadas sus funciones respectivas, esta desconexión no detiene el sistema, hecho que en el fondo constituiría un mal menor, al menos inicialmente.

Lejos del gobierno adecuado del procesador central, el procesador periférico equipara todos sus procesos a su facilidad para la respuesta rápida, es decir que, cada información de los sensores recibe una respuesta de mando, sin integrar en esta respuesta, todos los elementos del sistema.

El ejemplo típico es emitir una orden de vaciado ante la sugerencia de un receptor de dilatación o de presión, en lugar de favorecer los mecanismos de relajación de las paredes del depósito. La orden de vaciado, por supuesto no va precedida de una orden de apertura del cierre de emergencia, que ante el inminente escape de fluido, reacciona cerrándose.

Dependiendo de las características de este mal funcionamiento y del tiempo que éste se prolongue, se producirán una serie de alteraciones en los componentes del sistema, pudiendo llegar al deterioro del filtro con el que iniciamos esta descripción y que constituye una pieza vital para la subsistencia de otro gran sistema, productor del líquido que estamos filtrando.

FALLO



(Figura 3)

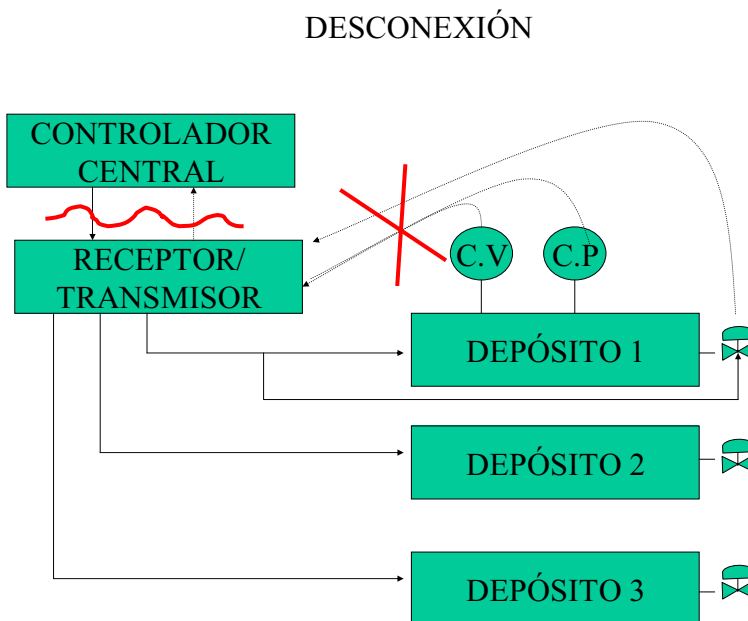
SOLUCIONES AL PROBLEMA

Podemos plantearnos unas bases para la solución de este fallo, pero dispondremos de más de un planteamiento para llevarlos a cabo.

Básicamente deberemos desconectar las informaciones que llegan al procesador periférico, de forma total o parcial, a fin de evitar sus órdenes inadecuadas. Con esto habremos conseguido preservar la función de almacenaje adecuado, pero no tendremos solucionado el problema del vaciado.

Para esta segunda función, intercalaremos una serie de generadores de órdenes, en los canales de mando.

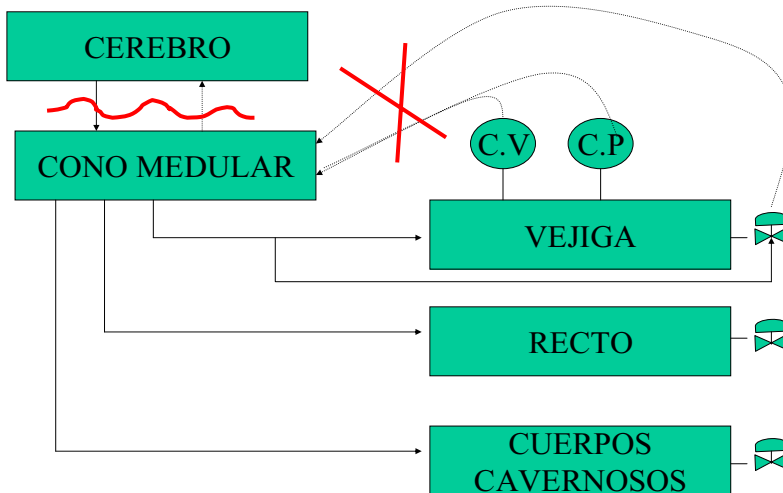
Podemos pensar que la desconexión (Figura 4) de información sobre el estado de replección del depósito, si bien pueda generar problemas, estos se resuelven al poder influir también sobre los elementos productores del líquido a filtrar, y planteando unos ritmos de vaciado programado del depósito.



(Figura 4)

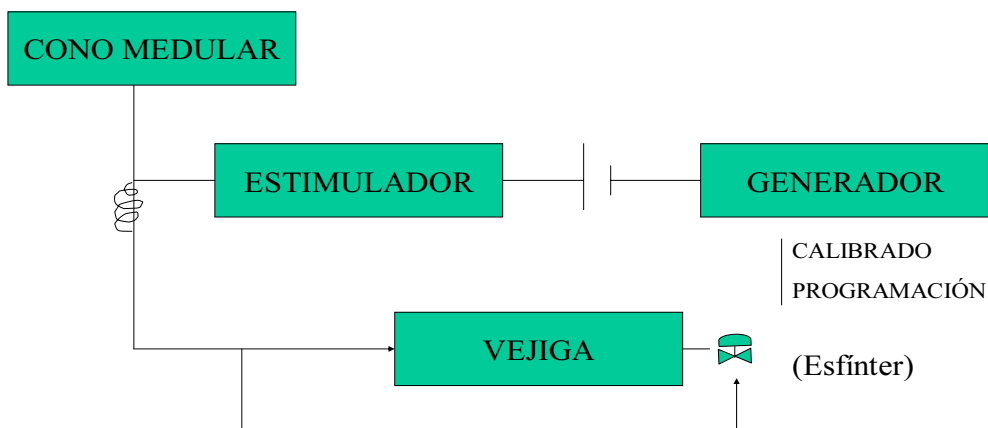
La sustitución de palabras como: filtro por riñón, bomba peristáltica por uréter, depósito por vejiga urinaria, procesador central por cerebro, procesador periférico por centro sacro de la micción (cono medular), micro-procesadores por ganglios sensitivos, cierre de emergencia por esfínter y fallo por lesión medular, pueden hacer más fácilmente comprensibles, las bases fisiológicas en las que se apoyan todos estos procesos en el cuerpo humano. (Figuras 6, 7 y 8)

BASES FISIOLÓGICAS

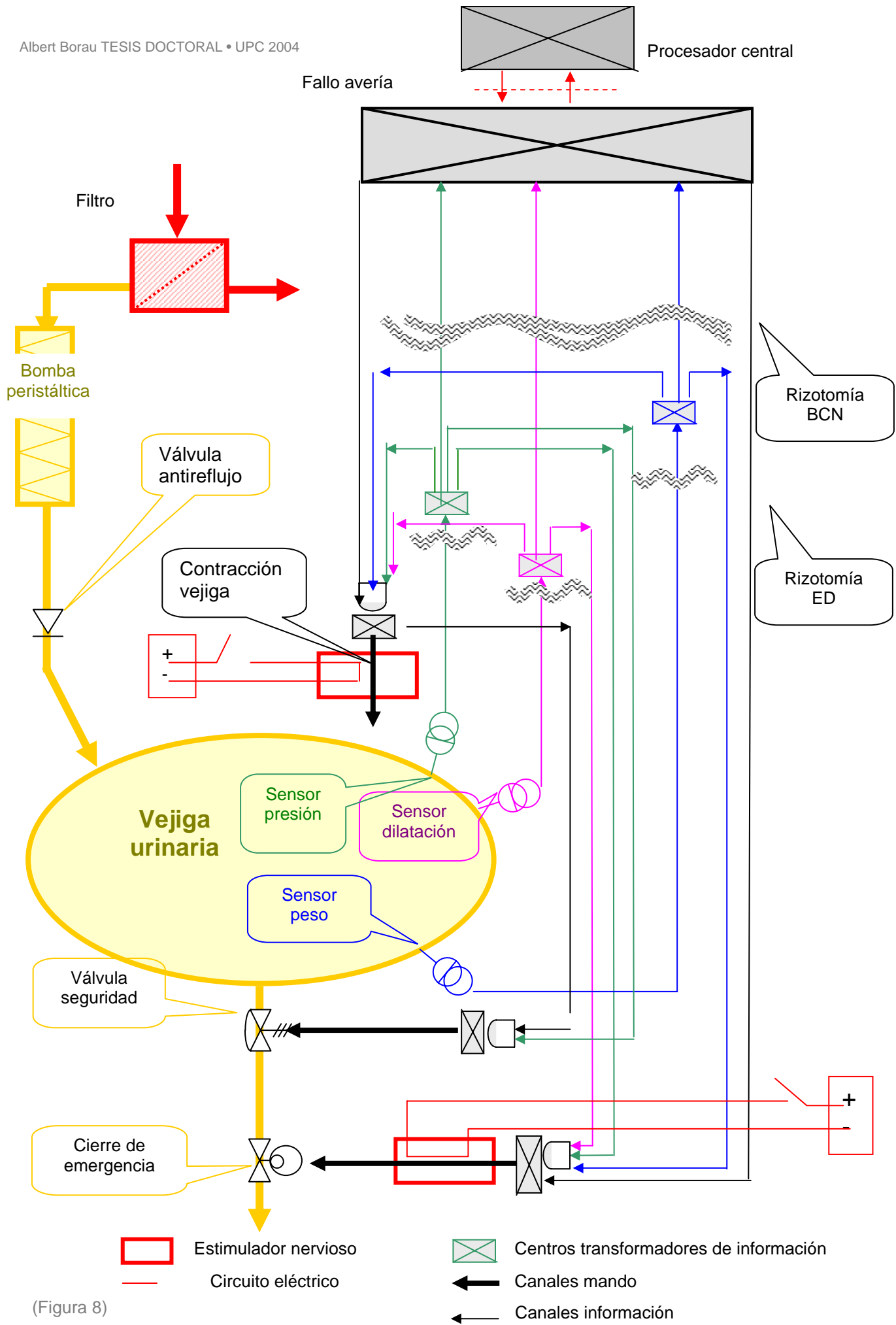


(Figura 6)

ELECTROESTIMULACIÓN



(Figura 7)



(Figura 8)

2. OBJETIVOS

Demostrar la validez de la técnica Barcelona para la aplicación de los electroestimuladores de raíces sacras anteriores implantados (S.A.R.S.) en los lesionados medulares, al comparar sus resultados con los obtenidos con la técnica Extradural ya reconocida y aceptada.

3. HIPÓTESIS

La Técnica Barcelona es una técnica válida.

4. ESTADO DEL ARTE

4.1 Historia

Los primeros estudios sobre electroestimulación de raíces sacras se deben a Brindley en Inglaterra (1972) y Tanagho y Smith en San Francisco-EEUU (1978), quedando limitada la experiencia de estos segundos a la experimentación en perros.

De los estudios de Brindley en monos babuinos se lograron implantes en humanos (1976) que se consideraron plenamente exitosos ya a finales de los 70, así como la fabricación en serie de los primeros electroestimuladores Finetech-Brindley a principios de los 80. La técnica de Brindley (Intradural) se adoptó rápidamente por países como Alemania (Sauerwein 1988), Holanda (Van Kerrebroek 1986), y Francia (Egon 1989), Austria (Madersbacher 1988) llegando a España a través de nuestro equipo en Instituto Guttmann de Barcelona en mayo de 1990, con la técnica propia que sugiere esta tesis.

Basada en los estudios previos en la aplicación de los electroestimuladores sacros, sus inconvenientes y complicaciones vividos por otros autores, se pensó en un cambio de estrategia, a fin de hacer más fácil y asequible algo que parecía reservado a grandes equipos de trabajo. La técnica propuesta y desarrollada por nuestro equipo, que algún tiempo después sería denominada Técnica BARCELONA por el propio Brindley, se basa en la separación en dos tiempos y lugares quirúrgicos, de un acto único que promulgaban las técnicas anteriores.

Fundamentada en la distribución anatómica de las estructuras nerviosas que componen la parte final de la médula espinal y de sus raíces, se propone tanto la forma de realizar la desconexión sensitiva previa, allí donde las fibras son más asequibles, así como la creación de una segunda oportunidad quirúrgica para completar aquello que no se hubiera conseguido en la primera.

El implante de la neuroprótesis es también más fácil, al tiempo que minimiza la posibilidad de daño sobre las fibras motoras de la vejiga o del recto en cuestión.

4.2 Técnicas

Por lo tanto, hasta el momento presente las técnicas conocidas son:

Técnica Intradural empleada por los equipos europeos con pocas variaciones respecto a la técnica original de Brindley (1972,1973,1977). En el momento actual de publicación de este trabajo, probablemente exceden de mil los implantes realizados con esta técnica.

Dado que, el acceso intradural a las raíces sacras precisa de un campo operatorio extenso y libre de complicaciones (inflamaciones o hematomas previos), es comprensible que ya se definiera una técnica alternativa, no basada en el espacio intradural. (Borau 1991, 1994, 1997; Sarrias 1993).

La Técnica Extradural se utiliza como recurso ante las grandes deformidades del raquis y los bloqueos del espacio intradural, pero su ejecución es de alta dificultad y por tanto, evitada al máximo. (Sauerwein 1990).

Tras la introducción de la Técnica Barcelona en 1990, se generó la variante Singapur, en la que se fusionan ambos tiempos quirúrgicos, sin ningún tipo de control o valoración entre ellos. (Li 1992). Los resultados de esta fusión son inferiores y la reparación de los fallos mucho más compleja.

En Estados Unidos, a partir de 1997 y basada en la Técnica Barcelona, se fusionan también ambos tiempos quirúrgicos, pero con valoraciones de la respuesta vesical y esfinteriana tras la rizotomía. Los campos quirúrgicos se modifican también ligeramente y los resultados también son algo inferiores a las técnicas previas. (Creasey 2001).

Los candidatos potenciales para la aplicación de estas técnicas deben presentar las siguientes características:

- Lesión medular completa o incompleta.
- De más de un año de evolución en las completas, y de 2 en las incompletas, tiempo que se estima suficiente para considerar definitivas estas lesiones, no hallándose por tanto en fase evolutiva sea de mejora o de deterioro.
- Edad no inferior a los 18 años (considerada en los límites del crecimiento óseo).
- Complicaciones asociadas al malfuncionamiento de los esfínteres habiendo fracasado todas aquellas terapias de tipo conservador (reeducación esfinteriana, farmacología, etc.).
- Deberán presentar lesiones de las consideradas de comportamiento espástico, es decir, aquellas que implican la desconexión de una médula que persiste viva, con funcionamiento autónomo de los centros rectores superiores, ubicados en el cerebro. Este tipo de lesiones las presentan el 75% de todos los lesionados medulares.
- En cuanto al funcionamiento estricto de vejiga y recto, éstos deberán conservar su contracción muscular espontánea o provocada, o mostrar buena respuesta contráctil a los test de electroestimulación (o también estimulación magnética translumbar), en ausencia de los primeros.

La aplicación de los electroestimuladores en estos pacientes, es de esperar que pueda revertir su situación, de tal forma que resulten continentales y libres de complicaciones, como las infecciones del tracto urinario, litiasis y deterioro progresivo de los riñones, causas de grave repercusión tanto en aspectos de salud, como socioeconómicos y de calidad de vida.

4.3 Rizotomía

El concepto de rizotomía o desaferentización pasa necesariamente por la desconexión de las vías aferentes, es decir, aquellas que llevan la información hacia la médula.

El término más correcto tal vez sería radicele-tomía o radiculotomía dado que la sección de las vías nerviosas se efectúa a nivel de las radiceles integrantes de las raíces sacras.

Todas las técnicas tienen como objetivo común interrumpir el arco reflejo que desencadena la contracción incontrolada de la vejiga urinaria o del recto. Dependiendo del tipo de técnica o de la vía de abordaje, esta sección se podrá practicar a distintos niveles: A nivel de columna lumbar en la técnica Intradural (cola de caballo), bajo la vértebra L1 en el primer tiempo de una técnica Barcelona (cono medular) y bajo la lámina del sacro en la técnica Extradural junto a los ganglios sensitivos. (Figura 9)

Si bien, el abordaje intradural comporta una cierta dificultad en el aislamiento y la separación de las fibras sensitivas, éste tal vez es más manifiesto en la técnica Extradural y no presenta ninguna dificultad en la rizotomía posterior a nivel del cono, dado que en esta estructura la parte motora y la parte sensitiva se encuentran claramente separadas.

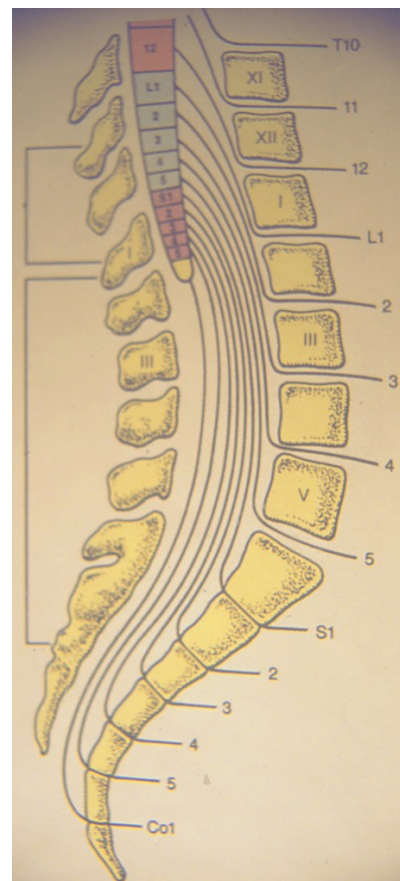


Figura 9

La vía Extradural a pesar de su dificultad, sin embargo ofrece más facilidades para el tratamiento selectivo de las fibras sensitivas, al poder ser valoradas en conjunto dentro de una misma raíz.

La rizotomía es la parte más controvertida de este tipo de intervenciones, dado que si bien es la que asegura la continencia, al evitar la contracción refleja de la vejiga, también es la que puede comprometer la sensibilidad a nivel de los dermatomas sacros, es decir, nalgas, periné, escroto, pene y vulva.

4.4 Identificación de raíces por sus respuestas (procedimiento estandarizado)

Dentro de los efectos esperados durante la electroestimulación de las raíces sacras, se distinguen ya de entrada dos tipos: los efectos periféricos es decir, musculares, y los efectos viscerales.

El análisis sistemáticos de respuestas de todas las raíces sacras desde S1 a S5, ha permitido constatar que sólo es precisa la disección de S2 bilateral hacia abajo.

Valoradas por separado, se atribuye a las S2 la contracción de los glúteos, del esfínter uretral externo y la erección de los cuerpos cavernosos del pene. La participación en la contracción del detrusor, no supera el 10% de los casos. Durante la electroestimulación peroperatoria, su efecto más valorable es la flexión plantar (flexión de la planta del pie o de todos los dedos en conjunto).

Las raíces S3 son las que participan en el aspecto motor de la vejiga con más frecuencia e intensidad. Participan en la contracción del esfínter anal y uretral externo, y como efecto periférico también analizable durante el acto operatorio, la flexión del primer dedo, fundamentalmente.

Las raíces S4 así como las anteriores, participan también en la contracción de la vejiga y de los esfínteres pero, no tienen efecto periférico muscular reconocible.

Las raíces S5 es probable que no presenten ni tan solo contracción del esfínter externo a unas características de la electroestimulación correctas.

Tras la disección anatómica de las raíces a nivel sacro, se aconseja practicar una electroestimulación global de cada raíz a los parámetros aproximados de: Corriente continua a 3Hz, 3V y 350µs, esperando las respuestas periféricas. A estas frecuencias la S1 suele levantar toda la pierna del plano, la S2 el glúteo, fijando la pierna y produciendo la flexión plantar al estimular los gemelos y las S3 la flexión del primer dedo y ocasionalmente alguno más. A estas características las S4 sólo pueden ser valoradas mediante sus efectos sobre el esfínter anal.

A 30 Hz y 6-10 V, con idéntica duración de pulso de 350µs, teniendo monitorizada la presión vesical mediante catéteres conectados a un transductor, que convierte la señal de presión en señal eléctrica, ésta puede ser medida de forma continua. Cabe esperar respuesta en todas aquellas raíces que participen en la contracción de la vejiga.

La magnitud de la contracción así como la intensidad de la contracción muscular en las respuestas periféricas, podrá depender del estado de curarización durante la anestesia.

Por tanto, es preciso que la relajación muscular sea mínima durante este proceso, hasta el final de la intervención quirúrgica, y siempre que se tengan que testar respuestas.