

BALANCE POSTURAL: ¿ÓRTESIS ACTIVAS FUNCIONALES E INTERACTIVAS PARA ADULTOS MAYORES?

BORCHES, Ailen Ayelen; MIRALLES, Mónica Teresita

aborches1@gmail.com, mmiralles@gmail.com

Centro de Investigación en Diseño Industrial de Productos Complejos,
Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos
Aires.

Laboratorio de Biomecánica e Ingeniería para la Salud (LaBIS), Fac. de
Ingeniería y Ciencias Agrarias, Pontificia Universidad Católica Argentina

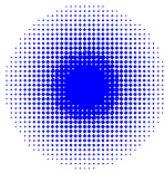
Resumen

Las órtesis de tronco destinadas a corregir la postura pueden ser vistas como un indumento de uso médico cuya imagen, a lo largo del tiempo, tuvo un cambio favorable.

Dentro del campo del diseño de ayudas ortopédicas para la inmovilización y corrección del raquis, este trabajo se enfoca en un estudio diacrónico (desde 1946 a 2019) de las órtesis más relevantes destinadas a evitar la progresión de la deformidad y aliviar sintomatología dolorosa.

El análisis se divide en tres fases. La primera corresponde a las órtesis estáticas (OE) y a órtesis dinámicas (OD), diseñadas para la corrección de la escoliosis y el tratamiento ortésico de enfermedades de distinta etiología. Ambas órtesis, según se hipotetiza en este trabajo, tienen el potencial de evolucionar hacia órtesis interactivas.

Tanto las OE como las OD pueden ser personalizadas, a partir del molde del paciente, con materiales usualmente rígidos para las primeras y, más elásticos, para las segundas. La desventaja distintiva de las OE es dejar marcas por presión, limitar el movimiento y dificultar la respirabilidad de la piel. Mientras que las segundas, tratan de solucionar, en alguna medida, dichas desventajas.



La segunda fase es la de las órtesis interactivas. Los materiales son los textiles funcionales, que permiten la incorporación de diseño con alto valor estético.

El avance tecnológico de la impresión 3D permitió el perfeccionamiento de las órtesis activas, por medio del diseño personalizado –a través del *scanner* 3D–, reemplazando los moldes y la escayola de yeso, por materiales que permiten patrones de calados que aligeran el peso y permiten la respirabilidad del cuerpo.

A toda esta innovación se sumó la incorporación de sensores (tercera fase) que monitorean puntos anatómicos específicos del usuario dando origen, a las órtesis “wearables” y, con ello, a un nuevo concepto de corsé ya que, mediante aplicaciones informáticas, tienen la función de prevenir, corregir y monitorear la postura.

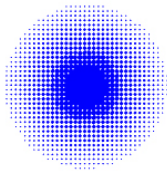
La etapa futura se centra en los nanotextiles, con sus propiedades de conductividad, monitoreo, respirabilidad, resistencia, memoria, entre otras propiedades, que señalan en la dirección de un nuevo paradigma del ajuste postural.

Finalmente, este trabajo reflexiona sobre la llamada “electrónica imperceptible”, una tecnología emergente y complementaria, a ser racionalizada, dedicada a la producción de circuitos adhesivos a la piel.

A partir de toda esta revisión, se observa que el adulto mayor fue el gran ausente. Una población nunca considerada específicamente y en constante crecimiento demográfico. La misma requiere una serie de consideraciones no presentes en otras poblaciones, que dan lugar a la necesidad de órtesis activas -funcionales- interactivas y, con ello, a un nuevo cambio de imagen a conceptualizar.

Palabras clave

Imagen técnica, Imágenes como citas visuales, Imagen digital, Órtesis, Textiles inteligentes



Introducción

Una órtesis es un apoyo o cualquier otro dispositivo externo aplicado al cuerpo para modificar los aspectos funcionales o estructurales del sistema neuromusculoesquelético.

Las mismas pueden ser utilizadas para prevenir un movimiento indeseado, asistir a un movimiento deficiente, resistir una deformidad o, simplemente, mantener un segmento desviado en una posición considerada correcta. Permiten redistribuir fuerzas, aliviar presión excesiva sobre ciertas áreas, o bien, aligerar un exceso de carga que impida, en caso de disfunción, el adecuado control (ver Levy (2003).

El Committee on Orthotics and Prosthetics de la American Academy of Orthopedic

Surgeons (AAOS) ha establecido el protocolo Technical Analysis Form que contempla cuatro factores relevantes: el segmento espinal a tratar, el control efectuado por la órtesis, el material utilizado y el modo de fabricación.

Debido a sus efectos mecánicos, las órtesis deben permitir cumplir los objetivos terapéuticos definidos en la Tabla 1 presentada por Xénard J., (1994).

El presente trabajo se focaliza en la evolución tecnológica de órtesis en general y, en particular, de órtesis de raquis. La columna vertebral está formada por dos curvas cóncavas (torácica y sacra) y dos convexas (cervical y lumbar), cada una de las cuales presenta un intervalo –medido en grados Cobb– considerado normal (ver Pegington, 1987). Sin embargo, el grado de curvatura está condicionado por diversos factores como la morfología de los cuerpos vertebrales, la funcionalidad de los discos intervertebrales, las estructuras ligamentosas y la adecuada activación de la musculatura del tronco. La alteración de alguna de estas variables podría aumentar o disminuir la magnitud de estas curvas, dando lugar a desalineaciones raquídeas.

Estas alteraciones pueden estar dadas por accidentes, condiciones ergonómicas del puesto de trabajo, enfermedades, sedentarismo, o bien al exceso de actividades deportivas (ya que cada modalidad deportiva se caracteriza por la adopción de posturas determinadas y la repetición sistemática de gestos técnicos concretos (ver Maigne, 2006). Es por ello que se genera la necesidad de desarrollar dispositivos biomecánicos externos, con la finalidad de restaurar o mejorar la funcionalidad del sistema músculoesquelético humano, con propósitos de rehabilitación o de potenciación.

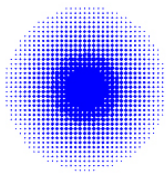


Tabla 1: Objetivos terapéuticos y acciones de las órtesis

OBJETIVOS TERAPÉUTICOS	ACCIONES DE LAS ÓRTESIS
Estabilizar e Inmovilizar	Estabilización
Recuperar un déficit de amplitud o deformidad articular	Postura: Estática y Dinámica
Suplir un déficit motor	Estabilización Limitación de amplitud Postura: Estática y Rígida
Favorecer la reabsorción de líquido	Compresión elástica
Guiar la cicatrización: hipertrofia cutánea	Compresión: elástica y rígida
Retracción cutánea	Postura estática en capacidad cutánea máxima

Fuente: Xénard, (1994).

Para clarificar la presentación de los distintos tipos de órtesis analizados en este trabajo, se presenta un diagrama de bloques (Figura 1).

Primera fase: Órtesis estáticas y órtesis dinámicas

Las órtesis de tronco se clasifican en dos grandes grupos: órtesis estáticas (OE) y órtesis dinámicas (OD), que se desarrollan a continuación.

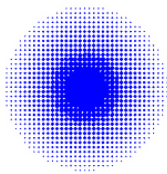
Las órtesis estáticas (OE)

Las OE requieren que se adopte una postura estática que permita establecer el equilibrio de fuerzas buscado (inmovilización). Estos corsés actúan por efecto de compresión abdominal y por la reducción de la movilidad en el plano sagital (flexoextensión) o en el plano frontal (lateralidad).

A este grupo pertenecen:

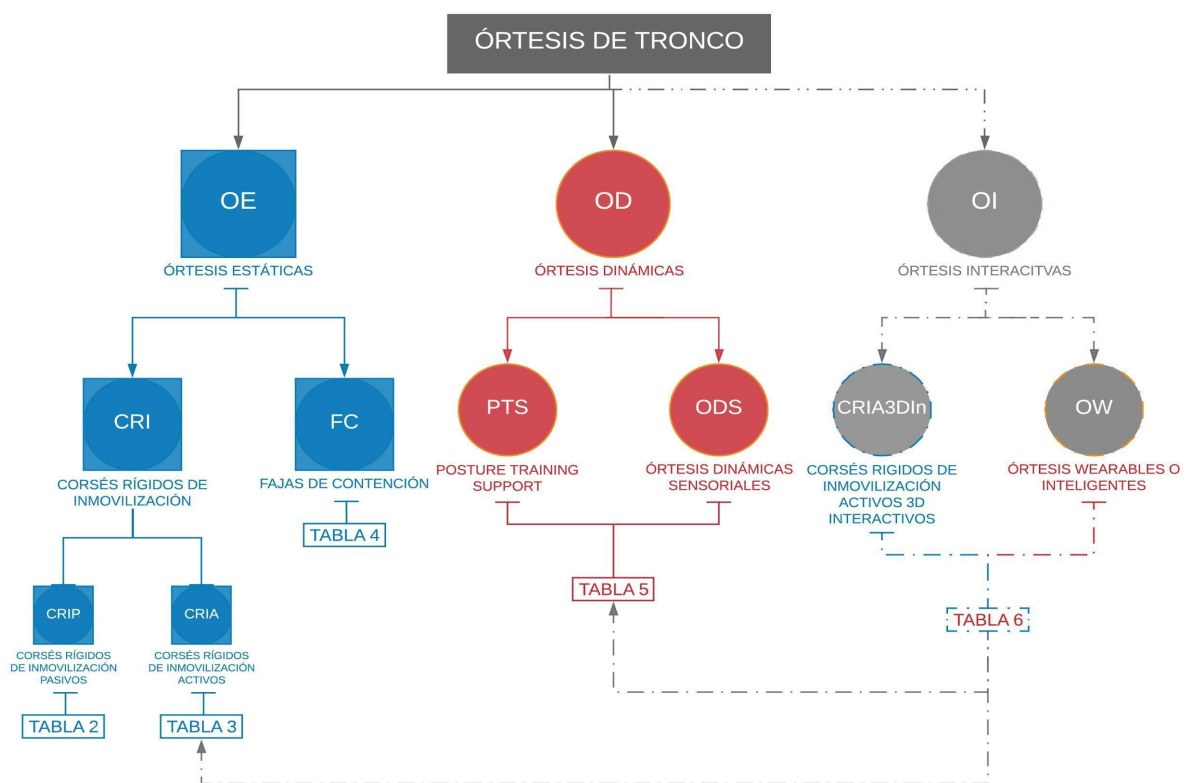
- a) Los corsés rígidos de inmovilización (CRI).

Estos corsés pueden, a su vez, ser pasivos o activos. La diferencia entre ambos radica en que los activos poseen la capacidad de controlar activamente las articulaciones del dispositivo. Ello se logra por medio de una unidad central de procesamiento que se conecta con diferentes instrumentos de medida



(giroscópos, acelerómetros, sensores angulares, sensores mioeléctricos, etc.). Están diseñados para la corrección activa de la escoliosis y el tratamiento ortésico de la enfermedad de Scheuermann. Una órtesis pasiva no produce correcciones activas o modificaciones permanentes de las curvas con su uso, solo inmovilizan y dan estabilidad al raquis.

Figura 1: Diagrama en bloques con las diferentes categorías de órtesis de tronco analizadas en este trabajo

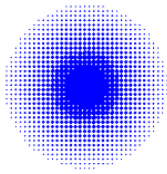


Fuente: elaboración propia.

b) Las fajas de contención (FC).

La compresión está dada de manera elástica, y es adaptable a las variaciones del volumen corporal.

Tanto los CRI como las FC se utilizan siguiendo criterios biomecánicos, conociendo los efectos favorables y adversos que producen, e individualizando el tratamiento según el segmento de la columna a inmovilizar, la complejidad corporal, posibles enfermedades asociadas a nivel torácico o abdominal, y los aspectos sociales y psicológicos.



Los efectos de estas órtesis estáticas se basan en las siguientes acciones biomecánicas:

- Aumento de la presión intraabdominal: se descarga la columna lumbar al disminuir las sollicitaciones músculo-ligamentosas y la presión intradiscal.
- Limitación de la movilidad: la reducción de la amplitud de movimientos depende de los puntos de aplicación y los materiales del corsé.
- Modificación de las curvas vertebrales (lordosis o cifosis).

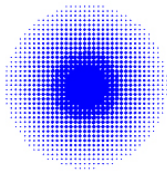
A continuación, se presentan las subcategorías estudiadas dentro de los CRI, a saber, los corsés rígidos de inmovilización pasivos (CRIP) y los activos (CRIA), cuyos modelos o diseños más relevantes se incluyen las Tablas 2 y 3 respectivamente.

Los (CRIP) están contruidos con elementos rígidos, como marcos metálicos, plásticos termomoldeables, entre otros materiales afines.

La Tabla 2 presenta once tipos diferentes de CRIP junto con la descripción de sus variables funcionales, clasificados según la región del raquis a estabilizar.

Tabla 2: Corsés Rígidos de Inmovilización Pasivos (CRIP)

Tipos	Variables Funcionales
Corsés de inmovilización lumbosacra (LSO)	
Chairback	Impide los movimientos de flexoextensión de la columna lumbar merced a la acción de las barras posteriores y al soporte abdominal. No actúa sobre los movimientos de lateralidad.
Knight	Impide los movimientos de flexoextensión y lateralidad de la columna lumbar.
Williams	Impide la extensión del tronco, pero permite la flexión mediante las articulaciones situadas en las barras laterales.
Lumbar de polietileno	Posee funciones análogas a los anteriores, y se utiliza en pacientes que presentan prominencias óseas susceptibles de provocar decúbitos.
Lumbar de cuero	Indicado para los pacientes con alergia a los materiales plásticos.
Corsés de hiperextensión de tres puntos (CHTP)	



Marco de Jewett	Están diseñados principalmente para mantener la columna dorsolumbar en hiperextensión, aumentando la lordosis lumbar. Se basan en la aplicación de tres puntos de acción: uno en el manubrio esternal; otro sobre el pubis, y un tercero posterior, en la columna dorsolumbar. Este corsé se encuentra representado en la figura 2.
Suizo de tres puntos	
Corsés de inmovilización dorsolumbar (TLSO)	
Taylor/ Knight-Taylor	Impide los movimientos de flexoextensión y lateralidad de la columna lumbar, al igual que el de Knight pero, además, gracias a la prolongación de las barras paravertebrales, la banda interescapular y los tirantes axilares, controla y corrige la cifosis.
Málaga.	Indicado para la escoliosis degenerativa dolorosa del adulto, asociada a osteoporosis y deformidad cifótica, siendo su tolerancia mejor que la del corsé de Jewett. Consigue mayor inmovilización que el Taylor, aunque, como con éste, el tórax queda libre, lo que permite la libre expansión del mismo con la respiración.
Dorsolumbar de polietileno.	Consigue una inmovilización semejante al Málaga, pero su adaptación es mejor a nivel torácico.
Dorsolumbar de cuero	Similar al tipo anterior, pero sustituyendo el material plástico por cuero.

Fuente: elaboración propia.

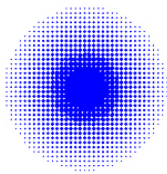
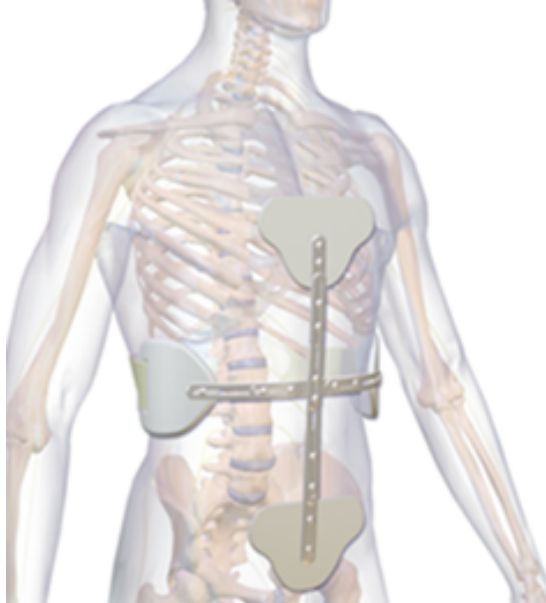


Figura 2: Imagen del corsé suizo de tres puntos o Marco Jewett

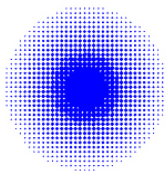


Fuente: imagen de código abierto por el autor Bruce Blaus en:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:CASH_Orthosis.png

Los corsés rígidos de inmovilización activos (CRIA) están contruidos con estructuras de termoplástico, tipo cápsulas, con ventanas de descompresión, pelota compresiva, cesta pélvica, varillas regulables, apoyos occipitales y recordatorio sublingual, que se ajustan al cuerpo del paciente a través del moldeado en positivo del cuerpo del enfermo. Los seis tipos más relevantes se presentan en la Tabla 3, junto a sus variables funcionales.

Tabla 3: Corsés rígidos de inmovilización activos (CRIA)

Tipo	Variables Funcionales
Milwaukee	Se usa para la corrección activa de las escoliosis dorsales altas y cervicodorsales en edades tempranas, con potencial de crecimiento útil en curvas simples o dobles, entre 20° a 40° Cobb, aproximadamente y en el tratamiento de los estadios I y II de la enfermedad de Scheuermann.
Boston simple o Boston modificado	Ambos se indican en las escoliosis dorsales bajas y lumbares en edades tempranas con un potencial de crecimiento útil en curvas simples o dobles, entre 20° y 40° Cobb, en promedio. Su función es la de hipercorrección de la curva escoliótica en los tres planos. Se usa hasta finalizar el crecimiento.



Hipercorrección (CAEM)	De uso (con preferencia) nocturno. Se realiza con la misma técnica del corsé Boston. Produce una hipercorrección de la curva escoliótica.
Lyonés	Corsé para el tratamiento de la escoliosis. Es ajustable y adaptable a medida que el paciente va evolucionando.
Michel	Corsé para el tratamiento de la escoliosis. Posee tres valvas y está compuesto por una placa pélvica, una placa iliolumbar y una placa torácica, unidas a pletina anterior. Corrige la angulación, el desequilibrio lateral del tronco y el cierre del ángulo iliolumbar.
Cheneau	El corsé de Cheneau es un corsé para la corrección de la escoliosis idiopática infantil. Su abordaje tridimensional hace que el tratamiento sea más funcional y dinámico para conseguir la mayor reducción de grados Cobb, y una postura más armónica y fisiológica.

Fuente: autores del trabajo.

Las desventajas de los CRI. (tanto pasivos como activos), se encuentran en la atrofia muscular, la irritación de la piel debido al roce, a la humedad y a la misma compresión de los tejidos, impidiendo la respirabilidad, la osteopenia por desuso, las contracturas de los músculos paraespinales y abdominales, el acortamiento y rigidez de cápsulas y ligamentos, el aumento del consumo de energía al caminar y la dependencia psicológica.

Con respecto al segundo grupo ya mencionado de las OE, es decir, las fajas de contención (FC), éstas actúan principalmente por compresión de la región intraabdominal, con una leve limitación de la movilidad. Esta presión actúa sobre la columna de dos formas: por un lado, disminuye ligeramente la lordosis (sentido anterior-posterior); por otro, absorbe sollicitaciones mecánicas de los discos intervertebrales (en sentido sagital).

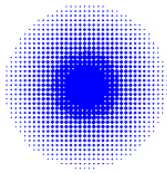


Tabla 4: Las fajas de contención (FC)

Tipo de FC	Variables Funcionales
Fajas de contención lumbar (pretenden contener y descargar la zona lumbosacra)	
Elástica lumbosacra	Se indican especialmente cuando existe una hipotonía muscular.
Elástica lumbosacra con placa posterior rígida	Similar a la anterior con el añadido de una placa rígida y moldeable de material termoplástico en la región lumbosacra que alivia el dolor.
Semirrígida lumbar (lumbostato)	Abarca más extensión corporal que las anteriores y van reforzadas posteriormente con ballenas verticales flexibles.
Fajas de contención dorsolumbar	
Semirrígida dorsolumbar	Construida en tela reforzada con varillas verticales. Su objetivo es limitar la movilidad de la región dorsal alta y controlar la cifosis mediante retropulsión de los hombros.
Reforzada dorsolumbar	De iguales características que la anterior, pero sustituye las varillas flexibles por rígidas.

Fuente: autores del trabajo.

Generalmente se construyen con elementos flexibles como tejidos de punto preferentemente de ligamento *tricot* y avíos (elásticos o cinchas elásticas porosas). Los cinco tipos más relevantes de FC se presentan en la Tabla 4, junto a sus variables funcionales según la zona -lumbar o dorsolumbar- para la cual estén diseñadas.

Las órtesis dinámicas (OD)

En las órtesis dinámicas (OD), a diferencia de las OE ya presentadas, la postura se mantiene gracias al desarrollo de una fuerza direccional constante que, al generar energía, es capaz de producir movimientos. Sin embargo, estas acciones son controladas limitando la amplitud articular para fijar, en un determinado valor angular la movilidad en un sentido y, dejarla libre en el otro. Dentro de este grupo se encuentran dos sistemas el Posture Training Support (PTS) y el de las Órtesis Dinámicas Sensoriales (ODS), que se presentan en la Tabla 5, junto a sus variables funcionales, diseño y materiales.

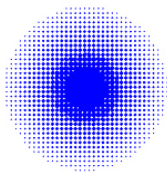
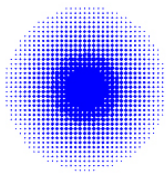


Tabla 5: Las ortesis dinámicas (OD)

Tipos	Sistemas PTS. (Posture Training Support)	ODS. (Órtesis Dinámicas Sensoriales)
Variables Funcionales	<p>Estos soportes de entrenamiento posturales:</p> <ul style="list-style-type: none">-Utilizan la ventaja mecánica de la gravedad y la biomecánica de la columna para obtener la posición vertebral deseada que alivie el dolor.-Pretenden disminuir la incidencia de cifosis en poblaciones de riesgo.-Disminuyen las cargas anteriores y las fuerzas compresivas en los cuerpos vertebrales.-Compensan la debilidad de los músculos erectores del tronco, proporcionando un soporte anatómico extrínseco.-Desplazan el centro de gravedad y estimulan el uso de la musculatura extensora de la columna, para mantener una postura vertical normal así como conseguir un estímulo propioceptivo de corrección postural.	<p>Estas órtesis tienen como función:</p> <ul style="list-style-type: none">-Aumentar los estímulos sensoriales y propioceptivos (el reconocimiento del cuerpo en el espacio).-Corregir la alineación de las articulaciones y del sistema musculoesquelético.-Mejorar el control postural y el esquema corporal, además de favorecer la simetría corporal y la estabilidad central, mejorando la funcionalidad de las extremidades superiores.-Disminuir y manejar el tono postural anormal en algunas patologías como: parálisis cerebral infantil, daño cerebral adquirido, entre otras.-Controlan patologías con inestabilidad articular y de déficit sensorial, como hipotonía persistente, hiper movilidad, hiperlaxitud ligamentosa entre otras.
Diseño	Tienen formato tipológico de arnés, con bolsillos, en donde se depositan los paneles de refuerzo, siendo ajustable a un amplio rango de tallas.	Formato tipológico indumentario (<i>bodys</i> , musculosas, etc.), están diseñadas para dar información sensorial (mediante compresión dinámica al cuerpo) y el mismo diseño depende exclusivamente de las necesidades del



	Vienen en formato universal o se pueden pedir personalizados.	paciente y de los objetivos del tratamiento.
Materiales	Están fabricadas con tejidos de punto compuestos de Spandex y Nylon, Lycra y Elastano, con una superficie de espuma delgada combinado en sectores con varillas o pequeñas placas de metal o polietileno. Disponen de numerosos paneles de refuerzo para adecuarse a las necesidades específicas de cada persona con múltiples diseños y colores.	

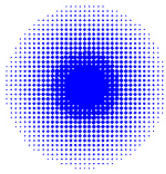
Fuente: elaboración propia.

Segunda fase: Órtesis interactivas inteligentes

A lo largo de lo presentado en las Tablas 2 a 5 se ha descrito una serie de órtesis de tronco que recorre las más representativas de las OE y culmina con las OD más exitosas. Los avances tecnológicos como la impresión 3D, la robótica y la sofisticación de los sistemas electrónicos de sensores, han logrado progresos significativos en el campo de las órtesis, dando lugar a una nueva resignificación de algunos de los tipos anteriores y, por lo tanto, abriendo nuevas subcategorías dentro de algunos de los grupos ya citados. Este nuevo universo permite la interacción entre el usuario y la órtesis.

Se considera pertinente denominar a esta subcategoría como órtesis interactivas (OI). La interacción está dada como un *feedback* o intercambio (gracias a la tecnología integrada), para cubrir necesidades que pueden ser funcionales o comunicacionales. En las primeras (las necesidades funcionales) el médico especialista, que es quien diagnostica la órtesis, puede modificarla y adaptarla según el grado evolutivo de la deficiencia estructural, gracias a la tecnología integrada a disposición (formato de sensores, junto a aplicaciones diseñadas exclusivamente para el monitoreo de las variables evolutivas del paciente). Este intercambio (*feedback*) se establece, de manera binaria, entre el médico especialista y el equipo de fabricantes de la órtesis personalizada.

En las segundas (las necesidades comunicacionales) el intercambio es tripartito, ya que involucra al equipo de fabricantes, al médico y al paciente. En cuanto a la relación entre el fabricante y el médico, a medida que el paciente va avanzando en su tratamiento, las órtesis están sujetas a modificaciones gracias a la tecnología integrada que, como en el caso anterior, cumple el rol de mediador, pero también participa como monitoreador de las zonas del cuerpo a tratar. La relación del médico (siempre a cargo de las necesidades funcionales) con el paciente (a cargo de las demandas comunicacionales o estéticas) se establece a partir de las múltiples posibilidades de diseño o materialidad (forma, color, etc.) para el producto.



Corsés Rígidos de Inmovilización Activos por impresión 3D Interactivos (CRIA3DIn)

Dentro del campo de las OE se puede considerar la posible evolución de los CRIA a corsés fabricados por impresión 3D, que denominamos corsés rígidos de inmovilización activos por impresión 3D e interactivos (CRIA3DIn). Si bien, cabe destacar que, la primera generación de los CRIA3D, no poseían tecnología integrada –solo incluían impresión 3D–, los CRIA3DIn necesariamente cuentan con sensores, siendo, por lo tanto, no solo activos, sino también interactivos (de allí el agregado de las letras finales “In” a CRIA3D).

El proceso de personalización y obtención de esta nueva generación de corsés 3D presenta muchas ventajas y, una de ellas, es la obtención del molde del paciente. El método del molde en negativo de escayola¹, resultaba un procedimiento incómodo y embarazoso para el paciente, además de no ser preciso. Actualmente este proceso es reemplazado por la tecnología de escaneo 3D², donde la obtención del molde es menos invasiva y mucho más precisa. Un sistema computacional permite evaluar los parámetros morfológicos y cotas del paciente, disminuyendo así el margen de error que existía en el antiguo proceso manual de fabricación. Si bien esta tecnología presenta ventajas, también presenta desventajas. Una de las más importantes es debida al tiempo de impresión, que puede no ser el adecuado, para ciertos pacientes que requieren inmovilizaciones inmediatas.

Órtesis Wearables (OW)

Dentro de las OD, ya mencionadas en la Tabla 5, las ODS y los PTS evolucionan, a su vez, hacia las órtesis “wearables” o inteligentes (OW).

El término “Wearables Technologies” de origen inglés hace referencia a dispositivos tecnológicos con microprocesadores que, por su tamaño y diseño, se pueden llevar puestos. Proviene del verbo usar –en inglés, *wear*–, y su adjetivo usable – en inglés, *wearable*.

El campo de las innovaciones textiles está marcado por la aplicación de la electrónica sobre superficies flexibles, convirtiéndolas en telas inteligentes (Smart Textiles) y electrónicas (E-Textiles) (ver Pierantoni (2014), p17).

Las ventajas que presentan estas órtesis son las mismas que las órtesis dinámicas sensoriales (ODS).

Sin embargo, la variación funcional está en la interactividad y en el monitoreo (como desarrollamos anteriormente), siendo la principal desventaja de estas nuevas

¹ Este método consiste en envolver al paciente con vendas impregnadas de escayola (igual que la utilizada para escayolar un hueso fracturado) por encima de dos remeras de algodón donde el médico especialista marcará los “puntos críticos”. Las vendas se introducen en agua durante unos segundos y luego se genera una envoltura en la zona troncal. En cinco minutos la escayola se endurece y se retira el molde, a través de un corte con tijeras especiales, en la parte de la espalda o por la parte anterior.

² Este método consiste en tres instancias de fabricación: 1) La toma de datos de los parámetros dimensionales de los pacientes con equipos de escaneo 3D, 2) el procesamiento de datos de la imagen 3D y 3) el modelado con programas de Diseño Asistido por Computadora (CAD), Ingeniería Asistida por Computadora (CAE) y Manufactura Asistida por Computadora (CAM), convirtiendo el diseño virtual, en físico, utilizando impresoras 3D.

tecnologías, que el textil, como soporte flexible y transpirable, no aporta a la vida útil necesaria para este tipo de productos, ya que, no resiste a muchos lavados y debe ser reemplazado.

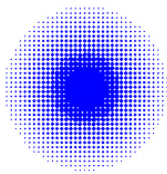
Las propiedades clave de los textiles que se movilizan en aplicaciones inteligentes son la flexibilidad para ajustarse al cuerpo, la comodidad al tacto, suavidad y resistencia al desgaste, además de la familiaridad intrínseca y la aceptabilidad de textiles para el paciente (ver Van Langerhove (2007)). Es por todo ello que los avances en el campo textil no se limitan a proporcionar tecnología externa, sino que es necesario que el propio textil posea facultades funcionales inteligentes.

Un ejemplo de nuevos avances son los nanotextiles (ver Brown (2007)) que se presentan como candidatos ideales para cubrir todas las necesidades.

La Tabla 6 presenta los CRIA3Din y OW junto a sus variables funcionales, tecnología, diseño y materialidad.

Tabla 6: Las ortesis “interactivas” (OI)

Tipo	Corsés Estáticos de Inmovilización Activos e Interactivos 3D (CIA3DIn)	Órtesis Wearables (OW)
VARIABLES FUNCIONALES	Presenta las mismas variables funcionales que los corsés de inmovilización activos (CRIA), presentados en la Tabla 3, potenciados con la tecnología integrada que monitorea el avance o retroceso del paciente.	Presenta las mismas variables funcionales que las órtesis sensoriales (ODS) y los Posture Training Support (PTS) presentados en la Tabla 5, potenciados con la tecnología integrada que monitorea el avance o retroceso del paciente.
TECNOLOGÍA	<ul style="list-style-type: none"> -Tecnología CAD/CAM/CAE. -Programas de diseño Técnico/orgánicos. -Programas de procesamiento: STL. -Métodos de fabricación como: -Modelado por sinterizado selectivo Láser (SLS). -Tecnología de fotopolímeros (POLYJET). 	<ul style="list-style-type: none"> -E-Textiles -Sensores portátiles -Electrónica liviana -Ardhuino



	-Modelado por deposición fundida (FDM).	
Diseño/ Materiales	<ul style="list-style-type: none">-Diseños más estéticos, ligeros, confortables, transpirables e hidrófobos, morfología anatómicamente personalizada.-Disminución de desperdicio en el material y los bajos costos en el ciclo de vida del producto.- Tecnología integrada de sensores colocados en puntos estratégicos del paciente.	<ul style="list-style-type: none">-Diseño con facultades similares a las de las ODS y PTS presentados en la Tabla 5. La diferencia radica en contemplar la disposición de sensores en puntos estratégicos del paciente.-El textil funciona como soporte tecnológico, donde contiene a esa misma electrónica y le otorga facultades funcionales, como por ejemplo, la de monitorear o recepcionar los estadios de la columna y conectar los datos entre el médico y paciente.

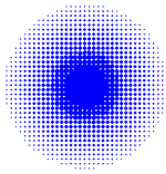
Fuente: elaboración propia.

Tercera fase: Tecnologías emergentes

La elaboración de la fibra y el hilado (ver Wei, (2012)) prometen regularizar la viscosidad y mejorar propiedades tales como la resistencia a la rotura. La elaboración de acabados textiles a través de plasma textil³ (acabados funcionales y controlados a través de nanoencapsulación de nanopartículas de carbono) se presenta como un proceso que podría lograr una significativa mejora en la conductividad de los textiles.

La electrónica no está ausente de estos nuevos avances. Ingenieros japoneses están desarrollando la llamada “electrónica imperceptible”. Se trata de circuitos flexibles donde se utiliza la técnica de impresión por inyección conductiva sintetizada, donde se emplea también la nanotecnología, en formato de láminas adhesivas a la piel o en formato de parches.

³. El tratamiento de plasma es una técnica sustentable, controlada y reproducible. Consiste en la aplicación en un sustrato textil modificando sus estructura a escala nanométrica, sin el empleo de productos químicos y en ambiente seco.



Conclusiones

Este trabajo presenta un exhaustivo estudio sobre la evolución tecnológica de las órtesis de tronco a lo largo de los últimos 70 años. Se han esbozado tres etapas, a modo de hilo conductor, de las diferentes innovaciones.

Así como los clásicos corsés rígidos de inmovilización fueron sucedidos por los corsés de impresión 3D con tecnología integrada, las órtesis dinámicas sensoriales como los sistemas PTS, fueron sucedidos por las órtesis wearables logrando mejorar, no solo la funcionalidad, sino también las condiciones de confort del paciente/usuario. Es posible imaginar que estas dos nuevas tecnologías, ligadas a la materialidad, sucedan y amplíen, aún más, el espectro de las órtesis de tronco.

A esta altura es pertinente preguntarse hasta qué punto se puede llegar con estas innovaciones y, si se necesita rigidizar e inmovilizar para poder movernos mejor. Tras esa premisa se postulan distintas soluciones ortésicas para suplir cada necesidad. La rigidización es ajena al cuerpo humano, por naturaleza dinámico y autónomo, generando rechazo, no solo como imagen visual, sino también como imagen sensorial.

El textil presenta características análogas a la piel y por ello se lo relaciona sensorialmente como una segunda piel. Sin embargo, el textil no es solo una pieza funcional del vestir, sino también, se inviste de sentido y distinción, y, por lo tanto, el empleo de tecnología -ya sea siendo externa o integrada al textil- puede abrir posibilidades de diseño insospechadas, con sorprendentes consecuencias en el campo de la salud, donde el mismo usuario tiene un rol activo.

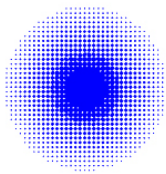
La revisión de los distintos tipos de innovaciones en el campo de las órtesis de tronco puso en evidencia la ausencia de ayudas técnicas ortésicas destinadas específicamente para la población de adultos mayores, siendo la misma la gran ausente en las series evolutivas estudiadas.

Se considera que será necesario naturalizar, en el ámbito de la indumentaria, realizar aportes desde este nuevo paradigma, que incluye nuevos materiales, modos de producción, como los Fab labs (ver Diéz Ladera, 2016) y formas de consumo interactivas (ver Di Bartolo, C. (2016)) en el diseño de producto indumentario.

Las necesidades de los adultos mayores actuales no serán, necesariamente, las mismas que aquellas de los futuros gerontes. Es necesario que, tanto la tecnología, como el diseño, acompañen estos movimientos, anticipando las necesidades futuras, pero, sobre todo, atendiendo a las actuales.

El envejecimiento y el crecimiento demográfico de adultos mayores, es un problema global a enfrentar, en particular, cuando a los trastornos debidos al envejecimiento se suman patologías crónicas que requieren de complejas órtesis personalizadas.

No cabe duda, que lo presentado en este trabajo, es solo el prefacio de una nueva era en el diseño de órtesis de tronco, un nicho proyectual que se abre sin horizonte,



hacia el futuro, sobre todo en cuanto a las nuevas dimensiones debidas a los materiales (ver Abbott, (2008), Blackburn (2005)), y, en particular, a las aplicaciones en el campo médico (ver King (2013), Anand (2008)) o, el de la salud en general (Blair, (2015)).

Agradecimientos

Este trabajo fue realizado en el marco del Proyecto: *Evaluación integral y caracterización avanzada del equilibrio estático y dinámico de adultos mayores*; Convocatoria UBACYT 2017-2019; Marginaciones Sociales (PIUBAMAS) 20620160100004BA y contó con el apoyo de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias de la Pontificia Universidad Católica Argentina. Las autoras agradecen especialmente las enriquecedoras discusiones sostenidas con la Dra. Cristina Oleari. Titular de Biomecánica y Anatomía Funcional de la Facultad de Medicina de la Universidad de Buenos Aires.

Bibliografía

Abbott, A, Ellison, M. (2008). *Biologically inspired textiles*. Oxford. Woodhead Publishing Limited.

Anand, S. C, Kennedy, J. K., Mirafteb, M., Rajendran, S. (2008), *Medical Textiles and Biomaterials for Healthcare*. Boston. Woodhead Publishing Limited.

Berchon, M. Bertier, L. (2014). *La impresión 3D. Guía definitiva para makers, diseñadores, estudiantes, profesionales, artistas y manitas en general*. Barcelona, España, Gustavo Gilli GL. ed.

Blackburn, R. S. (2005). *Biodegradable and sustainable fibres*. Oxford. Woodhead Publishing Limited.

Blai, T. (2015). *Biomedical Textiles for Orthopedic and Surgical Applications Fundamentals, Applications and Tissue Engineering*. Amsterdam. Elsevier.

Blaus, B. (2015). *Ortesis para Espalda y Cuello*. Blausen. Recuperado el 09/11/2015 de: <https://blausen.com/es/video/ortesis-para-espalda-y-cuello/>. Licencia de código libre autorizada por el autor en:

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:CASH_Orthosis.png

Brown, P.J., Stevens, K. (2007). *Nanofibers and nanotechnology in textiles*. New York. CRC Press.

Di Bartolo, C. (2016). Innovación y diseño para un nuevo modelo de ciudad. *Revista Experimenta*. Volumen (Número 73): 93 - 112.

Diéz Ladera, T. (2016). Fab Lab, la misión de imaginar aquello que no existe. *Revista Experimenta*. Volumen (Número 72): 85 - 110.

Galvin, A. Salmond, M. (2014). *Los fundamentos del diseño interactivo. Una introducción a las artes visuales aplicadas*. Barcelona, España, Blume.

King, M.W., Gupta, B.S, Guidoin, R. (2013). *Biotextiles as medical implants*. Oxford. Woodhead Publishing Limited.

Levy, B, A.E., Cortés B.J.M. (2003). Ortopedia de pie y tobillo: Principios de la ortesiología. *En Ortopodología y aparato locomotor* (pp.2). Barcelona, MASSON, S.A.

Maigne, R., (2006). *Diagnosis and Treatment of pain of vertebral organ*. New York. Taylor & Francis.

Peginton, J. (1985). *Clinical anatomy in action*. Vol I. The vertebral columns and limb. London. Churchill Livingstone. Pp. 1-26.

Pierantoni, M. (2014). *Wearable Technologies. Arte, Moda y Tecnología*. Buenos Aires, ArtexArte Fundación Alfonso y Luz Castillo.

Sampedro, J. (2013) Un circuito ligero como una pluma. Ingenieros de Tokio inauguran la "electrónica imperceptible". *Sociedad / El país*. Recuperado el 24/07/2013 de:

https://elpais.com/sociedad/2013/07/24/actualidad/1374675081_108906.html

Sastre Fernandez, S. (2006). *Método de Tratamiento de las escoliosis, cifosis y lordosis*. España. 2º Ed. Universitat de Barcelona.

Squicciarino, N. (2013). *El Vestido Habla. Consideraciones psico-sociológicas sobre la indumentaria*. Buenos Aires. Cátedra. Signo e imagen.

Weiss, H. R. (2004). *Fisioterapia para la escoliosis, basada en el diagnóstico*. Barcelona. Ed. Paidotribo.

Weiss H R. (2003). *La rehabilitación de la escoliosis, control de calidad y tratamiento de los pacientes*. Barcelona. Ed. Paidotribo.

Van Langenhove, L. (2007). Ventajas de textiles en médico y sanitario. En: *Smart textiles for medicine and healthcare* (pp.16). (North America, Boca Raton, Broken Sound Parkway, USA: Woodhead Publishing LTD. CRC Press, 1st ed).

Wei, Q. (2012). *Functional nanofibers and their applications*. Oxford. Woodhead Publishing Limited.

Xénard, J. Gable, C. Galas, J. M. Pétry, D. Gavillot-Boulangé, C. Belltramo, F. Bernard, D. J., André J. M. (1994). *Órtesis de mano. Enciclopedia médico-quirúrgica* (pp,2). <https://es.scribd.com/document/106461215/Ortesis-de-Mano> (última consulta 25-07-19).