

Diseño y evaluación de asientos preventivos de úlceras por presión para lesionados medulares

Diana Alicia Gayol-Mérida,* Ramiro Pérez-Zavala,** Primitivo Reyes-Aguilar,**** Carlos Pineda***

* Laboratorio de Ingeniería de Rehabilitación, División de Investigación Tecnológica,

** División de Rehabilitación Neurológica, *** Dirección de Investigación, Instituto Nacional de Rehabilitación.

**** Maestría de Ingeniería de Calidad, Universidad Iberoamericana.

Design and evaluation of preventive seats for pressure ulcers associated with spinal injuries

ABSTRACT

Introduction. Pressure ulcers are a dominant health problem for people who, for various reasons, must spend most of their time in a seated position. The spinal cord injury patients are the most affected for this situation. One strategy to prevent pressure ulcers is through the use of special seats. In the Instituto Nacional de Rehabilitación, contoured special seats have been developed according to anatomical measure of spinal cord injured patients. **Objective.** To find one or more combinations of test materials that reduced pressure below 60 mmHg, in the ischial area, in order to help to prevent pressure ulcers. **Material and methods.** The special seats were fabricated using thermoplastic materials and polyurethane foams, following prosthetic fitting technique; and were tests in healthy volunteers. **Results.** The results were compared with a vinyl seat, because most of wheelchairs have it. All different test combinations were superior to vinyl seat, specially the two polyurethane foam- polypropylene combinations. A group of nine patients with spinal cord injury were recruited to test the designed seats, for a three month period. **Discussion.** The results showed that pressure values are lower in the special seats than in the vinyl seats. No complications or pressure ulcers were found during follow up.

Key words. Pressure ulcers. Design. Special seat. Assessment. Spinal cord injury.

INTRODUCCIÓN

La lesión medular traumática afecta primordialmente a las personas que se encuentran en la etapa

RESUMEN

Introducción. Las úlceras por presión pueden ocasionar discapacidad y una mayor morbilidad en aquellas personas que presentan lesión medular. Una de las estrategias para prevenir este tipo de padecimiento consiste en el uso de asientos especiales, como los que se diseñan y producen en el Instituto Nacional de Rehabilitación, hechos a las medidas antropométricas del individuo. **Objetivo.** Encontrar las combinaciones de materiales que disminuyen la presión, por debajo de 60 mmHg, en la zona de las tuberosidades isquiáticas, con el fin de coadyuvar a la prevención de úlceras por presión. **Materiales y métodos.** Los asientos especiales se elaboraron usando materiales termoplásticos y espumas de poliuretano y fueron fabricados con técnicas protésicas. Se reclutó a un grupo de nueve pacientes con lesión medular para que probara los asientos especiales. A este grupo se le realizó un seguimiento a los tres meses y se evaluaron contra un grupo de personas sanas como control. **Resultados.** Los valores de presión en los asientos especiales fueron menores que los de los asientos originales. Adicionalmente, durante el seguimiento, estos pacientes no desarrollaron úlceras ni complicaciones ulteriores. **Discusión.** Los resultados de la distribución de presiones muestran que las diferentes combinaciones de materiales empleadas fueron superiores a los resultados obtenidos por el asiento de vinilo convencional; al respecto, especialmente efectiva fue la combinación de polipropileno y espumas de poliuretano.

Palabras clave. Úlceras por presión. Asientos para silla de ruedas. Desarrollo de ayudas técnicas. Valoración de usuarios.

productiva y reproductiva de su vida.¹ En México, se estima que la incidencia anual de este tipo de lesiones es de 18 por cada millón de habitantes.¹ Con posterioridad al evento agudo, la mayoría de los

afectados requerirán de una silla de ruedas para desplazarse, ya sea en forma independiente o con asistencia. La inmovilidad y las alteraciones de la sensibilidad,² aunadas al tiempo que pasa el afectado sentado en su silla de ruedas, incrementan el riesgo de desarrollar úlceras por presión.² Algunos estudios reportan que entre 50 y 80% de los lesionados medulares desarrollan úlceras por presión en alguna época de su vida, con el consecuente incremento de su morbi-mortalidad.³

Se reconocen algunos factores de riesgo para la formación de úlceras por presión: la mayor edad, estado nutricional deficiente, mala higiene, enfermedad arterial periférica e hipotensión y un estado psicológico depresivo;⁴ sin embargo, la literatura informa que el factor local más significativo es la relación presión-tiempo,⁵ ya que las úlceras se desarrollan en áreas corporales sujetas a deformación por una alta presión no liberada durante un tiempo prolongado.⁶ De acuerdo con la National Pressure Ulcer Advisory Panel (NPUAP) y la European Pressure Ulcer Advisory Panel (EPUAP), las úlceras por presión se definen como daños en la piel y/o los tejidos blandos suprayacentes a las prominencias óseas, como resultado de la presión o de la combinación de la presión y fuerzas cortantes.^{7,8}

Las úlceras por presión se presentan con mayor frecuencia en la mitad inferior del cuerpo, en particular sobre el área sacro-coxígea (43%), trocánter mayor (12%), el talón (11 %), tuberosidades isquiáticas (5%) y el maléolo lateral (6%). Éstas son las prominencias óseas que soportan el peso del cuerpo durante algunas actividades como acostarse, sentarse y ponerse de pie.⁹

El tratamiento de las úlceras por presión es costoso y su reparación se logra a largo plazo.⁵ En Estados Unidos, por ejemplo, el costo de atención de las úlceras por presión se estima en 150 millones USD al año.⁹ El tratamiento de las úlceras por presión también implica un costo social, ya que provoca gastos a la familia, dificulta y retarda el proceso de rehabilitación, prolonga la estancia hospitalaria y puede provocar estados depresivos.¹

Un lesionado medular puede desarrollar este tipo de complicaciones al usar el asiento de vinilo que viene de fábrica con la silla de ruedas, cuando se presenta el efecto “hamaca”, que consiste en que el material se deforma por efecto del propio peso del cuerpo, lo que provoca que el peso se localice sobre las tuberosidades isquiáticas, ocasionando un aumento de presión sobre los tejidos blandos adyacentes, además de alterar la postura del usuario en la silla de ruedas.⁴

Comercialmente se pueden encontrar asientos con relleno de agua, de aire, de gel, espumas visco-elásticas o espumas de poliuretano. Sin embargo, algunos estudios^{2,5} sugieren que un asiento diseñado y adaptado a la forma y antropometría del paciente mejora la distribución de peso y reduce la deformación de los tejidos blandos, ofreciendo una de las mejores alternativas para la prevención de úlceras por presión.⁹⁻¹¹

OBJETIVO

El objetivo de este estudio es investigar cuál es la combinación óptima de materiales termoplásticos y espumas de poliuretano, usada para fabricar asientos para sillas de ruedas, que mejoren la distribución de las presiones y ayuden a prevenir la formación de úlceras.

MATERIAL Y MÉTODOS

Este trabajo está dividido en dos etapas. La primera consistió en el diseño de un asiento especial, elaborado a partir de las medidas antropométricas de los sujetos de investigación, probando diferentes combinaciones de materiales plásticos, con el fin de encontrar una composición óptima que redistribuyera mejor las presiones del asiento, evitando el desarrollo de úlceras por presión. Los prototipos desarrollados fueron luego comparados con el asiento de vinilo convencional con el que las sillas de ruedas vienen de fábrica. Posteriormente, los prototipos fueron probados en un conjunto de personas sanas sin ningún tipo de lesión o discapacidad (grupo control).

En la segunda etapa, los asientos especiales fueron evaluados por un grupo piloto de personas con lesión medular; se compararon resultados entre grupos mediante mapas topográficos y numéricos de las presiones ejercidas, llamados mapas de presión.

Finalmente se evaluó la percepción de los pacientes como usuarios de este nuevo asiento para silla de ruedas, mediante un protocolo de pruebas y un análisis estadístico.

El protocolo de estudio fue aprobado por el comité de ética institucional y se apegó a la declaración de Helsinki. Un consentimiento informado se obtuvo de todos los participantes mediante firma autógrafa.

ETAPA 1

Grupo control

Se reclutaron un total de nueve voluntarios sanos sin historia de ningún tipo de discapacidad. El grupo

se formó con personal y estudiantes del laboratorio de Ingeniería de Rehabilitación del Instituto Nacional de Rehabilitación.

Diseño del asiento

El asiento se diseñó de acuerdo con las medidas antropométricas de los participantes. Su fabricación se basó en la técnica usada en prótesis de miembro inferior por debajo de rodilla.¹² En el caso del diseño del asiento, al igual que con las prótesis de miembro inferior por debajo de la rodilla,¹² se toma un molde a la medida antropométrica de la zona isquioglútea, este molde es modificado para reducir las áreas de presión (tuberosidades isquiáticas, área del coxis y trocánteres). Con estas modificaciones se busca reducir la carga sobre las prominencias óseas y distribuirla en áreas anatómicas más tolerantes, en este caso en los muslos, y a partir de este molde se realiza el termoformado de polipropileno, el cual no se deforma con el peso del cuerpo, por lo que es recomendado para fabricar órtesis que soporten la descarga de peso.¹³ En síntesis, este diseño pretende redistribuir el peso del sujeto sobre una mayor área de contacto, con el fin de evitar puntos focales de presión.¹⁴⁻¹⁶

Se desarrollaron cuatro prototipos de asientos (Figura 1):

- Polipropileno 1/4 de pulgada, termoformado de acuerdo con el molde obtenido de las medidas an-

tropométricas del sujeto, recubierto de una pulgada de espuma de poliuretano comercial densidad 27.

- Polipropileno 1/4 de pulgada, termoformado de acuerdo con el molde obtenido de las medidas antropométricas del sujeto, recubierto de una pulgada de espuma de etileno acetato de vinilo (espuma EVA).
- Polipropileno 1/4 de pulgada, termoformado de acuerdo con el molde obtenido de las medidas antropométricas del sujeto, recubierto de una pulgada de espuma de poliuretano desarrollada por la Universidad Iberoamericana para asiento de sillas de ruedas.¹⁷
- Polipropileno 1/4 de pulgada, termoformado de acuerdo con el molde obtenido de las medidas antropométricas del sujeto.

Equipo de medición

El dispositivo para evaluar y registrar las presiones entre el sujeto y la superficie en donde se encuentra sentado, fue el sistema comercial Force Sensing Array® (FSA), marca Vista Medical modelo FSA Medical Seat Pressure Mapping System, Canadá, Winnipeg. Este equipo despliega un mapa topográfico y numérico de las presiones ejercidas en cada punto. A través de un arreglo de 16 x 16 sensores de tipo resistivo. Cada sensor mide un área de 2.5 x 2.5 cm. Los sensores están contenidos en un material delgado y flexible, el cual se coloca entre el usuario y su asiento. La información se obtiene a través de la interfaz y software del sistema (Figuras 2 y 3).

Protocolo de pruebas en el grupo control

A cada sujeto del grupo control se le elaboraron cuatro prototipos de asientos a la medida, de acuerdo con la técnica anteriormente descrita. A los controles se les pidió que permanecieran sentados en una silla de ruedas de tipo estándar marca Everest & Jennings, modelo Universal-24020000, con la cadera y las rodillas en flexión de 90°. Se registraron las presiones obtenidas al sentarse sobre un asiento de vinilo y éstas fueron usadas como comparador para evaluar la eficacia en la distribución de presiones de los prototipos.

Los asientos prototipo fueron colocados sobre el asiento de vinilo de la silla de ruedas, con la finalidad de no alterar la estructura de la silla. El asiento descansa sobre los tubos laterales del marco de la

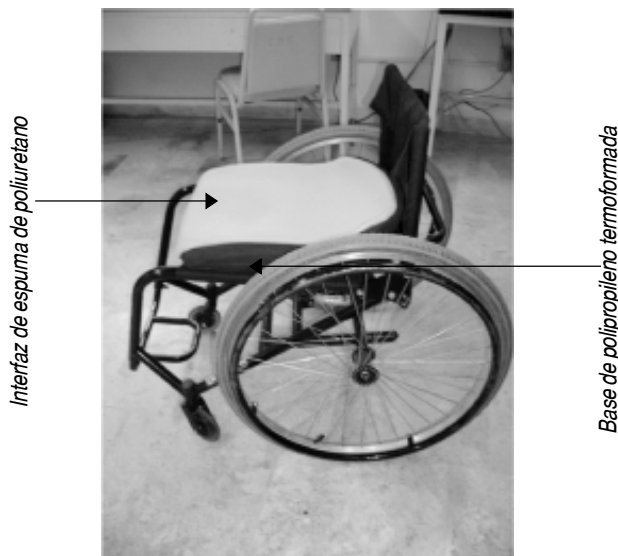


Figura 1. Asiento diseñado a la medida antropométrica con la interfaz de espuma de poliuretano.

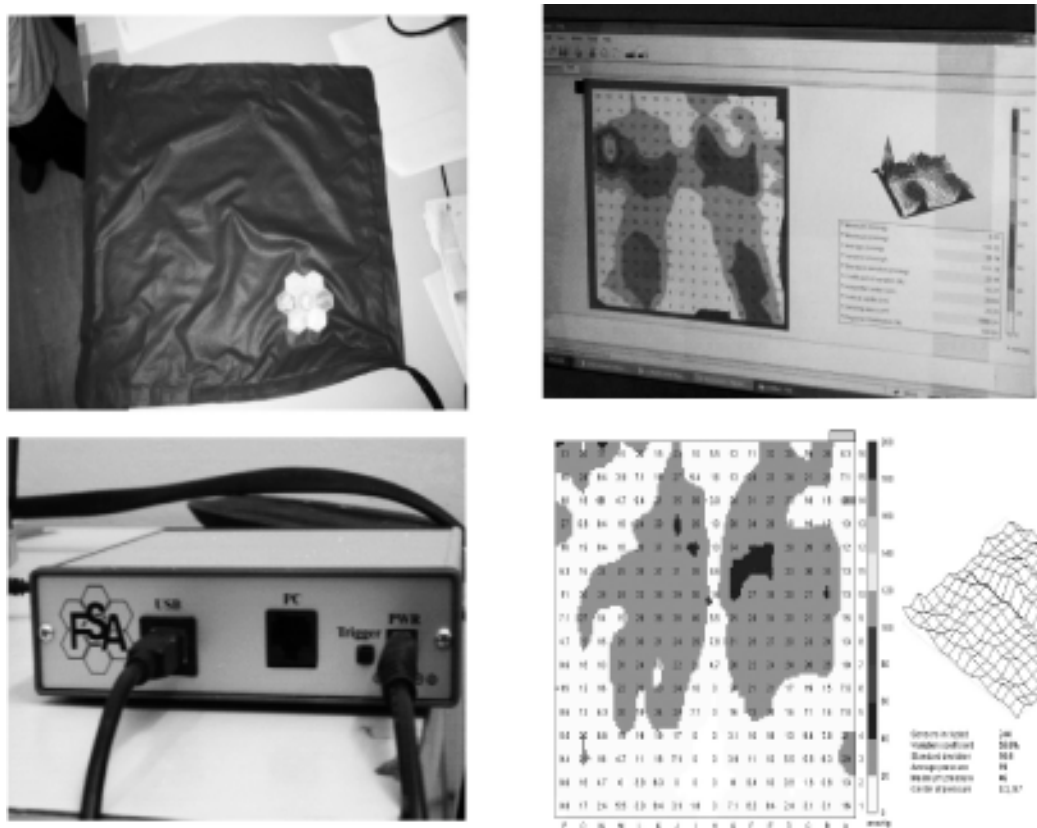


Figura 2. Sistema de registro y adquisición de datos. A. Tapete con sensores de presión. B. Pantalla de la computadora con datos en tiempo real. C. Interfase sensores/CPU. D. Mapas de presión (resultados).

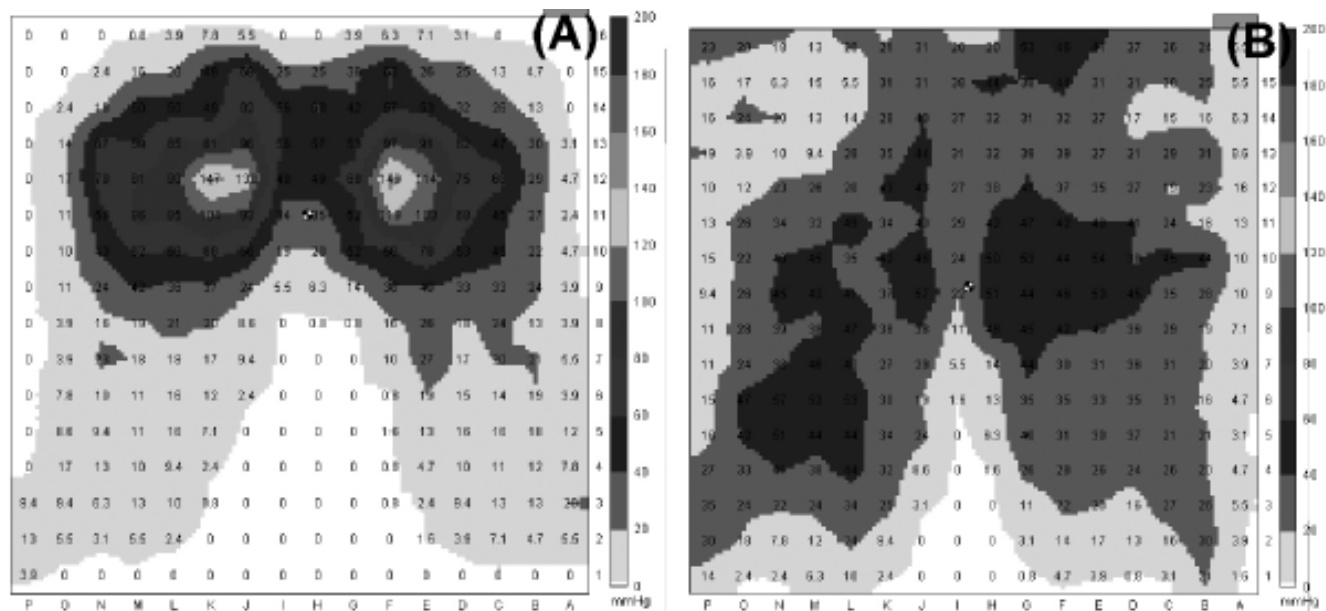


Figura 3. Mapas de presión obtenidos con el FSA a los 30 min. A. Mapa obtenido en un voluntario sano sentado en el asiento de vinilo, observe las zonas donde se concentra la mayor parte de la presión, que corresponden a las tuberosidades isquiáticas, conocido como efecto "hamaca". B. Mapa del voluntario sano sentado en el asiento conformado, combinación polipropileno-espuma poliuretano comercial, se puede observar una distribución de las presiones sobre toda el área de sentado.

silla de ruedas (Figura 1); el efecto hamaca se evitó debido al empleo de polipropileno. Los controles permanecieron sentados durante 30 min, de acuerdo con el protocolo de Gilsdorf.¹⁸ El registro de la presión se tomó mediante el FSA cada cinco minutos (Figura 3).

ETAPA 2

Pacientes con lesión medular

Se reclutaron nueve pacientes con lesión medular que acuden al Servicio de Lesión Medular del Instituto Nacional de Rehabilitación. Se les aplicó la escala de Norton para evaluar el riesgo de desarrollar úlceras por presión. Este instrumento multidimensional se utiliza para predecir el riesgo de desarrollar úlceras por presión y evalúa cinco variables: estado físico general, estado mental, actividad, movilidad e incontinencia. Cada variable se califica del 1 al 4, donde 4 es la máxima calificación. Una persona se considera sin riesgo si suma un total de 20 puntos, menos de 14 puntos significa que está en riesgo de padecer una úlcera por presión, a menor puntuación, mayor riesgo.¹⁹

Las úlceras por presión se clasificaron de acuerdo con los criterios de la National Pressure Ulcer Advisory Panel (NPUAP),⁷ se identificó el tipo de asiento que usaban.

Protocolo de pruebas de pacientes con lesión medular

A cada paciente se le elaboró un asiento a la medida usando la combinación polipropileno-espuma de poliuretano densidad 27, se eligió esta combinación derivado de los mejores resultados obtenidos con el grupo control, en materia de optimización de la distribución de las presiones. El primer registro de presiones que se les tomó fue en el asiento que usaban antes de participar en el estudio, el segundo registro en el asiento diseñado a su medida antropométrica. Se les realizó un seguimiento a los tres meses de uso del asiento a su medida.

Con el fin de evaluar la percepción de los pacientes como usuarios de un nuevo asiento para silla de ruedas, se les aplicó una entrevista estructurada, diseñada específicamente para evaluar la satisfacción y la funcionalidad del producto en lesionados medulares.²⁰ La entrevista está basada en ocho ítems propuestos por Sprigle²¹ (control de tronco, postura, espasticidad, capacidad de transferencia, confort, reacción de la piel, capacidad de propulsión y capaci-

dad para liberar la presión). La entrevista establece: una calificación que varía del 1 al 10, en donde un puntaje de 1 a 4 representa baja calificación, de 5 a 7 calificación regular y de 8 a 10 es buena calificación. Se califica cada factor por separado de acuerdo con la satisfacción y funcionalidad que percibe el usuario.²⁰ Adicionalmente, la entrevista contempla preguntas sobre la satisfacción general del asiento y la funcionalidad general, al igual que la disposición para recomendar el asiento.²⁰

Análisis estadístico

La etapa I consistió en la comparación de los cuatro asientos prototipos y el asiento de vinilo de la silla de ruedas usado por el grupo control. Se tomaron los valores de presión al minuto 30, debido a que es el máximo tiempo que se encuentra el voluntario sentado en el asiento, sin moverse. En el mapa de presión se seleccionaron los sensores donde se encuentran las tuberosidades isquiáticas, y se trazó una matriz de 4 x 8; se obtuvo la media de los valores de los sensores seleccionados. Usando el paquete estadístico Minitab® versión 16, se aplicó la prueba de Kolmogorov-Smirnov, a las muestras de presiones promedio, y se comprobó el supuesto de que estas muestras provienen de una población normal. Se aplicó un ANOVA de un factor, con un nivel de significancia estadística $p < 0.05$ y se verificó el modelo lineal, a través del análisis de los residuales de las observaciones, para esto se utilizó la herramienta Gráfica de Residuos de Minitab; además, se verificó que los datos tuvieran un comportamiento aleatorio en el tiempo, así como su homocedasticidad con el test de Levene.

Se realizó un análisis *post hoc* aplicando la prueba de Tukey para comparar las medias de las presiones obtenidas en cada tipo de asiento. Con el fin de estudiar el comportamiento de las presiones medias a lo largo del tiempo, se realizó una prueba de hipótesis, donde la hipótesis alternativa fue que más de 80% de los datos de presión están en 60 mmHg o menos en la zona de las tuberosidades isquiáticas y se usó un nivel de significancia estadística $p < 0.05$. Se propuso el criterio de 60 mmHg debido a que dicha presión mantenida por una hora puede ser precursora de un punto de presión en el tejido donde se encuentra ejercida.⁴ El porcentaje de más de 80% de presiones menores a 60 mmHg se determinó al realizar las pruebas tanto con los sujetos sanos como con lesión medular, ya que debido que a la geometría del área glútea, en ocasiones los sensores del tapete del FSA se pliegan debajo del

sujeto, dando lugar a valores de presión falsamente elevados.

En la etapa 2, con el grupo de pacientes con lesión medular, al igual que con el grupo control, se localizaron las zonas de las tuberosidades isquiáticas y se obtuvieron las presiones medias de estas zonas, usando como variable de contraste. La presión media obtenida del asiento previo que usaba el grupo de lesionados medulares se contrastó con la medición de presiones a la entrega del asiento diseñado a la medida, para lo que se aplicó una prueba t pareada, con un nivel de significancia estadística $p < 0.05$, con la finalidad de encontrar diferencia significativa antes del uso del asiento y después del uso. Al igual que para la prueba ANOVA, se verificó el supuesto de normalidad de que estas muestras provienen de una población normal aplicando la prueba Kolmogorov-Smirnov. Asimismo, se estudió si el uso en un periodo determinado (tres meses) alteraba la eficiencia en la distribución de presiones. Para esto se usó como variable de contraste la presión media obtenida a la entrega del asiento, y se comparó si existía una diferencia significativa contra el uso

del asiento a los tres meses, aplicando la prueba t pareada, con un nivel de significancia estadística $p < 0.05$. Al igual que el caso anterior, se verificó el supuesto de que las muestras provenían de una población normal, usando la prueba Kolmogorov-Smirnov.

RESULTADOS

En el cuadro 1 se muestran las características sociodemográficas y antropométricas de los dos grupos de estudio. El cuadro 2 muestra las características clínicas de los pacientes con lesión medular. Al respecto, se encontró que éstos realizaban sus actividades de la vida diaria en forma independiente o con poca asistencia, y siete de los nueve incluso realizan actividades laborales y/o deportivas.

En la etapa 1, derivado de la prueba ANOVA, se encontró que existe una diferencia significativa entre los diferentes tipos de asientos ($F = 10.88$, $p < 0.05$). Al aplicar la prueba *post hoc* de Tukey, se encontró que el asiento de vinilo tiene las presiones medias más altas al compararlo con los demás asien-

Cuadro 1. Características sociodemográficas y antropométricas de los grupos.

Características	Unidades	Sanos (grupo control) (n = 9)	Pacientes con lesión medular (n = 9)
Mujeres		4	3
Hombres		5	6
Edad media (S)	años	30.4 ± 10.2	36.2 ± 7.7
Peso medio (S)	kg	68.2 ± 11.5	73.3 ± 18.1
Talla media (S)	m	1.63 ± 0.10	1.65 ± 0.10
IMC medio (S)		26 ± 4	26 ± 4

S: desviación estándar.

Cuadro 2. Características clínicas de los pacientes con lesión medular y tipo de asiento usado.

Paciente	Nivel de lesión medular	Antecedente de úlcera (+ o -)	Úlceras al momento del estudio	Escala de Norton	Tipo de asiento
1	T5-C*	-	Negativo	14	Asiento de aire (ROHO®)
2	T9-C	+	Ambas tuberosidades grado II	16	Dona de aire
3	T2-I**	-		16	Hule espuma
4	L1-C	-	Negativo	17	Hule espuma
5	C6-I	+	Negativo	16	Hule espuma
6	T4-C	-	Negativo	14	Vinil
7	T8-C	-	Negativo	16	Hule espuma
8	T10-I	+	Ambas tuberosidades grado II	15	Vinil
9	T10-C	-		16	Hule espuma

*Lesión medular completa. **Lesión medular incompleta.

tos diseñados a la medida. Sin importar el tipo de interfaz, la presión media que maneja el asiento de vinilo en las zonas de las tuberosidades isquiáticas es de 73.61 mmHg, lo cual sobrepasa el criterio establecido, por debajo de 60 mmHg. Cabe hacer notar que al comparar las presiones medias de este asiento con las que se generan en el asiento construido con polipropileno y espuma de poliuretano la diferencia encontrada de las presiones promedio es de 33 mmHg, siendo la presión media obtenida con la combinación espuma de poliuretano de 40.60 mmHg. En el caso de los asientos fabricados con polipropileno y espuma de poliuretano (comercial y UIA) no se encontró diferencia en las medias. En relación con estas comparaciones, los resultados del cuadro 3 muestran una mejor distribución de presiones cuando los controles están sentados en asientos diseñados de acuerdo con su antropometría, sin importar el tipo de combinación de materiales usados.

La combinación de polipropileno-espuma de poliuretano fue la mejor combinación, debido a que mantuvo la mayor distribución de valores de presión de 60 mmHg o menos durante 30 min (Cuadro 3).

A partir de estos resultados se decidió pasar a la etapa 2 y elaborar asientos a la medida al grupo de pacientes con lesión medular. Los pacientes con lesión medular tienen una mejor distribución de presión al usar un asiento diseñado de acuerdo con sus medidas antropométricas que con el asiento previa-

mente usado (Cuadro 4). No se encontró diferencia significativa entre las presiones promedio a la entrega del asiento y las presiones promedio a los tres meses del uso del asiento (Cuadro 4). Además, de acuerdo con los datos clínicos de seguimiento de los pacientes con lesión medular, no se presentaron complicaciones o molestias atribuibles al uso del asiento diseñado a su medida. En el caso de los dos pacientes que presentaban úlceras no se reportaron complicaciones, las úlceras no aumentaron de tamaño ni se presentaron más.

Respecto a la percepción de la funcionalidad, los factores calificados como regulares fueron la capacidad de transferencia, el balance y la propulsión de la silla de ruedas. En el caso de la espasticidad no aplicó en tres pacientes, los demás no percibieron una disminución de la misma.

Referente a la percepción de la satisfacción del asiento realizado a la medida antropométrica se encontró una buena disposición a recomendar el asiento. La confianza en el servicio del producto y la satisfacción en general fue evaluada como buena (Figura 4).

DISCUSIÓN

Los resultados sugieren que el uso de un asiento diseñado de acuerdo con la antropometría, sin importar la combinación de materiales, con el solo

Cuadro 3. Prueba de hipótesis, más de 80% de los valores de presión en la zona de las tuberosidades isquiáticas en 60 mm Hg o menos.

Tiempo (min)	Polipropileno-espuma de poliuretano densidad 27	Polipropileno-espuma de poliuretano UIA	Polipropileno-espuma EVA	Polipropileno	Vinilo
0	0.0070*	0.0002*	0.0146*	0.0647	0.9998
5	0.0004*	0.0001*	0.1583	0.3136	1.0000
15	0.0040*	0.0054*	0.5414	0.4243	1.0000
30	0.0250*	0.0480*	0.9997	0.9575	1.0000

*Nivel de significancia $p < 0.05$.

Cuadro 4. Análisis estadístico de las presiones promedio obtenidas del grupo con lesión medular, para la comparación del asiento previo y el asiento hecho a la medida. Comparación de la entrega del asiento hecho a la medida vs. a los tres meses de uso.

	Asiento previo	Entrega de asiento hecho a la medida	P
Presión promedio (mm Hg)	94.6	53.8	0.005*
	Entrega de asiento INR	Seguimiento a los tres meses de uso	P
Presión promedio (mm Hg)	53.8	60.0	0.201

*Nivel de significancia $p < 0.05$.

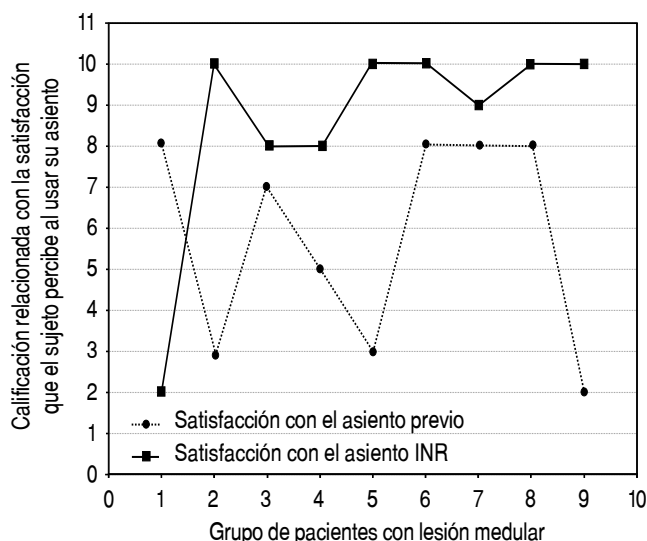


Figura 4. Comparación de la satisfacción general percibida al usar el asiento hecho a la medida vs. el asiento previamente usado.

hecho de estar anatómicamente ajustado, ayuda a redistribuir las presiones en zonas con predisposición a ulcerarse, como las tuberosidades isquiáticas, ya que el peso de la persona se distribuye en una mayor área de contacto,^{10,22} y se evita el efecto hamaca que provoca el asiento de vinilo.

Con respecto a la combinación de materiales que ayuden a mantener una distribución de presiones en 60 mmHg o menos en la zona de las tuberosidades isquiáticas, el asiento diseñado con polipropileno-espuma poliuretano densidad 27 mantiene más de 80% de los valores por debajo de 60 mmHg, al minuto 30, lo que sugiere que esta combinación de materiales puede ayudar a prevenir la formación de puntos de presión y consecuentemente la formación de úlceras por presión. Estos resultados son similares a los obtenidos por Rosenthal, *et al.*,¹⁰ en su estudio; donde se realizaron mediciones de presión con asientos a la medida en personas usuarias de sillas de ruedas con diferentes discapacidades, encontrando presiones medias en las tuberosidades isquiáticas a los 30 min de 33 ± 14 mmHg, en nuestro estudio las presiones medias obtenidas del grupo control a los 30 min fueron de 40 ± 10 mmHg y en el grupo de pacientes con lesión medular fueron de 53 ± 20 mmHg.

El uso de un material que recubra la base del polipropileno es pieza clave para la elaboración (Cuadro 3), ya que puede aumentar o disminuir la eficiencia del asiento; en el caso de los asientos fabricados con polipropileno-espuma de poliuretano se aumenta la eficiencia, mientras que los fabricados con polipropileno-espuma EVA disminuyen su eficiencia.

En la etapa 2, en el grupo de los pacientes con lesión medular, los pacientes que presentaban úlceras por presión no manifestaron molestias ni complicaciones al usar el asiento diseñado a su antropometría; lo anterior sugiere que este tipo de asiento ayuda a redistribuir el peso de la persona disminuyéndolo en zonas con mayor tendencia a ulcerarse, como las prominencias óseas, al tiempo que coadyuva a mantener la cadera en una postura neutral. Lo anterior pudo observarse en los mapas de presión obtenidos con los asientos a la medida; en la figura 3B se pueden observar coloraciones en los mapas prácticamente en un solo tono; adicionalmente, algunos pacientes comentaron que percibían una postura más erguida y alineada.

Por otro lado, el grupo que evaluó el asiento a la medida eran pacientes con lesión medular que realizaban actividades laborales y/o recreativas, por lo que el asiento fue usado en condiciones de una vida activa y productiva. El asiento a la medida fue encontrado funcional y satisfactorio porque cubría las necesidades de apoyo en la silla de ruedas; sin embargo, un paciente que usaba un asiento de aire comercial marca ROHO®, calificó como baja la funcionalidad general y la satisfacción general del asiento a la medida, ya que éste no cumplió con sus expectativas, lo que sugiere que si las necesidades de un paciente se perciben como satisfechas, el paciente difícilmente aceptará cambiar de tecnología.

En relación con la funcionalidad se encontró que el asiento dificultaba las transferencias al vehículo automotor o a otra silla, y en el caso de la propulsión, algunos pacientes se sentían inseguros al realizarlas. Tanto las transferencias como la propulsión se encuentran relacionadas con la altura de la base del asiento de la silla de ruedas al piso (Figura 1), y en la mayoría de los casos la silla de ruedas no era la adecuada a la talla del paciente, dando como resultado que el asiento absorbiera las deficiencias de la silla de ruedas. Por lo que es necesario, al momento de recomendar una silla de ruedas, considerar la talla del paciente, además de factores como el nivel de actividad que realiza, además de aspectos de economía.

Los resultados de la evaluación de este diseño de asiento en actividades de la vida diaria por pacientes con lesión medular, usuarios de sillas de ruedas, sugieren que es una alternativa accesible^{23,24} a personas con lesión medular para reducir la probabilidad de desarrollo de úlceras por presión y, además, satisfacen en general sus necesidades de soporte en una silla de ruedas.²⁵⁻²⁷

El equipo multidisciplinario y transdisciplinario de profesionales de la salud que interviene en el ma-

nejo de los pacientes con lesión medular, debe incluir a los ingenieros biomédicos para coadyuvar en la prevención de las úlceras por presión, a través de la evaluación y diseño de asientos para sillas de ruedas adaptados a la antropometría del paciente.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por el apoyo para la realización del proyecto SALUD-2003-C01-97. A la División de la Rehabilitación Neurológica y al Laboratorio de Órtesis y Prótesis, del INR. Al CITeR de la Universidad Iberoamericana.

REFERENCIAS

- Pérez R, Rodríguez E, Escobar A. Frecuencia de úlceras por presión en el paciente lesionado medular, su correlación con el nivel neurológico y escala de ASIA. *Rev Mex Med Fis Rehab* 2007; 19: 16-23.
- Springle S, Chun K, Brubaker C. Reduction of sitting pressures with custom contoured cushions. *J Rehabil Res Dev* 1990; 27(2): 135-40.
- Brienza DM, Kart PF. Seat cushion optimization: a comparison of interface pressure and tissue stiffness characteristics for spinal cord injured and elderly patients. *Arch Phys Med Rehabil* 1998; 79(4): 388-94.
- Pain H. Choosing Assistive Devices: A guide for users and professionals. Philadelphia: Kingsley Publishers; 2002.
- Eitzen I. Pressure mapping in seating: A frequency analysis approach. *Arch Phys Med Rehabil* 2004; 85: 1136-40.
- Allen V, Ryan DW, Lomax N, Murray A. Accuracy of interface pressure measurement systems. *J Biomedical Engineering* 1993; 15(4): 344-8.
- European Pressure Ulcer Advisory Panel and National Pressure Ulcer Advisory Panel. Prevention and treatment of pressure ulcers: quick reference guide. Washington DC (United States): National Pressure Ulcer Advisory Panel. Disponible en: http://www.npuap.org/wp-content/uploads/2012/02/Final_Quick_Prevention_for_web_2010.pdf
- Springle S, Faisant T, Chung K. Clinical evaluation of custom-contoured cushions for the spinal cord injured. *Arch Phys Med Rehabil* 1990; 71: 655-8.
- Vohra RK, McCollum CN. Fortnightly. Review: Pressure Sores. *BMJ* 1994; 309: 853-7.
- Rosenthal M, Felton R, Hileman D. A wheelchair cushions designed to redistribute sites of sitting pressure. *Arch Phys Med Rehabil* 1996; 77(3): 278-82.
- Bar C. Evaluation of cushions using dynamic pressure measurement. *Prosthet Orthot Int* 1991; 15: 232-40.
- Ferguson J, Smith D. Socket Considerations for the Patient with a transtibial amputation. *Clin Orthop Relat Res* 1999; 361: 76-84.
- Knowledge and Application. Technical Report. Otto Bock. Disponible en http://www.ottobock.com.mx/cps/rde/xbcr/ob_lam_es/646K1_1-GB-01-1103w.pdf.pdf
- Yuen HK, Garret D. Comparison of three wheelchair cushions for effectiveness of pressure relief. *Am J Occup Ther* 2000; 55(4): 76-94.
- Henderson J, Price SH, Branstater ME, Mandac B. Efficacy of three measures to relieve pressure in seated persons with spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil* 1994; 75: 535-9.
- Brienza D, Karg P, Geyer M, Kelsey S, Trefler E. The Relationship between pressure ulcer incidence and buttock-seat cushion interface pressure in at-risk elderly wheelchair users. *Arch Phys Med Rehabil* 2001; 82: 529-33.
- Letchipia J. Los primeros cinco años de la experiencia en México, en Proceedings of the 4th Latin American Congress on Biomedical Engineering, Bioengineering solutions for Latin American Health 07, Isla Margarita, Venezuela, IFMBE 2007: 1046-8.
- Gilsdorf P, Patterson R, Fisher S. Thirty-minute continuous sitting force measurements with different support surfaces in the spinal cord injured and able-bodied. *J Rehabil Res Dev* 1991; 28(4): 33-8.
- Lewko J, Demianuk M, Krot E, Krajewka-Kutak E, Sierakowska M, Nykelwicz W, Jankowiak B. Assessment of risk for pressure ulcers the Norton scale in nursing practice. *Annales Academiae Medicinae Biologocensis* 2005; 50(Suppl. 1): 148-51.
- Galíndez-Novoa CV, Lobato-Calleros MO, Gayol-Mérida DA. User perception: a further dimension to improve product functionality for users with disabilities. Case: wheelchair cushion to prevent pressure ulcers in spinal cord injured wheelchair users. *JCS/D&CB* 2013; 26 [En prensa].
- Springle S, Chung K, Brubaker C. Factors affecting seat contour characteristics. *J Rehabil Res Dev* 1990; 27(2): 127-34.
- Apatsidis D, Solomonidis S. Pressure distribution at the seating interface of custom-molded wheelchair seats: Effect of various materials. *Arch Phys Med Rehabil* 2002; 83(8): 1151-6.
- Shapcott N, Cooper D, Gonzalez J. A proposed low cost cushion design for individuals with spinal cord injury in developing countries. Proceeding of RESNA'96 Annual Conference, 1996 Jun. 7-12.
- Vongpaseuth T, Smith L, Todd B. Effects of size on mechanical properties of polyurethane foams, Department of mechanical Engineering, The University of Alabama.
- Hobson D. Comparative effects of posture on pressure and shear at the body-seat interface. *J Rehabil Res Dev* 1992; 29(4): 21-31.
- Brienza D, Karg P. Seat cushion optimization: A comparison of interface pressure and tissue stiffness characteristics for spinal cord injured and elderly patients. *Arch Phys Med Rehabil* 1998; 79: 388-94.
- Consortium for Spinal Cord Medicine. Directrices de prácticas clínicas. Úlceras por decúbito: Lo que Usted debe saber. Una guía para personas con lesiones medulares. Washington. D.C. (United States). Disponible en http://www.scicpg.org/cpg_span_pdf/PUC_span.pdf

Reimpresos:

M. en I.C. Diana Alicia Gayol-Mérida

Laboratorio de Ingeniería de Rehabilitación
División de Investigación Tecnológica
Instituto Nacional de Rehabilitación
Torre de Investigación, sexto piso
Av. México-Xochimilco, Núm. 289
Col. Arenal de Guadalupe
14389, México, D.F.
Tel.: (55) 5999-1000, Ext. 19708
Correo electrónico: dgayol@inr.gob.mx

Recibido el 20 de febrero 2013.

Aceptado el 18 de julio 2013.