

# Sillas de ruedas

B Guillon  
I Laffont

**Resumen.** – La silla de ruedas es un medio de ayuda técnica en plena evolución del que existen muy diferentes modelos (manuales, eléctricos, deportivos, verticalizadores, etc.). En este artículo se describe en primer término el esquema de una silla de ruedas tradicional, distinguiendo las principales categorías. Luego se trata brevemente la propulsión (fisiología, consejos) y los criterios de elección. En el recuadro final se aclaran ciertos puntos sobre la accesibilidad, los cojines y los numerosos tipos de ruedas. Por último, se formulan algunas recomendaciones.

© 2002, Editions Scientifiques et Médicales Elsevier SAS, París. Todos los derechos reservados.

**Palabras clave:** silla de ruedas, propulsión de las sillas de ruedas, paraplejía, hemiplejía.

## Introducción

La primera representación conocida de una silla de ruedas, proveniente de la China, data del año 525 después de JC<sup>[15]</sup>. Mucho tiempo después, Felipe II de España, quien padecía de gota dolorosa, utilizó en 1595 el primer sillón de ruedas confortable, equipado con respaldo y apoyapiés de inclinación variable. A causa de una fístula, Luis XIV tuvo que desplazarse desde 1686 en lo que habría de convertirse en su *roulette*. La propulsión de todos estos aparatos era llevada a cabo por otra persona.

En 1650, Faifler, un relojero alemán parapléjico, fabricó una especie de velocímano de tres ruedas (fig. 1) accionado por manivelas que movilizaban mediante un engranaje la rueda delantera. Gracias a este aparato, por primera vez la persona minusválida pudo desplazarse de manera autónoma. Cabe considerarlo un antepasado de la *voiturette* con volante concebida por Poirier entre las dos guerras mundiales, que tras una notable renovación dio origen a los triciclos de tracción manual actuales (fig. 2).

A fines del siglo XIX, la fabricación de las sillas de ruedas aprovechó las mejoras de la bicicleta (rayos de acero, rue-



1 Velocímano de Faifler.



2 Triciclo de tracción manual.

das revestidas con caucho). A partir de la guerra de 1914-1918 se empezaron a construir las sillas de ruedas con tubos unidos mediante placas metálicas sobre las que se apoyaban los cojines. En 1933, los estadounidenses Everest y Jennings concibieron una silla revolucionaria que ofrecía dos grandes ventajas: al ser poco voluminosa pasaba fácilmente por espacios estrechos, pero además era plegable, de manera que podía cargarse en el automóvil.

De ahí en adelante, los avances tecnológicos de las sillas de ruedas provinieron sobre todo del ámbito deportivo. A partir de 1945, Guttman organizó en Inglaterra las primeras competiciones de carrera, baloncesto y esgrima en silla de ruedas para pacientes del hospital de Stoke Mandeville. Estos deportes constituían un excelente complemento de la rehabilitación. El perfeccionamiento de los modelos está en relación con las incesantes mejoras tecnológicas. Los nuevos materiales, la regulación del centro de gravedad, el retorno al chasis rígido, la inclinación de las ruedas traseras y la rueda delantera única fueron incorporándose progresivamente a las sillas de ruedas de uso común.

La silla de ruedas con propulsión eléctrica está actualmente en plena expansión. Sus últimas mejoras son el mando electrónico (en lugar del eléctrico), la ergonomía del proceso de desarmado en los modelos pequeños, las posiciones multifuncionales en los modelos más perfeccionados y el desarrollo de las interfaces de conducción. En el futuro se mejorarán probablemente los sistemas de asistencia a la conducción<sup>[12]</sup>.

## Descripción (fig. 3)

### SILLAS DE RUEDAS LIVIANAS Y PLEGABLES

Son las más utilizadas. Por lo general están construidas con aluminio y pesan entre 13 y 17 kg. Esta levedad con res-

Bruno Guillon : Kinésithérapeute, service aide au choix du fauteuil roulant, institut Garches.  
Isabelle Laffont : Médecin des Hôpitaux, unité de médecine physique et réadaptation Widal 1.  
Hôpital Raymond Poincaré, 104, boulevard Raymond-Poincaré, 92380 Garches, France.



**3** Silla de ruedas tradicional.

1. Empuñadura para propulsión por otra persona; 2. respaldo; 3. palanca para inclinar la silla hacia atrás (otra persona); 4. gran rueda trasera; 5. pasamanos; 6. pequeña rueda delantera; 7. apoyapiés (pescante, paleta); 8. sostén para las piernas; 9. freno; 10. asiento; 11. apoyabrazos.

pecto a los antiguos modelos de acero facilita la carga en el automóvil pero, a diferencia de lo que suele creerse, casi no influye en la calidad del rodar <sup>[14]</sup>, que depende principalmente de las regulaciones de la silla en los modelos más perfeccionados (cf. *infra*).

#### ■ Tipo clásico tradicional

— Ventaja: precio y comodidad similares a los de los antiguos modelos de acero (cf. *infra*);

— Inconvenientes: menos resistentes que los modelos de acero o que los modelos livianos más perfeccionados (cf. *infra*).

#### ■ Modelos más perfeccionados (fig. 5)

Tienen un asiento a medida, un multipalier en las ruedas traseras y numerosos accesorios optativos. Son caros, pero sólidos y de buena calidad. En dos estudios estadounidenses <sup>[9, 11]</sup> se señaló su superioridad general con respecto a los modelos livianos de tipo tradicional. Sin embargo, con un equipamiento equivalente no son más livianos que los anteriores, y si están mal regulados pueden resultar peligrosos (riesgo de caída hacia atrás):

— a medida, con anchura, profundidad del asiento y altura del respaldo moduladas de a 2 cm;

— multipalier (fig. 6) que permite modificar la posición de las ruedas traseras a partir de tres regulaciones:

— la regulación de la altura sirve para cambiar la inclinación de la parte posterior del asiento (a fin de volverlo más cómodo) y modificar el centro de gravedad. El cambio de inclinación del asiento entre las rue-



**4** Silla de ruedas liviana tradicional.



**5** Silla de ruedas liviana perfeccionada.



**6** Multipalier de las ruedas traseras en una silla de ruedas liviana perfeccionada.

das traseras modifica la posición de los miembros superiores sobre los pasamanos y, por ende, la calidad de la propulsión, que depende del grado de flexión del codo (ideal: de 100 a 120°) <sup>[26]</sup>;

— la posibilidad de llevar hacia adelante las ruedas traseras mejora el rodar <sup>[20]</sup> y facilita las maniobras en dos ruedas, pero aumenta el riesgo de caída hacia atrás;

— la inclinación de las ruedas traseras (más separadas abajo que arriba) mejora el giro alrededor del eje vertical (fig. 7).

Muchos autores, entre los que se cuentan Boninger et al <sup>[5]</sup> y Tomlinson <sup>[25]</sup>, estudiaron estas diferentes regulaciones, aún poco conocidas y poco utilizadas a causa de la lentitud de las modificaciones, pero esenciales para los pacientes que se desplazan solos;

— numerosos accesorios optativos: apoyapiés, apoyacodos, características de las ruedas traseras y delanteras (diámetro variable, neumáticos o gomas macizas), pasamanos (aluminio, acero inoxidable, titanio, antideslizante, con salientes), protecciones para los dedos, colores, etc.

#### SILLAS DE RUEDAS PARA PACIENTES HEMIPLÉJICOS (fig. 8)

Salvo excepción, estas sillas brindan poca o ninguna autonomía fuera del domicilio o cuando existen obstáculos (cuesta, acera). Eventualmente, se puede evaluar si conviene elegir una silla con propulsión eléctrica. De lo contrario, se distinguen los tres siguientes modos de propulsión.

#### ■ Sistema de palanca pendular (fig. 9)

Es una silla muy útil durante la fase inicial de la rehabilitación, pero poco maniobrable en el interior y difícil de empujar por otra persona en el exterior. A menudo se necesita contar con otra silla para las salidas.

#### ■ Doble pasamanos (figs. 10, 11)

Dos pasamanos en el mismo lado permiten accionar una u otra rueda de manera independiente. Este modelo, fácil de empujar por otra persona, requiere que el paciente conozca bien su funcionamiento y que tenga suficiente fuerza del lado sano, condiciones que reducen su utilidad.

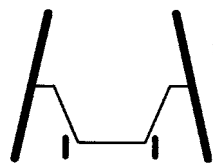
#### ■ Asiento bajo (fig. 12)

Se puede bajar el asiento de una silla clásica, que el paciente propulsa con la mano y guía con el pie. Este modelo, fácil de empujar por otra persona, constituye una elección aceptable.

Se ha de colocar un cojín adecuado (por ejemplo, de espuma viscoelástica) para evitar que la pelvis se deslice hacia adelante.

#### SILLAS DE RUEDAS DE GRAN COMODIDAD (fig. 13)

La persona se siente mejor sostenida por el asiento y el respaldo, que son rígidos y envolventes. Pueden fijarse diversos accesorios con facilidad, como



7 Inclinación de las ruedas traseras.



8 Silla de ruedas para personas hemipléjicas.



9 Silla de ruedas con palanca pendular para personas hemipléjicas.

los destinados a calzar el tronco. En los mejores modelos se puede reclinar el conjunto asiento-respaldo-apoyapiés. Con estos sistemas de reclinación se trata de respetar la fisiología articular<sup>[1]</sup>.

#### SILLAS DE RUEDAS PLEGABLES TRADICIONALES O ESTÁNDAR (fig. 14)

Están construidas con acero y pesan entre 19 y 23 kg.

#### SILLAS DE RUEDAS DEPORTIVAS (fig. 15)

Puntos específicos:

— chasis rígido no plegable, resistente y liviano (escasa inercia);



10 Silla de ruedas con doble pasamanos para personas hemipléjicas.



11 Propulsión de una silla de ruedas con doble pasamanos.



12 Silla de ruedas con propulsión podálica.

— ruedas sumamente inclinadas: mejor movilidad giratoria, protección de las manos en caso de choque, propulsión fisiológica que respeta el valgo del codo. Aumenta el ancho total de la silla.

Los pacientes parapléjicos, y aun los tetrapléjicos, utilizan cada vez más este tipo de silla en la vida cotidiana, aunque con una menor inclinación de las ruedas. Debe estudiarse el modo de carga en el automóvil, porque estas sillas no se pliegan y es imprescindible desmontar las ruedas. Por lo demás, ofrecen numerosas ventajas: solidez, excelente rodar, comodidad (respaldo regulable en altura e inclinación para una mejor adaptación).

Los modelos con una rueda delantera única facilitan aún más la rotación (por ejemplo, para jugar al tenis).

#### SILLAS DE RUEDAS PARA NIÑOS

Existen las mismas categorías antes enumeradas, pero en tamaños adecuados para los niños. La elección de una silla de ruedas infantil rara vez puede ser perfecta, ya que el crecimiento es variable en cada niño. Previendo el crecimiento estatural, que por lo general es más rápido que el crecimiento ponderal, se debe elegir un asiento más profundo que lo necesario y compensarlo temporalmente con un cojín en el respaldo. Para calcular el ancho es importante tomar en cuenta si el niño lleva aparatos en el muslo y la pierna, que aumentan considerablemente la dimensión transversal de la pelvis.

Las sillas evolutivas no son plegables, para posibilitar la extensión del chasis a lo ancho y a lo largo. Cuando el niño crece, aumenta de peso y se vuelve más activo, por lo que necesitará una silla de ruedas más grande. Esta última, que debería ser más resistente, en realidad es más frágil. Lo ideal sería poder cambiar de material una vez al año con el fin de respetar la morfología de los niños.

La silla de ruedas casi nunca resulta adecuada para los niños instalados en un corsé-asiento, menos aún cuando impone la abducción de las caderas. Los apoyapiés desplazados hacia afuera pueden resultar útiles, pero la escasa profundidad del asiento siempre plantea un problema difícil de resolver en los niños pequeños. Los chasis rodantes en los que se adapta una pieza pélvica moldeada, descritos más abajo, aportan una solución eficaz, aunque los padres suelen rechazarlos a causa de su aspecto antiestético.

#### SILLAS DE RUEDAS ELÉCTRICAS

Se conducen con un joystick. Si el paciente circula por espacios públicos puede necesitar un seguro contra terceros.

Todas las sillas de ruedas eléctricas se programan con una consola informática (optativa) que permite regular la velocidad, la aceleración y la desaceleración, adaptándolas a las necesidades de cada persona.

Los motores eléctricos tienen entre 100 y 450 W de potencia y funcionan con una tensión de 24 V. Se alimentan con dos baterías de 12 V montadas en serie, que son pesadas (de 10 a 20 kg cada una) y deben recargarse periódicamente (en caso de uso intensivo, todas las noches durante no menos de 10 horas). Todas las sillas de ruedas eléctricas traen un cargador que se conecta a la red.

Existen dos tipos: con chasis plegable y con chasis fijo.



13 Silla de ruedas de gran comodidad.



14 Silla de ruedas plegable tradicional de acero.



15 Silla de ruedas deportiva.

#### ■ Silla de ruedas eléctrica con chasis plegable (figs. 16, 17)

- Son compactas y a veces menos voluminosas que las sillas manuales.
- Se desmontan con mayor o menor facilidad según los modelos.
- No son más cómodas que las sillas manuales.
- Tienen una autonomía relativa (de 10 a 15 km).

#### ■ Silla de ruedas eléctrica con chasis fijo (fig. 18)

Por lo general brindan posibilidades de adaptación (asiento y respaldo reclina-



16 Silla de ruedas eléctrica con chasis plegable.



17 Silla de ruedas eléctrica con chasis plegable (desmontada).

bles, apoyabrazos con varias regulaciones, eventualmente apoyacabeza y apoyapiernas).

- Comodidad: asiento más ergonómico, con mejor regulación. Puede contar con un sistema de posiciones múltiples (reclinación eléctrica del asiento, del respaldo, de los apoyapiernas) y con funciones de elevación (*lift*) o de verticalización. Gracias a las versiones más elaboradas (silla de ruedas eléctrica multifuncional, con asiento elevable, verticalizable y reclina-ble hacia adelante) algunos pacientes con miopatías de la cintura o distrofia de Steinert, capaces de caminar pero no de salir de la silla, consiguen ponerse de pie.



18 Silla de ruedas eléctrica con chasis fijo.

- Gran autonomía (de 20 a 50 km) y resistencia. Para transportar esta silla se necesita un vehículo especialmente equipado (tipo familiar con bandeja o rampa de carga), porque es pesada (100 kg, término medio) y voluminosa (dimensiones exteriores mínimas: 64 x 115 cm).

#### ■ Adaptaciones particulares

##### Interfaz de mando

- Mando por joystick mediante una tablilla, con el mentón (el más común), e incluso con el pie (menos frecuente).
- Mando occipital o mediante sopló.
- Mando por mini-joystick e iso-joystick (útil en las enfermedades neuromusculares<sup>[10]</sup>), joystick «resistente», o por *pad*.
- Mando con un dispositivo sin fin y diferentes opciones.
- Los mandos vocales o por la mirada (*eye gaze*), que se utilizan en los ordenadores todavía, están en fase experimental y carecen de suficiente fiabilidad para el manejo de sillas de ruedas.

##### Otras funciones

Algunos sistemas ofrecen un mando de elementos del ambiente integrado en el joystick. Además de la propulsión de la silla, el joystick controla las funciones de inclinación del asiento, apertura de puertas y ventanas de la habitación, televisión, etc. También sirve para manejar el ordenador (sustituye al ratón). Aunque tales instrumentos existen desde hace mucho tiempo, no se desarrollan por su alto precio y por la relativa complejidad de su utilización.

En los próximos años es probable que aparezcan sistemas de asistencia para la conducción. Se han estudiado varios prototipos que integran diferentes niveles de asistencia<sup>[22, 24]</sup>, pero todavía no se comercializan. Pese a que alcanzaron un alto grado de desarrollo, tampoco se comercializan aún los sistemas de

detección de obstáculos (rayos infrarrojos o ultrasonidos), que corresponden al primer nivel de asistencia. Existe una clientela potencial<sup>[12]</sup>, pero los industriales no se arriesgan a fabricarlos sin tener garantías en cuanto a la financiación (por parte de los pacientes o de los servicios públicos).

#### MOTORES ELÉCTRICOS PARA APLICAR A SILLAS DE RUEDAS MANUALES (figs. 19, 20, 21, 22)

Son dispositivos de propulsión eléctrica para sillas de ruedas manuales, verticalizadoras o no. En principio, estos motores se fijan a cualquier silla de ruedas manual. Tienen menor autonomía, potencia y resistencia que una verdadera silla de ruedas eléctrica, pero permiten ahorrar peso, con lo que se facilita su transporte.

Recientemente ha aparecido un producto diferente: la «asistencia a la propulsión de la silla de ruedas manual». Se controla con los pasamanos (y no con un joystick), lo que supone la movilidad de los miembros superiores. En los últimos modelos, al ejercer una fuerza sobre los pasamanos se activan unos sensores que multiplican la energía transmitida por el paciente. Los motores, situados en los cubos de las ruedas, están conectados a una batería. De esta forma se facilitan los desplazamientos, especialmente en los trayectos largos o en pendiente, se reducen las sollicitaciones fisiológicas creadas por la propulsión<sup>[8]</sup> y se modera el esfuerzo. Este accesorio tiene el inconveniente de aumentar el peso de la silla, dificultando su transporte en automóvil.

#### SCOOTERS ELÉCTRICOS, CONDUCCIÓN CON MANILLAR (fig. 23)

Estos productos están especialmente indicados para pacientes que son capaces de marchar de modo autónomo en el interior, pero que necesitan una silla de ruedas para sus desplazamientos exteriores.

#### COHECITOS, CHASIS PARA PIEZAS PÉLVICAS MOLDEADAS Y SILLAS DE EMPUJAR (figs. 24, 25, 26, 27, 28)

Están destinados a pacientes tetrapléjicos funcionales (con importante discapacidad cerebral o polimiusválidos, tetrapléjicos graves o pacientes con importantes secuelas de poliomielitis o patologías neuromusculares). Ofrecen varias ventajas con respecto a los modelos tradicionales:

- son compactos (ruedas traseras de pequeño diámetro), lo que facilita el ingreso a lugares poco accesibles;



19 Silla de ruedas manual con dispositivo de propulsión por motor eléctrico.



20 Silla de ruedas manual con dispositivo de propulsión por motor eléctrico (desmontada).



21 Silla de ruedas manual con ayuda eléctrica para la propulsión.

- evitan el riesgo de que los dedos queden atrapados con las ruedas grandes (polimiusválidos, pacientes atéticos graves);



22 Ruedas traseras con motor de asistencia eléctrico.



23 Scooter eléctrico.



24 Cochecito-silla simple.

- tienen un ancho total razonable (niños sentados sobre una pieza pélvica moldeada);

- evitan los problemas de los apoyapiés inadecuados en los chasis para piezas pélvicas moldeadas;

- los cochecitos pequeños son livianos y sus modelos más elaborados brindan mayor comodidad (asiento y respaldo reclinables).



25 Cochecito multirregulable evolutivo.



27 Chasis rodante para pieza pélvica moldeada.



26 Cochecito multirregulable evolutivo.



28 Silla de empujar.

lesión medular abarca varios parámetros [2]: el nivel lesional, el estado físico y la habilidad motora, las cualidades mecánicas de la silla y sus posibilidades de adaptación (regulaciones y accesorios).

#### ■ Ciclo de propulsión

Se descompone en una fase de empuje (manos en contacto con los pasamanos) y una fase de retorno de los miembros superiores. La fase de empuje representa aproximadamente el 33 % de la duración del ciclo, proporción que disminuye a medida que aumenta la velocidad. Por lo general, los pacientes parapléjicos utilizan una técnica de propulsión llamada «circular»: el miembro superior inicia el movimiento con el codo en flexión y el hombro en extensión-rotación interna, para terminar la fase de empuje con el codo en extensión y el hombro en flexión-rotación externa. Los deportistas utilizan una técnica que consiste en imprimirles a los pasamanos movimientos rápidos de empuje vertical. Las personas tetrapléjicas, y en particular las que carecen de tríceps, tienen una técnica muy diferente de la de las parapléjicas: inician la fase de propulsión utilizando los flexores del codo y la terminan «empujando» los pasamanos con el deltoides anterior en cadena cerrada.

Desde el punto de vista articular, las amplitudes de hombro solicitadas durante un ciclo de propulsión varían entre 20 y 60° de abducción y entre 0 y 40° de extensión [4, 21]. El codo se halla solicitado entre 90 y 140° de flexión.

La exigencia es particularmente intensa en el deltoides, el pectoral mayor, los músculos del manguito de los rotadores, el bíceps braquial y el tríceps braquial [23]. El músculo supraespinoso trabaja durante casi todo el ciclo de propulsión, lo que explica la alta frecuencia de las tendinopatías

den a destacar las ventajas de este modelo de silla). En otro estudio en el que se incluyó una población de 60 pacientes (30 de ellos eran controles), el mismo autor encontró una disminución significativa del índice de hospitalizaciones entre los pacientes con lesiones medulares que se verticalizan al menos una hora y media por día en una silla de ruedas equipada con el mecanismo adecuado.

Aunque todavía no se han demostrado tales ventajas, es indudable que estas sillas de ruedas, más aún su versión totalmente eléctrica, posibilitan la bipedestación y la marcha en algunos pacientes incapaces de incorporarse solos (miopatías de la cintura, etc.).

Por otra parte, la posibilidad de verticalizarse sin recurrir a otra persona puede aportar un beneficio psicológico considerable.

## Propulsión

### FISIOLOGÍA DE LA PROPULSIÓN EN EL PACIENTE CON LESIÓN MEDULAR

La fisiología de la propulsión de la silla de ruedas en un paciente con

### SILLAS DE RUEDAS

#### VERTICALIZADORAS (figs. 29, 30)

Existen tres grandes tipos:

- sillas de ruedas con propulsión manual y verticalización manual asistida;
- sillas de ruedas con propulsión manual y verticalización eléctrica;
- sillas de ruedas eléctricas con verticalización eléctrica.

Las sillas de ruedas verticalizadoras son muy útiles para prevenir anomalías ortopédicas de los miembros inferiores (equino de los tobillos, flossum de las caderas o las rodillas), especialmente en los niños con enfermedades neuromusculares graves. Todavía no se ha probado su eficacia terapéutica en otros ámbitos (prevención de las escaras y de la osteoporosis sublesional, mejoría del tránsito intestinal, etc.). Un trabajo reciente sobre pacientes con traumatismos medulares [27] se presta a discusión por la falta de rigor en su análisis de las publicaciones y en el cuestionario de satisfacción (los pacientes motivados para verticalizarse tien-



29 Silla de ruedas manual con verticalización manual asistida.



30 Silla de ruedas eléctrica con verticalización eléctrica.

del manguito de los rotadores en esta población.

### ■ Rendimiento mecánico

Las características mecánicas y musculares de la propulsión dependen en gran medida de las regulaciones de la silla [5, 14, 16, 20, 25, 26]. El rendimiento de una silla liviana de alta calidad y bien regulada puede ser un tercio superior al de un modelo tradicional [7].

El rendimiento mecánico de una silla de ruedas manual (energía suministrada por el paciente referida al desplazamiento efectivo de la silla) es bastante bajo, del orden del 10 % [2].

### ■ Coste energético

En los pacientes con lesiones medulares, se estima que el consumo máximo de oxígeno ( $\text{VO}_2$  máx) es la mitad del de las personas válidas [2]. Tal diferencia se incrementa con la altura de la lesión neurológica. Aumentando el volumen muscular de los miembros superiores y las capacidades cardiorespiratorias mediante un nuevo entrenamiento al esfuerzo pueden mejorarse los resultados.

El coste energético de la propulsión de una silla de ruedas manual a velocidad

normal en un terreno liso y regular sin obstáculos representa aproximadamente 200 J/m [3, 13, 14]. Este valor, cercano al de la marcha (150-220 J/m), aumenta cuando aparecen otras exigencias (velocidad, pendiente, superficies irregulares, obstáculos). Cuanto más alto es el nivel de la lesión neurológica, mayor es el gasto energético y más rápidamente alcanza el paciente su  $\text{VO}_2$  máx. En el paciente tetrapléjico, la técnica de propulsión costosa y la baja  $\text{VO}_2$  máx limitan rápidamente el uso en el exterior de una silla de ruedas manual, más aún debido a que algunos accesorios (respaldo alto, apoyacodos, etc.), que serían innecesarios para un paciente parapléjico, incrementan el peso total.

### ■ Entrenamiento al esfuerzo

Los pacientes pueden prepararse para utilizar la silla de ruedas en el exterior mediante las técnicas de rehabilitación tradicionales y la práctica regular. Además, los recientes triciclos de tracción manual ofrecen interesantes perspectivas. Janssen [17] mostró su utilidad para el entrenamiento aeróbico de las personas tetrapléjicas o parapléjicas poco deportistas, dado que al tener mejor rendimiento mecánico que la silla de ruedas, posibilitan un mayor aumento de la frecuencia cardíaca y de la potencia desarrollada por el paciente.

### FACTORES QUE CONDICIONAN LA MANIOBRABILIDAD Y LA CALIDAD DEL DESPLAZAMIENTO

— El avance del eje de las grandes ruedas traseras mejora notablemente el rodar de la silla, pero la vuelve más inestable [5, 14, 20, 23, 25].

El paciente debe encontrar la mejor solución posible entre movilidad y estabilidad.

— Deben inflarse suficientemente los neumáticos de las grandes ruedas traseras. Se ha de prever un inflador adecuado (cf. *infra*).

— En las ruedas traseras conviene evitar las gomas macizas, que suprimen el riesgo de que la rueda se pinche pero

reducen mucho el avance (entre el 30 y el 100 %, según los modelos).

— En cambio, se recomienda utilizar gomas macizas en las ruedas delanteras, ya que mejoran la función de «pivote» y aligeran la movilidad giratoria.

— La inclinación de las ruedas traseras (mayor separación abajo que arriba) mejora el giro de la silla en torno al eje vertical. Aunque dicha inclinación sea leve (1 o 2°) para no aumentar demasiado la anchura total de la silla, facilita la compensación de las pendientes transversales (por ejemplo, la tendencia a desviarse hacia la calzada cuando se circula por la acera).

### ■ «Dos ruedas» (fig. 31)

Circular «en dos ruedas» consiste en mantenerse en equilibrio sobre las ruedas traseras, situando el centro de masa en la vertical que pasa por el eje de ellas. Esta habilidad tiene varias ventajas:

— En los modelos más perfeccionados, permite adelantar las ruedas traseras hasta una posición de inestabilidad aceptable, con lo que se facilita la propulsión. La disminución del gasto energético del paciente preserva sus hombros, más aún por cuanto la inestabilidad de la silla obliga a propulsarla con suavidad (arrancando bruscamente se corre el riesgo de caer hacia atrás).



31 Descenso de una acera en dos ruedas.

Además, al disminuir el volumen de la silla por el avance de las ruedas traseras, aumenta su maniobrabilidad en los espacios reducidos.

— El andar en dos ruedas también sirve para aprender a salvar obstáculos (aceras o circulación por un suelo con irregularidad). No obstante, debe recordarse que subir a una acera con una silla de ruedas inestable resulta más riesgoso que hacerlo con una silla común, y requiere una mejor técnica.

Recientemente, Kirby <sup>[19]</sup> estudió un sistema antibáscula novedoso que permite maniobrar en dos ruedas sin riesgo de caer. Si se confirmara su eficacia, dicho sistema aportaría un progreso considerable al uso de la silla de ruedas manual.

## Criterios de elección

### PATOLOGÍA

En el *cuadro I* se presentan algunas patologías corrientes y las principales orientaciones para escoger una silla en cada caso.

### TIEMPO QUE EL PACIENTE PASA EN LA SILLA

Se elegirá una silla completamente diferente según que el paciente la necesite como ayuda ocasional o para permanecer en ella todo el día.

— Si el paciente pasa el día en la silla de ruedas debe tomarse todo el tiempo necesario para ponerla a prueba, a fin de elegir un modelo suficientemente cómodo. A menudo se comete el error

**Cuadro I. – Algunas recomendaciones para escoger la silla de ruedas según la enfermedad del paciente.**

<b>Hemiplejía</b>	La silla de ruedas liviana, con asiento bajo, es una posibilidad razonable.
<b>Personas de edad avanzada</b>	Tercera edad: una silla de ruedas liviana, medianamente perfeccionada, suele resultar satisfactoria. Cuarta edad: silla sumamente cómoda empujada por otra persona.
<b>Esclerosis en placas y otras enfermedades neurológicas evolutivas</b>	Cuadro poco evolutivo: silla de ruedas liviana, muy perfeccionada, propulsada por el paciente.  Cuadro evolutivo: — silla de ruedas liviana medianamente perfeccionada (fácil de transportar y de empujar), eventualmente con respaldo reclinable (comodidad); — para obtener una real autonomía a menudo es necesario prescribir una silla de ruedas eléctrica.
<b>Pacientes amputados</b>	Silla de ruedas liviana medianamente perfeccionada con ruedas traseras desplazadas hacia atrás para evitar el riesgo de vuelco de espaldas; eventualmente, respaldo reclinable.
<b>Pacientes parapléjicos</b>	Necesidad de una silla de ruedas muy perfeccionada, a medida, con multipalier en las ruedas traseras, o aun de una silla de ruedas deportiva.
<b>Pacientes tetrapléjicos (según el nivel de la lesión y su carácter más o menos completo)</b>	El mismo tipo de silla de ruedas que para las personas parapléjicas, con algunos accesorios suplementarios (pasamanos antideslizantes, prolongación del mando de freno, dispositivo antibáscula); o bien una silla de ruedas eléctrica, preferentemente con asiento adaptado y reclinaciones eléctricas (asiento, respaldo, apoyapiernas)

de escoger la silla basándose únicamente en las dimensiones. Si la vivienda del paciente es demasiado estrecha conviene instarlo a que se mude a otra más amplia, donde pueda circular con el modelo de silla más adecuado.

— A la inversa, una silla auxiliar (sólo para salidas al exterior o trayectos largos) debe ser liviana y fácil de instalar en el automóvil.

### MODO DE PROPULSIÓN

Se debe evaluar si el paciente se desplaza solo o si por lo general necesita que lo empuje otra persona. En el primer caso conviene elegir una silla muy perfeccionada (a medida, con multipalier de ruedas traseras cuidadosamente regulado). En el segundo caso, una silla más simple puede resultar perfectamente satisfactoria, ya que su peso no es mayor que el de la primera.

- **Accesibilidad**

Aunque las sillas de ruedas tienen dimensiones exteriores muy variables, se puede considerar que miden entre 1,10 y 1,30 m de largo por 0,60 a 0,75 m de ancho <sup>[6]</sup>. En algunos casos dichas dimensiones son menores (por ejemplo, la silla de una persona parapléjica que sabe manejar en dos ruedas mide 0,90 m por 0,58 m). Para circular con facilidad debe contarse con un área libre de 1,70 m por 1,70 m (dimensiones toleradas: 1,50 m por 1,50 m).

- **Cojín**

En este artículo no pueden detallarse los numerosos modelos existentes. El cojín es un elemento muy importante para la comodidad del paciente e imprescindible en quienes padecen trastornos sensitivos. Se ha de tomar en cuenta su grosor para determinar la altura adecuada del respaldo, los apoyabrazos y los apoyapiernas. Existen cojines de espuma de poliuretano, de gel (con o sin espuma), de espuma viscoelástica, y unos cojines de aire llamados «de células telescópicas neumáticas» (los más eficaces para la prevención de las escaras, aunque crean cierta inestabilidad). En los cuadros evolutivos se utilizan cojines hechos a medida, moldeados según la anatomía del paciente.

- **Ruedas y pasamanos**

— Neumáticos inflables o gomas macizas.

— Los neumáticos aumentan indudablemente la comodidad de la silla, pero es preciso inflarlos periódicamente y además pueden pincharse. Se recomienda utilizarlos en las grandes ruedas traseras porque mejoran el rodar (a diferencia de las gomas macizas). En cambio, en las ruedas delanteras, los neumáticos dificultan el giro y frenan el avance de la silla. Por ello es preferible evitarlos, sobre todo si se busca una buena maniobrabilidad (a menos que por algún motivo se atribuya gran importancia a la comodidad).

Presión máxima aconsejada: 4,5 bar en las ruedas traseras comunes, hasta 10 en los neumáticos de alta presión (frecuentes en las sillas más perfeccionadas) y de 2,5 a 4,5 bar en las ruedas delanteras. Estos valores siempre están escritos en los neumáticos. Para inflar a más de 2 bar es imprescindible utilizar un inflador con manómetro.

— Las gomas macizas eliminan el riesgo de que la rueda se pinche, pero son menos cómodas:

— en las ruedas traseras reducen en el 20 al 100 % la distancia recorrida «con rueda libre»;

— en las ruedas delanteras, la dureza y la naturaleza del material influyen en la comodidad y el giro. Cuanto más dura es la goma maciza mejor gira la silla, pero menor es la comodidad. Las ruedas delanteras de goma maciza blanda (por oposición al poliuretano) ofrecen una buena opción entre comodidad, movilidad e imposibilidad de pincharse.

— Diámetro de las ruedas

— Grandes ruedas traseras estándar: 60 cm (24 pulgadas [in]). Con bastante frecuencia se utilizan ruedas de 55 cm (22 in), y aun de 50 cm (20 in), que facilitan las transferencias laterales (sobresalen menos hacia adelante y hacia los lados respecto del asiento) y hacen que la silla sea más corta. Sin embargo, brindan una propulsión menos eficaz porque abrevian el tramo de la mano en el pasamanos.

— Pequeñas ruedas delanteras: el diámetro habitual (20 cm u 8 in) tiende a disminuir a 15 cm para no lesionar los pies al maniobrar y reducir las dimensiones de la silla. Sin embargo, en terreno accidentado, cuanto menor es el diámetro de las ruedas, más tienden a bloquearse en los baches. Los pacientes parapléjicos que saben maniobrar en dos ruedas utilizan ruedas delanteras más pequeñas (12,5 cm, 10 cm y aun 7,5 cm, o blade roller de 3 in). Estas ruedas, que no resultan molestas cuando la silla es inestable (ruedas traseras avanzadas), aligeran la parte anterior de la silla y disminuyen el riesgo de bloqueo.

— Pasamanos

Existen diferentes tipos de pasamanos, de muy diversos materiales. Los más utilizados son los de aluminio anodizado (liviano) o de acero inoxidable (algo más pesado, pero que brinda mejor agarre). El titanio reúne ambas ventajas pero es más caro. Para las personas con poca fuerza (personas de edad avanzada, tetrapléjicas o con esclerosis en placas) se recomienda el caucho o el plástico antideslizante. Los pasamanos equipados con salientes pueden resultar útiles para los pacientes tetrapléjicos sin tríceps, esencialmente en terreno llano.

- **Algunos consejos útiles**

— Probar la silla antes de comprarla (alquiler o préstamo de larga duración).

— Solicitar la colaboración de un profesional: un ergoterapeuta, un kinesiterapeuta o un médico especializado en medicina física y readaptación.

— Pedir información acerca del servicio de mantenimiento y de regulación, que a veces es menos eficaz que el servicio comercial.

Cualquier referencia a este artículo debe incluir la mención del artículo original: Guillon B et Laffont I. Actualités sur les fauteuils roulants. Encycl Méd Chir (Editions Scientifiques et Médicales Elsevier SAS, Paris, tous droits réservés), Kinésithérapie-Médecine physique-Réadaptation, 26-170-B-10, 2002, 10 p.

## Bibliografía

- [1] Aissaoui R, Heydar S, Dansereau J, Lacoste M. Biomechanical analysis of legrest support of occupied wheelchairs: comparison between a conventional and a compensatory legrest. *IEEE Trans Rehabil Eng* 2000 ; 8 : 140-148
- [2] Bazzi-Grossin C, Bazzi H, Charpentier P. Coût énergétique et rendement mécanique du déplacement en fauteuil roulant en fonction du niveau neurologique et du terrain. In : Le fauteuil roulant. Problèmes en médecine de rééducation n° 32, sous la direction de Pellissier Jacquot Bernard, 2000
- [3] Bazzi-Grossin C, Fouillot JP, Charpentier P, Audic B. Coût énergétique du déplacement en fauteuil roulant : étude en situation réelle chez le paraplégique récent. *Ann Réadapt Méd Phys* 1995 ; 38 : 421-428
- [4] Bednarczyk JH, Sanderson DJ. Kinematics in wheelchair propulsion in adults and children with spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil* 1994 ; 75 : 1327-1334
- [5] Boninger ML, Baldwin M, Cooper RA, Koontz A, Chan L. Manual wheelchair pushrim biomechanics and axle position. *Arch Phys Med Rehabil* 2000 ; 81 : 608-613
- [6] Choix et utilisation d'un fauteuil roulant. CNFLRH APF Institut, Garches, 1992
- [7] Cooper RA. Engineering manual and electric powered wheelchairs. *Crit Rev Biomed Eng* 1999 ; 27 : 27-73
- [8] Cooper RA, Fitzgerald SG, Boninger ML, Prins K, Renschler AJ, Arva J et al. Evaluation of a pushrim-activated, power-assisted wheelchair. *Arch Phys Med Rehabil* 2001 ; 82 : 702-708
- [9] Cooper RA, Gonzalez J, Lawrence B, Renschler AJ, Boninger ML, Van Sickle DP. Performance of selected lightweight wheelchairs on ASNI/RESNA tests. *Arch Phys Med Rehabil* 1997 ; 78 : 1138-1144
- [10] Cooper RA, Jones DK, Fitzgerald SG, Boninger ML, Albright SJ. Analysis of position and isometric joysticks for powered wheelchair driving. *IEEE Trans Biomed Eng* 2000 ; 47 : 902-910
- [11] Digiovine MM, Cooper RA, Boninger ML, Lawrence B, Van-sickle DP, Renschler AJ. User assessment of manual wheelchair ride comfort and ergonomics. *Arch Phys Med Rehabil* 2000 ; 81 : 490-494
- [12] Feer L, Langbein ED, Skaar SB. Adequacy of power wheelchair control interfaces for persons with severe disabilities: a clinical survey. *J Rehabil Res Dev* 2000 ; 37 : 353-360
- [13] Glaser RM, Sawka MN, Brune MF, Wilde SW. Physiological responses of wheelchair and arm crank ergometry. *J Appl Physiol* 1980 ; 48 : 1060-1064
- [14] Hadj Yahmed M, Charpentier P. Incidence des réglages et du poids du fauteuil roulant manuel sur les réponses physiologiques de la personne handicapée physique lors d'un exercice à vitesse constante sur tapis roulant. *J Réadapt Méd* 1990 ; 10 : 218-222
- [15] Herman L, Kamenetz ND. The wheelchair book: mobility for disabled. Springfield : CC Thomas, 1969
- [16] Hughes CJ, Weimar WH, Sheth PN, Brubaker CE. Biomechanics of wheelchair propulsion as a function of seat position and user-to-chair interface. *Arch Phys Med Rehabil* 1992 ; 73 : 263-269
- [17] Janssen TW, Dallmeijer AJ, van der Woude LH. Physical capacity and race performance of handcyclers. *J Rehabil Res Dev* 2001 ; 38 : 33-40
- [18] Karp G. Choosing a wheelchair. A guide for optimal independence. New York : O'Reilly and associate (Patient Centered Guide), 1998
- [19] Kirby RL, Lugar JA, Breckenridge C. New Wheelie aid for wheelchair: controlled trial of safety and efficacy. *Arch Phys Med Rehabil* 2001 ; 82 : 380-390
- [20] Lemaire ED, Lamontagne M, Barclay HW, John T, Martel G. A technique for the determination of center of gravity and rolling resistance for tilt-seat wheelchair. *J Rehabil Res Dev* 1991 ; 28 : 51-58
- [21] Masse LC, Lamontagne M, O'Riain MD. Biomechanical analysis of wheelchair propulsion for various seating position. *J Rehabil Res Dev* 1992 ; 29 : 12-28
- [22] Mazo M, Garcia J, Rodriguez FJ, Urena J, Lazaro JL. Felipe Espinosa Integral system for assisted mobility. *Inf Sci Elsevier* 2001 ; 129 : 1-15
- [23] Mulroy SJ, Gronley JK, Newsam CJ, Perry J. Electromyographic activity of shoulder muscles during wheelchair propulsion by paraplegic persons. *Arch Phys Med Rehabil* 1996 ; 77 : 187-193
- [24] Rofer TH, Lankenau A. Architecture and applications of the Bremen autonomous wheelchair. *Inf Sci Elsevier* 2001 ; 126 : 1-20
- [25] Tomlinson JD. Managing maneuverability and rear stability of adjustable manual wheelchairs. *Phys Ther* 2000 ; 80 : 904-911
- [26] van der Woude LH, Veeger DJ, Rozendal RH, Sargeant TJ. Seat height in handrim wheelchair propulsion. *J Rehabil Res Dev* 1989 ; 26 : 31-50
- [27] Walter JS, Sola PG, Sacks J, Dunn RB, Lucero Y, Langbein E et al. Indications for a home standing program for individuals with spinal cord injury. Hines : Veterans Affairs Hospital Rehabilitation R and D Center, 1999