

Retos para el siglo XXI: biomecánica y terapia ocupacional

Adriana María Ríos Rincón*
Liliana Álvarez Jaramillo**
María Cristina Vargas Chaparro***

Resumen

En el presente artículo se exponen reflexiones acerca del compromiso de los terapeutas ocupacionales en el fortalecimiento de la profesión desde un área particular en la que confluyen conceptos de la biología y la mecánica. La apropiación de conceptos de la biomecánica constituye un reto en la actualidad para la terapia ocupacional, (T.O) dado que al estar soportada en ciencias exactas constituye una herramienta al servicio de la estandarización, validación y generación de evidencia que posibilite la consolidación de un cuerpo de conocimiento que visibilise a las T.O. en las comunidades académicas globales y en los equipos interdisciplinarios del campo de la disfunción física y la ingeniería en rehabilitación, constituidos por profesionales de diversas disciplinas que desde su apropiación conceptual aportan su saber a la comprensión biomecánica del ser humano. El aporte que las terapeutas ocupacionales hagan en torno a la comprensión del desempeño ocupacional de los individuos permitirá mantenerlos vigentes en una sociedad del conocimiento que demanda profesionales y disciplinas en capacidad de mostrar la efectividad de sus intervenciones.

Palabras clave: biomecánica, terapia ocupacional, marco de referencia, modelos.

Challenges for the XXI century: biomechanical and occupational therapy

Abstract

This paper intends to expose several reflexions related to the compromise of Occupational Therapists towards the consolidation of the profession based on a particular area in which specific biology and mechanic concepts merge. The appropriation of biomechanical concepts is a challenge for Occupational

* Terapeuta ocupacional, especialista en Bioingeniería. Aspirante a MsC Ciencias Biomédicas. Profesora asistente. Programa de Terapia Ocupacional. Grupo de investigación Rehabilitación e Integración social de la persona con discapacidad. Universidad del Rosario. arios@urosario.edu.co

** Terapeuta ocupacional. Aspirante a MsC Ciencias Biomédicas. Profesora. Programa de Terapia Ocupacional. Universidad del Rosario.

*** Terapeuta ocupacional. Aspirante a MsC Ciencias Biomédicas. Profesora. Programa de Terapia Ocupacional. Universidad del Rosario.

Therapy, since it is build on exact sciences and this implies that it can be used as a tool for the standardization, validation, and generation of evidence that allows us to build up our body of knowledge which can makes us visible in global academic communities and in interdisciplinary teams in the field of physical dysfunction and rehabilitation engineering, constituted by professionals that from their diverse knowledge and conceptual appropriations contribute to the biomechanical comprehension of human beings. The contributions that we can make as Occupational Therapists related to the comprehension of occupational performance from this theoretical perspective, will allow us to remain in force in the middle of a knowledge society that demands professionals and disciplines all along, that are able to demonstrate in a quantitative measure the effectiveness of its procedures and interventions.

Key word: *biomechanics, occupational therapy, frame of reference, models.*

La biomecánica es un campo del conocimiento que estudia las propiedades mecánicas de los tejidos y estructuras corporales con el fin de comprender su funcionamiento desde la física. Bronzino (1), la presenta como una de las áreas de la Ingeniería Biomédica y la relaciona particularmente con el estudio de los fluidos corporales. Este mismo autor (2) define la Ingeniería Biomédica como “la aplicación de los principios eléctricos, mecánicos, químicos, ópticos y otros, para entender, modificar, o controlar sistemas biológicos, así como el diseño y la manufactura de productos, que puedan monitorear funciones fisiológicas y asistir en el diagnóstico y tratamiento de los pacientes”.

Nordin (3) se inclina por una definición relacionada con el estudio estructural más que el tisular y expone que la biomecánica se basa en los conceptos de la física y la ingeniería para describir los movimientos experimentados por los diferentes segmentos corporales y las fuerzas que actúan sobre los mismos durante las actividades normales.

Una de las áreas del desempeño profesional del terapeuta ocupacional que se sustenta en gran medida en el estudio de la biomecánica es la denominada comúnmente como disfunción física (4) (5), y dentro de ésta, la implementación de las ayudas técnicas (6). No obstante, la aproximación de la terapia ocupacional a la biomecánica no ha sido exclusivamente desde la práctica clínica, se han

encontrado interesantes aproximaciones conceptuales desde las cuales la biomecánica se ha explicado ya como un marco de referencia (7), como un modelo (8) o como un enfoque (5).

Hagerdorn (7) plantea tres marcos de referencia aplicados en contextos de disfunción física, el biomecánico, el de neurodesarrollo y el cognitivo-perceptual. Estos tres marcos de referencia comparten la característica de que son aplicables a diferentes condiciones de salud, dado que se basan en principios que explican el funcionamiento del cuerpo humano ya sea a nivel de entrada sensorial, procesamiento perceptual y cognitivo o salida motora y/o comportamental.

Desde el punto de vista etimológico, la palabra biomecánica se compone de dos partes, la “Bio”, de la que derivan la kinesiología, fisiología neuromuscular, anatomía musculoesquelética y, “mecánica” (9), dado que sus explicaciones son fundamentadas en leyes y principios de la Mecánica, se puede ofrecer a manera de ejemplos, la ley de la gravedad, el principio de conservación de energía y conceptos como la fricción o la resistencia.

Hagerdorn (7) plantea que dentro del marco de referencia biomecánico, el terapeuta enfoca su intervención entendiendo “el cuerpo como una máquina”, el cual responde a leyes y principios de la física tales como las fuerzas que actúan sobre los

cuerpos directamente o a distancia. De esta forma, el terapeuta ocupacional, dentro de su intervención intenta mejorar habilidades de flexibilidad, fuerza, estabilidad y resistencia (7).

Asimismo, esta autora presenta tres enfoques desde los que se realiza la intervención amparada en el enfoque biomecánico: La graduación de actividades en variables biomecánicas, el entrenamiento repetitivo y adaptación en las actividades de la vida diaria, bajo el principio de que “la práctica hace la perfección”, y la aproximación compensatoria, dentro de la cual se enmarca la implementación de tecnología de asistencia. Además, desarrolla los postulados primarios del Marco de Referencia Biomecánico, los cuales intentan acercar el marco de referencia a la práctica. Éstos son:

- La aplicación de un programa graduado de ejercicio basado en principios kinesiológicos puede restaurar la función normal o lo más cercano a lo normal.
- Los principios biomecánicos pueden ser utilizados para diseñar ortesis, prótesis, dispositivos de asistencia, equipo de movilidad y adaptaciones al equipo y al entorno físico.
- “La práctica hace la perfección”; un entrenamiento repetido mejora el desempeño.

Los postulados primarios de este marco de referencia pueden dar pauta para el diseño de actividades con propósito en las que el terapeuta gradúe la exigencia a la persona que se encuentra en tratamiento de terapia ocupacional, buscando mayor eficiencia en variables biomecánicas como flexibilidad, rango de amplitud articular, fuerza, estabilidad y resistencia. En qué se basan para afirmar que éstas son “variables biomecánicas”. Si tienen la evidencia hay que colocarla

Kielhofner (8), propone que el Modelo Biomecánico cuenta con una base interdisciplinaria que se alimenta de 1) la Cinética y Cinemática, 2) la Anatomía, 3) la Fisiología y 4) la Cardiología. Obviamente que el estudio desde la Cinética y la

Cinemática se basa, a su vez, en principios de la Física, aplicados al movimiento corporal. Los argumentos que presenta el autor relacionan el desempeño ocupacional con un componente biomecánico desde el cual, la capacidad para el movimiento funcional tiene tres componentes, el rango de movimiento articular, la fuerza y la resistencia tanto muscular como cardiorrespiratoria; la calidad de funcionamiento en estos componentes determinan que el movimiento funcional se encuentre “ordenado” o “desordenado”, un movimiento ordenado contribuye a la ejecución del desempeño ocupacional funcional en tareas determinadas.

Se plantea la aplicabilidad del modelo biomecánico en las evaluaciones que pretenden determinar las alteraciones biomecánicas en personas que vivirán con una discapacidad ya sea temporal o permanente, que alteran la ejecución de las actividades de la vida diaria, esparcimiento y trabajo de la manera regular y donde un equipo adaptado puede llegar a compensar dicha alteración o limitación. La intervención terapéutica enmarcada en este modelo puede ser dividida en tres aproximaciones: mantenimiento y prevención, restauración y compensación.

A partir de los planteamientos de estos autores, el terapeuta ocupacional aborda las tres aproximaciones de la intervención haciendo uso de estos elementos. Así, el mantenimiento y prevención se relaciona con la prevención de deformidades y la conservación de la capacidad existente para el movimiento. Dentro de esta aproximación se usan estrategias encaminadas a la aplicación de fuerzas en sentido contrario a la tendencia de deformidad de modo que ésta sea controlada y prevenida, los elementos que comúnmente aplican dichas fuerzas son las férulas. También se incluye la adaptación de actividades cotidianas con el fin de disminuir las fuerzas que actúan sobre los tejidos, y de esta forma detener o lentificar lo máximo posible el daño tisular que pueda ser causado por la realización repetitiva de actividades de una manera incorrecta.

La restauración busca incrementar la capacidad para el movimiento que ha sido disminuida por una enfermedad. Desde este enfoque, el terapeuta ocupacional diseña actividades que son graduadas en su exigencia en variables biomecánicas con el fin de recuperar hasta su máximo nivel posible la fuerza, resistencia, elasticidad y rango de movimiento.

El enfoque de compensación se basa en la “adición” de elementos, al cuerpo de la persona, los cuales son usados como interfase entre su cuerpo y los objetos a ser manipulados dentro de las actividades cotidianas, incluye aplicación de elementos tecnológicos al cuerpo de la persona y modificaciones ambientales. De esta forma, el terapeuta determina las limitaciones biomecánicas de la persona, a partir de una evaluación de actividades de la vida diaria; Actividades instrumentales de la vida diaria, Educación, Trabajo, Juego, Ocio y Participación social (10) y, en colaboración con la persona con discapacidad (11), identifica y selecciona el dispositivo de tecnología de asistencia o la modificación más apropiada para ser usada en las tareas ocupacionales, es decir, aquel que le ofrezca mayores posibilidades de independencia, participación y seguridad (12). Posterior a lo cual, su intervención se extiende al entrenamiento de la persona en el uso adecuado del dispositivo de tecnología de asistencia (13).

Hagerdorn (7) así no se cita en un artículo propone como uno de los enfoques del Marco de Referencia Biomecánico el Compensatorio, a la luz del cual, se permite a la persona con limitación hacer uso de sus habilidades por medio del uso de ortesis, prótesis, ayudas para la vida diaria o adaptaciones al hogar, en este punto coincide significativamente con Kielhofner al ubicar la implementación de ayudas técnicas como una medida compensatoria enmarcada en la biomecánica, que propende por el incremento de la capacidad funcional de las personas con discapacidad, a partir de la compensación de las limitaciones biomecánicas identificadas en la evaluación.

El concepto del “cuerpo como máquina” ha sido criticado por estudiosos de las ciencias sociales y calificado como reduccionista (8) no obstante las analogías entre diferentes tejidos y estructuras corporales con máquinas simples o elementos mecánicos artificiales, ha permitido la comprensión de los fenómenos de la biomecánica, entendiéndolo por supuesto que en el cuerpo humano, la complejidad de dichas estructuras supera abismalmente a los elementos artificiales. La analogía como medio de explicación permite hacer la siguiente comparación:

TABLA 1.
ANALOGÍAS ENTRE SEGMENTOS CORPORALES Y ELEMENTOS ARTIFICIALES

Estructura corporal	Elemento artificial	Características que permiten la analogía
Músculos	Motores	Producen un trabajo.
Tendones	Cuerdas elásticas	Pueden hacer fuerza en sentido longitudinal y a la tracción. No en un sentido trasversal ni a la compresión.
Ligamentos	Poleas	Cambian la dirección de un vector.
Articulaciones	Bisagras	Permiten articular dos cuerpos sólidos.
Huesos largos	Palancas	Se comportan como barras sólidas, pueden incrementar la potencia al tener un buen punto de apoyo (fulcro).

Tras haberse realizado una aproximación a los principios conceptuales de la biomecánica, se abordarán algunas aplicaciones prácticas en terapia ocupacional. La aplicación de la biomecánica en las intervenciones en terapia ocupacional están dadas en la evaluación y el tratamiento.

La evaluación dentro de la biomecánica es fácilmente identificable y medible comparado con otras aproximaciones, particularmente para la medición directa de variables biomecánicas tales como fuerza muscular, dirección y amplitud del movimiento (14), torques, velocidad y aceleración de segmentos corporales (15), frecuencia cardiaca y respiratoria (16), reclutamiento de fibras musculares en una contracción durante determinada actividad (17-19), patrones de movimiento en diferentes actividades y condiciones, tal es el caso de investigaciones que desarrollan dispositivos de tecnología en rehabilitación para evaluar el movimiento tembloroso (21), la propulsión de silla de ruedas (22-29), los sistemas de posicionamiento (30) o las áreas de presión en posición sedente (31-33) entre otras. Actualmente se cuenta con toda suerte de instrumentos desarrollados desde la ingeniería biomédica, ejemplos de éstos son dinamómetros, electrogoniómetros, hardware y software para el análisis computarizado del movimiento, espirómetros, por mencionar algunos (20).

La segunda aplicación de la Biomecánica es a las intervenciones de terapia ocupacional; en esta se fundamenta muchas intervenciones en el área de la disfunción física. Una de las aplicaciones más claras es el diseño, elaboración y aplicación de férulas que está regido por principios biomecánicos (34, 35), así como ciertos componentes de la rehabilitación de función de la mano tales como técnicas terapéuticas encaminadas a restituir la funcionalidad de variables biomecánicas como fuerza, elasticidad y amplitud articular (36-40). Otra aplicación es la prescripción y entrenamiento en el uso de ayudas técnicas en personas con limitaciones en la movilidad (41) bajo consideracio-

nes biomecánicas, por ejemplo para silla de ruedas igual al comentario anterior (42-47); ayudas para la marcha (48) tales como bastones (49), muletas (50) y caminadores (51); ortesis y prótesis (52-54), enfermedades reumáticas (55), personas quemadas (56) y sistemas de posicionamiento en personas con problemas de control motor (57).

Como se ha mostrado hasta aquí, el Marco de los conocimientos de la Biomecánica fundamenta intervenciones de terapia ocupacional principalmente en el área de disfunción física. A pesar de estas herramientas, resulta un poco más complicado la medición del mejoramiento en el desempeño de las actividades de la vida diaria o de habilidad funcional de una persona con discapacidad, dado que son mucho más complejas que un movimiento; de esta manera, es el reto del terapeuta ocupacional participar en el desarrollo de procedimientos, escalas e instrumentos que permitan medir con validez y confiabilidad el impacto de las variables biomecánicas sobre el desempeño ocupacional de las personas. Así, el terapeuta ocupacional dará paso a su participación en equipos interdisciplinarios más allá de las profesiones comúnmente denominadas “profesiones de la salud” para conformar equipos que, a partir de los saberes específicos de cada profesión puedan contribuir a la comprensión del ser humano y su quehacer ocupacional desde diversas perspectivas conceptuales y aproximaciones teóricas y prácticas.

En la actualidad profesionales de diversas áreas se han dirigido a la comprensión del cuerpo humano desde sus apropiaciones conceptuales (20) (58), y han conformado equipos que trabajan por el desarrollo de metodologías y elementos que favorezcan la calidad de vida, tales como la ingeniería, el diseño industrial, la física, la matemática, entre otras. Esta interdisciplinariedad atiende además, a la concepción holística del ser humano, en la medida en que cada profesional desde su saber pueda aportar al abordaje del ser humano como sistema abierto.

En este orden de ideas, resulta de vital importancia la comprensión de la biomecánica desde la

perspectiva ocupacional en la medida en que ésta permite que los terapeutas ocupacionales comprendan el concepto físico, mecánico y matemático que subyace los fenómenos fisiológicos en nuestro abordaje tradicional. Esta comprensión, además de brindar herramientas para el entendimiento de la actividad como elemento dinamizador y potenciador de las habilidades de los individuos a partir de las propiedades biomecánicas intrínsecas a cada estructura y extrínsecas en la arquitectura y organización de los sistemas, permite a los terapeutas ocupacionales entrar en la dimensión interdisciplinaria en la que la biomecánica puede ser explicada a partir de modelos matemáticos, antes lejanos a nuestro saber, y en ese sentido aportar desde la comprensión de la ocupación como parte importante de esta interrelación.

Resulta entonces un reto para los terapeutas ocupacionales aproximarse a la biomecánica entendiendo que ésta permite comprender y explicar diferentes fenómenos; por ejemplo, la artrosis como un proceso biotribológico (1) (59, 60) conformado por fenómenos de fricción, lubricación y desgaste de superficie, lo que produce la delaminación de la capa superficial del cartílago articular generado por un proceso de desgaste de un material biológico (que tarda mucho en regenerarse), desencadenado por las fuerzas tangenciales que actúan sobre esta estructura, las cuales generan la disminución del espesor del cartílago, la producción desordenada de hueso subcondral y la acumulación de residuos de este material en el líquido sinovial, que en última instancia hace que la persona presente dolor, inflamación y restricción del movimiento, dado que las caras de la articulación se convierten en irregulares y sometidas a fuerzas exageradas. Esta comprensión da sentido a los programas de protección articular que lleva a la adaptación de las actividades cotidianas prescrita por el terapeuta ocupacional (55).

Otro ejemplo de la aproximación biomecánica a los fenómenos fisiológicos que enmarcan el quehacer ocupacional de los individuos es la comprensión del hueso desde la mecánica de materiales. El

hueso, constituye en ese sentido un material heterogéneo, entendido desde su característica bifásica dada por sus componentes constituyentes de minerales y colágeno (3). Asimismo, este “material” exhibe un comportamiento no lineal, anisotrópico, que nos permite entender las diferencias en el comportamiento del hueso según el eje sobre el cual se direcciona la carga, diferencias dadas principalmente por las características propias del material óseo. Esta mirada permite a los terapeutas ocupacionales entender la actividad como un proceso en el que pueden realizarse ajustes a la magnitud y dirección de las cargas a las que se ve sometido el sistema musculoesquelético en las diferentes actividades y desde su graduación y manipulación puede promoverse el desarrollo de ciertas habilidades.

La biomecánica como soporte para la intervención en Terapia Ocupacional ofrece elementos importantes para el ejercicio profesional principalmente en el área de la disfunción física. El profesional que opte por su hacer profesional en esta área adquiere un compromiso con el conocimiento en lo relacionado con una comprensión de fenómenos y conceptos de la física y la matemática que soportan las explicaciones del comportamiento biomecánico del cuerpo.

Algunos elementos que debe conocer el terapeuta ocupacional son conceptos de vectores, leyes de Newton, posición, velocidad, aceleración, palancas, entre otros. La apropiación de conceptos como éstos brinda elementos básicos para que el terapeuta ocupacional pueda participar en equipos de ingeniería de la rehabilitación con la capacidad de entablar un diálogo con los profesionales de la ingeniería de modo que pueda aportar al desarrollo de elementos, procedimientos e instrumentos de medición que permitan validar intervenciones profesionales que, necesariamente requieren de la matemática para su desarrollo.

Desde una perspectiva más cercana, el terapeuta ocupacional que se desarrolle profesionalmente en el área de la disfunción física, debe estar en la

capacidad de comprender las explicaciones biomecánicas de los procesos que afectan el movimiento corporal, como uno de los componentes del desempeño ocupacional humano. Este compromiso permitirá a la terapia ocupacional, mantenerse vigentes en una sociedad del conocimiento que cada vez demanda más de las profesiones una actualización permanente para ser competitivas, eficientes y necesarias, este es un punto de reflexión para los profesionales del área de la disfunción física y en general para nuestro gremio.

Recibido: agosto 2008

Aceptado: octubre 2008

Bibliografía

- Schneck D, Bronzino J. *Biomechanics, principles and practice*. CRS Press. Boca Ratón. 2002.
- Valentinuzzi ME. "Objetivos de la bioingeniería". En: Mompin PJ. *Introducción a la bioingeniería*. España: Boixareu Editores, 1998.
- Nordin M. *Biomecánica básica del sistema musculoesquelético*. 3ª edición. McGraw-Hill, Madrid, 2004, pp xiii.
- Trombly C. *Occupational therapy for physical dysfunction*. 4 ed. Baltimore / London: William & Wilkins, 1995.
- Pedretti LW, Wade I. Therapeutic modalities. En: Pedretti LW. *Occupational therapy practice skills for physical dysfunction*. Mosby: St Louis. 1996; 293-317.
- Angelo J. *Assistive technology for rehabilitation therapist*. Philadelphia: FA Davis. 1997.
- Hagerdorn RM. *Foundations for practice in occupational therapy*. Churchill Livingstones: London. 2001; 71-83.
- Kielhofner G. *Conceptual foundations of occupational therapy*. Second edition. FA Davis Company; Philadelphia, 1997.
- Martínez M, Ríos A. La tecnología en rehabilitación una aproximación conceptual. *Revista Ciencias de la Salud*. 2006; 4 (1): 98-108.
- Youngstrom M. *et al. Occupational therapy practice framework: domain and process*. AJOT. Nov-Dec. 2002; 56, 6.
- Law M *et al. Canadian Occupational Performance Measure*, 3a. ed., Toronto, 1998; CAOT/ACE Publications.
- Bain, B. Assistive technology. En: Willard and Spackman's. *Occupational Therapy*. Hopkins H.L. and Smith HD. 1993; 325-340.
- Ríos A. Tecnología, Tecnología de asistencia y terapia ocupacional. En: *Revista Ocupación Humana*. Asociación Colombiana de Terapia Ocupacional. 2004; 10, 3.
- Pedretti LW. *Occupational Therapy Practice skills for physical dysfunction*. Mosby: St Louis. 1996; 79-150
- Rodríguez *et al.* Movimiento del brazo humano: de los tres planos a las tres dimensiones. *Revista de Ingeniería*. Facultad de Ingeniería. Universidad de los Andes. 2005; 22.
- Mathews M, Foderaro D y O'Leary S. Cardiac dysfunction. En: Pedretti LW. *Occupational Therapy Practice skills for physical dysfunction*. Mosby: St Louis. 1996; 715-734.
- Muzzolon R. *et al.* Sistema de adquisicao de sinais biomecânicos e mioelétricos para biofeedback. En: *Memorias IV Congreso Iberoamericano sobre Tecnologías de Apoyo a la Discapacidad*. Iberdiscap. 2006. Vitória-ES, Brasil. Fevereiro 2006. ISBN: 84-96023-45-1. MO-163.
- Gutiérrez, D. *Reconocimiento de patrones en señal de electromiografía de enfermedades musculares*. Bogotá D.C.: Universidad de los Andes, tesis de grado, maestría en Ciencias Biomédicas, Facultad de Ingeniería Mecánica. 2004.
- Masse *et al.* *Biomechanical analysis of wheelchair propulsion for various seating positions*. J Rehab Res Dev. 1992; 29 (3): 12- 28.

20. Cook A, Miller J, Hussey S. *Cook & Hussey's Assistive Technologies principles and practice*. Third edition. Mosby Elsevier: Missouri. 2008.
21. Ruiz AF *et al.* Plataforma de gestión aplicada a la medición, análisis y control de movimiento tembloroso. En: Memorias IV Congreso Iberoamericano sobre tecnologías de apoyo a la discapacidad. Iberdiscap. 2006. Vitória-ES, Brasil. Fevereiro 2006. ISBN: 84-96023-45-1. MA-33.
22. Hughes *et al.* Biomechanics of wheelchair propulsion as a function of seat position and user- to- chair interface. *Arch Phys Med Rehabil.* 1992; 73.
23. Kotajarvi *et al.* *The effect of seat position on wheelchair propulsion biomechanics.* J Rehab Res Dev. 2004; 41 (38): 403- 414.
24. Davis JL *et al.* *Three dimensional kinematics of the shoulder complex during wheelchair propulsion: a technical report.* J Rehab Res Dev. 1998; 35 (1): 61-72.
25. Guo L, Fong S, Kainan A. *Effect of handrim diameter on manual wheelchair propulsion: mechanical energy and power flow analysis.* Clinical Biomechanics. 2006; 21, 107-115.
26. Mercer J, Boninger M, Koontz A, Ren D, Trevor D, Cooper R. *Shoulder joint kinetics and pathology in manual wheelchair users.* Clinical Biomechanics. 2006; 21, 781-789.
27. Mulroy SJ, Gronley J, Newsam C, Perry J. *Electromyographic activity of shoulder muscles during wheelchair propulsion by paraplegic persons.* Arch Phys Med Rehabil. Feb. 1996; 77, 187-193.
28. Price R, Ashwell Zr, Chang M, Boninger M, Koontz A, Sisto SA. Upper Limb Joint Power and its distribution in Spinal cord Injured wheelchair users: Steady State self selected speed versus maximal acceleration trials. *Arch Phys Med Rehabil.* April 2007, 88, 456-463.
29. Rau G, Disselhorst- Klug R. *Movement biomechanics goes upwards: from the leg to the arm.* J Biomechanics. 2000; 33, 1207-1216.
30. Wilson P, Michelle L (coautor), Benjamín R (coautor). Seating evaluation and wheelchair prescription. En: *Medicine Journal*, July 21, 2006, vol. 7, No. 7. Disponible en URL: http://author.emedicine.compmrtopic156.htm#section~assessment_and_team_members
31. Fefuson-Pell, Martín W. Seat cushion selection. En: *Journal of Rehabilitation Research and Development*, Clinical Supplement No. 2: Choosing a Wheelchair System. Oct. 1990; 25 (2): 49-73.
32. Garber S, Krouskop T. Technical advances in wheelchairs and seating systems. En: *Physical Medicine and Rehabilitation: State of the Art Reviews.* Feb. 1997; 11 (1): 93-103.
33. Garber S, Krouskop T. Technical advances in wheelchairs and seating systems. En: *Physical Medicine and Rehabilitation: State of the Art Reviews.* Feb. 1997; 11 (1): 93-103.
34. Belkin J *et al.* Orthotics. En: Pedretti LW. *Occupational Therapy Practice skills for physical dysfunction.* Mosby: St Louis, 1996; 318-350.
35. Coppard BM, Lohman H. *Introduction to splinting: a clinical-reasoning problem-solving approach.* Philadelphia: Mosby, 2001.
36. Gaylord C. *Hand rehabilitation: a practical guide.* New York: Churchill Livingstone, 1998.
37. Weiss S. *Hand rehabilitation: a quick referent guide and review.* St. Louis Mo. London: Mosby, 2004.
38. Edwards S. *Developmental and functional hand grasps.* Thorofare, NJ: Slack, 2002.
39. Trumble T. *Principles of hand surgery and therapy.* Philadelphia: W.B. Saunders Company, 2001.
40. Rene C. Mano. México: *Manual Moderno*, 4a. ed., 1996.
41. Organización Mundial de la Salud - OMS. Clasificación Internacional del Funcionamiento, de la Discapacidad y de la Salud: CIF. OMS, 2001.
42. Brubaker C. Ergonomic considerations. En: *Journal of Rehabilitation Research and Development*, Clinical Supplement, No. 2:

- Choosing a Wheelchair System. Oct. 1990; 25 (2): 37-48.
43. Deitz J, Deudgeon, B. Wheelchair selection process. En: Trombly AC. *Occupational therapy for physical dysfunction*. 4a. ed. Baltimore / London: William & Wilkins, 1995; 599-608.
 44. Poveda R, Lafuente R, Sánchez J, Pomañach J, Soler C, Belda J *et al*. *Guía de selección y uso de sillas de ruedas*. Madrid: Imsero; 1998.
 45. Ríos A, Laserna R. *Manual de procedimientos para prescripción del sistema de silla de ruedas MAPSI* (trabajo para optar al título de Terapeuta Ocupacional). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Medicina (Terapia Ocupacional); 1998.
 46. Ríos A, Laserna R. *Guía para el otorgamiento de silla de ruedas y coches para niños*. Secretaría Distrital de Salud de Bogotá y Universidad del Rosario. Bogotá D.C., 2007. Disponible en: <http://www.saludcapital.gov.co/>
 47. Adler C, Tipton-Burton M. Wheelchair assessment and transfers. En: Pedretti LW. *Occupational Therapy Practice skills for physical dysfunction*. Mosby: St Louis, 1996, 507-526.
 48. O'sullivan S, Schmitz T (editors). *Physical rehabilitation: assessment and treatment*. 5a. ed. Philadelphia: F.A. Davis; 2006.
 49. Melo R, Hernández I, Laserna R, Ríos A. Guía para el otorgamiento de bastón: prescripción, entrenamiento y cuidado. Secretaría Distrital de Salud de Bogotá y Universidad del Rosario. Bogotá D.C., 2007. Disponible en URL: <http://www.saludcapital.gov.co>
 50. Melo R, Hernández I, Laserna R, Ríos A. Guía para el otorgamiento de muletas: prescripción, entrenamiento y cuidado. Secretaría Distrital de Salud de Bogotá y Universidad del Rosario. Bogotá D.C., 2007. Disponible en URL: <http://www.saludcapital.gov.co>
 51. Melo R, Hernández I, Laserna R, Ríos A. Guía para el otorgamiento de caminador: prescripción, entrenamiento y cuidado. Secretaría Distrital de Salud de Bogotá y Universidad del Rosario. Bogotá D.C., 2007. Disponible en URL: <http://www.saludcapital.gov.co/>
 52. González *et al*. Proyecto de rodilla pediátrica CIREC. En: Memorias IV Congreso Iberoamericano sobre tecnologías de apoyo a la discapacidad. Iberdiscap. 2006. Vitória-ES, Brasil. Fevereiro 2006. ISBN: 84-96023-45-1. MO-157.
 53. Rock L, Atkins D. Upper extremity amputations and prosthetics. En: Pedretti LW. *Occupational Therapy Practice skills for physical dysfunction*. Mosby: St Louis, 1996; 567-598.
 54. Tohen Zamudio A. *Medicina física y rehabilitación*. 2a. ed. México: University Society Mexicana; 1970.
 55. Hittle J, Pedretti LW, Kasch M. Rheumatoid Arthritis. En: Pedretti LW. *Occupational therapy practice skills for physical dysfunction*. Mosby: St Louis, 1996; 639-660.
 56. Lemann Ch, Reishus R. Burns and burn rehabilitation. En: Pedretti LW. *Occupational therapy practice skills for physical dysfunction*. Mosby: St Louis, 1996; 613-638.
 57. Kramer P, Hinojosa J. *Frames of reference for paediatric occupational therapy*. 2a. ed. Lippincott Williams & Wilkins: Maryland, 1999.
 58. Ceres R *et al*. Nuevos interfaces de cooperación hombre-máquina en soluciones de apoyo a la discapacidad. En: Memorias IV Congreso Iberoamericano sobre tecnologías de apoyo a la discapacidad. Iberdiscap. Vitória-ES, Brasil. Fevereiro 2006. ISBN: 84-96023-45-1. MO-49.
 59. Jay H, Delange Sh. *An introduction to biomechanics solids and fluids*. Springer. NY: 2004.
 60. Fung YC. Biomechanics. *Mechanical properties of living tissues*. 2a. ed. Springer. NY: 2004.