

Simulación computacional de tejido óseo como apoyo al sistema de salud cubano

Computer simulation of bone tissue to support the Cuban health system

Yosbel Angel Cisneros Hidalgo,^I Raide Alfonso González Carbonell,^I Armando Ortiz Prado,^{II} Víctor Hugo Jacobo Almendariz,^{II} Miriam Venerada Hidalgo González^I

^I Universidad de Camagüey "Ignacio Agramonte Loynaz". Camagüey, Cuba.

^{II} Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México. Coyoacán, DF, México.

RESUMEN

Introducción: con el desarrollo de las nuevas tecnologías y la simulación computacional se abren las puertas a soluciones de problemas complejos en el campo de la medicina.

Objetivo: realizar una valoración sobre la importancia de la simulación computacional como apoyo al sistema de salud en Cuba.

Métodos: para el estudio fue necesario realizar una búsqueda de la situación actual que presenta Cuba en temas de bioingeniería, la investigación se centró en los centros hospitalarios de la provincia de Camagüey en los cuales se entrevistaron a doctores y personal técnico relacionados con la ortopedia.

Resultados: con las condiciones actuales y el equipamiento instalado en los centros hospitalarios cubanos es factible aplicar las técnicas de modelación computacional de tejidos y órganos para una medicina cada vez menos invasiva.

Conclusiones: es posible emplear la simulación computacional de tejidos y órganos como apoyo en el seguimiento, pronóstico y diagnóstico de enfermedades. Existen aislados intentos de vinculación entre instituciones hospitalarias y centros de investigación universitarios.

Palabras clave: simulación computacional; modelo; torsión tibial; salud.

ABSTRACT

Introduction: Development of new technologies and computer simulation have contributed to the solution of complex problems in the field of medicine.

Objective: Assess the importance of computer simulation to support the Cuban health system.

Methods: The study required a search about the current status of bioengineering in Cuba. The research was carried out in hospital institutions of the province of Camagüey, where interviews were conducted with physicians and technical personnel related to orthopedics.

Results: Under current conditions and with the equipment installed in Cuban hospital institutions, it is feasible to apply computer modeling techniques for tissues and organs to reduce the invasiveness of health care.

Conclusions: It is possible to use computer simulation of tissues and organs to support the follow-up, prognosis and diagnosis of diseases. Sporadic attempts have been made to establish links between hospital institutions and university research centers.

Key words: computer simulation; model; tibial torsion; health.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la tecnología se asocia a necesidades sociales, vinculado con demandas que requieren soluciones tecnológicas y en ese sentido se dirige el sector de investigación y desarrollo (I+D).

El incremento del promedio de vida en Cuba ha provocado la búsqueda de derivados médicos. El empleo de las tecnologías de última generación en hospitales, policlínicas y centros de rehabilitación permite que términos como resonancia magnética nuclear y tomografía axial computarizada sean habituales en el lenguaje cotidiano de médicos y técnicos de la salud.^{1,2}

En este contexto se relacionan grupos de varias especialidades, de gran complejidad organizativa y tecnológica, donde surgen los conocimientos que marcarán el futuro de la sociedad. Con la finalidad de estudiar los sistemas biológicos y las partes del cuerpo humano, concurren varias áreas del conocimiento como la bioingeniería,³ que constituye una herramienta de aplicación práctica en nuevos métodos de valoración y diagnóstico.

La simulación computacional se emplea en estudios biomecánicos mediante la combinación de la experimentación física y la investigación teórica. Se pudiera plantear que una nueva teoría sin validación experimental es una especulación. Sin embargo, la simulación plantea conjeturas que conducen a nuevos ensayos y con ello, en muchas ocasiones, a nuevas tecnologías y métodos experimentales.⁴ El presente trabajo tiene como objetivo realizar una valoración sobre la importancia de aplicación de la simulación computacional como apoyo al sistema de salud en Cuba enfocado en el tratamiento de la torsión tibial en niños de 0 a 9 años de edad.

MÉTODOS

Se realizó una búsqueda de indicios en la aplicación de técnicas de modelación computacional en Cuba, así como vinculaciones de centros hospitalarios con universidades para valorar el índice de penetración de esta moderna tecnología en el sistema de salud cubano. La investigación fue realizada en los hospitales de la provincia de Camagüey donde se atienden casos de niños con torsión tibial, fue formulada una encuesta para medir el nivel cognoscitivo por parte de doctores y técnicos, la encuesta fue de tipo no estructurada sin guion previo, el contenido de la misma se basó en la experiencia del encuestador en los temas de bioingeniería. Los resultados de la encuesta sumados a la observación de los investigadores propiciaron datos conclusivos para esta investigación.

RESULTADOS

OPORTUNIDADES DE LA SIMULACIÓN COMPUTACIONAL EN CUBA

Los temas relacionados con la salud constituyen uno de los ámbitos que más interés suscita entre los ciudadanos. Se espera que la investigación científica en el campo biomédico y el desarrollo de la simulación computacional permitan la prevención, diagnóstico y terapia de disímiles enfermedades.

El desarrollo alcanzado por Cuba en las esferas relacionadas con la salud es reconocido en el mundo. No obstante, la simulación computacional de tejidos biológicos como herramienta del diagnóstico de enfermedades, encuentra aplicaciones aisladas en el país. Se trata de un ámbito de trabajo naciente; sin embargo, está todavía poco diversificado.

El sistema de salud cubano favorece la superación constante de los doctores en medicina en diversas temáticas relacionadas con las Ciencias Médicas, que puede orientarse a las facilidades que aportan las técnicas informáticas. En las universidades cubanas se forman profesionales capacitados en el uso de software profesional para el análisis de tensiones y deformaciones, que utilizan los métodos numéricos como principal herramienta.⁵

El desarrollo de procesadores matemáticos capaces de simular diferentes fenómenos físicos presentes en los sistemas mecánicos, la experiencia de la medicina cubana y el trabajo en colaboración entre médicos, técnicos e ingenieros permiten dar una mejor solución a los problemas médicos que tiene la sociedad.

SIMULACIÓN COMPUTACIONAL EN EL DIAGNÓSTICO Y DURACIÓN DEL TRATAMIENTO DE LA TORSIÓN TIBIAL

Las deformaciones de la estructura ósea del organismo limita el correcto desempeño del individuo en su etapa adulta. Las deformaciones pueden ser de origen congénito, durante el desarrollo o postraumática.⁶ Las dos primeras pueden disminuir con el crecimiento, pero es un hecho que en adultos persisten las deformaciones y el tema de discusión se centra cuando indican un tratamiento ortopédico.⁷

Los médicos ortopedistas cuando indican el tratamiento ortopédico, ya sea a través de bandas elásticas, enyesado de la pierna, férula *Denis-Brown*, calzado ortopédico, etc., no diferencian el grado de deformación de la torsión tibial del paciente para indicar la

magnitud de la carga necesaria para la rotación de la tibia o la duración del tratamiento.⁸ Los métodos de diagnóstico de la deformidad lo realizan con métodos visuales y aplican valores de carga empíricos.⁸

La simulación computacional mediante el MEF, a pesar de que no se explota en toda su potencialidad, constituye una herramienta a favor de los especialistas, pues apoya la toma de decisiones, posibilita la efectividad de la predicción de la duración de un tratamiento.

La importancia de las enfermedades ortopédicas en niños como la torsión tibial y la aplicación de la simulación computacional del comportamiento mecánico del tejido biológico, justifican el interés en ofrecer asistencia por computadoras al tratamiento y determinación del tiempo de cura de dichos pacientes. *González Carbonell* y colaboradores,⁹ proponen un modelo para la introducción de la simulación computacional y determinan el comportamiento de la tibia de un paciente ante las cargas de torsión.

DISCUSIÓN

PRINCIPALES DESAFÍOS DEL USO SIMULACIÓN COMPUTACIONAL COMO APOYO A LA SALUD

La bioingeniería aplica los principios y métodos de la ingeniería a la comprensión, definición y solución de problemas en biología y medicina. Es tangible su marcado carácter interdisciplinar, incorporándose aspectos relacionados con la eléctrica, informática, automática, materiales, mecánica, comunicaciones, química, etc., además de las ciencias humanísticas.^{5,10} El avance que ha experimentado la medicina desde la segunda mitad del siglo XX no sería posible sin el aporte de tecnologías avanzadas que han permitido el desarrollo de nuevas soluciones a problemas médicos.

Los resultados derivados de la bioingeniería van desde dispositivos como: plataformas para calzado, implantes dentales, fijaciones para las fracturas, y una gran variedad de instrumental médico; hasta las modernas maravillas que incluyen los marcapasos, máquinas sustitutivas del corazón-pulmón y diálisis, tecnologías de imagen de múltiples tipos, nano sensores, órganos artificiales y prótesis avanzadas.

Todo ello ha conllevado a aumentar la demanda de profesionales relacionados con la concepción, diseño, fabricación, evaluación, certificación, comercialización, instalación, calibración, reparación, modificación y adiestramiento en el uso de equipos e instrumentos médicos, así como con otras tecnologías relacionadas con el tratamiento y diagnóstico por imágenes médicas, la sustitución, reparación y regeneración tisular, con las nuevas técnicas de diagnóstico y terapias basadas en nanotecnologías.^{11,12}

Dentro de las aplicaciones que componen la bioingeniería, se conoce como biomecánica a la disciplina que estudia los efectos que se producen en el cuerpo humano producto de las cargas mecánicas aplicadas.¹³ Mientras que la mecano-biología intenta predecir las reacciones biológicas de organismo bajo un determinado ambiente mecánico, a escala macro y micro para proponer métodos de intervención artificial para su recuperación.¹⁴

Los centros de investigación que se dedican al estudio del cuerpo humano, ya sea desde el enfoque biomecánico o mecano-biológicos abarcan temas como:

- Los problemas relacionados con la movilidad, análisis de fracturas y rehabilitación.
- En la ortopedia y traumatología se destacan los diseños de prótesis, órtesis y fijaciones, junto a evaluaciones de técnicas quirúrgicas.
- En la biomecánica deportiva para el mejorar los rendimientos deportivos, desarrollándose técnicas de entrenamiento individualizadas y diseño de equipamiento de altas prestaciones.

Su fundamentación descansa en la obtención de un modelo del fenómeno, objeto de estudio, que facilita la aplicación de programas informáticos. El desarrollo de la simulación computacional se debe al elevado costo de la experimentación y de la dificultad de experimentar en pacientes vivos. También, se puede mencionar la contribución del desarrollo acelerado de las computadoras y los métodos de cálculo asociados, que permiten la utilización de modelos computacionales.¹⁵ Varios estudios encuentran en la simulación computacional la manera de estudiar problemas específicos.^{16,17}

Los órganos y sistemas del cuerpo humano presentan geometrías complejas, con curvas y cambios continuos de bordes, que hace que sea difícil la obtención de los sólidos para la simulación computacional. Es dificultoso además, determinar el estado de referencia inicial, ya que la mayoría de los órganos se encuentran sometidos a tensiones previas para proporcionar estabilidad en ausencia de cargas externas.

Lo antes expuesto, se complementa con el hecho de que la información disponible suele ser distinta a la disponible en gabinetes ingenieriles, en lugar de encontrarse establecida mediante planos o prototipos, suele provenir de vistas o cortes del órgano, obtenidos mediante distintas técnicas de adquisición de imágenes médicas, como la Tomografía Axial Computarizada (TAC), la resonancia magnética (RM) y el ultrasonido (US),^{2,15} que implica la necesidad de adaptar las herramientas de representación geométrica a este tipo de situaciones.

CONSIDERACIONES FINALES

Se hace necesaria la implementación de las nuevas tecnologías en el tratamiento y diagnóstico de enfermedades ortopédicas debido a su posibilidad de empleo sin la invasión al paciente. En los hospitales cubanos se cuenta con la tecnología necesaria para la implementación de estas herramientas para servir de ayuda a los doctores. El uso de modelos para la simulación computacional de tejidos biológicos es un método numérico, no es exacto, pero posibilita a los especialistas conocer con bastante aproximación el comportamiento de tejidos y órganos ante la acción de cargas mecánicas.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses reales, potenciales o evidentes, incluyéndose ningún interés financiero o de otro tipo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Pineda Folgoso L, de la Nuez Ramos E, Sevilla Pérez B. Impacto social de la clasificación y conducta a seguir ante las afecciones osteomioarticulares en la comunidad. MEDICIEGO [Internet]. 2013 [citado 10 May 2014];19(1):[aprox 6 p.]. Disponible en: http://www.bvs.sld.cu/revistas/mciego/vol19_01_13/pdf/T14.pdf
2. Edwards WB, Schnitzer TJ, Troy KL. Torsional stiffness and strength of the proximal tibia are better predicted by finite element models than DXA or QCT. J Biomech. 2013;46(10):1655-62.
3. Figueredo-Losada H, González-Fernández V, Batista-Aguiar J, Muramatsu M, Felipe-Garmendia A. Remodelación ósea a través del Modelo de Stanford. Ingeniería Mecánica [Internet]. 2009 [citado 20 May 2014];12(3):31-8. Disponible en: <http://www.ingenieriamecanica.cujae.edu.cu/index.php/revistaim/article/download/75/398>.
4. Isaksson H. Recent advances in mechanobiological modeling of bone regeneration. Mech Res Commun. 2012 [citado 10 Ene 2014];42(0):22-31. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0093641311002187>
5. González Carbonell RA, Nápoles Padrón E, Calderín Pérez B, Cisneros Hidalgo Y, Landín Sorí M. Carácter interdisciplinario de la modelación computacional en la solución de problemas de salud. Humanidades Médicas [Internet]. 2014 [citado 24 Jun 2015];14(3):646-58. Disponible en: <http://humanidadesmedicas.sld.cu/index.php/hm/article/view/621>
6. Agnihotri G, Rath G, Kullar J, Singla R, Suri R, Gandhi S, et al. Human tibial torsion -Morphometric assessment and clinical relevance. Biomed J. 2014;37(1):10-3.
7. Harris E. The Intoeing Child: Etiology, Prognosis, and Current Treatment Options. Clin Podiatr Med Surg. 2013;30(4):531-65.
8. Davids JR, Davis RB, Jameson LC, Westberry DE, Hardin JW. Surgical Management of Persistent Intoeing Gait Due to Increased Internal Tibial Torsion in Children. J Pediatr Orthoped. 2014 [citado 20 May 2015];34(4):467-73. Disponible en: http://journals.lww.com/pedorthopaedics/Fulltext/publishahead/Surgical_Management_of_Persistent_Intoeing_Gait.99854.aspx
9. González Carbonell RA, Ortiz Prado A, Jacobo Armendáriz VH, Cisneros Hidalgo YA, Alpízar Aguirre A. 3D patient-specific model of the tibia from CT for orthopedic use. J Orthop [Internet]. 2015 [citado 20 Feb 2015];12(1):11-6. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0972978X15000100.10>.
10. Arpajón Peña Y, Doval García R, Sosa Pérez AL, Llano González Y. Necesidad de una formación investigativa transdisciplinaria a partir del pregrado en las ciencias de la Salud. Rev Cubana Tecn Salud [Internet]. 2013 [citado 4 May 2014];4(1):[aprox. 8 p.]. Disponible en: <http://revtecnologia.sld.cu/index.php/tec/article/viewArticle/102>.
11. González Carbonell R, Ortiz Prado A, Jacobo Armendáriz V, Cisneros Hidalgo Y, Morales Acosta L. Consideraciones en la definición del modelo específico al paciente de la tibia. Rev Cubana Inv Bioméd. 2015;34(2):10.

12. Calderín Pérez B, González Carbonell RA, Landín Sorí M, Nápoles Padrón E. Aplicabilidad de la simulación computacional en la biomecánica del disco Óptico. AMC [Internet]. 2015 [citado 24 Feb 2015];19(1):73-82. Disponible en: <http://www.revistaamc.sld.cu/index.php/amc/article/view/2715/1357>
13. Cisneros Hidalgo YÁ, González Carbonell RA, Camue Corona E, Oropesa Rodríguez Y, Puentes Álvarez A. Aplicación de los modelos mecanobiológicos en los procesos de regeneración ósea. Rev Cubana Ortop Traumatol [Internet]. 2014 [citado 24 Feb 2015];28(2):214-22. Disponible en: <http://www.revortopedia.sld.cu/index.php/revortopedia/article/view/47/29>
14. González Carbonell RA, Ortiz Prado A, Cisneros Hidalgo YA, Alpizar Aguirre A. Bone Remodeling Simulation of Subject-Specific Model of Tibia under Torque. In: Braidot A, Hadad A, editors. VI Latin American Congress on Biomedical Engineering CLAIB 2014. Paraná, Argentina: Springer International Publishing; 2015. p. 305-8.
15. Roskopf AB, Ramseier LE, Sutter R, Pfirrmann CW, Buck FM. Femoral and Tibial Torsion Measurement in Children and Adolescents: Comparison of 3D Models Based on Low-Dose Biplanar Radiography and Low-Dose CT. Am J Roentgenol [Internet]. 2014 [citado 22 junio 2014];202(3):285-91. Disponible en: <http://www.ajronline.org/doi/abs/10.2214/AJR.13.11103>
16. Cisneros Hidalgo YA, González Carbonell RA, Puente Alvarez A, Camue Corona E, Oropesa Rodríguez Y. Generación de imágenes tridimensionales: integración de tomografía computarizada y método de los elementos finitos. Rev Cubana Inv Bioméd [Internet]. 2014 [citado 20 May 2015];33(3):313-21. Disponible en: http://bvs.sld.cu/revistas/ibi/vol33_3_14/ibi07314.htm
17. Fang J, Gong H, Kong L, Zhu D. Simulation on the internal structure of three-dimensional proximal tibia under different mechanical environments. Biomed Eng Online. 2013;12(130):1-17. Disponible en: <http://www.biomedical-engineering-online.com/content/pdf/1475-925X-12-130.pdf>

Recibido: 5 de marzo de 2016.

Aprobado: 4 de abril de 2016.

Yosbel Angel Cisneros Hidalgo. Departamento de Ingeniería Mecánica. Universidad de Camagüey "Ignacio Agramonte Loynaz". Camagüey, Cuba.
Correo electrónico: yosbel.cisnero@reduc.edu.cu; yosbel.cisneros2013@gmail.com