

Posibilidad de aplicación de la simulación computacional de tejido óseo en niños con torsión tibial

Possibility of application of computational simulation of bone tissue in children with tibial torsion

Possible application de la modélisation assistée par ordinateur des tissus osseux chez des enfants atteints de torsion tibiale

Yosbel Angel Cisneros Hidalgo,^I Raide Alfonso González Carbonell,^I Armando Ortiz Prado,^{II} Elsa Nápoles Padrón,^I Miriam Venerada Hidalgo González^I

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

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

RESUMEN

Introducción: con el desarrollo de la informática surgen nuevos caminos a soluciones de problemas en la práctica clínica. La modelación de tejidos desempeña un papel importante en el desarrollo de la medicina; la experimentación en pacientes vivos dificulta la obtención de resultados, de ahí la necesidad de buscar alternativas para mejorar la calidad del servicio de salud.

Objetivo: valorar la importancia de la modelación computacional de tejidos biológicos en niños con torsión tibial.

Métodos: se entrevistaron 44 especialistas entre doctores, técnicos en imágenes médicas, ingenieros mecánicos e ingenieros cibernéticos. Fue empleada una encuesta no estructurada sin guion previo.

Resultados: se aplicaron valores empíricos de cargas para corregir deformidades como la torsión tibial, el 81 % de los encuestados conocen acerca las ventajas de las simulaciones computacionales aplicadas a la salud, el 17 % opina que faltan recursos informáticos en los hospitales para emplear estas técnicas, el 2 % cree que se debe capacitar a los doctores en el empleo de estas herramientas para apoyar la toma de decisiones y el diagnóstico clínico.

Conclusiones: la encuesta proporcionó datos conclusivos sobre la posibilidad e

interés de la aplicación de los modelos computacionales en el diagnóstico, pronóstico y seguimiento de enfermedades ortopédicas.

Palabras clave: modelación específica para el paciente, tibia, metodologías computacionales.

ABSTRACT

Introduction: the development of information brings new paths to solve problems in the clinical practice. Tissue modeling plays an important role in the development of medicine, experimentation on living patients makes it difficult to some extent the results, hence the need to seek alternatives to improve the quality of health service.

Objective: assess the importance of computational modeling of biological tissues in pediatric orthopedics, specifically in children with tibial torsion.

Methods: forty-four specialists were interviewed including physicians, technicians in medical imaging, mechanical engineers, and cyber engineers. It an unscripted survey unstructured was used.

Results: empirical values of loads are applied to correct deformities such as tibial torsion; 81% of respondents know about the advantages of computer simulations for health, 17% think that missing computer resources in hospitals to employ these techniques, 2% believes that doctors should be trained in the use of these tools to support decision-making and clinical diagnosis.

Conclusions: the survey provided conclusive data on the ability and interest of the application of computational models in the diagnosis, prognosis, and monitoring of orthopedic diseases.

Keywords: patient specific modeling; tibia, computational methodologies.

RÉSUMÉ

Introduction: à fur et à mesure que l'informatique se développe, de nouvelles solutions aux problèmes de la pratique clinique apparaissent. La modélisation de tissus joue un rôle essentiel dans le développement de la médecine; l'expérimentation sur des patients vivants empêche l'obtention de résultats, il est pourtant nécessaire de chercher d'autres alternatives afin d'améliorer la qualité du service sanitaire.

Objectif: le but de cette étude est d'évaluer l'importance de la modélisation assistée par ordinateur des tissus biologiques chez des enfants atteints de torsion tibiale.

Méthodes: Quarante et quatre spécialistes, tels que médecins, techniciens en imagerie médicale, ingénieurs mécaniques et ingénieurs cybernétiques, ont été enquêtés. L'enquête utilisée n'avait aucune structure, aucun plan à suivre.

Résultats: Des valeurs empiriques de charge ont été utilisées pour corriger des déformations, telles que la torsion tibiale; la majorité des enquêtés (81 %) connaissent bien les bénéfices de la modélisation assistée par ordinateur appliqués à la santé ; la moitié (17 %) considère qu'il y a un déficit de ressources informatiques dans les hôpitaux pour employer cette technique, tandis que la minorité (2 %) croit qu'il faut que les médecins acquissent les habiletés nécessaires pour utiliser cet outil dans la prise de décisions et le diagnostic clinique.

Conclusions: L'enquête a fourni des données incontestables sur la possibilité et

l'intérêt à mettre en application la modélisation assistée par ordinateur dans le diagnostic, le pronostic et le suivi d'affections orthopédiques.

Mots-clés: modélisation spécifique à chaque patient; tibia; méthodologies assistées par ordinateur.

INTRODUCCIÓN

Las necesidades de la sociedad influyen en la búsqueda constante de nuevas tecnologías que requieren soluciones tecnológicas. El empleo de las tecnologías de avanzada en hospitales cubanos, policlínicas y centros de rehabilitación permite que términos como modelación y tomografía axial computarizada (TAC) sean recientes entre médicos y técnicos de la salud.^{1,2}

Con el objetivo fundamental de estudiar los sistemas biológicos y las partes del cuerpo humano, concurren varias áreas del conocimiento como la bioingeniería,^{3,4} la cual constituye una herramienta de aplicación práctica en nuevos métodos de valoración y diagnóstico de enfermedades. Una inadecuada técnica de tratamiento a una afección provoca alteraciones funcionales⁵ y en ocasiones irreversibles para el ser humano, las nuevas tecnologías surgen con el propósito de facilitar la toma de decisiones, nunca podrían sustituir al doctor pero sí ser sus aliadas.

Las nuevas tecnologías aplicadas a la salud tienen un carácter interdisciplinar pues aglutinan varias especialidades en un lenguaje común con un solo propósito que es el bienestar de la población.⁶

La simulación computacional se utiliza en estudios biomecánicos mediante el empleo de modelos simplificados que permiten reproducir una situación real con un nivel de exactitud aceptable. Sin embargo, la simulación plantea conjeturas que conducen a nuevos ensayos y con ello a nuevas tecnologías y métodos experimentales.⁷

El método de elementos finitos (MEF), es un método numérico basado en ecuaciones diferenciales parciales, que se emplea por diversos *software* ingenieriles para la solución de problemas complejos, es la herramienta más difundida en estudios biomecánicos debido a su rápida convergencia en el resultado.⁸

El presente trabajo tiene como objetivo valorar la importancia de la modelación computacional de tejidos biológicos en niños con torsión tibial.

MÉTODO

Fueron entrevistados 12 doctores ortopédicos del hospital pediátrico "Dr. Eduardo Agramonte Piña" de la provincia de Camagüey y 9 doctores ortopédicos del hospital provincial "Manuel Ascunce Domenech" de la referida provincia. La muestra se conformó con: 8 especialistas de I Grado en ortopedia, 7 especialistas de II Grado,

2 jefes de servicios ortopédicos, 15 técnicos B de la salud, 3 técnicos en imágenes médicas, 8 ingenieros mecánicos de la Universidad de Camagüey y un especialista en cibernética del centro de estudios CAD/CAM de la Universidad de Holguín, para un total de 44 entrevistados. Fue empleada una encuesta no estructurada sin guion previo. Fue utilizada esta técnica del diseño estadístico de experimentos cuya característica fundamental es la necesidad de que el encuestador tenga dominio del tema a tratar en la encuesta, fue utilizada esta variante para lograr un diálogo entendible entre doctores, técnicos e ingenieros participantes. Las respuestas a la encuesta fueron codificadas con valores numéricos comprendidos entre 1 y 10, significando el 1 menor valor en el significado de la pregunta y el valor 10 su máxima expresión. El procesamiento de los datos fue realizado con el software estadístico de código abierto R versión 3.23.⁹

RESULTADOS

Los ortopédicos aplican valores empíricos de cargas para corregir deformidades torsionales en miembros inferiores como la torsión tibial, se basan fundamentalmente en la experiencia del doctor y las condiciones específicas en el momento del tratamiento, el 81 % de los encuestados conocen sobre las ventajas de las simulaciones computacionales aplicadas a la salud, el 17 % opina que faltan recursos informáticos en los hospitales para emplear estas técnicas, el 2 % opina que deben capacitarse a los doctores en el empleo de estas herramientas para apoyar la toma de decisiones y el diagnóstico clínico. Los estadígrafos calculados del procesamiento de la encuesta fueron: valor mínimo 2; valor máximo 10; media 7,656667; varianza 7,832885; y desviación estándar 2,798729. En la [figura 1](#) se observa una gráfica de caja cuya finalidad es propiciar el lector los valores notables de la investigación.

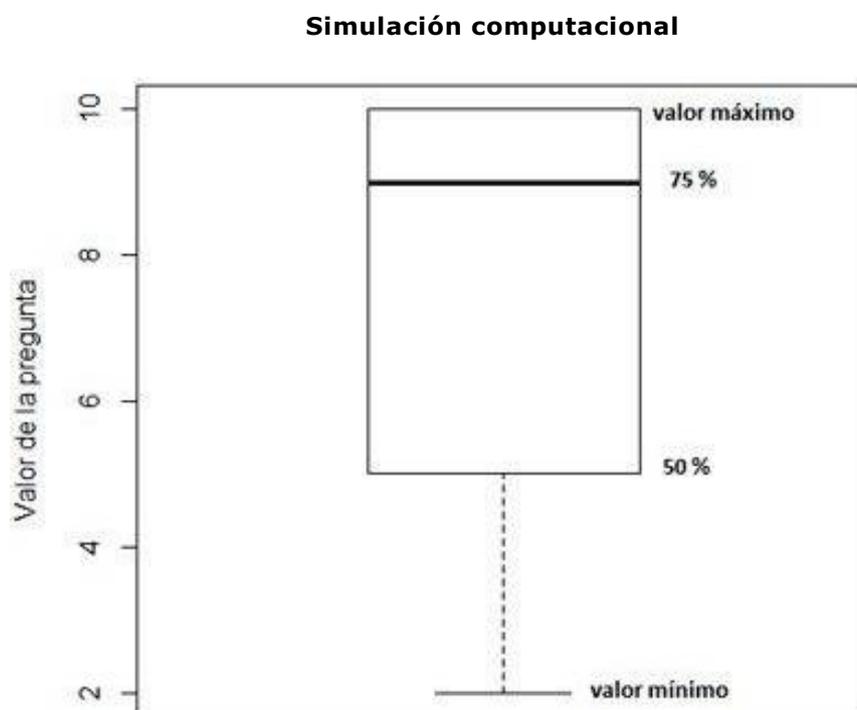


Fig. 1. Gráfico de caja que relaciona el valor mínimo, el 25 %, 50 %, 75 % y valor máximo de los datos de la encuesta.

Con el propósito de mostrar la frecuencia de aparición de los datos en la encuesta se confeccionó el histograma que se observa en la [figura 2](#). Este tipo de gráfico es uno de los más empleados en el análisis estadístico.

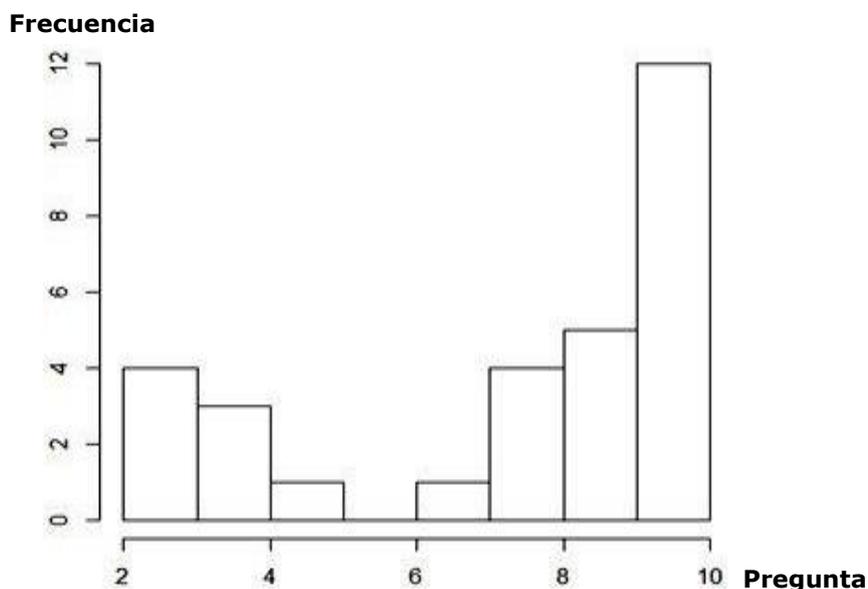


Fig. 2 Histograma de frecuencia de aparición de datos.

DISCUSIÓN

Si bien las condiciones actuales de Cuba en cuanto a la disponibilidad de equipamiento y adquisición de materiales para tratamientos son limitadas, se pueden tomar acciones para mejorar la calidad del servicio ortopédico utilizando herramientas disponibles y de fácil manejo como las técnicas informáticas a un costo relativamente bajo. El hecho de que se apliquen cargas arbitrarias basadas en experiencia del ortopédico en el tratamiento de la torsión tibial como ejemplo, no es la técnica más adecuada para una correcta mejoría de la afección. El hueso bajo la acción de cargas mecánicas puede remodelarse de forma correcta pero también si es aplicada una fuerza excesiva este puede atrofiarse y se pierde el tiempo de tratamiento al paciente. Estudio realizado por *Cisneros*¹⁰ muestra el valor correcto de cargas para un modelo específico de tibia humana a un paciente simulando un tratamiento de torsión tibial, en este estudio se puede observar como existe una ley de remodelación ósea que se comporta ascendente o descendente en dependencia de la acción de cargas mecánicas. Para la implementación de estas nuevas tecnologías en centros hospitalarios es preciso contar con ordenadores, un dispositivo para la adquisición de imágenes médicas como puede ser un tomógrafo multicorte y un personal adiestrado en la técnica. Si bien los doctores por sus funciones no tienen que dominar estas herramientas, si se cuenta con personal capacitado para la tarea como los ingenieros biomédicos y tecnólogos de la salud que pueden ser capacitados por centros universitarios cubanos que durante algunos años han trabajado en la modelación de tejidos y órganos como es el caso de grupo de Bioingeniería y Biomecánica de la Universidad de Camagüey. En la actualidad el *software* especializado para el análisis y procesamiento de imágenes médicas, así como para el cálculo por elementos finitos son monopolizados por compañías que requieren pagar altas sumas por su licencia de uso lo cual limitaría su aplicación, el *software* libre es una alternativa viable para esta limitación, cada día se desarrollan bajo licencia de código abierto nuevas herramientas con las mismas funcionalidades

e incluso superiores a las de pago, por tal motivo una buena práctica siempre sería emplear *software* libre.

El país cada vez incrementa más los recursos dirigidos a la salud y reconoce la importancia de una medicina más preventiva y menos invasiva, de ahí la necesidad de nuevas técnicas, una medicina del siglo XXI requiere de tecnologías del siglo XXI para lograr resultados notables en las investigaciones. Los tiempos han cambiado y el hombre como ser social debe adaptarse a estos cambios por ende deben sustituirse procedimientos antiguos por modernos siempre y cuando sus resultados demuestren superioridad, calidad y rapidez en el diagnóstico y tratamiento de enfermedades.

CONCLUSIONES

- La información referente a temas de modelación de tejidos biológicos entre doctores, técnicos, especialistas en imágenes médicas y personal de la salud en general es escasa y su posibilidad de aplicación como apoyo al sistema de salud aún poco conocida.
- Existe un marcado interés por parte de los ortopédicos del hospital infantil "Dr. Eduardo Agramonte Piña" y del hospital provincial "Manuel Ascunce Domenech" de la provincia de Camagüey de realizar una labor en conjunto con especialistas en la temática del grupo de investigaciones de biomecánica y bioingeniería de la Universidad de Camagüey "Ignacio Agramonte Loynaz".
- Nuevas líneas de trabajo pueden surgir del trabajo interdisciplinario de doctores, investigadores, ingenieros, tecnólogos y cualquier especialista que aporte al desarrollo de la ciencia en las investigaciones biomédicas en hospitales cubanos.
- En los hospitales cubanos se cuenta con la tecnología necesaria para la implementación de estas herramientas para servir de ayuda a los ortopédicos en tareas de diagnóstico y efectividad en la aplicación de fuerzas correctoras.
- La utilización de ésta nueva tecnología de evaluación de la mecánica del tejido duro, en especial la tibia, provee al ortopédico datos que no son posibles de obtener mediante simples radiografías o tomografías, y la instauración de una terapéutica más acertada para el tratamiento del paciente.

AGRADECIMIENTOS

Al doctor *Ariel Martínez Morell*, jefe de servicios ortopédicos del Hospital "Dr. Eduardo Agramonte Piña" por su asesoramiento y apoyo en esta investigación.

Al doctor *Reydi O. Arredondo Reyes* por su valiosa gestión para el desarrollo de esta investigación.

Al doctor *Erick Hernández González* y a la doctora *Gretel Mosquera Betancourt* por su tiempo y apoyo en el desarrollo de nuevas investigaciones en el campo de la biomecánica.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener conflictos de intereses en la realización de este trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Folgoso LP, de la Nuez Ramos E, Pérez BS. Impacto social de la clasificación y conducta a seguir ante las afecciones osteomioarticulares en la comunidad. Social impact of the classification and conduct to follow in osteomyoarticular affections in the community. MEDICIEGO [Internet]. 2013 [citado 25 abr 2016];19(1):1. Disponible en: http://www.bvs.sld.cu/revistas/mciego/vol19_01_13/pdf/T14.pdf
2. Mendoza ÓJE, Melgarejo YHM, Fuentes HA. Tomografía computarizada: proceso de adquisición, tecnología y estado actual. Revista Tecnura [Internet]. 2016 [citado 28 abr 2016];20(47):119-35. Disponible en: <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/Tecnura/article/view/10088>
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 pp.]. Disponible en: <http://www.ingenieriamecanica.cujae.edu.cu/index.php/revistaim/article/download/75/398>
4. Silva FAB, Martín LEM, Kim HSL, Weber JB, Martínez RR. Las competencias del ingeniero biomédico para el desarrollo de instrumental médico. CULCYT. 2016 [citado 27 abr 2016];52:11. Disponible en: <http://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/article/view/873>
5. San Agustin FP, Mora JE, Castells AC, Armengol TP, Gomà SC, Benasuly AEL. Las lesiones por sobrecarga en las extremidades inferiores desde el punto de vista biomecánico. Revista Internacional de Ciencias Podológicas. 2016 [citado 20 abr 2016];10(2):106-21. Disponible en: <http://revistas.ucm.es/index.php/RICP/article/view/52309>
6. 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 27 mar 2016];14(3):646-58. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-81202014000300006&nrm=iso
7. 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>
8. Erdemir A, Guess TM, Halloran J, Tadepalli SC, Morrison TM. Considerations for reporting finite element analysis studies in biomechanics. J Biomech. 2012 [citado 25 feb 2016];45(4):625-33. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22236526>

9. Core Team R. A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2016 [citado 17 feb 2016]. Disponible en: <https://www.R-project.org/>.

10. Cisneros Hidalgo YA, González Carbonell RA, Ortiz Prado A, Jacobo Almendáriz VH, Puente Álvarez A. Modelo mecanobiológico de una tibia humana para determinar su respuesta ante estímulos mecánicos externos. Rev Cubana Invest Bioméd. 2015 [citado 18 feb 2016];34(1):54-63. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-03002015000100006&script=sci_arttext&tlng=pt

Recibido: 16 de mayo de 2016.
Aprobado; 18 de octubre de 2016.

Yosbel Ángel Cisneros Hidalgo. Universidad de Camagüey "Ignacio Agramonte Loynaz".
Correo electrónico: yosbel.cisnero@reduc.edu.cu; yosbel.cisneros2013@gmail.com