

Los Métodos Numéricos y la Biotecnología se dan cita en La Coruña



El pasado 24 de Marzo tuvo lugar en el Salón de Actos de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad de La Coruña la jornada "Matemática Aplicada y Biotecnología" en el marco del programa de actos que tienen lugar en esta universidad para conmemorar el Año Mundial de las Matemáticas. El objetivo principal de esta jornada organizada por los profesores Manuel Casteleiro, Fermín Navarrina e Ignasi Colominas del área de Matemática Aplicada de la Universidad de La Coruña, fue el de analizar la incidencia cada vez más notable de los métodos numéricos en el ámbito de la biotecnología, y presentar algunos de los trabajos y líneas de investigación que se están llevando a cabo en un campo de actuación tan multidisciplinar.



Esta jornada, que coincidió con la reunión de las comisiones ejecutivas de las sociedades de métodos numéricos de España y Portugal, se inició con las palabras de bienvenida a todos los asistentes de los presidentes de ambas sociedades, los profesores Eugenio Oñate y Carlos Mota Soares, y del director de la Escuela de Ingenieros de Caminos de La Coruña, el profesor Miguel Rodríguez Bugarín. La primera conferencia titulada "Modelos computacionales aplicados al estudio biomecánico de los tejidos y del movimiento" fue impartida por los profesores Helder Rodrigues, J. Martins y J. Ambrósio del Instituto Superior Técnico de la Universidad Técnica de Lisboa. La conferencia se estructuró en tres partes en las que se presentaron diversas aplicaciones de los métodos numéricos a la biotecnología. La primera se centró en los estudios realizados por este grupo en técnicas de remodelización del hueso trabecular y en proyectos de implantes mostrándose la influencia de los parámetros materiales y geométricos de los implantes en el proceso de adaptación del hueso. La segunda parte se dedicó a las técnicas de optimización en sistemas músculo-esqueleto redundantes y la modelización por elementos finitos de tejidos del cuerpo humano aplicada, por ejemplo, a la flexión del antebrazo o al comportamiento de la columna vertebral. La tercera exposición se centró en el desarrollo de modelos biomecánicos y de reconstrucción y control del movimiento humano tridimensional, y en la biomecánica de ocupantes de vehículos y peatones, que permite el estudio de impactos y alcances y el desarrollo de sistemas de seguridad pasiva.

Tras una pequeña pausa tuvo lugar la segunda conferencia que versó sobre los "Retos y posibilidades de la biomecánica computacional: Hacia el diseño computerizado de prótesis" y fue impartida por el profesor Manuel Doblaré de la División de Bioingeniería del Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A) dependiente de la Universidad de Zaragoza. En su charla el profesor Doblaré revisó los aspectos más importantes de la Biomecánica y las aplicaciones y necesidades de la Biomecánica Computacional (véase el cuadro "El siglo XXI: ¿el siglo de la Biotecnología?"), destacando las etapas esenciales de preproceso y de generación de modelos de comportamiento de procesos biológicos, como por ejemplo los modelos de remodelación ósea adaptativa para la simulación del comportamiento de los huesos y sus tejidos. Este efecto es de una gran dificultad de modelado en tanto que los ensayos experimentales demuestran que altos niveles de tensión implican el incremento de la masa ósea, y bajos niveles de tensión provocan una reducción de la densidad aparente del hueso. El estudio de este fenómeno se lleva a cabo mediante la definición de un modelo de daño continuo anisótropo dependiente del tiempo con variables internas microestructurales y con posibilidad de daño y reparación. Finalmente se presentaron varias aplicaciones de remodelación ósea (en algunos casos incorporando incluso las prótesis en los modelos numéricos) en fémur, pelvis, cadera, o rodilla. Para terminar se apuntaron unas ideas de futuro y una conclusión muy interesante: la biotecnología no es un ámbito tan alejado de la ingeniería como a primera vista puede pensarse, dado que están involucrados efectos y fenómenos que encontramos

también en ingeniería industrial, ingeniería civil, física, química, con una fuerte imbricación de las matemáticas.

Tras la magnífica toma de contacto con el tema que supusieron las dos conferencias se pasó a una mesa redonda moderada por el profesor Manuel Casteleiro. El punto de partida del debate fue la conclusión puesta de manifiesto por los dos ponentes en el sentido de que la Biotecnología es un campo que supone un gran reto para todos aquellos que nos dedicamos a la mecánica computacional en tanto que están involucrados una gran cantidad de problemas de ingeniería, de la física, química, de la medicina y la biología, que en muchos casos se han resuelto o se han tratado de resolver de algún modo u otro en otros problemas más vinculados con la ingeniería civil o industrial. De hecho en el debate se suscitaron también problemas filosóficos (lógicamente aquí su simulación numérica no está tan clara) y se apuntaron teorías más novedosas dirigidas a muy largo plazo sobre lo que puede llegarse a hacer en el ámbito de la "biosimulación" entendida en su contexto más amplio.



Uno de los temas tratados durante la mesa redonda fue el de la indispensable colaboración que es necesario establecer entre grupos de investigadores y profesionales, en apariencia tan alejados científicamente, para poder desarrollar trabajos de simulación en biotecnología, como es el caso por ejemplo de los ingenieros en mecánica computacional y los médicos o los biólogos. Así mismo se abordó la conveniencia de crear centros de investigación multidisciplinares que reúnan tanto a expertos en mecánica computacional, en visualización gráfica y realidad virtual, ingenieros, médicos, físicos, matemáticos en los que puedan llevarse a cabo los trabajos de simulación y experimentación indispensables para poder llevar a buen fin la biotecnología y así, desarrollar una nueva técnica quirúrgica, o una prótesis, o el estudio mediante simulación numérica de la evolución a largo plazo de pacientes con implantes, o el

desarrollo de una bicicleta adaptada especialmente a las características de un determinado ciclista, o un sistema de seguridad pasivo o activo para vehículos, o..., y aquí la lista se hace interminable y cada vez más apasionante (y seguramente en algún lugar aparecen hasta las compañías de seguros, lo cual quizás ya no nos guste tanto).

El siglo XXI: ¿el siglo de la Biotecnología?

La Ingeniería Biomédica es uno de los sectores industriales de mayor crecimiento en la economía mundial. En el año 1.995 y tan solo en los Estados Unidos se facturaron 52 billones de dólares (el 43% del mercado mundial) y existían unas 4.300 compañías empleando aproximadamente a 261.000 personas y generando un superávit anual de 10 billones de dólares.

La predicción sobre la evolución del crecimiento en este sector es espectacular para los próximos años: se calcula que de las 261.000 personas empleadas en 1.994 se pasará a 328.860 en el año 2.005, lo que supondrá un incremento del 26%. Otro dato quizás muy significativo: la revalorización en los mercados bursátiles de las empresas de bioingeniería durante los últimos años ha sido la más alta de las producidas, incluyendo las empresas de comunicación.

Si tenemos en cuenta algunas previsiones, por ejemplo:

1. que de los 323 millones de personas mayores de 65 años que viven en la actualidad se prevé que se pasará a más de 1.550 millones en el 2.050;
2. que solamente en los Estados Unidos de 28.000 fracturas de cadera por año se estima que se pasará a más de 340.000 en el 2.000 y se duplicarán en el 2.050 (hoy día, el coste anual se aproxima a los 10 billones de dólares), y que el número estimado de fracturas de cadera podría llegar a ser de 6.26 millones en el año 2.050,

puede asegurarse que el siglo XXI será el Siglo de la Biotecnología.

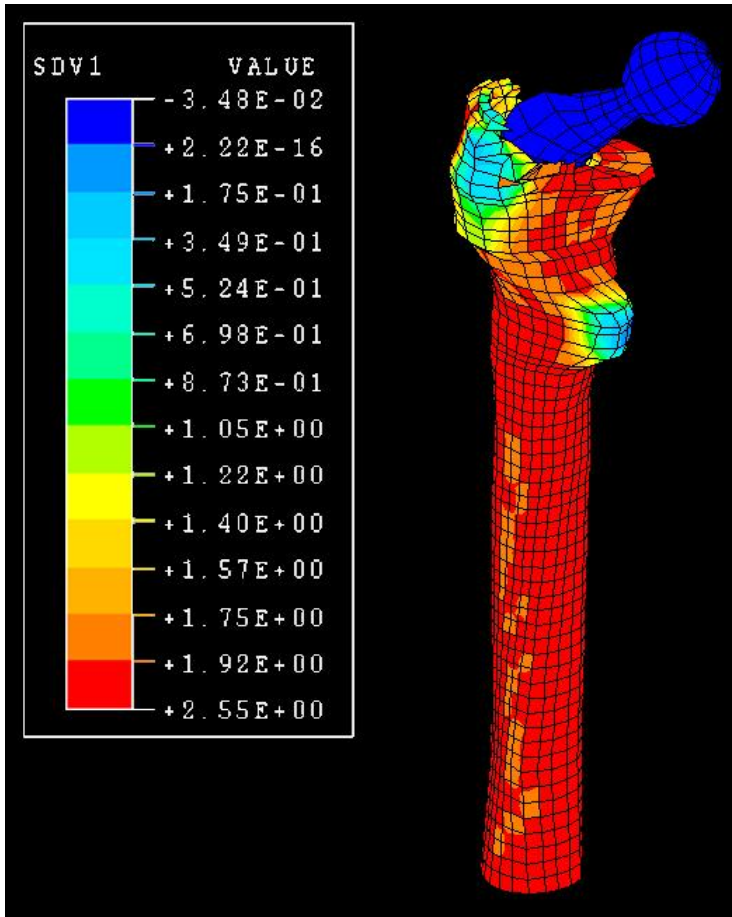
Las aplicaciones de la bioingeniería son enormemente amplias pudiéndose destacar entre otras las siguientes:

- a) el diseño de biosensores e instrumentación (monitorización cardíaca, marcapasos, sensores neurotransmisores, análisis de señales cerebrales, aplicaciones de los rayos X, de los radioisótopos y de la resonancia magnética nuclear),
- b) la informática médica (en aplicaciones tales como la reconstrucción de imágenes de alta resolución para su uso en diagnosis, planificación quirúrgica, traumatología virtual, telemedicina),
- c) la biotecnología (farmacología y química fina, bioingeniería ambiental, ingeniería genética),
- d) el diseño de órganos artificiales (hígado, páncreas, laringe, corazón),

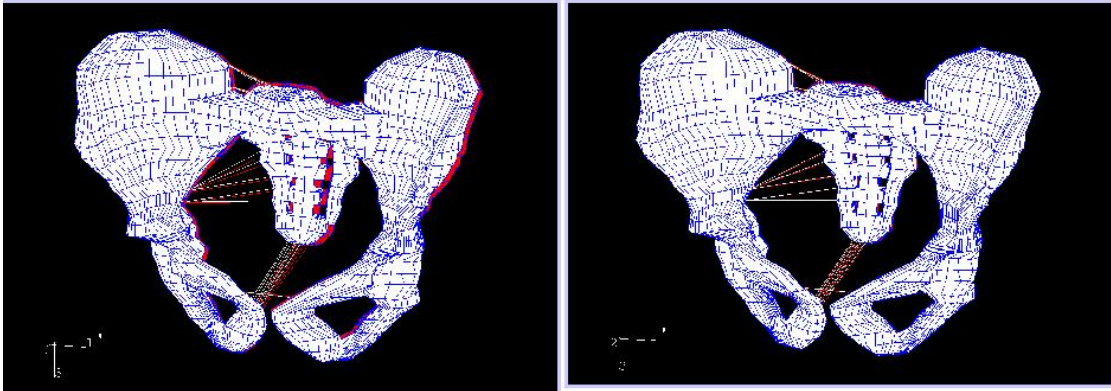
- e) el diseño de nuevos biomateriales como sustitutos de tejidos (óseo, ligamentos, sedas) y de materiales ortopédicos (metales, cerámicas, polímeros, compuestos, con memoria de forma), y,
- f) y el diseño y producción de prótesis ortopédicas, plataformas de cargas, simuladores anatómicos, equipamiento deportivo, y elementos de rehabilitación.

En su ámbito específico, la biomecánica es de gran importancia en el estudio de problemas clínicos en el sistema cardiovascular, en ortopedia en la optimización del diseño y materiales de nuevas generaciones de prótesis, en implantología dental, en el estudio del comportamiento cinetodinámico para la mejora o corrección de movimientos y prestaciones en sistemas de rehabilitación, en la personalización y mejora de material deportivo, en el estudio de la biomecánica de los impactos, en ingeniería del tejido y en ergonomía.

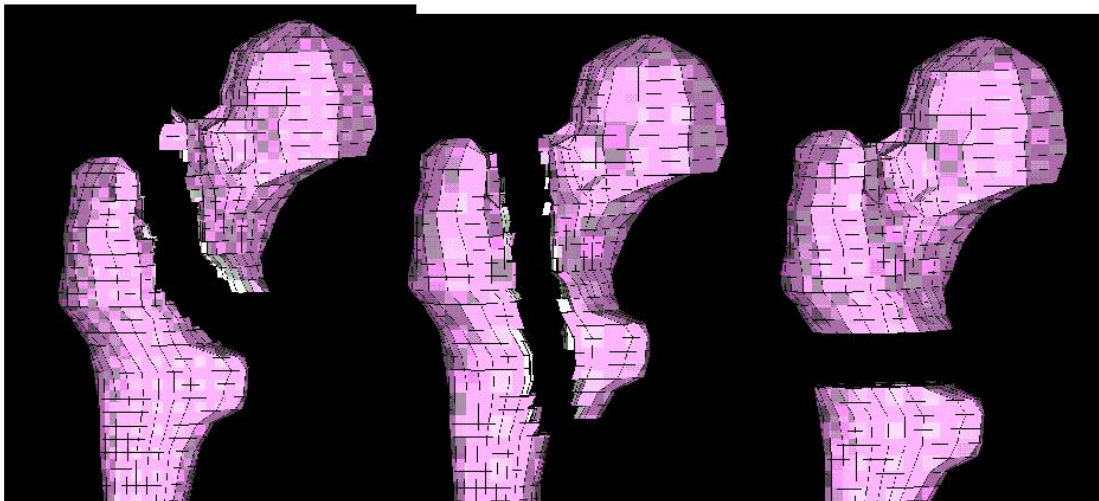
El interés cada vez mayor que suscita la biomecánica se deriva de la enorme dificultad que supone la realización de ensayos no destructivos en las personas y la práctica imposibilidad de personalización de los mismos. Así mismo son cada vez mayores las posibilidades de modelización de materiales y elementos y la simulación numérica de procesos muy complejos. Por otra parte, cada vez se hace un mayor uso de técnicas de visualización en el diagnóstico de enfermedades que requieren el tratamiento previo de las imágenes y el preproceso de los datos antes de emitir cualquier diagnóstico. Y cómo no, cada vez es más frecuente la incorporación de técnicas de realidad virtual para la realización de los planes de operación, la impartición de docencia y el desarrollo de teleoperaciones.



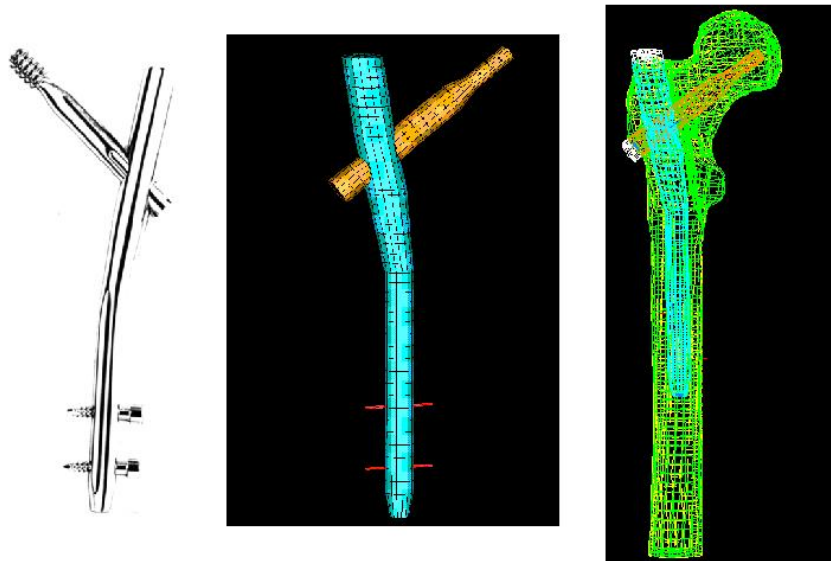
Simulación 3D de la remodelación del fémur proximal fracturado con inclusión de una prótesis Éxeter (Cortesía del Prof. Manuel Doblaré)



Estudio de la estabilización de fracturas de pelvis (Cortesía del Prof. Manuel Doblaré)



Estudio de la estabilización de fracturas de cadera (Cortesía del Prof. Manuel Doblaré)



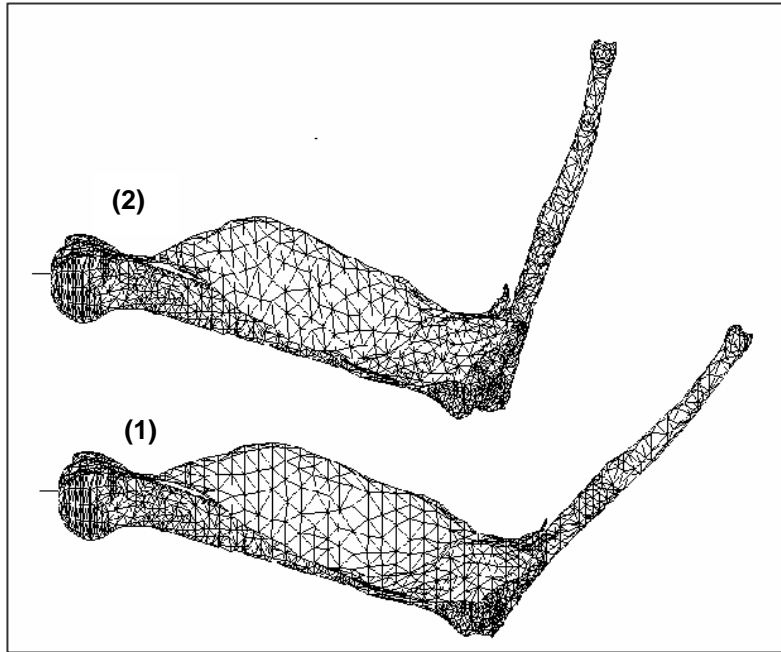
Estudio de la estabilización de fracturas de cadera mediante el empleo de clavos "gamma" (Cortesía del Prof. Manuel Doblaré)



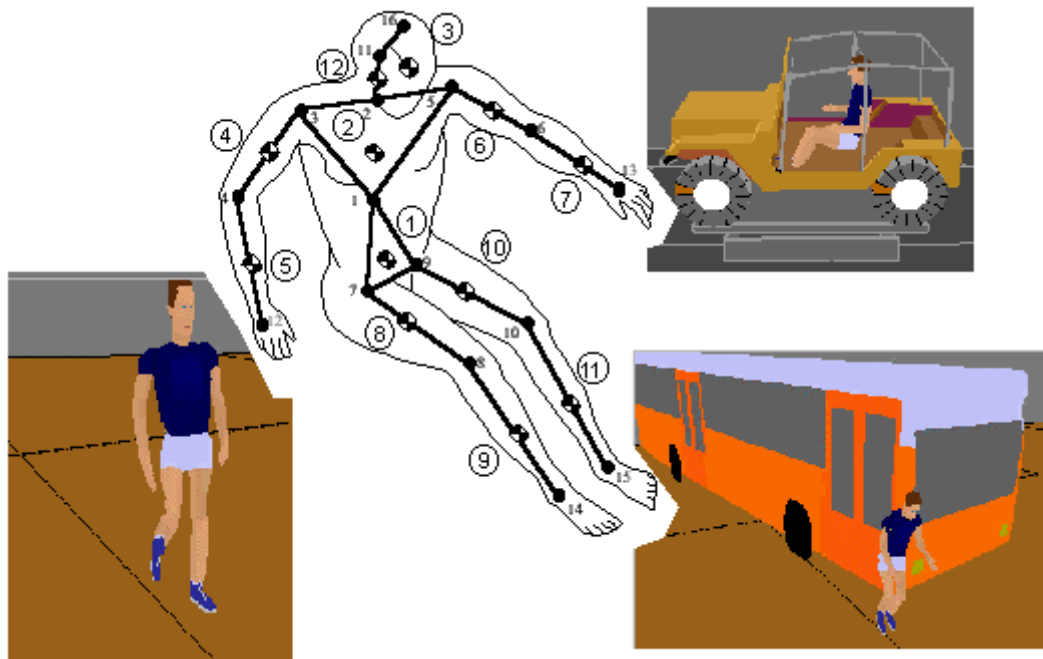
Densidad ósea

Orientación

Estudio de la remodelación del hueso trabecular (Cortesía del Prof. Helder Rodrigues)



Simulación numérica por elementos finitos de la flexión del antebrazo (Deformación de los músculos esqueléticos Biceps Brachii e Brachialis: en (1), la configuración inicial; en (2), la configuración final después de una contracción activa del 12%. (Cortesía del Prof. Helder Rodrigues).



Biomecánica del movimiento (Cortesía del Prof. Helder Rodrigues).