

DESARROLLO INFORMÁTICO PARA LA VISUALIZACIÓN GRÁFICA TRIDIMENSIONAL Y EL APRENDIZAJE DE LA MUSCULATURA EXTRÍNSECA DEL GLOBO OCULAR

(1)Juan A. Juanes Méndez; (2)Alberto Prats Galino; (3)Juan José Gómez Borrallo

(1) Departamento de Anatomía e Histología Humana. Facultad de Medicina. Universidad de Salamanca.

(2) Departamento de Anatomía y Embriología Humana. Facultad de Medicina. Universidad de Barcelona.

(3) Desarrollos Informáticos Abadia. Madrid.

En los últimos años se han llevado a cabo estudios que permiten automatizar el análisis de imágenes médicas 3D para el apoyo tanto docente como en el diagnóstico clínico, ya que la reconstrucción y visualización tridimensional de estructuras anatómicas aporta una valiosa información muy estimable en el campo médico.

Presentamos una aplicación informática que permite la visualización, en tres dimensiones, de los elementos anatómicos que integran el sistema oculomotor, a partir de secciones seriadas de Resonancia Magnética. Las posibilidades de visualización en diferentes rotaciones espaciales y con los tres planos de corte (axial, coronal y sagital) de referencia, facilitan la comprensión e identificación anatómica íntegra de el sistema muscular en su conjunto. Así mismo, son fácilmente analizable los nervios oculomotores que tienen su origen en el tronco del encéfalo para inervar la musculatura extrínseca del globo ocular.

Este procedimiento informático constituye una herramienta útil en la visualización y comprensión morfológica de este complejo sistema neuromuscular, que complementa la dificultad anatómica de identificación, en las secciones radiológicas de resonancia magnética, de los elementos anatómicos que la integran. Todo ello gracias a la renderización de los modelos de malla triangular, de las estructuras anatómicas. De esta forma se facilita la interpretación de procesos que afecten a esta zona, así como las planificaciones quirúrgicas que pudieran derivarse ante una lesión.

Metodología:

Para la obtención de las imágenes seccionales de resonancia magnética (RM) se utilizó un equipo de 1.5 Teslas, a partir de una mujer voluntaria de 34 años de edad y sin antecedentes de patología neurológica.

Los diferentes componentes de la musculatura extrínseca ocular se han identificado en la RM y etiquetado manualmente con diferentes códigos de color, mediante un editor 3D.

Se han identificado para su reconstrucción, bilateralmente, las siguientes estructuras: músculos rectos superior, inferior, medial y lateral; músculos oblicuos superior e inferior; músculo elevador del párpado superior; globo ocular; nervio óptico, quiasma óptico, tracto óptico, radiaciones ópticas y córtex visual primario; y tronco del encéfalo y cerebelo.

La reconstrucción del trayecto periférico de los nervios oculomotor (III), troclear (IV) y abducens (VI) se obtuvo trazando polilíneas. Para cada nervio se colocó una serie de landmarks a lo largo de su trayecto, desde su origen en la superficie del tronco del encéfalo hasta su tarjet muscular en la órbita.

Imágenes seccionales procedentes de la RM seleccionadas en los tres planos espaciales y todos los modelos 3D de superficie obtenidos en la fase anterior han sido visualizados mediante un software específicamente desarrollado por nosotros en colaboración con la empresa de informática Abadía Group, de Madrid; programado en Visual C, y que incluye controles directX para la renderización de imágenes y modelos de malla triangular.

Resultados:

El estudio con Resonancia Magnética de alta resolución permitió identificar las estructuras que integran el sistema oculomotor (músculos extrínsecos y nervios que los inervan).

Los músculos extrínsecos del globo ocular son de naturaleza estriada y voluntaria, que permiten al ojo realizar movimientos de orientación y exploración visual en todas las direcciones del espacio: verticales, horizontales, oblicuos y de convergencia, aislados o asociados a los movimientos de la cabeza y el cuello.

Los músculos extrínsecos del globo ocular, inervados por los pares craneales III, IV y VI, contrastan fácilmente con el tejido graso periorbitario, siendo éste hiperintenso, en las imágenes de resonancia magnética potenciadas en T1. Los músculos son visibles como estructuras de baja intensidad de señal, lo que facilitó su identificación para la reconstrucción 3D.

La reconstrucción tridimensional de todas estas estructuras anatómicas que integran el sistema oculomotor, embebidas en los datos volumétricos de resonancia magnética, constituye la forma más clara e intuitiva de análisis morfológico, puesto que el examen individual de las imágenes de los distintos cortes que componen una secuencia de resonancia magnética, no permiten una sencilla comprensión del conjunto elementos anatómicos que componen el sistema motor del globo ocular.

Nuestra aplicación informática supone un buen método didáctico de visualización 3D, teniendo como referencia la sección de resonancia magnética en los tres planos del espacio, lo que facilita su valoración anatómica, haciendo uso de las capacidades gráficas avanzadas que hoy en día ofrecen los ordenadores.

El interface gráfico de usuario, es de fácil manejo e intuitivo, permitiendo la visualización de las estructuras anatómicas en tres dimensiones a petición del usuario, teniendo como patrón de referencia las secciones de resonancia magnética, pudiendo activar o desactivar la visualización de cada una de ellas. Por otra parte, nos ofrece información sobre la estructura anatómica 3D seleccionada.

La mayor revolución en el campo del radiodiagnóstico ha venido de la aplicación de las técnicas informáticas en el campo del diagnóstico radiológico y la

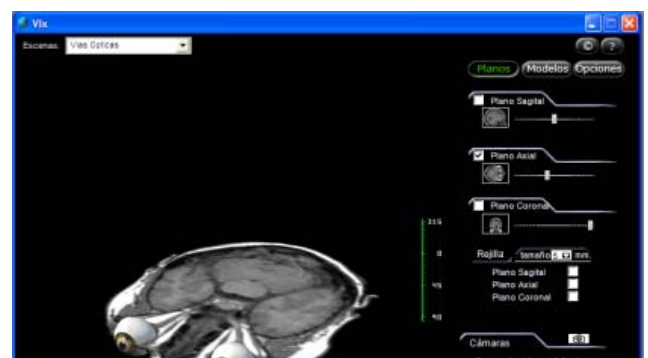
utilización de las propiedades de resonancia de la estructura atómica orgánica, principalmente del hidrógeno, bajo la acción de diferentes campos magnéticos y de radiofrecuencia.

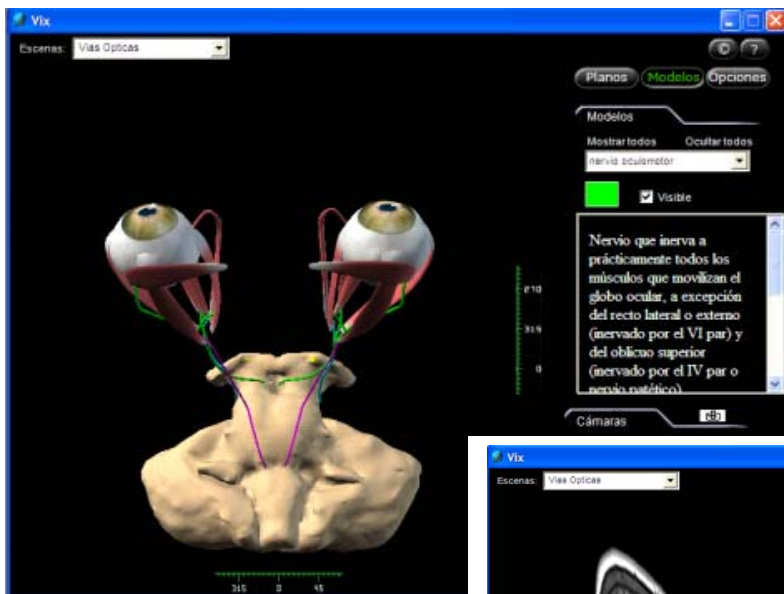
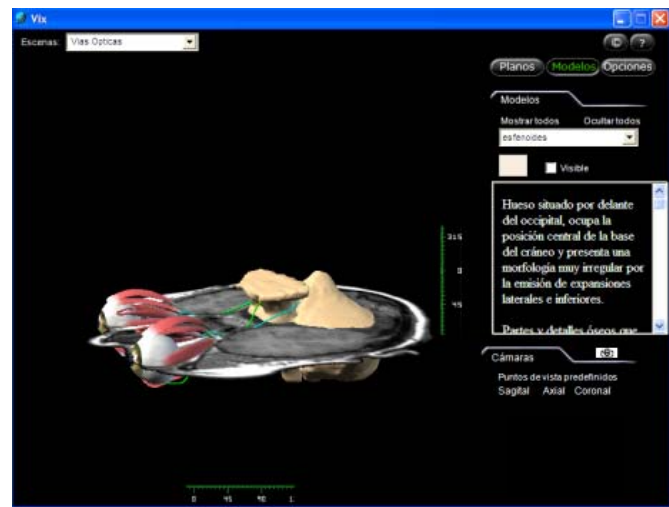
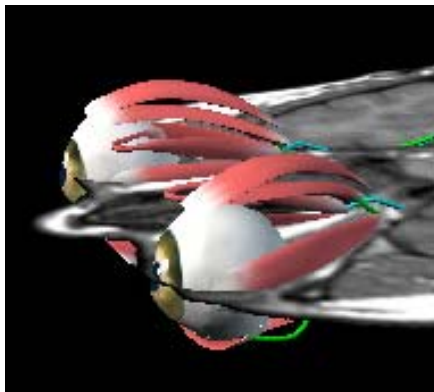
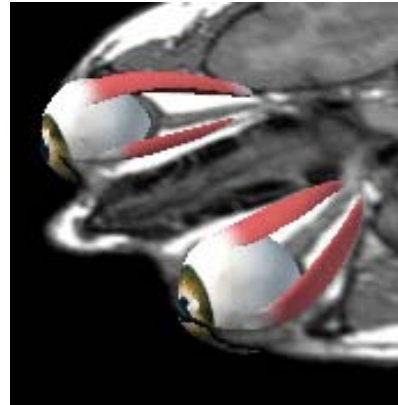
La Tomografía Computarizada y sobre todo la Resonancia Magnética de alto campo o de alta resolución, han revolucionado la comprensión e interpretación de las estructuras anatómicas encefálicas, al poder obtener secciones seriadas, lo que ha supuesto un avance en el diagnóstico por métodos mínimamente invasivos facilitando así la preparación de los abordajes quirúrgicos al mostrar con gran nitidez el estado de las diferentes estructuras anatómicas.

La situación actual, con una gran expansión de las técnicas de estudio morfológico del organismo, proporciona a su vez un enorme abanico de posibilidades para el estudio de un determinado órgano o estructura. Por tanto, es fundamental completar el estudio anatómico de las estructuras de nuestro organismo con las oportunidades que nos ofrecen las numerosas técnicas de imagen existentes hoy en día. En los últimos años se han llevado a cabo estudios que permiten automatizar el análisis de imágenes médicas 3D para el apoyo en el diagnóstico clínico, ya que la reconstrucción y visualización tridimensional de estructuras anatómicas aporta una valiosa información muy estimable en el campo médico.

El desarrollando aplicaciones informáticas cada vez más avanzadas para el estudio de distintos aspectos anatómicos corporales, se están introduciendo cada vez con más fuerza en el terreno médico, generándose programas muy valiosos para el estudio anatomo-radiológico.

Así pues, las nuevas tecnologías, encabezadas por la simulación gráfica, empiezan a introducirse paulatinamente en el entorno médico. Las intervenciones asistidas por ordenador comienzan a ser una realidad en las actuaciones quirúrgicas. Aunque, si bien es cierto que esto es algo que no ha hecho más que comenzar, parece evidente que su evolución es progresiva y a gran velocidad.





Conclusiones

Como **conclusión**, podemos señalar que nuestro procedimiento informático supone una herramienta docente muy valiosa como patrón de referencia anatómica de estas estructuras. Por otra parte, sin duda alguna, este desarrollo tecnológico también ayudará a llevar a cabo planificaciones quirúrgicas, ante diversas patologías, permitiendo establecer el plan o vía de abordaje de la lesión, incluso evaluar virtualmente, según la exploración clínica, si el proceso es finalmente quirúrgico o no. Por tanto, constituye además un buen sistema de simulación gráfica y de exploración anatómica.

Pensamos que este recurso tecnológico informatizado constituye una herramienta docente complementaria y muy útil para comprensión morfológica de los distintos músculos extrínsecos que movilizan el globo ocular. Los sistemas de análisis de imagen 3D, con los equipamientos informáticos actuales, nos han permitido llevar a cabo prácticas complejas y simulaciones de forma eficiente. De esta forma, representar imágenes anatómicas complejas, en tres dimensiones, permitirá obtener un mayor aprovechamiento y una mejor comprensión de los alumnos de estas estructuras.

Bibliografía:

Abramoff MD, Van Gils AP, Jansen GH, Mourits MP. MRI dynamic color mapping: a new quantitative technique for imaging soft tissue motion in the orbit. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2000; 41: 3256-3260.

Ettl A, Fischer-Klein C, Chemelli A, Daxer A, Felber S. Nuclear magnetic resonance spectroscopy. Principles and applications in neuroophthalmology. *Int Ophthalmol* 1994; 18: 171-181.

Ettl A, Salomonowitz E, Koornneef L, Zonneveld FW. High-resolution MR imaging anatomy of the orbit. Correlation with comparative cryosectional anatomy. *Radiol Clin North Am* 1998; 36: 1021-1045.

Jayaram K. Three-dimensional visualization and analysis methodologies: A current perspective. *Radiographics* 1999; 19: 783-806.

Juanes JA; Espinel JL; Velasco MJ; Zoreda JL; Riesco JM; Carmena JJ; Blanco E; Marcos J; of *Neuroradiology* 1996, 23:211-216.

Lorenzen C. Marching cubes: a high resolution 3D surface construction algorithm. *Computer Graphics*. Vol. 21, 4:163-169.

Tian S, Nishida Y, Isberg B, Lennerstrand G. MRI measurements of normal extraocular muscles and other orbital structures. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol 2000; 238: 393-404.

Agradecimientos:

Este trabajo ha sido, parcialmente financiado por el Instituto oftalmológico Alcón.