

Desarrollo de representaciones volumétricas como metodología docente para el autoaprendizaje en el Área de Anatomía

J. Prados¹, C. Melguizo¹, A. León², M. Botella³, R. Ortiz¹, A. R. Rama¹, F. Hita⁴,
C. Velez⁴, R. Madeddu⁴, A. Aránega

¹Departamento de Anatomía y Embriología Humana, ²Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos y ³Departamento de Antropología; Universidad de Granada; ⁴Departamento de Ciencias de la salud; Universidad de Jaén. ⁵Departamento de Ciencia Biomédica; Universidad Sassari.

Resumen. El Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) implica la utilización de metodologías activas en las que el alumno sea el centro del proceso enseñanza-aprendizaje. En nuestro ámbito de trabajo, las Ciencias de la Salud, creemos que el desarrollo de sistemas de autoaprendizaje aplicando principios de integración de conocimientos básicos y clínicos facilita dicho objetivo. Estos profesionales tienen una necesidad de formación cada vez mayor en la comprensión de las imágenes médicas (diagnóstico, tratamiento, planificación quirúrgica, educación, etc.). La visualización de volúmenes a partir de imágenes médicas es el proceso de transformar de manera precisa una descripción de superficie o volumen obtenida a partir de una modalidad de captura de imagen médica en una imagen compuesta por píxeles. Actualmente, las representaciones volumétricas se aplican cada vez más en el proceso educativo para permitir que el alumno pueda tener una comprensión visual más cercana a la realidad tridimensional del objeto de estudio. Concretamente, en el ámbito del aprendizaje de estructuras anatómicas, el alumno puede beneficiarse de la manipulación de representaciones tridimensionales extraídas a partir de imágenes médicas, con el objetivo de comprender su forma, elementos constituyentes, ubicación relativa y relaciones. En base a estos hechos, el Grupo de Docencia en Anatomía y Embriología de la Unidad de Calidad de las Universidades Andaluzas, presenta el Proyecto de innovación docente que está desarrollando con la finalidad de obtener un material multimedia de las zonas más complejas de la anatomía humana que permita una metodología docente activa por parte del alumno.

Introducción

La comprensión tridimensional de las estructuras anatómicas en general y de las representaciones de estas en las imágenes diagnósticas, como las radiológicas, las de resonancia magnética, o las tomografías axiales computerizadas entre otras son un pilar fundamental en la formación nuestros futuros profesionales de Ciencias de la Salud. Su conocimiento es imprescindible tanto para aquellos que la utilizarán en su actividad profesional como elemento diagnóstico, como para los que, a través de esta disciplina, necesitan adquirir el conocimiento preciso de estructuras de nuestro organismo que resultan especialmente complejas. No obstante y a pesar de su importancia, el desarrollo de esta materia se encuentra dificultada por: 1. En primer lugar, la necesidad de que su aprendizaje sea eminentemente práctico para la adquisición no sólo del conocimiento sino de la habilidad y el adiestramiento necesarios. Esto implica una impartición obligada y exclusiva en el Centro Formativo en donde el alumno puede utilizar un material generalmente escaso. 2. En segundo lugar, el alumno debe adquirir

unos conocimientos complejos en un tiempo relativamente corto y 3. Por último, los nuevos planes de estudios de las Licenciaturas y Diplomaturas de Ciencias de la Salud, obligan a la reducción notable del tiempo que se les asigna.

Esta situación ha llevado al Grupo de Formación en Anatomía y Embriología Humana” (UCUA UGR-N-40) constituido por Profesores que imparten docencia morfológica en diferentes Universidades junto a profesionales de las áreas de Sistemas Informáticos y Antropología interesados a aportar nuevos aspectos formativos a la Anatomía, a desarrollar un aportación a la docencia que se enmarca dentro de las nuevas directrices educativas del Espacio Europeo de Educación Superior. En este contexto (EEES) se apuesta por la adopción de procesos de renovación en la metodología docente. El desarrollo de estrategias en las que el alumno sea protagonista de su propio aprendizaje es cada vez más importante. En nuestro ámbito enseñanza, las Ciencias de la Salud, nos enfrentamos a la necesidad de aplicar estos principios integrando conocimientos básicos y clínicos y desarrollando materiales útiles en la actividad profesional de nuestros alumnos.

El presente trabajo se justifica en base a que la identificación y aprendizaje de determinadas zonas anatómicas especialmente complejas es uno de los conocimientos fundamentales que debe adquirir un alumno de Ciencias de la Salud y especialmente los futuros licenciados en Medicina y Cirugía. Por otra parte, en el trabajo habitual de diagnóstico clínico, las principales fuentes de información de que dispone el especialista son las imágenes y muchas de ellas son imágenes radiológicas. Este proyecto trata de crear una aplicación que permita al usuario acercarse a determinadas zonas anatómicas en primer lugar entendiendo su estructura ósea, sus componentes, sus posiciones y orientaciones en el esqueleto, en segundo lugar, identificando estas estructuras en las imágenes diagnósticas utilizadas en la práctica médica y finalmente comprender la estructuración que el resto de tejidos posee en relación a ellas (imágenes volumétricas de tejidos blandos) y pretende avanzar en el conocimiento de la forma más eficaz de aplicar dicho material en el proceso de enseñanza aprendizaje de nuestros alumnos. El material generado podrá ser utilizado en procesos de enseñanza aprendizaje mediante sistemas didácticos alternativos.

Objetivos

Los objetivos planteados en el desarrollo del presente trabajo se pueden resumir de la siguiente forma: 1) En primer lugar generar una doble aplicación informática que este específicamente diseñada para la producción de material docente aplicable a la Anatomía Clínica. La aplicación permitirá por una parte el marcado específico de las estructuras anatómicas, su identificación, su visión tridimensional y su estudio mediante vínculos a pruebas diagnósticas o aspectos clínicos relacionados. Debemos destacar que esta aplicación nos permitirá seguir avanzando en nuestra innovación docente siendo también aplicable a otras disciplinas con necesidades similares. 2) En segundo lugar, aplicando dicho programa, un novedoso material docente relacionado, en este caso, con el estudio anatómico-clínico del cingulo del miembro superior que permite al alumno conseguir diferentes objetivos a su vez: que podemos resumir de la siguiente forma: comprender esta compleja región anatómica avanzando desde lo más simple a lo más complejo; obtener una información integrada de los conocimientos anatómicos de estructuras óseas, articulares y musculares y su correlación con las imágenes diagnósticas; adquirir un conocimiento complementario sobre estructuras

anatómicas relacionadas, métodos de exploración, patología y tratamiento; poseer un material propio que puede utilizar libremente y de forma individualizada evitando las restricciones del propio Centro formativo y de los planes de estudios; y realizar un proceso de autoaprendizaje, reforzado por la generación dentro de la aplicación de un sistema de autoevaluación. 3) Por último, nuestro trabajo pretende dotar a los Profesores de Ciencias de la Salud de una nueva herramienta para la mejora del rendimiento docente de nuestros alumnos.

Ámbito de aplicación

Dada la participación de Profesorado de diferentes Áreas, Departamentos, Facultades y Universidades, nuestro Proyecto creemos puede tener una amplia aplicación si bien es cierto que su mayor aprovechamiento puede estar en la Licenciatura de Medicina y Cirugía dado la necesidad de formación en los aspectos diagnósticos, por extensión también resultaran beneficiados los alumnos de la Licenciatura de Odontología. Creemos que la ayuda que representará esta nueva aplicación para la comprensión de las estructuras anatómicas ayudara a los alumnos de los estudios en donde se imparten aspectos morfológicos y entre las que están las Licenciaturas de Farmacia y Ciencias de la Actividad Física y Deportiva y las Diplomaturas de Fisioterapia, Enfermería, Terapia Ocupacional, Óptica y Optometría, Logopedia y Nutrición y Dietética.

Desarrollo de la experiencia

El trabajo realizado se ha desarrollado en varias etapas que han permitido cumplir los objetivos marcados.

1. Primera Fase. En una primera fase fue decisivo la selección de un material de trabajo de gran calidad para que la generación de imágenes 3D y 2D que nos permitiera la construcción de un material multimedia anatomoclínico integrado con referencia al diagnóstico, las diferentes regiones anatómicas, la patología y el tratamiento. En este aspecto cabe destacar la selección del material óseo del Departamento de Anatomía de la Universidad de Granada y del material de imágenes diagnósticas obtenidas del Departamneto de Antropología de la misma Universidad. De la misma forma se obtuvieron imágenes 2D de *resonancia magnética* y 3D de *reconstrucción ósea* y un material especialmente importante derivado de *artroscopias* que nos permiten analizar las estructuras articulares. Además, se obtuvieron imágenes diagnósticas de diferentes patologías que fueron incluidas en el Proyecto. Parte de este el material fue procesado en los Servicios Técnicos de la Universidad de Granada.

2. Segunda Fase. Posteriormente y en una segunda fase, se generaron imágenes tridimensionales a partir de las estructuras óseas, su marcaje e identificación. Fue necesario disponer de una base de datos geométrica con cada uno de las piezas óseas a estudiar, con una identificación textual de cada uno de sus elementos constituyentes. El sistema informático necesario para realizar este proyecto está formado por un escáner láser 3D, un Software para el tratamiento y conversión de los datos escaneados y una aplicación para permitir al especialista etiquetar las piezas óseas, introducir la información de estudio asociada a cada etiqueta ósea, y asociar cada etiqueta ósea con su elemento óseo representado en la radiografía correspondiente.

Proceso de captura. El proceso de captura de datos comienza a partir de la digitalización, mediante un escáner láser 3D, de las piezas óseas objeto de estudio. Una vez capturada la pieza se dispone de información geométrica (nube de puntos) e información de textura (imágenes tomadas mediante una cámara fotográfica). Mediante un programa de tratamiento de los datos escaneados (Rapidform) se va a obtener una malla de triángulos y unas coordenadas de textura que permitirán visualizar la representación B-rep de la pieza ósea. La aplicación que añade información a la base de datos debe permitir visualizar la geometría y texturas del B-rep que representa cada una de las piezas escaneadas, permitiendo una forma cómoda de exploración de la pieza. Así mismo, debe permitir al especialista el *etiquetado* de estructuras anatómicas que van a ser susceptibles de estudio. Para permitir establecer la correspondencia entre el elemento anatómico representado mediante B-rep y el elemento visible en la radiografía, la aplicación deberá permitir la exploración visual de una base de imágenes, de entre las cuales, el especialista seleccionará la que más se adecue a la pieza ósea objeto de estudio. Una vez cargada la imagen radiográfica, el especialista procederá al *marcado* en dicha imagen del elemento correspondiente a la pieza objeto de estudio. Adicionalmente, la aplicación debe permitir introducir información textual e ilustrativa que estará asociada a cada *etiqueta* y que facilitará los conocimientos pertinentes para su estudio. Este elemento de información presentará una estructura predefinida.

Visualización. La aplicación para el usuario debe permitir la carga de piezas óseas, junto con su imagen radiográfica e información descriptiva correspondiente. Durante la sesión de trabajo, el usuario podrá explorar la pieza ósea, y conforme interactúe con ésta, se irán “resaltando” los distintos elementos óseos etiquetados, marcados previamente en la pieza por el especialista. Si el usuario selecciona un elemento óseo, la aplicación le permitirá leer la información de estudio asociada a dicho elemento, así como observar la ubicación de dicho elemento en su imagen radiográfica correspondiente. Una funcionalidad avanzada de la aplicación sería la relación de orientación y posición de las distintas piezas óseas estudiadas en una *porción de esqueleto*. Para ello, el usuario aplicaría esta opción avanzada sobre una(s) pieza(s) ósea(s), y ésta aparecería resaltada (situación y orientación) en la porción de esqueleto correspondiente. Una metodología parecida se está desarrollando para la generación de imágenes 3D a partir de imágenes diagnósticas de las partes blandas que completarían desde el punto de vista de la obtención de información y comprensión de las estructuras anatómicas, la ya desarrollada en relación a al osteología. Dicha metodología permite visualizar diferentes y estructuras de una zona anatómica tejidos de forma individual, y lo que es más interesante, de forma global en relación con otras estructuras lo que es trascendental para la formación clínica de nuestros alumnos.

Etiquetado. Finalmente, en una última fase, se ha realizado en cuanto a las imágenes óseas el diseño de la aplicación para el etiquetado. La aplicación para el etiquetado de las piezas óseas debe permitir al especialista médico visualizar e interactuar cómodamente con las digitalizaciones de piezas óseas que van a ser marcadas para su posterior estudio. Para conseguir este objetivo, la aplicación permite cargar una determinada pieza a partir de un archivo en formato wrf. Tras la carga de la pieza, se presenta al usuario la visualización de dicha pieza y se le permite empezar a realizar el marcado de los elementos óseos objeto del estudio. Decidimos utilizar una biblioteca gráfica, OpenGL, ya que nos permite trabajar directamente con la información geométrica y de texturas que se encuentra incorporada en el archivo .wrf.

Este hecho permite realizar un interfaz totalmente flexible y adecuada a las necesidades requeridas por el especialista. Además, utilizamos las características de interacción que proporciona una biblioteca adicional: glut. Seguimos procesando la información de las imágenes diagnósticas para la generación de volumétricos que cumplan con las condiciones establecidas en nuestro Proyecto y que sean útiles en el aprendizaje de nuestros alumnos.

3. Tercera Fase. En esta última fase y desde el punto de vista de la metodología desarrollada debemos destacar la labor del Departamento de Lenguajes y Sistemas informáticos en cuanto a dos elementos claves para el desarrollo de la aplicación informática. Por una parte las estructuras de datos básicas ya que para representar la geometría de la malla de triángulos se utilizaron dos estructuras: una para los vértices que almacena la posición geométrica de cada uno de ellos y, una para los triángulos, que simplemente almacena tres referencias a sus vértices constituyentes. Estas estructuras básicas se pueden optimizar y ampliar dependiendo de la funcionalidad requerida para siguientes versiones de la aplicación. Por otra parte, el desarrollo del marcado de elementos óseos. Para ello y utilizando una característica de objetos seleccionables (*pickable*) de glut, identificamos cada triángulo de la malla que representa a la pieza ósea como un objeto seleccionable, y a partir de ese momento, permitimos al usuario que comience el marcado de un elemento óseo. Debido a alta resolución de la malla de triángulos, es necesario resaltar un número de triángulos vecinos al triángulo que se ha seleccionado con el ratón. Si no se procediese de esta forma, el usuario podría no tener un resultado visual suficiente tras la selección de un elemento óseo. Por consiguiente, es necesario diseñar un algoritmo de búsqueda de triángulos vecinos. En este algoritmo el criterio de parada se establece en base al número de triángulos encontrados. El algoritmo tiene que realizar la búsqueda de vecinos de forma uniforme, de manera que el número de triángulos seleccionados como vecinos sea homogéneo en todas direcciones. Con el objetivo de permitir mayor flexibilidad al usuario, se le permite decidir el área que abarcará la selección de triángulos vecinos. De esta forma, el usuario podrá escoger el mejor tamaño de área de selección en función de las necesidades de marcado del elemento óseo que se está definiendo en ese momento.

Aplicación del Aprendizaje. Una vez se han marcado todos los elementos anatómicos, y se han marcado sus correspondientes áreas en las imágenes diagnósticas, la aplicación proporciona como salida un archivo en formato .wrl con toda la información necesaria. Hemos utilizado el formato .wrl ya que existen visualizadores de VRML en el mercado y totalmente gratis. Nuestro diseño permite que a partir de cualquiera de estos visualizadores se pueda realizar la sesión de trabajo sobre nuestro archivo de salida, explorando cada uno de los elementos óseos que aparecerán coloreados. Cada vez que se pasa el cursor del ratón por encima de un elemento marcado, aparece una etiqueta con el nombre de dicho elemento. Si se pulsa sobre él, aparecerá una página web con la información documental específicamente diseñada para el estudio de dicho elemento, junto con la imagen o imágenes que muestran su ubicación en las radiografías correspondientes.

Resultados del Proyecto

El resultado obtenido ha sido el desarrollo de un aplicación que permite al alumno durante una sesión de trabajo, explorar las diferentes zonas anatómicas tal y como se

realiza en una sesión práctica en la Facultad de Medicina o la Escuela de Ciencias de la Salud. La posibilidad de rotarla en todos los ejes y explorar todas sus características unido a la sensación de realismo obtenida mediante el scanner 3D garantiza la comprensión tridimensional de las estructuras. Conforme el alumno interactúa con ellas la aplicación “resalta” los distintos elementos etiquetados y permite leer la información de estudio asociada a dicho elemento, haciendo más fácil su estudio y comprensión. El alumno es dirigido hacia el autoaprendizaje de la anatomía (en este caso del miembro superior) pero integrada con los otros conocimientos necesarios para la comprensión del diagnóstico, patología y tratamiento. La posibilidad por parte del alumno de visualizar de forma tridimensional una zona tan compleja como la del cingulo del hombro, analizarla desde diferentes posiciones, comprender su representación en imágenes diagnósticas y unirlo al estudio de imágenes patológicas, hace que su entendimiento sea mucho más fácil. El desarrollo de imágenes 3D que completen toda la anatomía de esta zona esta en fase de realización.

Se han asociado dos funciones de gran valor desde el punto de vista clínico; por una parte, la aplicación permite observar la ubicación por ejemplo de una pieza ósea en su imagen diagnóstica; por otra, y como funcionalidad avanzada, se incorpora la relación de orientación y posición de las distintas piezas óseas estudiadas en una porción de esqueleto. Para ello, el usuario aplicaría esta opción avanzada sobre una(s) pieza(s) ósea(s), y ésta aparecería resaltada (situación y orientación) en la porción de esqueleto correspondiente. Esta en desarrollo la construcción de imágenes de elementos blandos que se superponen a los óseos.

Por tanto el alumno puede enlazar diferentes elementos anatómicos como el hueso, con diferentes aplicaciones, que finalizan con un sistema de autoevaluación que permite al alumno valorar su grado de aprendizaje. La metodología es la siguiente: el alumno enlaza a partir de los elementos óseos con imágenes diagnósticas en las que debe identificar la estructura. El adiestramiento en esta tarea esta apoyado por la generación de esquemas con texto explicativo. La imagen radiológica permite conectarse con un sistema de VIDEO de reconstrucción tridimensional que permite la comprensión de la estructura espacial y real de los elementos. El alumno puede conectar con la visualización de las estructuras representadas mediante la técnica de resonancia magnética que aparecen en un sistema de VIDEO integrado o como imagen fija, permitiéndole un adiestramiento en su reconocimiento o con la visualización de VIDEOS de artroscopias para el entendimiento tridimensional de la articulación del hombro. En el proceso de aprendizaje hemos introducido inmediatamente después una conexión con las estructuras musculares de la articulación. El alumno se “mueve” de lo simple a lo complejo; una vez entendida la osteología y artrología de la zona anatómica, está en disposición de abordar el conocimiento del sistema motor. El Proyecto permite visualizar las estructuras óseas permitiendo al alumno explorar las zonas con inserciones anatómicas. Cada una de ellas nos conduce a la representación del músculo en la anatomía de superficie que es tal y como lo va a ver en su práctica profesional. Una vez conocidas las estructuras el alumno puede comparar la normalidad con lo patológico, conectando con pruebas diagnósticas que ofrece imágenes de alteraciones de la morfología normal. Por último, el Proyecto permite el estudio de las principales pruebas exploratorias a realizar para conocer el estado de la zona anatómica estudiada mediante la representación real de como se realizan.

El equipo de Profesores que hemos desarrollado el Proyecto hemos considerado de enorme importancia que en este proceso de autoaprendizaje dirigido, el alumno posea una referencia de su nivel de nivel de comprensión. Hemos desarrollado un sistema de autoevaluación simple al final del capítulo que puede ser autocorregido. El sistema esta asociado a la presencia de una serie de enlaces a páginas web relacionadas específicamente con la materia analizada en donde los alumnos pueden ampliar sus conocimientos y resolver dudas

Utilidad de la experiencia

El desarrollando de nuevas aplicaciones informáticas aplicadas a la comprensión de las estructuras anatómicas, está permitiendo la generación en el área de Ciencias de la salud en general, y en el campo de la Medicina en particular, programas de enorme valor en el estudio de la morfología y en concreto de lo anátomo-radiológico.

En este contexto, nosotros hemos desarrollado un procedimiento informático como una herramienta docente valiosa para que sea usado como patrón de referencia anatómica de las estructuras óseas y su reconocimiento por parte del alumno en los procedimientos diagnósticos que deberá manejar en su futuro más próximo. Dicho aprendizaje del alumno se relaciona con actividades importantes como las planificaciones quirúrgicas, las vías de abordaje de una lesión, la exploración clínica y el proceso de diagnóstico que implican, aunque a diferentes niveles, a todos los estudiantes y profesionales de las Ciencias de la Salud incluidos en un contexto en el que, ya sea en el periodo formativo o en el periodo de actividad laboral, nuestro Proyecto puede ser aplicado.

Pensamos que este recurso constituye una herramienta docente complementaria muy útil para comprensión morfológica del sistema osteológico. Los sistemas de análisis de imagen 3D, con los equipamientos informáticos actuales, nos han permitido llevar a cabo 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. Por último, creemos que la utilización de esta herramienta en un escenario de metodología activa y mediante la aplicación de un sistema de aprendizaje cooperativo provocaría un mayor rendimiento en el proceso de enseñanza aprendizaje de los alumnos

Autoevaluación de la experiencia

El Proyecto desarrollado va a ser utilizado en las diferentes Licenciaturas y Diplomaturas en las que Área de Anatomía imparte docencia no sólo en la Universidad de Granada sino también en la de Jaén debido a al colaboración anteriormente descrita. Esto es posible debido una de las principales características del Proyecto como es su flexibilidad ya puede ser adaptado a los diferentes niveles necesarios dependiendo de las necesidades de los alumnos. Así, mientras que la referencia patológica será de enorme importancia para los Licenciados en Medicina, el conocimiento de las inserciones musculares y la disposición muscular será el elemento fundamental en los estudios de Fisioterapia. Esto va a suponer una valoración del Proyecto por parte de una gran cantidad de alumnado (ver anteriormente) que se encuentra planificado para el próximo año y que redundará en la mejora del sistema.

Valoración Final

Esta nueva herramienta para el aprendizaje y la aplicación de los conocimientos morfológicos en la actividad profesional de nuestros alumnos debe ir acompañada, sin embargo, de una eficaz planificación en cuanto a su aplicación en el proceso enseñanza aprendizaje. Son muchas las nuevas herramientas que aparecen con el objetivo de modificar la tradición anatómica docente y no menos las que fracasan por no ser adecuada su aplicación en lo que a metodología docente se refiere. Nos encontramos en la fase de su aplicación en nuestro ámbito docente en el que nos planteamos su utilización como una metodología activa. En primer lugar, pretendemos establecer cuales son los objetivos de aprendizaje que variarán dependiendo del contexto docente en el que sean utilizados; dada la participación de Profesores de diferentes disciplinas y estudios, podremos obtener conclusiones de la aplicabilidad y rendimiento de nuestra aplicación en diferentes ámbitos y con diferentes niveles de aprendizaje. En segundo lugar, deberemos establecer el papel activo de alumno de forma que éste sea corresponsable de su aprendizaje. Finalmente deberemos evaluar este proceso. Pensamos que nuestra aplicación puede ser eficaz planteada como un sistema que apoye y sea utilizada en una aprendizaje cooperativo basado en el trabajo conjunto de los miembros de pequeños grupos de alumnos. Nuestra aplicación permite un acercamiento muchos más fácil, cómodo e interactivo con una parte de la materia de Anatomía de especial dificultad como es la osteología y al mismo tiempo de especial relevancia, por la necesidad de reconocer las pruebas diagnósticas basadas en la imagen, elementos que nos indican patologías y que conducen a la aplicación de una técnica terapéutica. Pensamos que la planificación de la tarea a realizar por parte del Profesor sobre el material expuesto y el desarrollo del trabajo por parte de los alumnos de forma colectiva, coordinada e interdependiente es la forma más adecuada de incluir nuestro material en el proceso de enseñanza ya que este enfoque reúne todas las características de una enseñanza centrada en el alumno que tiene que actualizar sus recursos y sus conocimientos para resolver una tarea en la que va a tener que contar con los recursos de otros compañeros. Este elemento garantiza el desarrollo de habilidades básicas de relación importantes para el desempeño laboral y además exige del alumno que se comprometa con su propio aprendizaje; alejándonos del papel pasivo que normalmente adquiere

Finalmente, creemos que para que el proceso tenga éxito deberá acompañarse de una eficaz estructuración de las sesiones para que el trabajo de los grupos sea cooperativo. Será imprescindible que se cree una interdependencia positiva entre los elementos del grupo aunque la evaluación sea doble por una parte individualizada y por otra grupal. De igual forma, la revisión periódica del sistema con identificación de problemas y la generación de una dinámica de auto-evaluación permitirá obtener los objetivos planteados

Bibliografía de consulta

Álvarez, A., Gold, G. E., Tobin B., Desser, T.S. Software tools for interactive instruction in radiologic anatomy. *Acad Radiol*, 13:512-517, 2006

Inzunza, O., Bravo, H. Impacto de dos programas computacionales de anatomía humana en el rendimiento del conocimiento práctico de los alumnos. *Rev Chil Anat* 17:205-209, 1999

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

Morton, D. A., Foreman, K. B., Goeden P. A., Bezzant, J. L., Albertine, K.H. TK3 eBook software to author, distribute, and use electronic course content for medical education. *Adv Physiol Educ* 31:55-61, 2007

Pommert, A. Computer-based anatomy a prerequisite for computer-assisted radiology and surgery. *Acad radiol.*, 13:104-112, 2006

Torre, D, Pfeifer, K.J, Lamb, G.C., Walters, M.P., Sebastian, J.L., Simpson, D.E. An Assessment of the Impact of Multimedia, Technology-Based Learning Tools on the Cardiac Auscultation Skills of Third-Year Medical Students. *Med Educ Online* 9:22, 2004

Trelease, R.B. Toward virtual anatomy: a stereoscopic 3-D interactive multimedia computer program for cranial osteology. *Clin Anat*, 9: 269-272, 1996