

# Enseñanza Remota de Conceptos Anatómicos y Funcionales del Sistema Músculo Esquelético

C. A. Diaz<sup>1</sup>, H. Trefftz<sup>2</sup> y F. Pineda<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidad EAFIT- Escuela de Ingeniería de Antioquia – Universidad CES /Laboratorio de Realidad Virtual – Laboratorio de Biomecánica, Investigador, Medellín, Colombia

<sup>2</sup> Universidad EAFIT/Laboratorio de Realidad Virtual, Docente/Investigador, Medellín, Colombia

<sup>3</sup> Escuela de Ingeniería de Antioquia – Universidad CES/ Grupo de Investigación en Ingeniería Biomédica, Docente/Investigador, Envigado, Colombia

**Abstract— In this paper we present the results of using a virtual content developed inside a telepresence application. The application combines video-conference with networked virtual environment allowing an instructor and a group of students to manipulate a virtual object in a collaborative manner. The virtual environment describes bones and muscular structures in order to support teaching of musculoskeletal concepts in a remote physiology class. The virtual environment simulates the movement of flexion and extension of the elbow and the muscular contraction. Current preliminary results show that the content developed within telepresence application can compensate for the lack of physical presence of the instructor in the classroom.**

**Palabras claves— Ambiente Virtuales Colaborativos, Enseñanza Remota, Sistema músculo esquelético, Ambientes virtuales Distribuidos, Telepresencia.**

## I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años se han realizado importantes esfuerzos con el fin mejorar la enseñanza de la anatomía y el funcionamiento del cuerpo humano, al igual que el entrenamiento de habilidades y destrezas requeridas para intervenciones quirúrgicas [1] o procedimientos en salas de urgencias [2]. Una de las más difíciles tareas en el aprendizaje de la anatomía de estructuras óseas y su funcionalidad en conjunto con las estructuras musculares, es comprender las relaciones visuales y espaciales tridimensionales de dichas estructuras, así como el rol que juega cada uno de los músculos en la generación del movimiento [3].

Tradicionalmente, cadáveres e ilustraciones 2D con etiquetas para identificar estructuras han sido usados con el fin de integrar cognitivamente información anatómica. Sin embargo, estas herramientas limitan la perspectiva de las estructuras anatómicas al plano bidimensional y no facilitan su explicación funcional. A diferencia de estos métodos tradicionales, las simulaciones de realidad virtual permiten a los usuarios observar la anatomía desde un amplio rango de puntos de vista y adicionar un determinado comportamiento

a cada una de las estructuras, lo cual mejora la explicación de la fisiología relacionada con dicha estructura. Por otra parte, muchas veces la enseñanza de estos conceptos es infructuosa por la dificultad de tener un experto en el campo en ciertas regiones geográficas e igualmente algunas herramientas de educación remota o tele-conferencia no ofrecen las características apropiadas para igualar el nivel de enseñanza logrado de una manera presencial.

Esta investigación está dirigida al uso de avances en las tecnologías de la información y en el área de la realidad virtual para el desarrollo de una herramienta de enseñanza remota que aplique conceptos concernientes al sistema músculo-esquelético y de esta manera llegar a proponer una solución a los dos problemas mencionados anteriormente, la limitante geográfica y la limitante didáctica e interactiva.

## II. MATERIALES Y METODOS

### A. Trabajos relacionados.

Hay varios trabajos desarrollados con el fin de mejorar la enseñanza de conceptos anatómicos en general, a continuación resumiremos algunos de ellos.

El AnatLine es una aplicación desarrollada por la *National Library of Medicine* la cual es un buscador anatómico y una base de datos en línea. El buscador anatómico proporciona imágenes prerenderizadas de modelos 3D que el usuario puede usar para navegar a través de la región del torax del cuerpo [4].

Por otra parte, el sistema “Web-based three-dimensional Virtual Body Structures” (W3D-VBS) es un sistema de entrenamiento anatómico basado en realidad virtual para la enseñanza de la anatomía humana sobre Internet cuya arquitectura es de la forma cliente servidor. Los usuarios pueden realizar un recorrido virtual del cuerpo completo mientras exploran y manipulan rebanadas y un volumen de interés determinado. Además a través de un dispositivo háptico

como el phantom permite palpar la estructura visualizada [5].

En [2] fue desarrollado un ambiente de simulación y entrenamiento médico. En dicho ambiente se realizó una simulación de un paciente interactivo que permitía a los estudiantes dinámicamente determinar los resultados del escenario, tratando de crear situaciones comunes en una sala de emergencias. El ambiente permitía desarrollar colaborativamente las tareas necesarias sobre el paciente virtual, y además la evaluación remota de un experto.

Por último, el ambiente de simulación “Virtual interactive musculoskeletal system” VISM es un de los primeros ambientes de realidad virtual donde se emula el comportamiento y la funcionalidad del sistema músculo esquelético. Este sistema esta orientado a la investigación, educación del área de biomecánica y ortopedia y además como herramienta clínica de planeación [3]. Existen otras investigaciones que hacen uso de realidad virtual y realidad mixta con el fin de facilitar el aprendizaje de ciertos conceptos, una buena revisión puede ser encontrada en [6]. Por otra parte en el laboratorio de realidad virtual de la Universidad EAFIT se desarrolló una herramienta que aplica realidad aumentada para la enseñanza de conceptos espaciales de Cálculo [7] y [8].

Nuestro trabajo difiere de los anteriormente presentados en que usa una herramienta colaborativa para la educación sincrónica a distancia, la cual resalta la importancia del instructor en el proceso de aprendizaje, al igual que la interacción estudiante instructor. Por otra parte, el ambiente virtual desarrollado tiene algunos elementos funcionales que emulan el comportamiento de las estructuras anatómicas.

### B. Aplicación Telepresencia

Para la enseñanza de los conceptos anatómicos y funcionales del sistema músculo esquelético se desarrolló un contenido en Java 3D el cual era cargado, visualizado y distribuido con la ayuda de la aplicación Telepresencia, en la figura 1 se puede observar la arquitectura de la aplicación [9]. La herramienta de Telepresencia es una aplicación desarrollada en Java que hace uso de ambientes Virtuales Colaborativos como herramienta de apoyo para procesos de enseñanza y aprendizaje de nivel universitario. Básicamente la aplicación está compuesta por los siguientes tres ambientes [9]:

*Ambiente de Diapositivas:* Este ambiente permite utilizar ayudas visuales tipo diapositivas para apoyar el desarrollo de la sesión. Los controles para el manejo de las diapositivas sólo están presentes en la aplicación que corre el profesor. Cuando el ambiente de diapositivas está activo, el ambiente de Realidad Virtual no y viceversa.

*Ambiente de Teleconferencia:* El ambiente de teleconferencia implementa la captura y reproducción del video y audio local y remoto. Se desarrolló a partir de la API JMF (Java Media Framework). Además Telepresencia permite que el usuario pueda variar la calidad del video y el audio dependiendo de la conexión de la que se disponga.

*Ambiente de Realidad Virtual:* Este módulo consiste en un ambiente virtual colaborativo en el cual tanto el profesor como el estudiante pueden interactuar con objetos 3D compartidos, los cuales dependen del contenido específico a utilizar. Los participantes tienen conocimiento de la ubicación y/o atención de su contraparte en el ambiente virtual gracias a objetos teleapuntadores (flechas 3D). El profesor puede interactuar con el ambiente virtual con un sensor de posición electromagnético (Polhemus). Cada contenido que se carga en el ambiente de Realidad Virtual consta de dos partes: un panel donde se muestran los objetos 3D (panel de realidad virtual) y otro panel el cual contiene los elementos que controlan el ambiente virtual.

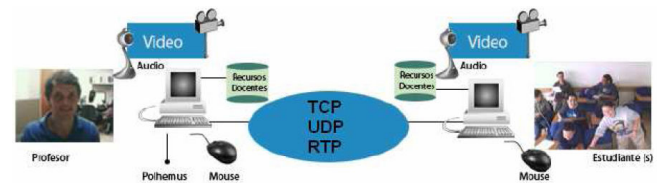


Fig. 1 Arquitectura general de la aplicación.

### C. Contenido Desarrollado.

El contenido desarrollado consiste de un modelo 3D de estructuras óseas y musculares que interactúan entre sí. Los conceptos que deseaban ser enseñados por medio de este contenido son los tipos de contracción (isométrica, excéntrica y concéntrica), coordinación muscular (motores primarios, motores secundarios, neutralizadores y fijadores) y finalmente el significado funcional de antagonismo y agonismo.

Los conceptos mencionados anteriormente serían tratados a partir del movimiento de flexión y extensión de la articulación del codo, por tal razón se cargaron modelos de la escápula, el húmero, el cúbito y el radio, que eran las estructuras directamente involucradas con el movimiento. Sin embargo, para mejorar la relación espacial que el estudiante captaba del cuerpo humano en la simulación y por lo tanto su calidad, se adicionaron modelos de las vértebras, costillas, esternón y clavícula. Cada estructura ósea era fácilmente distinguida por un color diferente, como puede ser observado en la figura 2.

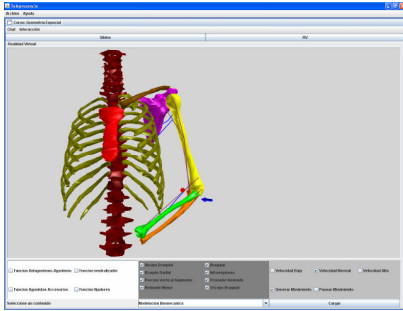


Fig. 2 Visualización del modelo de estructuras óseas y musculares usada para la simulación.

Igualmente en la figura 2 se pueden ver las estructuras musculares involucradas en el movimiento de flexión – extensión de la articulación del codo. En total se usaron ocho estructuras musculares las cuales eran simuladas por medio de líneas gruesas que se alargaban o acortaban durante el ciclo de movimiento, además dependiendo del rol que jugaba el músculo en el movimiento articular, cambiaban o no de color. En la tabla 1 se puede observar la lista de músculos y los roles que cada uno juega durante el movimiento.

Por otra parte la interacción con el contenido desarrollado se llevaba a cabo mediante un teleapuntador cuyo movimiento es descrito por medio de un rastreador electromagnético. Igualmente, el panel de control relacionado con el contenido estaba compuesto por tres subpaneles los cuales controlaban las estructuras musculares, conceptos funcionales y finalmente el estado de la simulación.

Tabla 1 Lista de músculos usados durante la simulación y rol de cada uno en el movimiento.

Nombre Músculo	Rol
Braquío Radial	Motor Secundario
Bíceps Braquial	Motor Primario
Tríceps Braquial	Antagonista
Pronador Redondo	Neutralizador
Redondo Menor	Fijador
Infraespinoso	Fijador
Braquial	Motor Primario
Porción Vertical Supinador	Motor Secundario

#### D. Configuración experimental

La hipótesis que se propone probar a través del contenido desarrollado para Telepresencia, es determinar si por medio de una clase no presencial se logra obtener el mismo nivel

de aprendizaje que con una clase presencial que haga uso de métodos de enseñanza tradicionales. Varios experimentos han sido llevados a cabo con la herramienta telepresencia, donde se ha comprobado su utilidad para la educación remota de cursos como Electricidad y electromagnetismo y Computación Gráfica [9].

Con el objetivo de probar nuestra hipótesis, se desarrolló una prueba experimental. Se conformaron dos grupos de estudiantes de Ingeniería Biomédica que no tenían conocimientos previos referentes a conceptos relacionados al sistema músculo-esquelético, el objetivo del curso era que los estudiantes aprendieran conceptos básicos de la anatomía y fisiología del sistema músculo-esquelético. El primer grupo, que llamaremos grupo de control, estaba conformado por 15 estudiantes y la sesión de enseñanza sería realizada con el profesor presencialmente y mediante las ayudas didácticas tradicionales. El segundo grupo, que llamaremos grupo experimental, estaba conformado por 10 estudiantes y la sesión de enseñanza sería realizada a través de la herramienta de Telepresencia con el profesor ubicado remotamente. La sesión educativa y la evaluación fue realizada por el mismo profesor y cada una tuvo una duración de dos horas. A los dos grupos se les evaluó mediante un pre-examen para determinar el nivel de conocimiento en el que se encontraban antes de la sesión educativa, y posteriormente se les evaluó con un post-test el cual determinaba el nivel de enseñanza logrado posterior a la sesión educativa.

Con respecto a la configuración física. Cada una de las estaciones de trabajo la del instructor y el grupo de estudiantes contaba con un computador, una cámara Web, un micrófono y un par de altavoces. A diferencia de los estudiantes el profesor además contaba con un rastreador electromagnético el cual le servía como apuntador dentro del ambiente virtual. Los estudiantes se encontraban en un salón y la imagen de la aplicación era proyectada por un videobeam. La conexión entre las dos estaciones de trabajo era realizada por medio de la red de área local de la Universidad.

### III. RESULTADOS Y DISCUSION

Como fue mencionado en la configuración experimental, los estudiantes de ambos grupos, el de control y el experimental presentaron un pre-examen antes de realizar la clase. En la figura 3 se presentan los resultados arrojados por el pre-examen. Ambos exámenes, el pre-examen y el pos-examen consistían de un conjunto de 20 preguntas de selección múltiple. Las preguntas evaluaban cada uno de los conceptos tratados durante la prueba educativa. El promedio de

calificación del grupo de control y experimental después de realizar el pre-examen fue de 2,0 y 1,8 respectivamente, lo que mostró que ambos grupos estaban en un nivel de conocimiento similar con respecto al tema. En la figura 3, se puede observar el porcentaje de estudiantes que obtuvo cada una de las calificaciones, en los dos grupos. Posteriormente, se realizó la sesión de aprendizaje bajo cada una de las modalidades dependiendo del grupo. En la figura 4 se puede observar el porcentaje de estudiantes que obtuvo cada una de las calificaciones, en los dos grupos. El promedio de calificación del grupo de control y experimental después de realizar el pos-examen fue de 3,2 y 3,8 respectivamente.

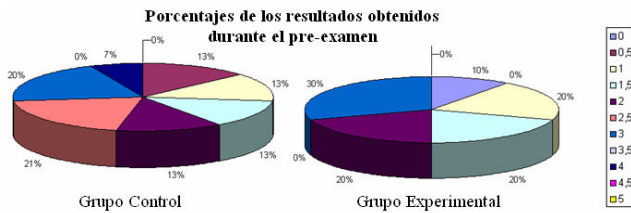


Fig. 3 Porcentaje de estudiantes por puntaje alcanzados en el pre-examen por el grupo de control y experimental.

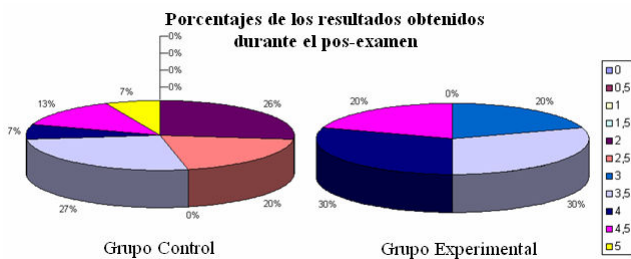


Fig. 4 Porcentaje de estudiantes por puntaje alcanzados en el pos-examen por el grupo de control y experimental.

Después de la sesión, los estudiantes del grupo experimental llenaron unos cuestionarios acerca de la herramienta y acerca de su impacto en la comprensión de cada uno de los conceptos. Varios estudiantes reportaron que la herramienta y el contenido les ayudó a entender más rápido y fácil cada uno de los conceptos que el profesor trataba durante la sesión.

#### IV. CONCLUSIONES

Con base en los resultados se puede concluir que el grupo experimental, obtuvo mejores resultados en el pos-examen que el grupo de control, esto nos podría indicar alguna potencialidad educativa en el contenido desarrollado y la aplicación Telepresencia, jugando un rol importante durante

la sesión remota. Sin embargo, con el fin de comparar el nivel de aprendizaje logrado por los dos métodos de enseñanza es necesario plantear una metodología de seguimiento más robusta y aplicarla sobre un número mayor de grupos. Por otra parte, a partir del desarrollo de este primer contenido para la enseñanza de conceptos anatómicos y funcionales del cuerpo humano, nos proponemos a mejorar la modelación de la contracción de las estructuras musculares, ya que hasta el momento solo se acortan y alargan y cambian de color. Por otra parte, también adicionaremos algunos elementos relacionados no tan solo con la funcionalidad del sistema musculoesquelético sino también con la componente biomecánica del mismo, por ejemplo adicionando fuerzas de contacto, fuerzas musculares y fuerzas articulares, con el fin de usarlo no solo como herramienta de un curso como morfo-fisiología sino también de biomecánica en un futuro.

#### REFERENCIAS

1. Cavusoglu, M., Goktekin, T., Tendick, F. y Sastry, S. (2004) GiPSi: An open Source/Open Architecture Software Development Framework for Surgical Simulation. In proceedings of Medicine Meets Virtual Reality XII (MMVR 2004), Newport Beach, CA, January 14-17, 2004, pp. 46-48.
2. Alverson D, Saiki S, Caudell T et al. (2005) Distributed Immersive Virtual Reality Simulation Development for Medical Education. IASME 2005, 15:19-30.
3. Chao E, Armiger R, Yoshida H, et al (2007) Virtual Interactive Musculoskeletal System (VISM) in Orthopaedic Research, Education and Clinical Patient Care, Journal of Orthopaedic Surgery and Research, 2:2-21.
4. AnatLine, disponible on line: <http://anatline.nlm.nih.gov/>.
5. Temkin B, Acosta E, Hatfield P, Ornal E, Tong A (2002) Web-Based Tridimensional Virtual Body Structures: W3D-VBS. Journal of American Medical Informatics Association, Vol . 9 No. 5, pp 425-436.
6. Pan Z, Cheok D, Yang H et al. (2006) Virtual Reality and mixed reality for virtual learnign environments. Computer & Graphics, 30 (2006) 20-28.
7. Alvarez N., Jaramillo J.E., Trefftz H, et al. (2003) Augmented Reality for Teaching Multi-variate Calculus. In proceedings of the Second International Conference on Multimedia and ICTs in Education (M-ICTE 2003), Badajoz, Spain. Pp 1271-1275.
8. Orozco C., Esteban P., y Trefftz H. (2006) Collaborative and Augmented Reality in Teaching Multi-Variate Calculus. In Proceedings of IASTED conference on Web Based Education (WBE). Puerto Vallarta Mexico.
9. Restrepo J, Trefftz H., (2005) Telepresence Support for Synchronous Distance Education. In Proceedings of the ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology (VRST). Monterrey, USA.

Autor: Christian Andres Diaz Leon  
 Instituto: Universidad EAFIT  
 Calle: Carrera 49 N° 7 Sur - 50  
 Ciudad: Medellín  
 País: Colombia  
 E-mail: cdiazleo@eafit.edu.co