

La terapia robótica en la rehabilitación desde un marco pedagógico

Elio Hermis Castellanos-Lesmes

Licenciado. Facultad de Cultura Física. Universidad de Oriente. Cuba
ecastellanos@uo.edu.cu

Rodolfo Compta-Palancar

Licenciado. Facultad de Cultura Física. Universidad de Oriente. Cuba
palancar@uo.edu.cu

Manuel Alejandro Romero-León

Doctor en Ciencias. Vicedecano de Extensión Universitaria. Universidad de Oriente. Cuba
magoale@uo.edu.cu

Recibido: 8/06/2020
Aprobado: 6/07/2020
Publicado: 1/10/20

Resumen: Numerosas ventajas facilita un equipo mecatrónico como herramienta eficaz, no solo en la rehabilitación de enfermos; sino también en la educación e instrucción de estudiantes, terapeutas y pacientes. De acuerdo con la dificultad y desmotivación que tienen los educandos cuando abordan los materiales bibliográficos y las explicaciones teóricas, estos articulistas consideran oportuno el uso de un exoesqueleto mecánico con la intención de facilitar no solo la comprensión del tema sino de lograr su motivación al sentirse estos más implicados en el proyecto que realizan y con las ventajas que el mismo les proporciona. Asimismo, su aplicación replantea y formula nuevas metodologías en el proceso de enseñanza-aprendizaje de los contenidos de carácter teórico, debido a que el exoesqueleto ajustable permite el control de una amalgama de movimientos del hombro, brazo y mano. Su uso posibilita un ambiente de aprendizaje interdisciplinario, en el que los estudiantes adquieren habilidades para estructurar investigaciones y resolver problemas concretos, además de formar personas con capacidad para desarrollar nuevas habilidades, nuevos conceptos y responder eficientemente a los entornos cambiantes del mundo actual.

Palabras clave: exoesqueleto mecánico, máquina móvil, proceso de enseñanza-aprendizaje, terapia robótica, rehabilitación

Robotic Therapy in Rehabilitation from a Pedagogical Framework

Abstract: Mechatronic equipment as an effective tool provides numerous advantages, not only in the rehabilitation of patients; but also in the education and instruction of students, therapists and patients. According to the difficulty and demotivation that the students have when they approach the bibliographic materials and the theoretical explanations, these writers consider appropriate using a mechanical exoskeleton with

the intention of facilitating not only the topic's understanding but also, for achieving the students' motivation at the time they get more involved in the project they carry out and with the advantages that it provides them. Likewise, its application reconsiders and formulates new methodologies of theoretical contents in the teaching-learning process, due to the fact that the adjustable exoskeleton allows the control of a combination of movements of the shoulder, arm and hand. Its use enables an interdisciplinary learning environment, in which students acquire skills to structure research and solve specific problems, in addition to training people with the capacity to develop new skills, new concepts and respond efficiently to the changing environments of today's world.

Keywords: mechanical exoskeleton, mobile machine, teaching-learning process, robotic therapy, rehabilitation

Terapia robótica na reabilitação a partir de um quadro pedagógico

Resumo: Inúmeras vantagens fornecem equipamentos mecânicos como uma ferramenta eficaz, não apenas na reabilitação de pacientes; mas também na educação e instrução de estudantes, terapeutas e pacientes. De acordo com a dificuldade e desmotivação que os alunos têm quando se aproximam dos materiais bibliográficos e das explicações teóricas, esses autores consideram adequado o uso de um exoesqueleto mecânico com o objetivo de facilitar não apenas a compreensão do assunto, mas também alcançar sua motivação, sentindo-os. mais envolvidos no projeto que realizam e com as vantagens que isso lhes proporciona. Da mesma forma, sua aplicação repensa e formula novas metodologias no processo de ensino-aprendizagem de conteúdo teórico, devido ao fato de o exoesqueleto ajustável permitir o controle de uma amálgama de movimentos do ombro, braço e mão. Seu uso permite um ambiente de aprendizado interdisciplinar, no qual os alunos adquirem habilidades para estruturar pesquisas e resolver problemas específicos, além de treinar pessoas com capacidade para desenvolver novas habilidades, novos conceitos e responder de forma eficiente aos ambientes em mudança do mundo de hoje.

Palavras-chave: exoesqueleto mecânico, máquina móvel, processo ensino-aprendizagem, terapia robótica, reabilitação

Introducción

Actualmente, el avance tecnológico se ha convertido en un medio fundamental para el desarrollo y estudio de diversas ciencias, debido a las innumerables ventajas que se obtienen a través de su utilización. Si se observan y analizan los cambios que se producen de manera continua en la sociedad, se llega a la conclusión segura de que la tecnología tiene el papel primordial en cuanto al paradigma vigente que se vive en el día de hoy. Son muchos los avances que se aplican en disímiles profesiones, por lo que el docente no es la excepción, sino que este debe mezclar la enseñanza tradicional con las nuevas tecnologías, para crear así una nueva

metodología donde la transmisión de información sea más fácil y novedosa. De este modo, se le proporciona al alumnado algo más que pizarras y libros de texto como medios para la enseñanza-aprendizaje. Sin embargo, aún no existen conclusiones determinantes respecto a la utilización de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) como medios didácticos, pese a la creencia —no cuestionada por estos autores— de que las mismas resultan extraordinarios recursos facilitadores, siempre que sean bien utilizados. Se trata, en definitiva, de generar propuestas viables para el uso de las TIC desde una perspectiva enriquecedora, capaz de mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje y, por tanto, cuestionarse acerca de cómo ayudan a que se logren los objetivos educativos previstos en un programa de formación.

Desde el punto de vista médico, la terapia robótica ha sido objeto de estudio profundo como, por ejemplo, Rodríguez *et al.*, (2014) analizan los distintos dispositivos robóticos de miembro superior, con el fin de clasificarlos y llevar a cabo una descripción de sus principales características; igualmente, Magaña (2016), a partir de una revisión bibliográfica introduce la rehabilitación robótica para el tratamiento de la enfermedad vascular cerebral.

Por otro lado, Ramírez (2020) expone la utilización de un dispositivo nombrado exoesqueleto robótico aplicado a la terapia física controlado mediante Bluetooth para la rehabilitación de pacientes, y Meneses y Peñaloza (2017) valoran la efectividad de la terapia robótica en la función de la mano espástica del adulto con hemiplejía. Todas estas investigaciones motivan la importancia de la utilización de la terapia robótica y de las nuevas tecnologías en el propio proceso de enseñanza-aprendizaje, así como del uso de medios que hagan más accesible y motivador el mismo.

En la enseñanza-aprendizaje, el profesor debe tener dominio de todos sus componentes para lograr una mejor interactividad y una mayor comunicación. También, debe precisar y explotar al máximo las potencialidades educativas brindadas por cada uno de ellos, para alcanzar la formación integral de los educandos. Los medios de enseñanza se conciben como los componentes del proceso de enseñanza-aprendizaje que actúan como vía de comunicación y sirven de soporte a los métodos de enseñanza que posibilitan el resultado de los objetivos planteados.

Los ordenadores y equipos apropiadamente programados e implementados revolucionan la enseñanza y mejoran el aprendizaje con la misma profundidad que se han revolucionado otros

ámbitos (Dede, 2000). Al mismo tiempo, el uso de la tecnología introduce nuevas formas de enseñanza y aprendizaje que implican cambios en lo que respecta a qué aprender y en lo que hacen los estudiantes y profesores dentro y fuera de las aulas. Las TIC se encuentran en el centro de las competencias y habilidades necesarias para asegurar el aprendizaje a lo largo de la vida. La introducción de estas en el contexto educativo ha impulsado a la pedagogía y estimulado al sistema escolar en la búsqueda de nuevos caminos para aprender.

Para que un medio de enseñanza resulte eficaz, no basta con que se trate de un buen material, ni tampoco es necesario que sea de última tecnología, sino que cuando se selecciona, además de su calidad, hay que considerar en qué medida sus características específicas están en consonancia con aspectos curriculares del contexto educativo. Los medios de enseñanza estimulan los procesos lógicos del pensamiento; apoyan la ejecución de importantes actividades mentales que favorecen la evaluación crítica de los resultados del pensamiento propio y ajeno; y hacen comprensibles las relaciones causa-efecto de los procesos y fenómenos de la realidad a través de simulaciones.

Salas (1998) expone que los medios de enseñanza aprovechan potencialmente los órganos sensoriales, y añade que la mayor parte de lo que el hombre aprende le llega desde los sentidos visual y auditivo, por lo que mediante su empleo se logra una mayor permanencia en la memoria de los conocimientos adquiridos, de ahí que resulta más efectivo el método audiovisual, sobre todo cuando se dice, discute y realiza una actividad. Por tanto, estos articulistas razonan que la elaboración y utilización de materiales mecatrónicos de apoyo a la docencia lograrán integrar los contenidos y vincularlos con la práctica, y que es pertinente elaborar un sistema de medios de enseñanza que contemple los contenidos de las diferentes asignaturas propias de la carrera. Esto incrementa la calidad del aprendizaje y mejora el aprovechamiento del tiempo por los estudiantes.

Métodos

Para determinar la pertinencia de la investigación se tomaron dos estudiantes de fisioterapia al azar del Instituto Superior de Ciencias Médicas de Santiago de Cuba. Antes de comenzar, se aplicó una entrevista, por medio de la cual se determinó que sus conocimientos acerca de la robótica eran prácticamente nulos; no obstante, mostraron gran interés sobre el tema. Se realizó la

revisión de documentos junto con la especialista a cargo de la Sala de Rehabilitación del Hospital General Docente Dr. Juan Bruno Zayas de Santiago de Cuba, la Dra. Marcia Sandra Hernández Zayas, lo que permitió conocer el estado real del paciente que se investigaría a través del trabajo con el exoesqueleto mecánico. Cabe destacar que dicho equipo robótico parte de un proyecto entre el hospital ya mencionado y la Universidad de Oriente, el cual obtuvo reconocimiento y premio a nivel nacional.

Resultados

Esta interacción entre los estudiantes y el paciente durante dos meses, no solo les aportó conocimientos sobre rehabilitación sin necesidad de apoyarse en medios bibliográficos, sino que se formaron valores como el humanismo, el compañerismo y la responsabilidad; todos ellos necesarios en un trabajador del sector de la salud. El intercambio directo con el sujeto, medio y proceso tuvo una repercusión muy positiva en cuanto a la motivación, ya que quedó evidenciada al encomendarles tareas al paciente y su familiar para realizar en el hogar. La aplicación de un nuevo medio de enseñanza evidenció una mayor independencia en la adquisición de conocimientos por parte de los alumnos participantes. El éxito de esta investigación radicó en asegurar actividades que favorecieran:

La relación entre los aspectos teóricos de la profesión y su aplicación en la práctica.

La relación entre profesor-alumno-paciente en las actividades propuestas.

El trabajo colectivo de los educandos para unificar criterios.

La actividad pedagógica por medio del exoesqueleto permitió desarrollar nociones y habilidades de forma creadora en la medida que se ganó en rapidez y calidad, así como lograr la interacción con los elementos que lo conforman y establecer aspectos de la realidad práctica para aumentar las posibilidades cognoscitivas del alumno como sendero para motivarlos hacia las particularidades de su profesión.

La novedad de esta investigación radicó en la utilización de un equipo mecatrónico para la enseñanza de la realización de ejercicios físicos, lo cual se convirtió en una orientación pedagógica innovadora, moderna y actual para su utilización posterior en el desarrollo educativo de futuros fisiatras y rehabilitadores.

Análisis de la investigación

1.Simbólico y formal

La interacción con los exoesqueletos mecánicos se basa en una correspondencia precisa entre una acción y un resultado. Esta interacción exige una manipulación de símbolos (informáticos, icónicos, matemáticos y médicos) más o menos conocidos y accesibles según los casos.

2.Dinámico

El referido medio permite el despliegue en tiempo real de un proceso en el que cambian diferentes parámetros. Estos cambios pueden ser de orden perceptivo, cinético y psicológico (dolor, sensaciones, movimientos, sentimientos afectivos) para obtener varios resultados en el campo de la medicina, la informática y la pedagogía.

3.Integración de diferentes campos científicos. (Multidisciplinariedad)

El exoesqueleto mecánico, más que ningún otro medio, permite la presentación y el tratamiento de diversos tipos de campos como (Matemáticas, Mecánica, Biomecánica, Informática y Automatización, Neurorrehabilitación y Cultura Física). Pero el elemento más innovador y enriquecedor para el alumno no es la variedad de campos que el medio puede vincular, sino la facilidad con que puede pasar de un tipo de representación a otro.

4. Interactividad

Este medio, a diferencia de otros medios de comunicación e información (televisión, smartphome, PC), permite que se establezca una relación estrecha entre la teoría y la práctica dentro del proceso de enseñanza. Esta interacción se crea de distintas maneras: desde un estudio minucioso de la teoría para desarrollar una variedad de movimientos que tributen a un fin específico, o simplemente la recopilación de informaciones que guían al alumno a la cuantificación de datos cualitativos que reúna. De esta manera, se logra una mayor comprensión de los conocimientos teóricos y una participación activa del alumno, que conduce a un aprendizaje más autónomo. Igualmente, se acrecienta su motivación, pues al sentirse partícipe de lo que produce y darse cuenta de que controla en cierto grado las informaciones, se siente más implicado en el proyecto que realiza.

Solo por mencionar algunas ventajas que este medio proporciona, es posible referirse entonces a la posibilidad de una mayor adaptación a las características físicas de los usuarios; una

mayor flexibilidad para presentar el contenido a través de diferentes métodos; la fácil interconexión de información de diferente índole; el desarrollo de nuevas estrategias de aprendizaje; la mejora del pensamiento crítico y otras habilidades y procesos cognitivos superiores, entre otras. Pero las potencialidades del medio no se derivan únicamente de él, hay que asumir que interacciona en un contexto físico, tecnológico, psicológico, didáctico, médico y humano; factores que determinarán los resultados que se consigan con el mismo.

Las funciones del exoesqueleto mecánico dentro de la enseñanza

La funcionalidad del medio vendrá estipulada por las características y el uso que se haga de él, de su adecuación al contexto y la organización de las actividades de enseñanza. Sin embargo, se pueden señalar algunas funciones que serían propias de este medio (Marquès, 2013):

Función informativa: se presenta una información organizada de la realidad, la cual ayuda a los alumnos a que estructuren la información recibida.

Función instructiva: orienta el aprendizaje de los estudiantes, lo que facilita el logro de determinados objetivos educativos que hayan sido declarados previamente.

Función motivadora: los estudiantes se sienten atraídos por este tipo de material, ya que la programación y la estética incluyen elementos para captar la atención de los alumnos y mantener su interés; por lo que puede asumirse que ayuda a la motivación del aprendizaje.

Función evaluadora: con la corrección de errores del aprendizaje teórico, se puede decir que ofrece una evaluación parcial o continua.

Función investigadora: brinda diversos e interesantes ambientes donde investigar: buscar informaciones, relacionar conocimientos, adquirir conclusiones, así como compartir y difundir la información.

Función metalingüística: los educandos aprenden varios lenguajes propios, como el de la informática, la mecánica, la automática y la neurorrehabilitación.

Función lúdica: el trabajo con el exoesqueleto resulta un medio de entretenimiento para los alumnos dentro de la clase, con el cual se sienten más motivados y perceptivos ante el aprendizaje.

Función innovadora: permite concebir actividades muy diversas, a la vez que genera diferentes papeles, tanto en los profesores como en los alumnos, e introduce nuevos elementos organizativos en la clase.

Las funciones que desempeñan los medios en una situación didáctica se concretan en su capacidad innovadora, motivadora, estructuradora de la realidad, formativa y solicitadora u operativa. Cada una de estas características influye en la selección de los medios como recursos en los procesos de enseñanza-aprendizaje. Sin embargo, debe quedar claro que el medio nunca será la clave en la decisión de la estrategia metodológica que se utilizará en el proceso de enseñanza-aprendizaje, sino que solamente es un elemento adicional de apoyo a la interacción.

Discusión

Los resultados de la investigación parten de un plan de ejercicios orientados para la enseñanza de acciones físico-terapéuticas en personas afectadas con algún tipo de parálisis en el miembro superior del cuerpo, con el objetivo de ayudar en la comprensión, enseñanza y aprendizaje en el perfil del profesional de los sujetos de muestra.

Ejercicios realizados

1. Flexión y extensión del hombro: 2 secciones

a) Primera sección: 10 repeticiones con el exoesqueleto

b) Segunda sección: 10 repeticiones con los fisiatras (5 cada uno)

Deben simular el mismo ángulo y recorrido del movimiento realizado por el equipo, así como la misma velocidad

2. Ejercicio combinado: Flexión extensión del codo y rotación del húmero: 2 secciones

a) Primera sección: 10 repeticiones con el exoesqueleto

b) Segunda sección: 10 repeticiones con los fisiatras (5 cada uno)

Deben simular el mismo ángulo y recorrido del movimiento realizado por el equipo, así como la misma velocidad

3. Pronación y supinación de la mano: 2 secciones

a) Primera sección: 10 repeticiones con el exoesqueleto

b) Segunda sección: 10 repeticiones con los fisiatras (5 cada uno)

Deben simular el mismo ángulo y recorrido del movimiento realizado por el equipo, así como la misma velocidad

4. Abducción del hombro: 2 secciones

a) Primera sección: 10 repeticiones con el exoesqueleto

b) Segunda sección: 10 repeticiones con los fisiatras (5 cada uno)

Deben simular el mismo ángulo y recorrido del movimiento realizado por el equipo, así como la misma velocidad.

Conclusiones

La presencia de tecnologías en el aula de clase proporciona ambientes de aprendizaje interdisciplinarios donde los estudiantes conquistan habilidades para estructurar investigaciones y resolver problemas concretos, formar personas con capacidad para desarrollar nuevas habilidades, nuevos conceptos y responder eficientemente a los entornos cambiantes del mundo actual.

Durante el desarrollo del trabajo se encontró diversidad de opciones pedagógicas frente al uso de la robótica pedagógica y en los análisis finales se constató que la pretensión de un modelo único no solo era imposible, sino que la variedad encontrada indicaba mejores posibilidades de apropiación de la robótica en las prácticas pedagógicas.

Existen grandes diferencias y contradicciones con respecto a su incorporación en el aula de clase, sustentado en la afirmación de que no existen teorías completas que orienten este tipo de práctica educativa; no obstante, constituye una riqueza para las prácticas pedagógicas.

La robótica pedagógica es una disciplina que tiene por objeto la generación de ambientes de aprendizaje, basados fundamentalmente en la actividad de los estudiantes; ellos pueden concebir, desarrollar y poner en práctica diferentes proyectos que les permitan resolver problemas y les facilite el proceso de enseñanza-aprendizaje al mismo tiempo.

Referencias bibliográficas

DEDE, C. H. (2000). *Aprendiendo con tecnología*. Paidós.

<https://lenguayliteratura2007.files.wordpress.com/2007/04/dede.pdf>

MAGAÑA, P. L. (2016). Introducción a la rehabilitación robótica para el tratamiento de la

enfermedad vascular cerebral: revisión. *Revista Mexicana de Medicina Física y Rehabilitación*, 27(2), 44-48.

<https://www.medigraphic.com/pdfs/fisica/mf-2015/mf152c.pdf>

MARQUÈS, P. (2013). Impacto de las TIC en Educación: Funciones y limitaciones. *3 c TIC: cuadernos de desarrollo aplicados a las TIC*, 2(1), 2-15.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4817326>

MENESES, C. Y., Y PEÑALOZA, Y. D. (2017). *Efectividad de la terapia robótica en la función de la mano espástica del adulto con hemiplejía. Revisión sistémica*. [Maestría en Neurorehabilitación VI Cohorte. Informe final de investigación, Universidad Autónoma de Manizales]. <http://hdl.handle.net/11182/115>

RAMÍREZ, G. A. (2020). *Sistema de exoesqueleto robótico aplicado a la terapia física controlado mediante Bluetooth para la rehabilitación de pacientes*. [Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero en Electrónica en Control y Automatismo, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil].

<http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/14315>

RODRÍGUEZ, L., CANO, R., CUESTA, A., ALGUACIL, I. M., Y MOLINA, F. (2014). Terapia robótica para la rehabilitación del miembro superior en patología neurológica. *Rehabilitación*, 48(2), 104-128. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4803091>

SALAS, R. S. (1998). Los medios de enseñanza en la educación en salud. *Biblioteca de Medicina* (Vol. 23). Universidad Mayor de San Andrés.