

ANEXO 1

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA, LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO.

Bogotá, D.C. 3 de Diciembre de 2018

Señores
BIBLIOTECA GENERAL
Ciudad

Estimados Señores:

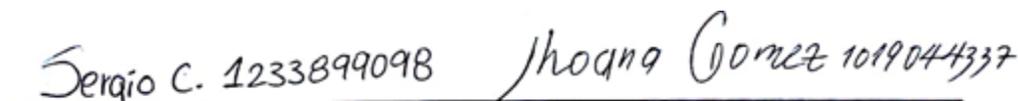
Yo

_____ Sergio Castro Castillo identificado con C.C No.1233899098 y Judith Johana Gómez Ruiz identificada con C.C No. 1019044337, autor(es) del trabajo de grado titulado: La producción de movimiento a nivel neurofisiológico: una revisión, presentado y aprobado en el año _____ 2018 _____ como requisito para optar al título de

Tecnólogo en entrenamiento deportivo; autorizo (amos) a la Biblioteca de la Corporación Universitaria CENDA para que con fines académicos, muestre a la comunidad académica la producción intelectual de la Corporación Universitaria CENDA, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo de grado en el catálogo bibliográfico de la Biblioteca y en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Institución.
- Se permite la consulta, reproducción, a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato CD-ROM o digital desde Internet, Intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, "**Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores**", los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.


Firma y documento de identidad

ANEXO 2

FORMULARIO DE LA DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE GRADO

TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO DE GRADO: La producción de movimiento a nivel neurofisiológico: una revisión

SUBTÍTULO, SI LO TIENE: _____

AUTOR O AUTORES

Apellidos Completos	Nombres Completos
Castro Castillo	Sergio
Gómez Ruiz	Judith Johana

DIRECTOR (ES)

Apellidos Completos	Nombres Completos
Soto	William German

JURADO (S)

Apellidos Completos	Nombres Completos
Bautista	Claudia Andrea

TRABAJO PARA OPTAR AL TÍTULO DE: Tecnólogo en entrenamiento deportivo

NOMBRE DEL PROGRAMA: Tecnología en entrenamiento deportivo
CIUDAD: Bogotá AÑO DE

PRESENTACIÓN DEL TRABAJO DE GRADO: 2018

NÚMERO DE PÁGINAS 38

TIPO DE ILUSTRACIONES:

- Mapas mentales
- Figuras

MATERIAL ANEXO (Vídeo, audio, multimedia o producción electrónica):

__Ninguna_____

PREMIO O DISTINCIÓN (*En caso de tener una mención especial*):

__Ninguno_____

DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS: Son los términos que definen los temas que identifican el contenido. (*En caso de duda para designar estos descriptores, se recomienda consultar con la Biblioteca en el correo biblioteca@cenda.edu, donde se les orientará*).

PALABRAS CLAVE

__Neurofisiología_____

__Movimiento_____

KEYWORDS

__Neurophysiology_____

__Movement_____

RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLÉS: (Máximo 250 palabras - 1530 caracteres):

La producción del movimiento al nivel neurofisiología se encuentra sustentando desde diversas teorías dispersas e inciertas, por eso el presente proyecto alberga un contenido de toda la información que se tiene hasta el momento sobre cómo se genera el movimiento con respecto al funcionamiento de las neuronas. Dentro de la literatura encontrada en el presente proyecto se describen los cuatro aportes teóricos más importantes y concretos: el primero habla sobre la producción de movimiento desde comandos de la medula espinal y desde las áreas motoras y premotoras 4, 6 y 8 de Broodman, según Suarez (2013), el segundo habla sobre la producción de movimiento a partir procesos del cerebelo según Llinás (2013), el tercero describe los tipos de movimiento y la forma en que estos son comandados en ciertas secciones que van desde la medula espinal y el cerebro según Calderón y Legido (2006) y el cuarto, quien induce la producción del movimiento a través de la neuronas espejo por medio de la observación de ejecuciones motoras de otros individuos según Lago (2012)

The moving production to the neurophysiology level is found from different dispersed and untrue theories, for that reason, the current project has a range regarding to all the information gotten until the moment about how the movement is produced related to neurons working. Based on the literature found in this project, the most important four theory's contribution and concrete ones: the first one talks about the movement production, from spinal cord commands and motor and pre-motor areas 4, 6 and 8 from Broodman,

according to Suarez (2013), the second one talks about movement production since the process of the cerebellum based on Línas (2013), as a third point, it describes the types of movement and the way they are ordered in certain sections of the spinal cord and the brain, according to Calderon and Legido (2006) and the fourth one, which induces the movement production through the mirror neurons by means of the observation of motor education of other members based on Lago (2012)

La producción de movimiento a nivel neurofisiológico: una revisión

Judith Jhoana Gómez Ruiz

Sergio Castro Castillo

Asesor:

Luis Cardozo

Trabajo de grado para obtener el título de:

Tecnólogo en Entrenamiento Deportivo

Corporación Universitaria Cenda

Bogotá

2018



BIBLIOTECA CENDA

Bogotá 3 de Diciembre de 2018

Señores

Biblioteca

Corporación Universitaria CENDA

Por medio de la presente hacemos entrega oficial del trabajo de grado para optar al título de Tecnólogo en entrenamiento deportivo titulado "La producción de movimiento a nivel neurofisiológico: una revisión", elaborada por el (los) estudiante(s) Sergio Castro Castillo, C.C 1233899098, Judith Johana Gómez C.C 1019044337 y presentado como requisito para optar al título de Tecnólogo en entrenamiento deportivo.

Cordialmente,

Firma C.C.

Sergio C. 1233899098 Johana Gomez 1019044337

Contenido

<u>1.</u>	<u>Formulación del problema</u>	<u>4</u>
<u>2.</u>	<u>Objetivos</u>	<u>8</u>
<u>2.1.</u>	<u>Objetivo General:</u>	<u>8</u>
<u>2.2.</u>	<u>Específicos:</u>	<u>8</u>
<u>3.</u>	<u>Justificación</u>	<u>9</u>
<u>4.</u>	<u>Marco teórico</u>	<u>11</u>
<u>4.1.</u>	<u>Neurofisiología clínica</u>	<u>11</u>
<u>4.2.</u>	<u>Neurofisiología y Psicología</u>	<u>12</u>
<u>4.3.</u>	<u>Neurofisiología y Deporte</u>	<u>12</u>
<u>4.4.</u>	<u>Historia de la Neurofisiología</u>	<u>12</u>
<u>4.5.</u>	<u>Marco conceptual</u>	<u>15</u>
<u>5.</u>	<u>Metodología</u>	<u>17</u>
<u>5.3.</u>	<u>Etapas metodológicas</u>	<u>18</u>
<u>5.3.1.</u>	<u>Etapa uno ‘Consulta de bases de datos y fuentes documentales’.</u>	<u>18</u>
<u>5.3.2</u>	<u>Etapa dos ‘Establecimiento de la estrategia de búsqueda’.</u>	<u>19</u>
<u>5.3.3.</u>	<u>Etapa tres ‘Especificación de los criterios de selección de documentos’.</u>	<u>19</u>
<u>6.</u>	<u>Resultados</u>	<u>20</u>
<u>6.1.</u>	<u>Comparación y descripción de los resultados</u>	<u>20</u>
<u>6.2.</u>	<u>Comparación entre las distintas teorías encontradas</u>	<u>29</u>
<u>6.3.</u>	<u>Descripción de teorías</u>	<u>31</u>
<u>6.3.1.</u>	<u>Teoría de las neuronas espejo</u>	<u>31</u>
<u>6.3.2.</u>	<u>Teoría jerárquica</u>	<u>33</u>
<u>6.3.3.</u>	<u>Teoría del cerebelo y procesos de cognición</u>	<u>33</u>
<u>6.3.4.</u>	<u>Teoría de la neurociencia cognoscitiva</u>	<u>34</u>
<u>6.3.5.</u>	<u>Teoría de la producción del movimiento</u>	<u>34</u>
<u>7.</u>	<u>Conclusiones</u>	<u>37</u>
<u>8.</u>	<u>Futuras líneas de investigación</u>	<u>38</u>
<u>9.</u>	<u>Lista de referencias</u>	<u>39</u>

1. Formulación del problema

La neurofisiología es una de las ciencias más intrigantes y de mayor complejidad dentro de la necesidad de comprensión que tenemos sobre nuestro propio funcionamiento, siendo la neurociencia encargada de conocer, relacionar e investigar el funcionamiento del Sistema Nervioso Central (SNC) y de los procesos del control motor, así pues, los aportes recibidos a lo largo de la historia han sido reveladores, inquietantes, creando hipótesis y permitiendo la posibilidad para muchas más investigaciones sobre neurociencia, de manos de personas y generaciones con deseos de cuestionar y comprender el funcionamiento neuro-motor. La misma avidez que ha llevado a grandes científicos, autores y profesionales desde diversas áreas científicas con aportes históricos, desarrollando los conceptos de neurofisiología aplicada al movimiento: Clínica, Psicológica y Deportiva, términos que serán definidos en el marco teórico del presente documento.

El contexto clínico ha sido el de mayor aporte en las investigaciones de neurociencia, gracias a estas, hoy el campo médico cuenta con herramientas más eficientes, capaces de extraer información que permita el conocimiento y cuidado de la salud, aquí es, donde distintos científicos han desarrollado teorías que fundamentan el movimiento, desde Ramón y Cajal (1913), primer apoderado del funcionamiento del Sistema Nervioso Central, repasando al científico colombiano Llínas (2003), dedicando toda una vida a la explicación y los descubrimientos de la inervación de las motoneuronas, la función del cerebelo, la oliva central, el sistema olivo cerebeloso y otros más, importantes en los avances neurofisiológicos.

Desde el campo de la psicología el neuro psicólogo Sierra (2007) y el filósofo Munévar (2007), permiten un acercamiento con su investigación ‘Nuevas ventanas hacia el cerebro humano y su impacto en la neurociencia cognoscitiva’

Autores desde el campo deportivo como Ramón Suarez (2013), Calderón y Legido (2002), han abordado los conceptos clínicos para generar un acercamiento científico desde una perspectiva del movimiento, apropiando la perfección motora desde los procesos cerebrales.

Ampliando los aportes en la neurofisiología, encontramos a Llínas (2003) uno de los autores sobresalientes en el campo, con sus investigaciones sobre el movimiento, partiendo del sistema olivo - cerebeloso, en su artículo “El sistema olivo - cerebeloso: una clave para comprender la importancia funcional de las propiedades intrínsecas del cerebro oscilatorio”; explicando la función de los olivos encargados de transmitir información al cerebelo (corteza neuronal como entrada y salida de información motriz), encargada de procesar la información para dar una respuesta y rectificarla, haciéndose un sistema que comprende y analiza los errores motores, teniendo así una estrecha relación con el aprendizaje motor y finalmente con la coordinación dinámica general.

Sobre el cerebelo, autores como Popa, Streng, Hewitt y Ebner (2015) estudian en sus investigaciones si el cerebelo actúa como un sistema que procesa y analiza los errores de ejecución motriz en pro de lograr el perfeccionamiento. También distinguen los procesos de ejecución motora de bucle abierto y bucle cerrado como entes examinados y analizados por el cerebelo (entendemos por bucle abierto como el componente operativo del control motor alimentado por la información sensorial previa, y por bucle cerrado donde el movimiento es afinado).

La psicología ha realizado aportes, como los de Sierra y Munevar (2007) tomando la neurociencia cognoscitiva como iniciativa para la comprensión del funcionamiento cerebral a partir de la comprensión sensorial.

Desde un aspecto químico, biológico y fisiológico los autores Garcés y Suarez (2014) aportan sobre la neuroplasticidad del sistema nervioso, el cual tiene la capacidad de procesar la información de entrada y salida con el fin de adaptación de neuronas y células. Se afirma en que el sistema nervioso está estrechamente relacionado con la visión localizacionista del cerebro argumentado desde diferentes autores como Broca (1864), la teoría neuronal Ramón y Cajal (1920), y la teoría reticular de Golgi (S/A, 1906 como se citó en Blanco, 2014).

Desde la neuromodulación y la neurorrehabilitación de Bayona y León (2011), el desarrollo cerebral ha permitido la correcta interpretación de los procesos de mando para las distintas formas de movimiento, la neuroplasticidad en conjunto con la neuromodulación y neurorrehabilitación, nos permiten relacionarnos mejor con el aprendizaje y las posibles fallas dentro del mismo, como actuar y que acciones son determinantes en la mejora de todos los procesos del movimiento y la coordinación.

Ramón Suarez (2013), desde el área de la Educación Física y deporte, en sus investigaciones habla del movimiento partiendo desde las unidades motoras en la medula espinal y su función en relación con las fibras musculares para generar el movimiento. Luego describe el proceso del movimiento reflejo el cual es generado a través del sistema motor y sensitivo, por último plantea la producción del movimiento en la corteza cerebral a partir de las áreas motoras y premotoras de Brodmann.

Por otro lado, Cárdenas (2003) habla de la neurofisiología en el control motor, en el que es necesario tocar dos áreas del estudio neurológico: la neuroanatomía y la neuroquímica, quienes influyen en el procesamiento de la información.

Lo anterior, permite evidenciar la gran cantidad de investigadores, científicos y autores que han permitido avances en la comprensión del movimiento, abordándolos desde diversos enfoques teóricos e investigativos. Sin embargo, la abundante información al respecto no permite clarificar el conocimiento concreto del proceso neurofisiológico del movimiento.

Por todo lo anterior, hemos planteado como pregunta de investigación: ¿Cómo la neurofisiología describe y sustenta la producción de movimiento?

2. Objetivos

1. Objetivo General:

Analizar la información acerca del proceso de generación de movimiento desde la neurofisiología y las corrientes teóricas que lo sustentan.

2. Específicos:

- Comparar la literatura científica sobre neurofisiología y la generación del movimiento corporal publicada en revistas indexadas.
- Identificar, clasificar y describir las corrientes teóricas que explican la producción de movimiento a nivel neurofisiológico.

3. Justificación

Existe una necesidad a nivel académico de parte de los estudiantes y maestros de encontrar procesos, corrientes y rutas que faciliten y profundicen en el aprendizaje, sobre el ámbito neurofisiológico. Existen bastantes teorías de variados autores que plantean el movimiento desde diferentes perspectivas e investigaciones, como la del cerebelo y la innervación de las motoneuronas de Llinás (2003) o la fisiología del reclutamiento de motoneuronas de Ramón Suarez (2013), la bibliografía relacionadas con la neurofisiología en el deporte, la acción motriz, el control motor, así como los aspectos del control motor en la optimización del movimiento de Hiley, los sistemas de neuronas espejo de Bonito (2012), y los aportes de autores como Amador, Bayona, Bayona y León (2011) de la neuroplasticidad.

La ciencia ha concentrado esfuerzos para entender la actividad cerebral, cuáles son esos procesos claves que adquirimos en el proceso evolutivo, permitiéndonos la apropiación científica e investigativa de los académicos y estudiantes, reconociendo en las investigaciones, los planteamientos y teorías para encontrar lo que requerimos como entrenadores sobre el conocimiento; teorías clínicas a las que han aportado Ramón y Cajal (1913), Llinás (2003), en el ámbito Psicológico con Cosacov (2005), Sierra y Munevar (2007) y en el deportivo con Ramón Suarez (2013), Calderón y Legido (2002). El movimiento es la principal herramienta sobre la que se planifica el aprendizaje y perfección deportiva, por lo tanto, el entendimiento del mismo debe ser basto si pretendemos aportar significativamente al deporte y al aprendizaje motor. Por ello parte de nuestro objetivo primordial al abordar las corrientes teóricas, científicas, médicas, y psicológicas en torno a nuestro eje de indagación, que aportan al proceso de construcción profesional.

Retomar los diferentes aportes referentes al movimiento y el aprendizaje motor, organizarlo, analizarlo y por último, generar una síntesis teórica (revisión) que permita a cada persona involucrada en el proceso de formación académica de entrenadores, educadores físicos y profesionales afines, es el principal objetivo de la presente revisión narrativa, que pretende brindar una base teórica que facilite la creación de posibles metodologías de enseñanza, permitiendo generar mayor importancia a la neurofisiología y la producción de movimiento dentro del deporte, la actividad física y la salud. La relevancia de este proyecto se dará en el mismo nivel de implicación que tenga el aprendizaje del movimiento en cada área académica y de educación, la facilitación de una corriente que permita un estudio más acertado, eficaz, profundo y detallado, permitiendo el ahorro de tiempo en los procesos de aprendizaje, una formación más asertiva y la oportunidad de abrirle las puertas a la investigación deportiva en nuestra cultura académica, así cuanto ayuda, ventaja y avances se logren con proyectos como este, que generen un adelanto y progreso en el deporte colombiano y latinoamericano. El incentivo que nos lleva a analizar la génesis del movimiento, no es más sino la oportunidad de aportar a la comunidad académica componentes teóricos, desde donde se pueda investigar, analizar y profundizar con la intención de innovar y avanzar en el contexto ocupacional que nos define como profesionales del deporte con la obligación de trascender y evolucionar.

4. Marco referencial

1. Marco teórico

La Neurofisiología se define, según los distintos ámbitos científicos que influyen en el movimiento, en donde encontramos la medicina, la psicología, y el deporte, como bases de las diferentes corrientes teóricas que tomaremos como referencia en este proyecto. Las siguientes definiciones refieren particularmente a la Neurofisiología como parte necesaria de las ejecuciones de movimiento y el aprendizaje del mismo, además de facilitar la interpretación por parte del lector:

Neurofisiología clínica

Es una rama de la medicina la cual estudia las fisiopatologías que se presentan en el sistema nervioso central y periférico. Abarca tanto los sistemas neuronales que conectan con los órganos y músculos. Se enfatiza en el estudio de actividades eléctricas y magnéticas de los diferentes sistemas neuronales, tanto en situación de reposo como en pleno funcionamiento. Morales y Artieda (2009).

Neurofisiología y Psicología

“La relación entre la Psicología y la Neurofisiología es privilegiada, tanto desde un punto de vista histórico, así como el profundo paralelismo que se establece entre los hechos psíquicos: pensar, querer, olvidar, etc., y los correlatos cerebrales: emisión de ondas, cambios en los potenciales evocados, mayor absorción de glucosa en los sitios donde se procesa información, etc.” Cosacov (2005)

Neurofisiología y Deporte

El conocimiento de cómo se genera y controla cualquier movimiento, es la base para comprender como se puede educar y perfeccionarlo. Los reflejos y los instintos gobiernan la vida de la mayor parte de los invertebrados y vertebrados inferiores. La capacidad para aprender nuevas habilidades motrices del ser humano es tan grande como el número y variedad de experiencias posibles, y son función, pero no de forma exclusiva, de determinadas áreas cerebrales, dos grandes grupos de aplicaciones tiene el estudio de la neurofisiología: 1°) conocer las raíces del movimiento y 2°) conocer como interviene el sistema nervioso coordinando el movimiento y la homeostasis (Calderón & Legido, 2002 p.12).

Historia de la Neurofisiología

La antigüedad no presenta avances neurofisiológicos de magnitud, ya que la mayoría se basó en la observación del movimiento, y sus especulaciones rudimentarias de la anatomía del SNC, Hipócrates (300 A.C) relaciono por primera vez la mente con el cerebro. Hasta el siglo XVII las neurociencias empiezan a abarcar un significado de índole histórico con Descartes, con el dualismo cartesiano, sosteniendo que el cerebro era el asiento del sentido común, la imaginación y la memoria, pero lo mental no podría ser estudiado como un fenómeno físico. Contradictoriamente Flourens negó la relación mente-cerebro, estudiando específicamente las lesiones del sistema nervioso en palomas, subrayando que existían zonas específicas del cerebro responsable de conductas especiales. Blanco (2014)

Durante el siglo XIX Broca estudio las lesiones del lóbulo frontal izquierdo, relacionándolo con la facultad del lenguaje articulado humano. Muchos científicos nombran a Santiago Ramón y Cajal como el padre de la Neurofisiología, ya que sus aportes

significaron una nueva era de estudios enfocados al SNC, identificando la neurona como la célula especializada del cerebro y además identifiqué que las redes neuronales cerebrales se comunicaban a partir de la sinapsis, abriendo campo a la Neuroquímica. La aparición y desarrollo del microscopio, permitió que Harrison estudiara la estructura de la neurona (dendrita y axón) y su relación sináptica, facilitando la comprensión de las funciones y diferencias de las vías sensitivas y motoras. Galvani abrió el campo de la Electrofisiología, descubriendo la electricidad que producen las células musculares. La Fisiología se abre espacio dentro de las neurociencias con los aportes de Sechenov, Pavlov, Sherrington, Konnoski y Hebb (1906)

La Psicología produjo un avance gracias a los estudios de Darwin con respecto a la descripción objetiva de la conducta, originando la Psicología experimental, que estudia dichas conductas en los laboratorios, y la etiología que se concentra en la conducta en su medio natural.

La Neurofisiología contemporánea ha estado influenciada por tres factores principales: la biología molecular, la psicología cognitiva y las nuevas técnicas de estudio del tejido neural.

Dentro de los aportes que se han generado en las últimas décadas, y hablando respectivamente de lo que confiere al movimiento, podemos rescatar los siguientes: La inervación de motoneuronas en las fibras musculares; la relación de la información que se procesa a nivel cerebral sensorial y motora; el reflejo miotático de Sherrington, especificando el grado de semi contracción del músculo o tono muscular, a partir de los reflejos; fenómenos que afectan el reflejo miotático: inhibición recíproca y rigidez de descerebración; el establecimiento de otros tipos de reflejos: flexor-tensor cruzado y miotático invertido.

Ahora bien, el desarrollo de técnicas como la ablación y estimulación sin producir lesiones permanentes o la muerte en los sujetos de estudio, permitió avanzar en los conocimientos de la función motora del tallo encefálico y de la corteza motora, sobre ellos se rescata los siguiente: registro de los potenciales evocados por estimulación sensitiva y descubrimiento de la actividad eléctrica propia del cerebro, la función de las eferencias fusimotoras en relación con el tono muscular. Calderón y Legido (2002), que desarrollaron el registro de potenciales intracelulares que permiten conocer la actividad eléctrica de las diferentes estructuras del encéfalo que intervienen en el inicio y mantenimiento del acto motor voluntario. Además del desarrollo de la microneurografía, fundamental en la medición de la respuesta neuromuscular a la vibración y estimulación natural.

Actualmente podemos hablar de estudios específicamente realizados a las diferentes áreas del cerebro para relacionar el movimiento, científicos mundialmente conocidos como el colombiano Rodolfo Llínas, han dedicado una vida de investigación a entender el funcionamiento de partes como el cerebelo, vital en los procesos motores, del cual vamos a mencionar más adelante con su corriente teórica. La Neurofisiología es una de las disciplinas más fascinantes de las Neurociencias a nivel global, a la que se le estiman varios estudios importantes, y de la cual se correlacionan diferentes ramas como la neuroanatomía, neurohistología, neuroquímica, neuropatología, neurología, psicofarmacología, biología, entre otras, que tienen incidencia en nuestro estudio, de las cuales tomaremos partes esenciales para la correcta comprensión del movimiento.

2. Marco conceptual

Tabla 1

Palabra	Autor	Definición
---------	-------	------------

Oliva inferior	Rodolfo Llínas	Grupos de neuronas centrales (núcleos) que desempeñan un papel fundamental en la temporalidad de la coordinación del movimiento.
Neurofisiología	Dr. Díaz	rama de la neurociencia que estudia el funcionamiento de la actividad bioeléctrica del sistema nervioso central, periférico y autónomo
Cerebelo	Porto y Gardey Rodolfo Llínas	Porción del cerebro ubicado debajo de los lóbulos occipitales, cuyas funciones se relacionan con procesos del movimiento, la cognición, entre otros. Centro nervioso localizado por detrás de la masa cerebral. Responsable de la coordinación motora.
Motoneurona	Diccionario médico Océano Mosby. Louis Missouri	Tipo de célula nerviosa que transmite impulsos desde el cerebro o médula espinal hasta los músculos o glándula.
Hipotálamo	Diccionario médico Océano Mosby Louis Missouri. Rodolfo Llínas	Región del cerebro que cumple la función de activar, controlar e integrar el sistema nervioso autónomo. Estructura esencial para generar tanto emociones, como actividades vegetativas y endocrinas.
Células de Purkinje	Rodolfo Llínas	Las fibras de la oliva inferior terminan ramificándose y contactando las neuronas más importantes de la corteza cerebelar, llamadas células de Purkinje, que son las de mayor tamaño del sistema nervioso. Reciben las terminaciones de los axones de la OI, denominadas fibras trepadoras, las cuales, literalmente trepan sobre las ramificaciones dendríticas de las células Purkinje en relación una a una.
Sinergias musculares	Rodolfo Llínas	Conjunto de músculos que, actuando al tiempo, generan un movimiento dado.
Sistema olivo-cerebeloso	Rodolfo Llínas	Conjunto neuronal capaz de optimizar y simplificar el control motor: temporalmente es pulsátil y espacialmente puede reorganizarse rápida y dinámicamente.

5. Metodología

1. Enfoque

Para el presente proyecto de investigación el enfoque se realiza de corte cualitativo y alcance descriptivo, caracterizado por proporcionar una metodología de investigación que permita comprender el complejo mundo de las teorías en relación al movimiento y que pretende describir de forma fiel lo que ocurre y lo que la literatura científica aporta. Se presenta como una narración. Polit & Hungler, (2006).

2. Diseño

En el proceso de la estructuración del proyecto, con base en los objetivos planteados, se realiza un estudio de diseño de revisión narrativa, que se define como: “Un estudio bibliográfico en el que se recopila, analiza, sintetiza y discute la información publicada sobre un tema, que puede incluir un examen crítico del estado de los conocimientos reportados en la literatura”(Fortich Mesa, 2013) O, ‘La revisión bibliográfica es un procedimiento estructurado cuyo objetivo es la localización y recuperación de información relevante para un usuario que quiere dar respuesta a cualquier duda relacionada con su práctica, ya sea ésta clínica, docente, investigadora o de gestión’. (Universidad de Jaén, 2012).

3. Etapas metodológicas

Para la siguiente revisión se seguirán las pautas metodológicas propuestas por Guirao-Goris, J.A; Olmedo Salas, A; Ferrer Ferrandis, E. (2008).

1. Etapa uno ‘Consulta de bases de datos y fuentes documentales’.

Para la búsqueda de la información, artículos y bibliografía, se realiza un barrido por diferentes bases de datos latinoamericanas y estadounidenses (Scielo, Redalyc, Dialnet,

Ebsco), en idioma español e inglés, en un rango desde el 2000 hasta el 2018, con el fin de hallar información de diferentes autores de referencia para la revisión, y para ello, se organiza en una matriz la información con el fin de referenciarla de manera eficaz y accesible.

Figura 1. Matriz Excel utilizada para el análisis de los documentos.

2. Etapa dos ‘Establecimiento de la estrategia de búsqueda’.

Para la búsqueda de información al respecto se utilizaron las siguientes palabras claves tanto en español como en inglés, y términos Mesh y Decs. Además, se utilizaron algunas palabras que no se encontraron como términos Decs: Salud y Deporte

Términos Mesh: Neurophysiology, movement, health, sports

Términos Decs: Neurofisiología, motion (movimiento).

3. Etapa tres ‘Especificación de los criterios de selección de documentos’.

Posterior a la identificación de los artículos en las respectivas bases de datos, se procedió a leer el título y resumen de los documentos. Para la selección de los documentos se utilizaron los siguientes criterios de exclusión e inclusión.

Inclusión: bibliografía y artículos en español o inglés sobre Neurofisiología relacionada con el movimiento, clínico, psicológico o deportivo.

Exclusión: bibliografía y artículos científicos donde no se encontró la información en su totalidad, aquellos que no se identificaran los autores, nombre de la revista o editorial.

Material de literatura como comentarios al editor y resúmenes.

6. Resultados

1. Descripción de los resultados y comparación de las teorías.

Dentro de la literatura del campo de la neurofisiología se han encontrado una serie de documentos que argumentan desde diferentes corrientes la generación del movimiento. A continuación, se abordarán las diferentes corrientes de vista según cada autor.

Según Suarez (2013), describe ciertas propiedades de la medula espinal, entre ellas las unidades motoras (UM), comprendidas como un sistema constituido por una motoneurona que inerva miles de fibras al mismo tiempo.

En su organización intrínseca las motoneuronas se establecen según su forma y tamaño. A continuación, se mostrará un cuadro identificando el tipo de UM y su tamaño (figura 2).

CARACTERÍSTICAS	TIPO DE UNIDADES MOTORAS		
	Lentas, tipo I	Intermedias, tipo II a	Rápidas, tipo II b
Fibras por neurona motora	10-180	300-800	300-800
Tamaño de la neurona motora	Pequeña	Grande	Grande
Excitabilidad por neuronas superiores	Alta	Media	Baja
Velocidad de conducción del nervio	Lenta	Rápida	Rápida
Velocidad de contracción (m/s)	50	110	110
Tipo de miosina ATPasa	Lenta	Rápida	Rápida
Desarrollo del retículo sarcoplasmático	Bajo	Alto	Alto
Fuerza de la unidad motora	Baja	Alta	Alta
Capacidad aeróbica (oxidativa)	Alta	Moderada	Baja
Capacidad anaeróbica (glucolítica)	Baja	Alta	Alta

Figura 2. Tipos de Unidades Motoras

En el proceso de inervación se presenta una complejidad intrínseca debido a que las unidades motoras de cada musculo representan una cantidad diferente de inervación por cada tipo de fibra, es decir; en un musculo se pueden encontrar fibras lentas, rápidas o intermedias (cada una a una unidad motora independiente) en diferentes porcentajes, por ejemplo: un 30% pueden ser fibras lentas, un 40% fibras rápidas y un 30% de fibras intermedias. Esto hace que no se logre entender como el sistema de UM activa simultáneamente las diferentes proporciones de fibras musculares.

En la organización de las motoneuronas, encontramos la particularidad de que las neuronas que se encuentran posicionadas más ventralmente controlan los músculos más proximales, a diferencia de las motoneuronas que se posicionan más distales, ya que estas controlan los músculos más distales (figura 3).

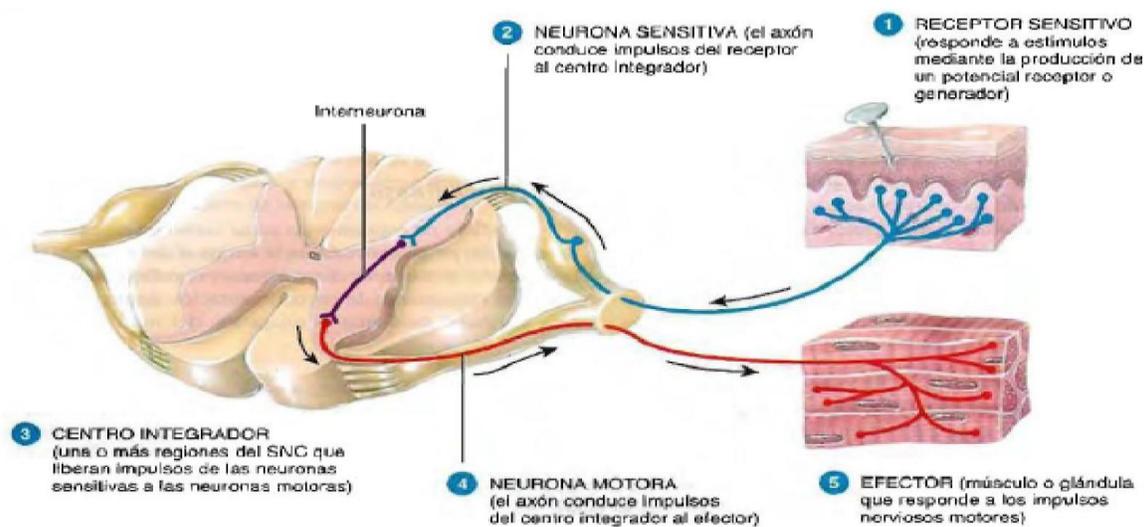


Figura 7. Esquema funcional de la médula espinal (Tortora, 2011:465)

Figura 3. Control neuromuscular.

En cada segmento de la medula espinal se pueden encontrar en la parte lateral 2 astas de las cuales desprenden dos conductos axonales, quienes cumplen la función de recolectar información; las astas posteriores son las encargadas de recolectar información del exterior por medio de musculo y piel (conforman el sistema sensitivo), las astas anteriores son las encargadas de recibir y enviar la información a la corteza cerebral. El

sistema de información que se lleva a cabo en las astas anteriores, en donde participan las motoneuronas, es denominado el sistema motor, este sistema se comunica con la corteza cerebral. La parte posterior conforma el sistema sensitivo encargado de recibir la información del exterior.

Para lograr llevar la información a la corteza cerebral, Suarez (2013) habla de una organización ascendente o escaladora en la medula espinal en donde un sistema es superior al otro en mandato a medida que va ascendiendo. Para comprender la conexión de la medula espinal con la corteza motora, es preciso describir a continuación el sistema intercalar.

El sistema intercalar: puede ser de dos formas según su longitud, el primero de larga distancia el cual abarca toda la medula espinal e inerva solo los músculos proximales y el segundo, de corta distancia, este no abarca más de 5 segmentos corporales e inerva los músculos más distales. En el siguiente grafico se evidenciarán las dos formas de sistema intercalar.

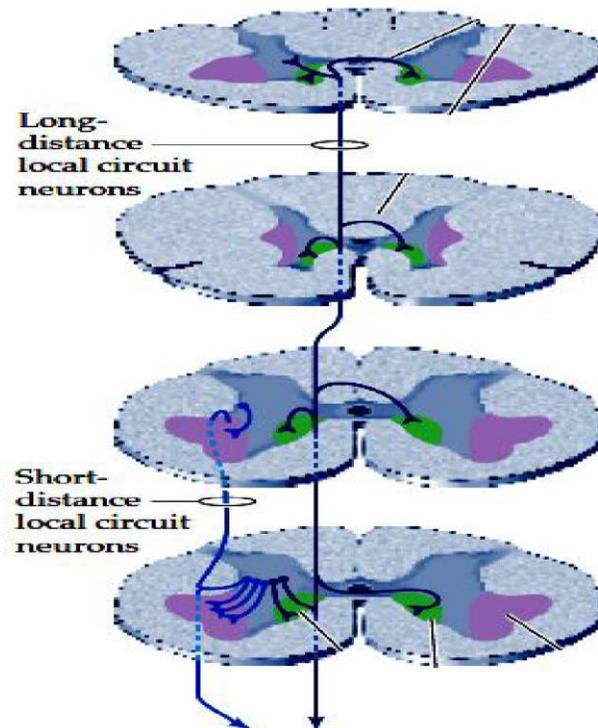


Figura 4. Tipos de interneuronas en la médula espinal (Adaptada de Purves, 2004:394)

Estos 2 sistemas están controlados por los siguientes 6 sistemas superiores:

- a. Colículo espinal: controla la musculatura axial del cuello y los movimientos de orientación de la cabeza
- b. Rubroespinal: controla la musculatura distal de los brazos, junto con el fascículo corticoespinal directo.
- c. Retículo espinal: activa motoneuronas proximales de las extremidades. Colabora en la coordinación temporal y espacial de los movimientos.
- d. Vestíbulo espinal: controla el equilibrio, por lo tanto, está implícito en movimientos estáticos y en movimientos dinámicos.
- e. Cortico espinal directo: Uno de los más importantes, localizado en el lóbulo frontal de este se desprenden 3 áreas:

- Área primaria (área 4 de Brodman) controla más movimientos que músculos, estimula 2 tipos de células, las dinámicas; estas se excitan de forma excesiva durante un corto periodo de la contracción muscular y las estáticas; que proceden a las dinámicas, son de estimulación lenta y duradera.
- El área premotora (área 6 de Brodman) genera movimientos más concretos y controla muchos movimientos complejos.
- El área suplementaria (área 8 de Brodman): produce movimientos de control postural, la fijación de un segmento corporal, los movimientos posicionales de la cabeza y de los ojos. Trabaja en colaboración con las otras 2 áreas.
 - f. Corticoespinal indirecto: controla las señales que llegan al cerebro, abarca desde la corteza cerebral hasta la medula espinal y en su recorrido hace conexiones con varios núcleos y sistemas, entre ellos los núcleos de puente, los cuales conectan con el cerebelo parte del encéfalo muy importante que más adelante se profundizara.

A partir de lo descrito Suarez (2013) sustenta la generación del movimiento a través de las áreas motoras de Brodman.

Por otro lado Llínas (2013) aporta, señalando al sistema olivo – cerebeloso como procesador y corrector de la información motora; para describir este sistema es preciso hablar de las olivas inferiores encargadas de suministrar información al cerebelo por medio de axones que se conectan con los péndulos cerebelosos, los cuales activan las células de Purkinje encargadas de transmitir información a las células estrelladas y las células en cesto,

distribuidas paralelamente; estas conectan con los arboles dendríticos. Todos estos sistemas hacen parte del sistema del cerebelo y se ven claramente ilustrados en la siguiente figura 5.

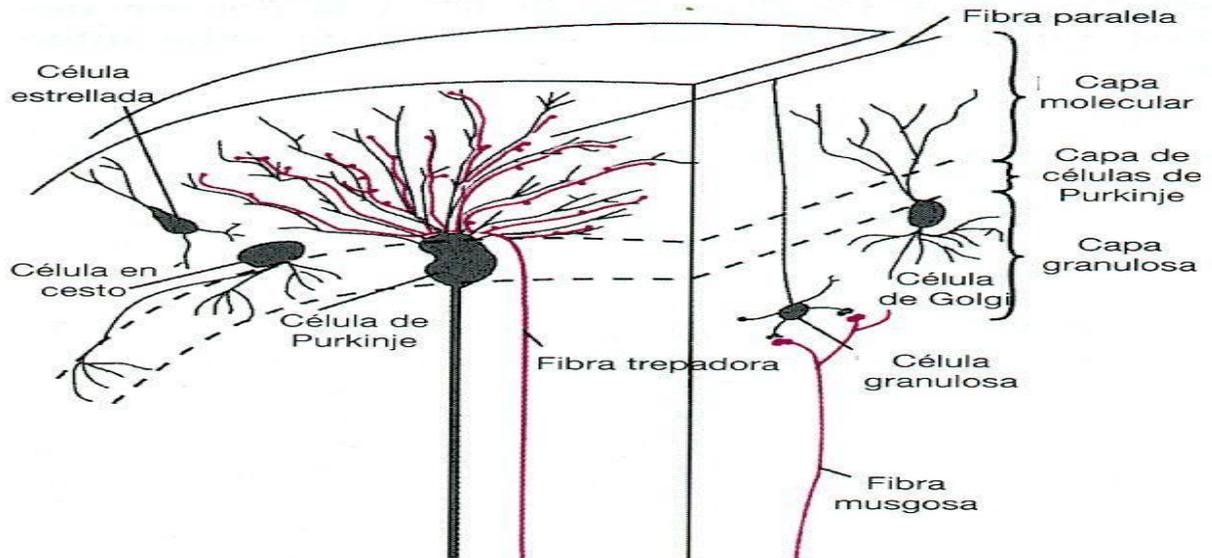


Figura 5-17. Neuronas del cerebelo. La corteza cerebelosa es idéntica en todas sus zonas en cuanto a composición celular, capas y conexiones internas.

Figura 5. Funcionamiento del sistema Olivo cerebeloso.

Por medio de las fibras trepadoras hay un traspaso de información traída de la medula espinal a los arboles dendríticos de las células de Purkinje.

Debajo de las células paralelas, se encuentran células de Golgi y las células en grano, las cuales hacen sinapsis con las fibras musgosas quienes también transmiten información de la medula espinal a los arboles dendríticos por medio de las células paralelas, siendo así intermediarios indirectamente. Los núcleos cerebelos además de recibir señales inhibitorias, reciben información excitatoria tanto de las fibras musgosas como de las fibras trepadoras captando así toda la información y llevando a cabo información motora a los sistemas neuronales de la medula espinal nombrados anteriormente por Suarez (2013). En teoría se dice que las células de Purkinje actúan analizando o comprando la información del movimiento deseado (proveniente de las células musgosas) con el movimiento que

verdaderamente está siendo ejecutado (proveniente de las fibras trepadoras), cuando las 2 señales no coinciden el cerebelo corrige realizando ajustes en el grado de inhibición que ejercen las células de Purkinje sobre los núcleos de salida, siendo así, el cerebelo es un sistema procesador y analizador de la información con la capacidad de retroalimentar y corregir las acciones motoras por medio del sistema olivo cerebeloso.

Por otro lado, a diferencia de Llínas y Suarez, Lago (2012) en su tesis ‘funcionalidad del sistema de neuronas espejo y su implicación en los procesos de aprendizaje y aprendizaje motor por observación’, describe el sistema de neuronas espejo como receptor de información y activador de ejecuciones motores mediante la observación de acciones realizadas por individuos del exterior. Este sistema se compone de 4 regiones que es donde principalmente se encontraron mayores activaciones, las cuales son: la circunvolución frontal inferior, el lóbulo parietal, la corteza temporal superior y la corteza premotora.

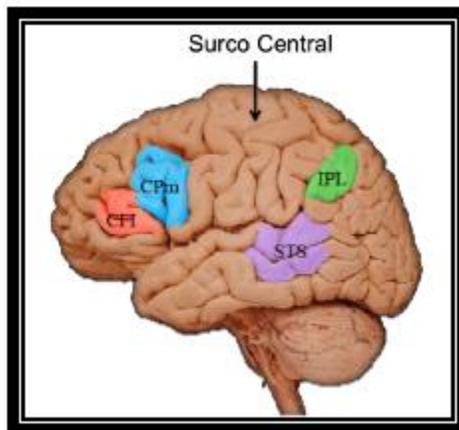


Figura 6. Principales áreas del SNE: Cisura Frontal Inferior (Cfi), Corteza Premotora (CPm),

Lóbulo Parietal Inferior (LPI) y Surco Temporal Superior (STS).

En la estimulación de las neuronas espejo se encontró la modula que produce en la excitabilidad cortical y espinal en la observación. Esta modulación procede de la activación

de representaciones motoras albergadas en el sujeto, las cuales hacen que se activen las neuronas espejo. Esta modulación se genera antes de que la acción observada se realice, lo que nos indica que las neuronas espejos se activan previamente a la acción realizada, lo que hace pensar que este sistema tiene la capacidad de predecir la finalidad de la acción observada.

Al final todo este proceso de observación, condicionara las oscilaciones que se producen en la corteza motora primaria. Sin embargo, en caso de experimentar la observación de una acción que no se encuentra dentro del bagaje de representación motora, el sistema de neuronas espejo tiene la capacidad de codificar este movimiento.

Por otro lado, se habla de la resonancia motora la cual consiste en comparar la acción observada con el bagaje motor o experiencia motoras albergadas por medio de una réplica, este mecanismo viaja desde la corteza premotora ventral hasta las motoneuronas por medio de la corteza primaria. La resonancia motora implica una modulación de excitabilidad cortical que implicara la musculatura que se cree pertinente según la observación, por otro lado, esta se divide en 2 fases, la primera es en la cual se hace un proceso de observación rápida de la ejecución motora, sin tener en cuenta la musculatura implicada, en la segunda fase se hace una observación con más detenimiento en donde se analiza adecuadamente la musculatura implicada y el objetivo de la acción.

Según (Ferrari, Bonini, y Fogassi, 2009) citados por Lagos (2012) dice que el mecanismo de resonancia motora tiene dos formas de intervenir en la ejecución motora, la primera es a través de una red directa parieto-premotora que provoca que la acción que la ejecución motora esté condicionada por la acción observada, la segunda es la fase de red indirecta que une las áreas premotoras, con la corteza prefrontal ventro-lateral con el fin de aprovechar las representaciones motoras activadas por el SNE para realizar acción más

complicadas (predicción de acciones motoras ejecutadas por otros individuos, imitación de acciones).

Las funcionalidades de las neuronas espejo: es preciso describir de manera general las áreas corticales y su función. A continuación, se explicara brevemente cada área:

- Corteza prefrontal dorsolateral o cisura frontal inferior: capaz de codificar el objetivo de las acciones motrices que se pretende ejecutar luego de ser condicionadas por la observación,
- Corteza premotora: comprensión de las intenciones perseguidas para lograr la ejecución de una acción motriz. En esta área es donde se activa la réplica motora de una acción observada.
- Lóbulo parietal inferior: codifica acciones dirigidas hacia un objetivo, de igual manera a como se observó, las neuronas de esta área permiten anticiparse a las acciones del objetivo perseguido.
- Sur temporal superior: esencial en la imitación de acción, en esta área se genera una interacción entre las características de la acción observada con las copias motoras creadas por el observador.

En su libro Neurofisiología aplicada al deporte Caldero y Legido (2006) distinguen 3 tipos de movimiento (rítmicos, voluntarios y de reflejo) y explican como a través de una jerarquía motora estos movimientos son controlados. La jerarquía motora comprende 3 niveles:

El nivel medular: origina la contracción muscular con el fin de realizar cualquier acción motora. De este nivel se desprende la expresión más simple de los reflejos miotáticos, el cual funciona procesando información aferente proveniente de los axones de las neuronas T, la cual es lleva a las astas de la medula espinal para hacer sinapsis con el sistema de

neuronas eferentes encargadas de contraer el musculo por medio de fibras nerviosas. Este proceso es analizado por las mismas neuronas en forma de grado, duración, velocidad, y frecuencia de los estímulos

El nivel del tallo encefálico: interviene en la codificación de reflejos, en este nivel la información de fibras aferentes es lleva hasta el tallo cerebral y los núcleos vestibulares encargados de llevar la información a las motoneuronas de las musculaturas ya sea del ojo, cuellos y extremidades. Las funciones de este nivel son el control de postura durante largos periodos de tiempo, la puesta en marcha de reflejos para y recuperar la postura

El nivel cortical: El telencefalico es el encargado de controlar las actividades motoras voluntarias o aprendidas, el cerebro y los ganglios de la base son los encargados de que el movimiento sea adecuado (coordinado), ya que son los que procesan la información de la “intención” del sistema de programación y la información de receptores del musculo y articulaciones, al mismo tiempo.

Cada área de la corteza se especializa en un grupo de motoneuronas que contraen la musculatura de ciertas partes del cuerpo en concreto. Por otro lado, las estructuras de control son las encargadas de interrelacionar los músculos antagonistas y agonista, así como el grado de amplitud, velocidad y direcciones de las articulaciones con el fin de realizar un movimiento adecuado a lo que se necesita.

2. Comparación entre las distintas teorías encontradas.

En la primera sección de los resultados se han descrito 4 aportes o corrientes sobre la neurofisiología en el movimiento, en el primer apartado se presenta a Ramón Suarez (2013) describiendo el movimiento desde procesos sistémicos y ascendente desde medula espinal, el tallo cerebral y finalmente hasta el lóbulo frontal donde se encuentran las 3 ejecutoras del movimiento según este autor. En la presente descripción Suarez hace énfasis un momento en el que la información hace sinapsis con los núcleos olivares los cuales conectan con el cerebelo en donde se hace un proceso con la información para corregirla, es aquí donde Llínas (2013) da su aporte describiendo este proceso, interiorizando en la función del cerebelo como agente procesador de la información que busca interpretar la información motora para corregirla, modificarla y darle sentido, todo con el fin de lograr un movimiento adecuado y coordinado . Lago (2012) afirma que el movimiento surge a partir de la observación de acciones, que estimulan y ponen a trabajar una serie de neuronas denominadas neuronas espejo, encargadas de analizar toda la información que se adquiere por medio de la observación, y capaces de compararla con la información motora albergada en el sujeto que se encuentra observador, con el fin de generar una ejecución motora imitadora. Finalizando, Calderón y Legido (2002) describen tres movimientos (voluntarios, rítmicos, de reflejo), a partir de ello explican cómo cada uno es modulado. En la explicación se basan en la teoría jerárquica al igual que Suarez, en donde el proceso neurofisiológico del movimiento es ascendente, de esta teoría se desprenden tres niveles: el nivel medular, nivel del tallo encefálico y el nivel cortical, cada nivel de una u otra forma interviene en cada tipo de movimiento. Por ejemplo, el nivel medular se procesan los movimientos de reflejo; en el tallo encefálico, también se generan movimientos de reflejo, pero con la diferencia de que en este

nivel interviene en la modificación de los movimientos reflejos básicos y movimiento vegetativos, aunque aún hace mucho estudio de este nivel, y el nivel cortical a diferencia de los demás trabaja en el proceso de movimiento voluntarios y coordinados (rítmicos).

3. Descripción de teorías

Sobre el contexto de la clasificación y tipología de las teorías que describen la producción de movimiento, la identificación de la clasificación de las corrientes neurofisiológicas, su filogenia y descripción, constituyen un campo de especificidad que da lugar a la presente revisión narrativa y al cumplimiento de sus objetivos. Por tanto, es inherente a este, la relación de cada una de las anteriores con sus respectivos autores y por supuesto la ubicación entre la clasificación que desde un principio se ha fijado como parte esencial de este proyecto.

Así pues, es coherente establecer la correlación de las áreas científicas estudiadas e impuestas, como la medicina, la psicología y el deporte; la centralización de componentes teóricos que permitan un entendimiento mayor con miras a las conclusiones es funcional siempre cuando se establezca una diferenciación de la corriente de cada autor, describiendo sus investigaciones, sin perder el rumbo de lo anteriormente propuesto, razón por la cual se identifican las siguientes teorías:

1. Teoría de las neuronas espejo.

Bonito (2012) publica una investigación retomando el descubrimiento de Giacomo Rizzolatti a comienzos de los años 90, para profundizarlo de manera descriptiva y específica

hacia el aprendizaje del sistema motor a partir de la observación de las acciones de otras personas, adaptado por el sistema de las neuronas espejo, quienes en conjunto con diferentes componentes que en primera instancia proporciona la información visual, integrada con las representaciones motoras, recuerdos cinestésicos y somatosensoriales, así como los objetivos, instrucciones y preferencia de movimiento del individuo, permitiendo la conformación de un sistema que permita distinguir y procesar la percepción de la producción motora, en el cual se transforma la información, se interpreta y finalmente genera una respuesta adecuada a partir de los estímulos externos y globales del entorno.

En relación con la teoría anterior, se encuentra el autor Lago (2012), quien realiza una investigación en donde se encuentra de manera más específica los adelantos de índole científico que se han realizado sobre el sistema de neuronas espejo, formado por un conjunto de regiones corticales del cerebro. El autor plantea dos estudios en los que se pretende en primera instancia identificar cuáles son las características de un estímulo visual para que se active el sistema de neuronas espejo; en el segundo estudio el objetivo fue la relación entre el aprendizaje motor por observación y el sistema de neuronas espejo. Para responder a la primera característica de investigación o estudio, se han realizado dos experimentos probando que en primer lugar la modulación de la corteza premotora ventral y la corteza motora primaria se efectúa durante la observación de los movimientos de otro individuo, y que está estrictamente ligada a la voluntad del sujeto de ejecutar tales movimientos; en segunda instancia se encontró que el sistema de neuronas espejo establece dos momentos de ejecución motora, el primero es general y en donde el sujeto observa las primeras fases de movimiento, y en la segunda este programa motor al recibir la información de las fases finales de movimiento, realiza una activación muscular específica, que permite el acercamiento para alcanzar el objetivo planteado. Para el segundo estudio, en el cual se plantearon tres

experimentos, el primero de tipo conductual, el segundo de índole de capacidad predictiva, y el tercero del que se ampliará la información por la connotación es de índole neurofisiológico; este tercero pretendía confirmar si el aprendizaje motor por observación era o no, más eficiente que la práctica física en el aprendizaje de tareas con una única estrategia de ejecución motora, teoría que fue al final concluida con la negación de lo anterior, sin embargo, lo que no se descartó fue que dentro de la ejecución de una práctica motriz, el sujeto predice con mayor precisión el resultado de la acción aprendida, demostrando que: “combinando observación de un modelo y ejecución de la acción a aprender, durante el período de práctica motriz, se provocan alteraciones en la respuesta mostrada por el Sistema de Neuronas Espejo durante la observación de la acción previamente practicada” Lago(2012).

2. Teoría jerárquica

Por otro lado, el investigador colombiano Ramón Suarez (2013) publica un trabajo que pretende la revisión de los procesos de la actividad motora, repasando el funcionamiento del movimiento desde el músculo a las neuronas, realizando una relación descriptiva y detallada de la actualidad de los estudios relacionados con el reclutamiento de motoneuronas, pero sobretodo, explicando de manera clara, cada uno de los procesos macroscópicos y microscópicos que se producen a lo largo de la estructura corporal interna, que en cuestión de segundos producen movimiento.

3. Teoría del cerebelo y procesos de cognición

Nieto, Engeby y Barroso (2004) presentan una investigación en donde se describe en mayor volumen, la relación del cerebelo, presente en la función de la capacidad coordinativa de los movimientos, con procesos aún más grandes y complejos o de alto nivel, precisando las funciones cognitivas que pueda llegar a realizar el mismo. Estas funciones anteriormente nombradas, llegan desde la generación de palabras, comprensión y procesamiento semántico, memoria verbal inmediata, el reconocimiento verbal, imaginación motora, rotación mental, adquisición sensorial y atención. Así como las implicaciones negativas en estos procesos cuando se producen lesiones cerebelares.

4. Teoría de la neurociencia cognoscitiva

La psicología es importante para comprender procesos neurofuncionales que se interconectan con la producción del movimiento. Sierra y Munévar (2007), presentan una investigación donde el paradigma de la relación cerebro-mente, que está ligado con nuevas investigaciones de la neurociencia, se impone para la comprensión de los procesos cerebrales. La evolución de estos mismos comprende que la neurociencia puede hacer más para romper con los esquemas pragmáticos que permitan descubrimientos necesarios del aprendizaje humano y por supuesto del movimiento en sí mismo.

5. Teoría de la producción del movimiento

Llínas(2003), es uno de los científicos colombianos más influyentes en la neurociencia moderna, ha contribuido con estudios excepcionales de toda una vida sobre el funcionamiento del cerebro, sus procesos y su evolución, y es por eso que dentro de esta revisión se considera importante citar dos trabajos de índole argumentativo sobre la

producción de movimiento, el primero de ellos aborda la evolución de la mente y el cerebro como un “estado mental” del cual se derivan funciones tan complejas y rápidas como el movimiento, que ha sido considerado una de las formas de sobrevivencia más desarrolladas en animales vertebrados. Así pues, Llinás presenta una corriente teórica presentada desde el movimiento interno de todos los sistemas que controla el SNC, exteriorizada en la acción motor y la coordinación de estas acciones. A groso modo plantea un proceso liderado por las imágenes sensomotoras de naturaleza intrínseca en la función cerebral, permitidas por las propiedades eléctricas del mismo (oscilación, resonancia, ritmicidad y coherencia). La predicción es la función primordial del cerebro, representada por la capacidad de anticipación; en paralelo, el autor afirma que el movimiento es de naturaleza discontinua, formado por ‘temblores fisiológicos’ controlados por un sistema pulsátil de manera intermitente, emitidos por Hz, que terminan evocando un macro movimiento de las sinergias musculares ‘conjunto de músculos que, actuando al tiempo, generan un movimiento dado; tales sinergias operan, por ejemplo, en el ‘reflejo’ de estiramiento, es decir, en la relación entre flexores y extensores (Llinás, 2003, pág. 52), que terminan permitiendo el ahorro de tiempo. El sistema de doble paso es vital para entender la producción del movimiento voluntario, por un lado, se encuentra el bucle abierto, en donde no existe una retroalimentación, utilizando información sensorial previa, donde el sistema premotor de control es alimentado, permitiendo una aproximación al movimiento deseado; el bucle cerrado opera por componentes cinestésicos, claves táctiles, vestibulares y/o visuales, que modifican la ejecución del movimiento final. Es importante aclarar, que, dentro de la investigación, el doctor Llinás aclara que la información que viene de los sentidos modula el movimiento más no es el único factor de producción del movimiento, y que dentro del mismo existe la prealimentación, en donde no existen estímulos externos, pero que genera la

retroalimentación, donde sí se requieren de los mismos. La innervación de motoneuronas es fundamental para la comprensión y fundamentación del movimiento: una unidad motora es la conformación de grupos musculares compuestos por fibras individuales que han sido innervadas por una motoneurona propia, de la cual solo aceptan ordenes, y que termina teniendo su ‘rebaño’ de fibras musculares; un músculo se compone de miles de fibras y cientos de unidades motoras, determinando así los grados de libertad de movimiento de los mismos (número de músculos multiplicado por el número de unidades motoras de cada uno de ellos).

El segundo trabajo investigativo de Llínas es un artículo profundizando acerca de la Oliva Inferior, en la cual los axones de las neuronas de la OI se agrupan en haces de fibras nerviosas dirigidas a un centro nervioso llamado cerebelo, especializado en la coordinación y que contiene más de $\frac{3}{4}$ de las motoneuronas; las células especializadas del cerebelo son llamadas Purkinje. De allí parte el sistema olivo-cerebeloso, conjunto neuronal capaz de optimizar y simplificar el control motor.

7. Conclusiones

La relevancia de este documento, como se ha mencionado anteriormente en la justificación del proyecto, está directamente ligada a la importancia que a nivel académico se le dé al aprendizaje de la producción de movimiento y la necesidad de procurar la profundización y conceptualización de teorías en el aula y fuera de ellas.

A partir de la información encontrada, analizada y clasificada se consideran que las teorías más relevantes para explicar la producción del movimiento a nivel neurofisiológico son: la teoría jerárquica descrita por Ramón Suarez (2012) y las teorías del sistema olivo cerebeloso, por un lado, y la argumentación de la producción de movimiento descrito por Llínas (2003) y (2013). Ya que estas describen de manera más concreta y específica el proceso neurofisiológico del movimiento, y una se complementa a la otra, pues Suarez (2012) describe el proceso neurofisiológico desde las motoneuronas de la medula espinal hasta la corteza cerebral, donde se basa en las áreas motoras de Brodman; en este recorrido de la medula a la corteza cerebral se menciona el traspaso de información al cerebelo de forma indirecta, es aquí donde los aportes Llínas complementan a la teoría jerárquica de Suarez, pues en sus investigaciones ha planteado estructuras precisas y procesos que describen el funcionamiento del SNC, el cerebelo y el sistema olivo-cerebeloso como procesador de la información para lograr movimientos precisos y coordinados. Teniendo de ambas partes la generación del movimiento y las formas en que se coordinan y se buscan la exactitud de los mismos.

8. Futuras líneas de investigación

A partir de las teorías encontradas se ha llegado a la conclusión de que el movimiento tiene diversas entras de estimulación, desde la observación por medio del sistema de neuronas espejo; la medula espinal como generadora de movimiento reflejo a partir de estímulos externos; las áreas motoras 4, 5 y 8 de Brodman y desde la información motora albergada en el cerebro. Sin embargo, cabe resaltar que aún se encuentran vacíos dentro del conocimiento de la neurofisiología del movimiento, pues se presenta información poco sostenible sobre la función de la corteza cerebral en el movimiento. Hace falta investigar a profundidad la iniciación y control de los movimientos, solo se sabe que la corteza cerebral tiene albergada información motora, ya sea heredada genéticamente o almacenada durante experiencias, pero ¿cómo funciona? Es algo incierto, lo único que se sabe es que utiliza esta información como referencia para generar el movimiento. Por otro lado, dentro de la información encontrada solo se describe como se genera un movimiento simple, pero ¿qué procesos neurofisiológicos se llevan a cabo cuando se realiza una técnica determinada y cuando esta técnica es utilizada en diferentes situaciones ya sea en fines competitivos de supervivencia? ¿Cómo el cerebro lo procesa y asimila? Son varias interrogantes que surgen sobre la comprensión del funcionamiento del cerebro. Es un trabajo arduo para investigar desde el campo de las neurociencias, en especial para los fisiólogos del ejercicio y los neurofisiólogos, pues la corteza cerebral es la respuesta.

9. Referencias Bibliográficas

- Blanco, C. (2014). *Historia de la neurociencia: el conocimiento del cerebro y la mente desde una perspectiva interdisciplinar*. México: Biblioteca nueva.
- Bayona, E., Bayona, J., y León, F. (2011). *Neuroplasticidad, Neuromodulación y Neurorrehabilitación: Tres conceptos distintos y un solo fin verdadero*. Salud Uninorte, vol. 27, núm. 1, enero-julio, 2011, pp. 95-107.
- Bonito, J. (2012). *El sistema de neuronas espejo y su activación en movimientos coordinados complejos*. (Tesis de grado). Universidad Católica San Antonio. España
- Calderon, J., y Legido, J. C. (2002). *Neurofisiología aplicada al Deporte*. Colombia: Kinesis.
- Cosacov, E. (2005). *Introducción a la Psicología*. Argentina: Brujas
- Garcés-Vieira MV, Suárez-Escudero JC. *Neuroplasticidad: aspectos bioquímicos y neurofisiológicos*. Rev CES Med 2014; 28(1): 119-132.
- Lago, A. (2012) *Funcionalidad del Sistema de Neuronas Espejo y su implicación en los procesos de Aprendizaje Motor por Observación*(Tesis doctoral). Universidad da Coruña. España
- López, J. (2006) Santiago Ramón y Cajal. España: Universidad de Granada
- Llinás, R. (2003). *El cerebro y el mito del yo*. Colombia: Norma.
- Llinás, R. (2013). *El sistema Olivo-cerebeloso: una clave para comprender la importancia funcional de las propiedades intrínsecas del cerebro oscilatorio*. Rev Fronteras en los circuitos neuronales; doi: 10.3389.
- Cardenas, F. (2003). *Bases neurofisiológicas y principios generales del control motor*. Bogotá, Colombia: Universidad de los Andes.
- Polit & Hungler (2006). *Introducción a la investigación en ciencias de la salud*. Capítulo 1. México: McGraw-Hill Interamericana. VI Edición.
- Popa, L., Streng, M., L Hewitt, A., y Ebner, T. (2015). *Los errores de nuestras formas: comprender las representaciones de errores en el aprendizaje motor dependiente del cerebelo*. Rev Cerebellum (2016) 15:93–103 DOI 10.1007/s12311-015-0685-5
- Sierra, O., & Gonzalo, M. (2007). *Nuevas ventanas hacia el cerebro humano y su impacto en la neurociencia cognoscitiva*. Rev Latinoamericana de Psicología 2007; 39(1): 143-157

Suárez, G. R. *Bases fisiológicas del reclutamiento de motoneuronas*. Rev de Educación Física 2103;2(1): 85 - 102.

Zeeuw, B. C., & Michiel, T. (2015). *El aprendizaje motor y el cerebelo*. Cold Spring Harbor perspectives in biology. DOI: 10.1101/cshperspect.a021683 · Source: PubMed