

EFFECTOS DEL ESTIMULADOR DE ALTO VOLTAJE COMO MEDIO DE INTERVENCIÓN FISIOTERAPÉUTICA TEMPRANA EN EL APROVECHAMIENTO PROTEICO DE LOS PACIENTES CON HIPERCATABOLISMO QUE INGRESAN A LA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS

* Luz Mercedes Acosta Serrano y Claudia Andrea Marulanda Zamora

** María Constanza Trillos

RESUMEN

El propósito de este estudio consistió en identificar los efectos de Estimulador de Alto Voltaje como un medio para promover una intervención fisioterapéutica temprana en la rehabilitación del paciente en estado crítico; ya que debido a los efectos de la inmovilización prolongada por enfermedad, estos pacientes suelen presentar el bien conocido síndrome de Descondicionamiento Físico, el cual puede tener consecuencias tan severas o más grandes que la misma patología de base. Por tal motivo se buscó la influencia de este tipo de terapia en el aprovechamiento proteico de los pacientes con un estado hipercatabólico, reflejado a través de los niveles de Creatinina (Cr.O) y Nitrógeno (N.U.U) en orina de 24 horas, Balance de nitrógeno tomados semanalmente y niveles de Glicemia en sangre tomados diariamente. El tipo de diseño usado en este estudio fue experimental pre prueba post prueba con grupo estudio y control con un universo total de 30 pacientes, 15 por cada grupo, de los cuales 2 fallecieron. La aplicación de la electroestimulación

* Estudiantes de Fisioterapia de la Institución Universitaria Fundación Escuela Colombiana de Rehabilitación.

** Asesora Temática de la Investigación. Fonoaudióloga. Especialista en Docencia Universitaria.

se realizó una semana en cada paciente del grupo estudio, con un tiempo de terapia diaria de 1 hora (15 minutos por cada músculo). La asignación a los grupos se hizo de manera aleatoria según el orden de llegada de cada paciente, por lo que se requirió un tiempo máximo de aplicación de dos meses y medio. Adicionalmente para obtener un mayor control sobre las variables los parámetros nutricionales de proteínas y carbohidratos fueron similares para cada uno de los grupos. Una vez se finalizó la aplicación total del estudio, se procedió a realizar un análisis estadístico con la prueba *t* de student con un intervalo de confianza de 0.05; la cual arrojó diferencias significativas en los grupos, para las glicemias en sangre de los días 6 y 7 del protocolo; y en los balances de nitrógeno ureico en orina respecto al grupo control, el cual alcanzó a neutralizar sus balances pareciendo indicar que la aplicación de la electroestimulación puede influir sobre el aprovechamiento proteico. Por otra parte para las otras variables estudiadas (Cr:O y N:U.U. 24hrs) no se presentaron diferencias estadísticamente significativas pero las hipótesis de trabajo tomaron la dirección esperada, siendo esto un buen indicador de un mejor aprovechamiento proteico por este tipo de pacientes.

Palabras Clave: electroestimulación neuromuscular, Estimulador de Alto voltaje, Síndrome de Descondicionamiento Físico, aprovechamiento proteico, atrofia muscular, hipercatabolismo.

INTRODUCCIÓN

El área de intervención fisioterapéutica en el cuidado crítico, representa un campo de gran interés para los profesionales de la rehabilitación, ya que día a día es más aceptado el hecho de plantear estrategias novedosas de tratamiento que permitan iniciar un programa de rehabilitación efectivo y temprano que contribuya a disminuir los devastadores efectos de la inmovilización en este tipo de pacientes.

Sumado a esto, se presenta en ellos un estado de estrés reflejado en una alteración metabólica dada

por la necesidad de sustratos energéticos; que en muchas ocasiones generan proteólisis del músculo esquelético; razón por la cual es determinante para la recuperación del paciente en estado crítico un aprovechamiento de los nutrientes aportados que permita al organismo solventar sus demandas energéticas de manera apropiada.

Los protocolos de Fisioterapia presentes en la actualidad brindan una amplia gama de posibilidades para el manejo del paciente en estado crítico; sin embargo, hasta el momento no se ha realizado un protocolo de tipo interdisciplinario que permita generar estímulos que beneficien un mejor aprovechamiento de las proteínas, con énfasis en las musculares, y que paralelamente evite dos de las grandes complicaciones dadas en este tipo de pacientes: el desacondicionamiento físico y la desnutrición.

De este modo, por medio del presente estudio se plantea un medio de intervención fisioterapéutico comúnmente usado como es la electroestimulación a través del Estimulador de Alto Voltaje, de tal modo que se faciliten estímulos isométricos generados por la bioelectricidad que promuevan un mejor aprovechamiento de las proteínas musculares, y que permitan que los nutrientes administrados sean asimilados adecuadamente por el paciente.

A pesar de que en la literatura se encuentren ampliamente documentados los efectos de la electroestimulación en la prevención de la atrofia muscular (Qin L., et al, 1997), es poco conocida su influencia sobre el aprovechamiento proteico del paciente en estado crítico, por lo que el desarrollo de la investigación promueve un medio novedoso de intervención que puede ser tomado en cuenta a la hora de plantear estrategias y planes de tratamiento en el área de la medicina crítica y la rehabilitación.

POBLACIÓN

La muestra seleccionada para este estudio fue de 30 pacientes que ingresaron a la Unidad de Cuidados Intensivos Adultos de un Hospital de Bogotá, entre Agosto y Octubre del 2002, los cuales presentaban patologías consistentes en trauma tóraco abdo-

minal, post operatorios de cirugías mayores y fallas ventilatorias, con un tiempo máximo de 72 horas de inmovilización o reposo en cama y una calificación o score de severidad Apache II mayor o igual a ocho. En tal sentido, se lograron reunir 19 hombres y 11 mujeres repartidos aleatoriamente de acuerdo al orden de llegada en dos grupos, uno al que se le aplicó la electroestimulación llamado grupo estudio, y otro al que no se le aplicó el protocolo de estimulación denominado grupo control. Ambos grupos recibieron el protocolo convencional de terapia física realizado en la Institución. Cabe destacar, que de la muestra seleccionada, dos sujetos fallecieron durante el estudio, pertenecientes tanto al grupo de estudio como el control, razón por la cual el análisis de los resultados se realizó con 14 participantes por grupo.

Ambos grupos recibieron soporte nutricional consistente en un aporte aproximado de 1.5 gr/kg de peso ideal de proteínas y 3 mg/Kg/min de carbohidratos, tanto de nutrición enteral como parenteral, encontrándose bajo efectos de sedación con soporte ventilatorio ajustado de acuerdo a los requerimientos de cada paciente.

METODOLOGÍA

El tipo de diseño usado para la realización de este estudio fue de tipo experimental basándose en la aplicación de una pre-prueba y una post-prueba, tanto al grupo de estudio como al grupo control. De este modo, uno de los grupos recibió tratamiento experimental, mientras que el otro no. Por otra parte, tanto la pre prueba como la post prueba fueron aplicadas a ambos grupos con la finalidad de establecer comparaciones más específicas y equivalentes. En tal sentido, las pre pruebas y las post pruebas se aplicaron por medio de exámenes de laboratorio tomados por el personal de la Unidad, consistentes en una recolección de orina de 24 horas para determinar los niveles de creatinina urinaria, nitrógeno ureico, y balance de nitrógeno ureico urinario. Por otra parte, a ambos grupos se le registraron los niveles de glicemia en sangre diariamente durante la aplicación del protocolo.

INSTRUMENTOS

Se usó un equipo de Estimulación Eléctrica marca *Chatanooga Serie Intellect 150*, el cual posee polaridad negativa para manejar efectos excitatorios o polaridad positiva para manejar inhibición del dolor, el modo con que se desee estimular (si es continuo, pulsado o recíproco), el tiempo de encendido y apagado, la frecuencia en pulsos por segundo y la intensidad que se desee manejar.

Para la realización de este estudio se manejaron los siguientes parámetros: polaridad negativa a través del cátodo para lograr respuesta motora, modo ciclado o pulsado, un tiempo de encendido de un segundo y de apagado de dos segundos, frecuencias de 16 y 64 pulsos por segundo de acuerdo al músculo estimulado e intensidades variables que van acordes con el umbral que cada paciente tuvo (Tabla 1.)

Por otra parte, se usó el gel como medio de acople para el electrodo activo y pasivo, y la solución salina

TABLA 1.

Promedios de Intensidades del Estimulador de Alto Voltaje por sujeto.

	INTENSIDADES (mA)			
	GASTROCNEMIOS	CUADRICEPS	BICEPS	TRICEPS
Sujeto 1	182,86	254,29	125,71	154,29
Sujeto 2	277,14	311,43	185,71	222,86
Sujeto 4	365,71	365,71	362,86	374,29
Sujeto 5	337,14	385,71	388,57	337,14
Sujeto 6	262,86	357,14	242,86	234,29
Sujeto 7	400,00	400,00	402,86	402,86
Sujeto 8	440,00	440,00	354,29	354,29
Sujeto 9	408,57	414,29	311,43	311,43
Sujeto 10	391,43	391,43	331,43	331,43
Sujeto 11	280,00	280,00	168,57	168,57
Sujeto 12	360,00	360,00	240,00	240,00
Sujeto 13	351,43	351,43	245,71	245,71
Sujeto 14	337,14	337,14	285,71	285,71
Sujeto 15	374,29	374,29	202,86	202,86
TOTALES	340,61	358,78	274,90	276,12
MAXIMO	440,00	440,00	402,86	402,86
MINIMO	182,86	254,29	125,71	154,29

para el electrodo dispersor. Los electrodos fueron carbonados y superficiales, con un diámetro aproximado de siete centímetros cada uno.

PROCEDIMIENTO

Una vez se delimitaron claramente los parámetros que se debían utilizar para la aplicación de la Electroestimulación, la muestra (n=30) fue seleccionada al azar, de acuerdo al orden de ingreso de los pacientes a la Unidad, permitiendo la asignación de cada uno de estos a ambos grupos. Se revisaron cuidadosamente los criterios de inclusión de cada paciente por medio de un análisis y lectura previa de las Historias Clínicas, teniendo especial atención en el diagnóstico de ingreso y en el soporte nutricional que presentarían.

Posteriormente, se procedió a hablar con la familia acerca del estudio, y se avaló la firma del consentimiento informado por dos testigos y el médico a cargo de la unidad. Una vez firmado el consentimiento, y el paciente fué estabilizado, se procedió a iniciar el protocolo, el cual duró siete días por cada paciente, con sesiones de una hora, quince minutos por cada músculo. De esta forma, se estimularon gastrocnemios, cuádriceps, bíceps, y tríceps; músculos que por ser antigravitorios, son los que primero se atrofian (Deitrick, J. Whedon G.D., 1948).

Antes de iniciar la electroestimulación, se autorizaron los exámenes preprueba, consistentes en una recolección de orina realizada por el personal de enfermería, la cual duró 24 horas. De esta recolección son tomados posteriormente los datos que corresponden al nitrógeno ureico, la creatinina y de acuerdo al aporte proteico se sacó un balance nitrogenado, dado por una relación entre nitrógeno administrado y el eliminado. El mismo procedimiento se repitió una vez terminado el protocolo. También fueron tomados los datos diarios de los registros de la glicemia en sangre, con la finalidad de llevar un registro exacto de esta variable durante la aplicación del protocolo. Para registrar todos los datos correspondientes a los parámetros del equipo y a los exámenes de laboratorios se contó con un instrumento de aplicación para cada paciente en el

que se anotaron día a día todos los datos necesarios para su posterior análisis e interpretación.

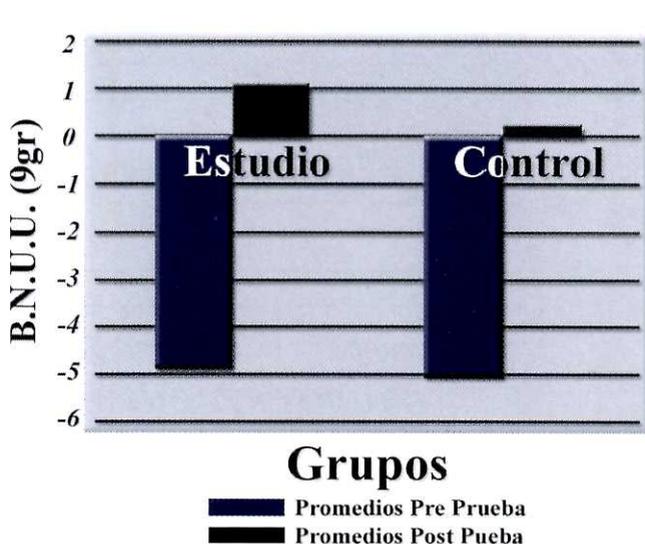
RESULTADOS

Para el análisis de los datos, se estableció una comparación entre el grupo de estudio y el grupo control, de manera que pudieran realizarse los correspondientes análisis para cada una de las variables.

En cuanto al balance de nitrógeno, se encontraron diferencias significativas entre las prepruebas y las postpruebas de ambos grupos, ya que presentaron un balance negativo que luego de la aplicación del protocolo lograron alcanzar su positividad. Cabe destacar que a pesar de que los dos grupos lograron positivizarse, gracias al aporte nutricional, el grupo de estudio logró un balance superior a cero, por lo que hubo un mejor aprovechamiento de las proteínas administradas gracias a la electroestimulación (Figura 1).

FIGURA 1.

Comparación de los Promedios del B.N.U.U en las Pre Pruebas y las Post Pruebas para el Grupo Estudio y Control



El nitrógeno ureico urinario permaneció estable en la pre prueba y en la post prueba para el grupo estudio, mientras que para el grupo control hubo un ligero ascenso durante la post prueba. A pesar de no haber cambios significativos en esta variable, se puede observar que mantuvo su nivel, mientras que

en el grupo control, tendió a ascender, interpretándose entonces que hubo una pérdida mayor de nitrógeno urinario en el grupo que no recibió electroestimulación (Figura 2 A, 2 B).

FIGURA 2 a y 2 b.

N.U.U de 24 horas Pre prueba y Post prueba para el grupo Estudio y Control

FIGURA 2 a.

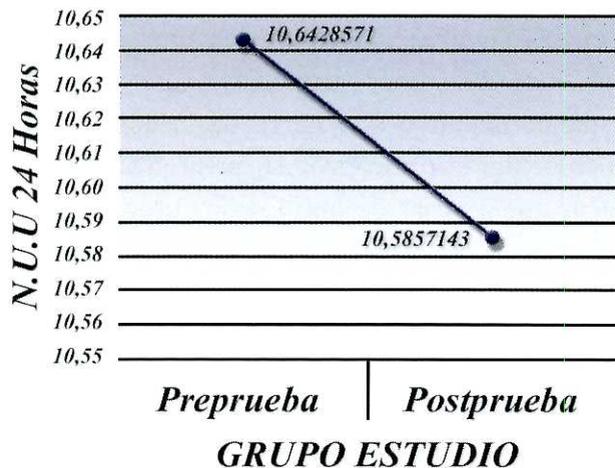
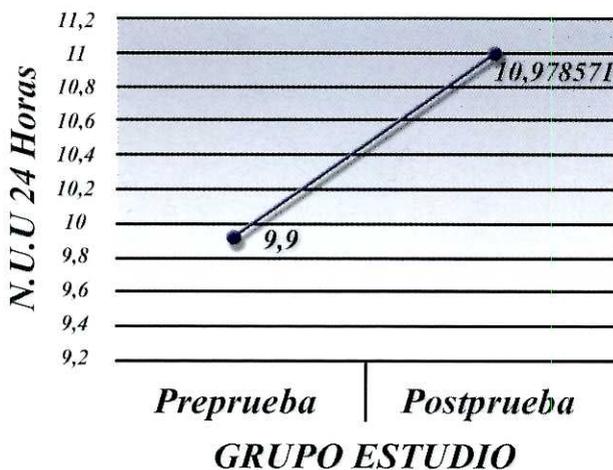


FIGURA 2 b.



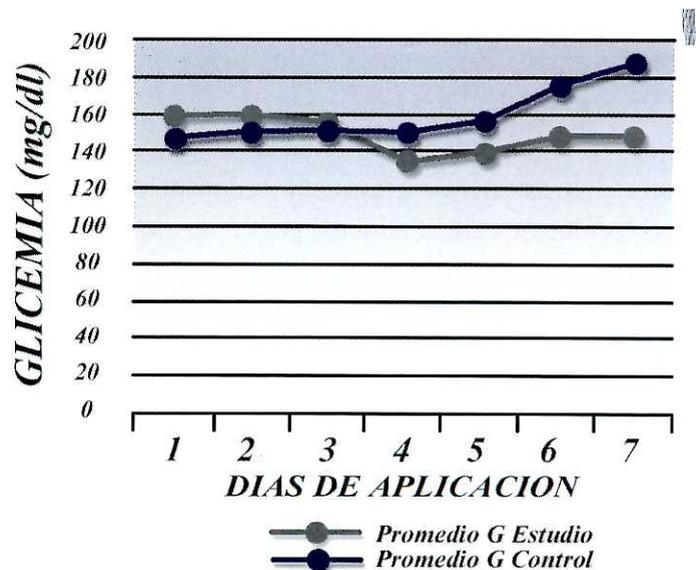
La creatinina en orina, igualmente, mostró cambios benéficos durante la aplicación del protocolo. El grupo que recibió estimulación eléctrica tuvo una disminución de sus niveles durante la post prueba mientras que el grupo control ascendió. Teniendo en cuenta que la creatina es de vital importancia en el metabolismo del músculo esquelético, y que su excreción urinaria es directamente proporcional a la pérdida de masa muscular, entonces se puede deducir que los valores

de creatinina, al tender a descender en el grupo estudio, y a ascender en el grupo control, muestran que la electroestimulación tiende a preservar el metabolismo músculo esquelético sin pérdidas exageradas de proteínas por vía urinaria.

Teniendo en cuenta que en el paciente en estado crítico es común una elevación de los niveles de glicemia, se observaron en ambos grupos valores altos al inicio del protocolo. Sin embargo, la tendencia de las glicemias en el grupo que recibió estímulo eléctrico fue en proceso descendente, mientras que en el grupo control se mantuvo, para mostrar en los últimos días un ascenso significativo. De esta forma, hubo cambios significativos en los dos últimos días de la aplicación del protocolo para ambos grupos, evidenciando una tendencia a retornar a los valores normales en el grupo estudio, mientras que en el grupo control, la hiperglicemia post traumática permaneció estable en una primera etapa del protocolo para luego elevarse los dos últimos días. (Figura 3).

FIGURA 3.

Comportamiento de las glicemias durante la aplicación del protocolo en el Grupo Estudio y Control



DISCUSIÓN

Vale la pena destacar que las variables propuestas para el análisis en este estudio, a pesar de no constituir instrumentos directos de medición a nivel fisio-

terapéutico, constituyeron un excelente indicador de que la electroestimulación puede ayudar a disminuir el hipercatabolismo de las proteínas en el paciente crítico, y por ende, aminorar los efectos de la inmovilización, la atrofia muscular y el inadecuado aprovechamiento de los nutrientes.

Por lo tanto, este trabajo brinda los hallazgos necesarios no sólo para continuar con el estudio, sino para la realización de otros.

Algunos aspectos que no se tomaron en cuenta dentro de las variables propuestas adquirieron gran significación. Uno de ellos fue la disminución del edema en miembros inferiores, documentada tras haber tomado medidas circunferenciales antes y después de la terapia de electroestimulación, mostrando una disminución aproximada de cuatro centímetros para ambos miembros, por lo que se puede deducir que además de los efectos benéficos que puede tener la electroestimulación sobre la prevención y regulación de la atrofia muscular, también ejerce un efecto de bombeo que puede llegar a disminuir el edema en este tipo de pacientes.

Otro hallazgo importante fue que durante la estimulación eléctrica, se observó que las intensidades tendieron a disminuir para los miembros inferiores, probablemente debido a un efecto de acostumbamiento al umbral de respuesta motora y a la disminución del edema mencionada anteriormente, que favorece la consecución de intensidades más bajas durante la electroestimulación, con una mejor respuesta a nivel motor.

Por otra parte, fueron observados y analizados cuidadosamente los niveles de creatinina y nitrógeno sérico tomados durante el período de aplicación, dentro de los cuales se notó un ligero ascenso tanto de las creatininas como de los nitrógenos en el grupo control. Este hecho, es un aspecto digno de análisis, ya que cuando sus valores se elevan indican altos grados de estrés con su respectivo hipercatabolismo; razón por la cual, una disminución en el grupo estudio indica que en este tipo de pacientes que recibieron electroestimulación progresan favorablemente hacia

una fase anabólica de recuperación, con mucha más rapidez que en el grupo control.

Los datos mencionados con anterioridad aseguran de esta manera, que el estudio arrojó resultados favorables dentro de los cuales se establece un efecto favorable de la electroestimulación en el paciente crítico, teniendo en cuenta que las hipótesis tomaron la dirección y el cambio esperado dentro de la investigación.

CONCLUSIONES

El trabajo con el paciente en estado crítico constituye una experiencia única, ya que se encuentran bajo una situación de estrés no sólo física sino emocional, al verse sometido a una gran cantidad de procedimientos invasivos para preservar la vida y facilitar la recuperación. Por este motivo, cualquier esfuerzo encaminado a disminuir los efectos de su estadía y permanencia en cuidado intensivo y permanente, contribuyen a que mejore en gran medida la salud integral del paciente.

En tal sentido, la electroestimulación constituye un procedimiento que no representa riesgo alguno si se tienen en cuenta sus indicaciones y contraindicaciones, y demostró ser un instrumento de gran utilidad en el área fisioterapéutica para facilitar la recuperación del paciente, generando un aprovechamiento de los nutrientes administrados y usándolos debidamente para solucionar rápidamente su situación interna de estrés, que genera efectos devastadores si no se brinda el soporte apropiado.

De esta manera, la realización de este estudio plantea resultados muy interesantes tanto para el campo de la Fisioterapia como para Nutrición y el área de la Medicina Crítica, en cuanto a que los resultados arrojados, a pesar de no reflejar datos significativamente estadísticos en variables como la creatinina y la excreción de nitrógeno en orina, mostraron cambios de gran importancia que despiertan interés por plantearse nuevas estrategias que permitan darle más significación a dicho estudio.

Es por esta razón que se sugiere continuar con un trabajo donde se pueda aumentar el tamaño de

la muestra y se estudien de manera más exhaustiva todas las variables que entran en juego y que facilitan la validez interna del estudio. De este modo, replanearse el desarrollo de este estudio pudiera implicar un tiempo mayor de aplicación y un apoyo con instrumentos de medición que soporten los datos arrojados por las variables bioquímicas, como por ejemplo biopsias musculares o el uso de electromiografías que permitan establecer un adecuado control de las variables estudiadas y determinar de una manera más completa el estado real de la musculatura para ambos grupos.

Por otra parte, se sugiere de igual modo que se desarrollen estrategias y herramientas de medición más objetivas a nivel fisioterapéutico en el área crítica, que permitan complementar y apoyar a otras disciplinas como la medicina y la nutrición. La realización de este estudio reflejó la necesidad del trabajo conjunto con otras disciplinas, donde la Fisioterapia cada día tiende a perfilarse como una profesión en busca de estrategias novedosas de tratamiento encaminadas a generar beneficios en los pacientes y una mejor calidad de vida en términos de funcionalidad. Se quiere entonces conseguir que el desarrollo de este estudio sirva como punto de partida para estimular la investigación en Fisioterapia en cuidado crítico, la cual constituye un área de gran interés y que día a día abre más caminos y posibilidades al profesional de la rehabilitación.

De este modo, es para el área de la Fisioterapia todo un reto el trabajo con este tipo de pacientes, los cuales brindan crecimiento no sólo profesional sino emocional y espiritual.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aranceta, J. (1999), Epidemiología nutricional. Estudios poblacionales de alimentación y nutrición, Madrid: Díaz de Santos.
- Bersten, A., Easterbrook-Smith, S., Jones, A., Montague, D., Slaytor, M., Tomas, M., Wake, G. (1994) Bioquímica General. México: Mc Graw Hill.
- Bouletreau, M., Patricot, M.C., Saudin, F., Guiraud, M., Mathian, B. (1987) Effects of Intermittent Electrical Stimulation on Muscle Catabolism in Intensive Care Patients. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*, 11,6-552.
- Chen, D., Jaeger, R.J. (1997). Functional Electrical Stimulation : Technical Avances and Cinical Aplications. *Physical medi-*

cine and Rehabilitation, 11, 1- 39.

- Deitrick, J. E., Whedon, G. D. (1948). Effects of immobilization upon various metabolic and physiologic functions of normal men. *Am. J. Med* 4,3-32
- Gersh, M.R. (1992) *Electrotherapy in Rehabilitation Comtemporany Perspectives in Rehabilitation, USA*: Davis Company.
- Goldin M.D. (1984). *Cuidados Intensivos en el Paciente Quirúrgico*. (p.p.352-354) Barcelona: Labor.
- Gómez, M.E., Gonzáles, M.A., Restrepo, G., Sanin, A. (2000), *Fundamentos de Medicina. El Paciente en Estado Crítico*. (2da. Ed.). Medellín (Colombia): Corporación para Investigaciones Biológicas.
- Khan, J., (1991) *Principios y prácticas de Electroterapia*. (1ª. Ed.). España: Jims.
- Knauss, W., Draper, E., Wagner D., Zimmerman J. (1985). APACHE II: A severity of disease classification system. *Critical Care Medicine* 13 – 818.
- Kottle, L., Krusen. (2000). *Medicina Física y Rehabilitación*. (4ta. Ed.). Madrid (España): Panamericana.
- Lampe, K. (1998). *Electrotherapy in Tissue Repair*. *Journal of Hand Therapy* 131.
- Mora, E., Pérez, R. (1998) *Fisioterapia del Aparato Locomotor*. España: Síntesis.
- Morillo, M., Vega, P., Portero, S., (1998) *Manual de Medicina Física*. España: Harcourt Brace.
- Pardo, J.L. (2001) *Síndrome de Descondicionamiento Físico: el Paciente en Estado Crítico y su Manejo*. *Medicina* 23, 1-55.
- Patiño J. F. (1985) *Metabolismo, Nutrición y Shock en el Paciente Quirúrgico*, (3ª. Ed.). Bogotá: Fundación Laura Patiño Osorio.
- Qin L., Apell HJ., Chan KM., Mafulli N. (1997). *Electrical Stimulation Prevents Immobilization in Skeletal Muscle of Rabbits*. *Arch Phys Med Rehabil* 73,7-512.
- Reed, Brian. (1997). *The Physiology of Neuromuscular Electrical Stimulation*. *Pediatric Physical Therapy* 9,96
- Robles Gris, J. (1996) *Nutrición en el Paciente Críticamente Enfermo*, (1ª. Ed.) México: Mac Graw Hill Interamericana.
- Rodríguez, M. (2000), *Electroterapia en Fisioterapia*, España : Panamericana.
- Thornton, R., Mendel, F., Fish, D. (1998). *Effects of Electrical Stimulation on Edema Formation in Different Strains of Rats*. *Physical Therapy*, 78,4-386.

(Footnotes)

Estudiante de octavo semestre de Fisioterapia de la Institución Universitaria Fundación Escuela Colombiana de Rehabilitación. Bogotá, Colombia. E mail: luzmer@hotmail.com

Estudiante de octavo semestre de Fisioterapia de la Institución Universitaria Fundación Escuela Colombiana de Rehabilitación. Bogotá, Colombia. E mail: clausmarula@latinmail.com