

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

Luz Mercedes Acosta Serrano

Claudia Andrea Marulanda Zamora

Institución Universitaria Fundación Escuela Colombiana de Rehabilitación

Facultad de Fisioterapia

2002

## Tabla de Contenido

Resumen -----	10
Introducción-----	11
Problema-----	13
Antecedentes-----	13
Marco Teórico-----	16
Objetivos-----	30
Variables-----	31
Hipótesis-----	32
Método-----	34
Diseño de la Investigación-----	34
Participantes-----	34
Instrumentos-----	39
Procedimientos-----	40
Resultados-----	43
Discusión-----	53
Conclusiones y Sugerencias-----	65
Referencias Bibliográficas-----	70

## Lista de Anexos

Anexo A-----	74
Presupuesto.	
Anexo B-----	75
Cronograma de Actividades.	
Anexo C-----	77
Documento del Consentimiento Informado.	
Anexo D-----	79
Protocolo de Intervención Fisioterapéutica de la Institución.	
Anexo E-----	81
Hoja de Evaluación Inicial.	
Anexo F-----	82
Instrumento de Aplicación.	
Anexo G-----	84
Escala de APACHE II para determinar el escore de severidad de la Enfermedad.	
Anexo H-----	88
Escala de RAMSAY para Sedación (ERS).	
Anexo I-----	89
Prueba Piloto	
Anexo J-----	92
Características de la Población por edades y género.	

Anexo K-----	93
Registro de la Nutrición Enteral para el Grupo Estudio y el Grupo Control..	
Anexo L-----	97
Registro de la Nutrición Parenteral Total para el Grupo Estudio y el Grupo Control.	
Anexo M-----	99
Registro de la Nutrición Enteral + Dieta Oral para el Grupo Estudio y Control.	
Anexo N-----	100
Prueba t de student para la variable Balance de Nitrógeno en el Grupo Estudio y Control.	
Anexo O-----	102
Prueba t de student para la variable Nitrógeno Ureico en Orina de 24 horas En el Grupo Estudio y Control.	
Anexo P-----	104
Prueba t de student para la variable Creatinina en orina de 24 hrs en el Grupo Estudio y Control.	
Anexo Q-----	106
Registro de las glicemias en sangre tomadas diariamente durante la aplicación Del protocolo en el Grupo Estudio y Control.	
Anexo R-----	107
Prueba t de student para la variable glicemia en sangre en el Grupo Estudio Y Control.	

Anexo S-----110

Registro de intensidades de la electroestimulación durante la aplicación del  
Protocolo.

Anexo T-----112

Registro de las creatininas y nitrógenos séricos tomados durante la Aplicación  
Del protocolo.

## Lista de Tablas

Tabla 1.-----	34
Características de la población en género, número y porcentajes.	
Tabla 2.-----	35
Diagnósticos y puntuación Apache II Grupo Estudio.	
Tabla 3.-----	36
Diagnósticos y puntuación Apache II Grupo Control.	
Tabla 4.-----	37
Tipo de Nutrición administrada al Grupo Estudio y Control.	
Tabla 5.-----	38
Perfil Nutrición Enteral administrado al Grupo Estudio y Control.	
Tabla 6.-----	38
Perfil Nutrición Parenteral Total administrado al Grupo Estudio y Control	
Tabla 7.-----	39
Perfil Nutrición Enteral + Dieta Oral administrado al Grupo Estudio y Control.	
Tabla 8.-----	43
Análisis de las Pre Pruebas del Balance de Nitrógeno del Grupo Estudio y Control.	
Tabla 9.-----	44
Análisis de las Post Pruebas del Balance de Nitrógeno del Grupo Estudio y Control.	

Tabla 10.-----	45
Análisis del Balance de Nitrógeno en el Grupo Estudio, Pre y Post Prueba	
Tabla 11.-----	46
Análisis del Balance de Nitrógeno en el Grupo Control, Pre y Post Prueba.	
Tabla 12.-----	47
Análisis estadístico de las Pre pruebas y Post pruebas del Nitrógeno Ureico en Orina de 24 horas para el Grupo Estudio y el Grupo Control.	
Tabla 13. -----	49
Análisis estadístico de la Cr. O. de 24 horas en el Grupo Estudio y Control.	
Tabla 14.-----	50
Resultado estadístico de glicemias para ambos grupos.	
Tabla 15.-----	54
Clasificación de pacientes según el estado catabólico mediante los valores de Nitrógeno Ureico en orina de 24 horas.	
Tabla 16.-----	57
Promedios de intensidades del Estimulador de Alto Voltaje por sujeto.	
Tabla 17.-----	59
Promedio de intensidades por día.	
Tabla 18.-----	62
Promedios Globales de Creatinina y Nitrógeno sérico durante la aplicación Del protocolo en el Grupo Estudio y Control.	

## Lista de Figuras

Figura 1.-----	45
Análisis de los Promedios de Pre pruebas y Post Pruebas del Balance de Nitrógeno en el Grupo Estudio y Control.	
Figura 2.-----	47
Análisis de los promedios de Pre Prueba y Post Prueba del Balance de Nitrógeno de 24 horas en el Grupo Estudio.	
Figura 3.-----	47
Análisis de los promedios de Pre Prueba y Post Prueba del Balance de Nitrógeno de 24 horas en el Grupo Control.	
Figura 4.-----	48
Comparación del Nitrógeno Ureico en Orina de 24 horas Pre Prueba y Post Prueba en el Grupo Estudio y Control.	
Figura 5.-----	50
Comparación de la Creatinina en Orina de 24 horas Pre Prueba y Post Prueba En el Grupo Estudio y Control.	
Figura 6.-----	51
Comportamiento de las glicemias en sangre para ambos grupos durante el Protocolo de Electrestimulación.	
Figura 7.-----	52
Comportamiento de las glicemias en sangre para ambos grupos en el día 1 Y 7 de aplicación del Protocolo.	



Figura 8.-----60

Comportamiento de las Intensidades por día.

Figura 9-----62

Comportamiento de la Creatinina Sérica durante la aplicación del protocolo  
En el Grupo Estudio y Control.

Figura 10-----63

Comportamiento del B.U.N. durante la aplicación del protocolo en el Grupo  
Estudio y Control.

## Resumen

El siguiente trabajo de investigación pretendió determinar los efectos que tiene el estimulador de alto voltaje utilizado como medio de intervención fisioterapéutica temprana aplicado en pacientes postquirúrgicos y politraumatizados no neurológicos que se encuentran en unidad de cuidados intensivos, de tal modo que puedan influir sobre el aprovechamiento proteico reflejado a través de los niveles de nitrógeno ureico en orina de 24 horas (N.U.U), balance de nitrógeno ureico (B.N.U.), la creatinina en orina de 24 horas (Cr.O) tomados semanalmente, al igual que los niveles de glicemia que se registran diariamente en la unidad. El tipo de diseño utilizado fue experimental pre prueba post prueba con grupo control, y la muestra fue de 15 pacientes por grupo de los cuales dos fallecieron en el momento del estudio. El estimulador se aplicó una vez por día durante una semana en cada paciente en períodos de una hora, 15 minutos por cada músculo. Los pacientes fueron escogidos aleatoriamente de acuerdo al orden de ingreso a la unidad. Aquellos que ingresaron al estudio recibieron parámetros similares de nutrición, específicamente de proteínas y carbohidratos. El periodo de aplicación fue de dos meses y medio, logrando así completar la muestra establecida para ambos grupos. Los resultados arrojaron una diferencia significativa en los niveles de glicemia del sexto y séptimo día para ambos grupos, al igual que se encontró que la electroestimulación puede llegar a positivizar favorablemente el balance de nitrógeno con respecto a los del grupo control, que llegaron únicamente a alcanzar la neutralidad. Por otra parte, las otras variables (N.U.U y Cr.O) no alcanzaron a ser estadísticamente significativas; sin embargo, todas las hipótesis de trabajo alcanzaron la dirección esperada durante el desarrollo de la investigación. Los datos se evaluaron a través de la prueba t de Student con un alfa de 0.05.

*Palabras clave: Electroestimulación Neuromuscular, Estimulador de Alto Voltaje, Síndrome de Descondicionamiento Físico, Aprovechamiento Proteico, Atrofia Muscular, Hiperatabolismo.*

Efectos del Estimulador de Alto Voltaje Como Medio de Intervención  
Fisioterapéutica Temprana en el Aprovechamiento Proteico de los Pacientes con  
Hipermetabolismo Proteico que Ingresan a Cuidados Intensivos

El campo de la intervención fisioterapéutica en el paciente en estado crítico constituye un área de acción que día a día despierta más interés en los profesionales de la salud; dichas estrategias de intervención, lejos de representar una amenaza para el paciente crítico, implican la prevención y la regulación de una serie de trastornos que en muchas ocasiones generan más secuelas que la misma patología de base. Tales trastornos, como el Síndrome de Descondicionamiento Físico por inmovilización prolongada, generan un desequilibrio sistémico y orgánico el cual ocurre casi inmediatamente después de que el paciente es ingresado a la unidad; sumado a esto, en este tipo de pacientes se presenta una alteración metabólica dada por un aumento en la necesidad de sustratos energéticos, más específicamente de proteínas; lo que ocasiona proteólisis del músculo esquelético. Los estudios efectuados en la Fundación Santa Fé de Bogotá realizados por Pardo (2001) plantean:

Si el paciente permanece inmovilizado por tres semanas, pierde el 50% de la fuerza muscular; acompañado de cambios metabólicos importantes consistentes en pérdida aumentada de nitrógeno uréico de 2 a 12 gramos por día, pérdida de calcio de hasta cuatro gramos por día y balance negativo de sodio, potasio y fósforo. Luego de ocho semanas de inmovilidad se desarrolla intolerancia a carbohidratos y pérdida del 16% de masa ósea; mayor riesgo para desarrollar trombosis venosa profunda,

hipotensión ortostática, úlceras de presión y anquilosis articular por pérdida de agua, glucosaminoglicanos y aumento de la degradación y disminución en la síntesis de colágeno periarticular.

Los protocolos de fisioterapia presentan una amplia gama de posibilidades para intervenir al paciente en estado crítico; sin embargo, a pesar de los grandes esfuerzos realizados por todo el equipo de profesionales en el área del cuidado intensivo, no existe un aprovechamiento proteico óptimo que evite varias de las complicaciones del Descondicionamiento Físico en este tipo de pacientes: la atrofia muscular y la desnutrición . Es por este motivo que este trabajo fue enfocado al uso de una técnica fisioterapéutica, la electroterapia, de manera temprana (una vez el paciente se encuentre hemodinámicamente estable), como medio para generar un aprovechamiento proteico reflejado en un balance menos negativo en el nitrógeno y creatinina que pierden estos pacientes en la orina y que constituyen un indicador de eliminación de proteínas del músculo; adicionalmente se tendrá en cuenta la glicemia en sangre la cual actúa como un indicador indirecto del estado metabólico del paciente . Por otra parte, para la realización de este estudio se tomó en cuenta la nutrición que reciben este tipo de pacientes, y que se relacionó directamente con el estado hipercatabólico y su aprovechamiento proteico de tal modo que los nutrientes puedan ser asimilados de manera más efectiva, evitando así la pérdida proteica exagerada por la orina a expensas de la lisis del músculo esquelético en estos pacientes.

Por tal razón la gran preocupación durante el transcurso de esta investigación consistió en plantear si ¿El estimulador de alto voltaje induce el aprovechamiento proteico y controla las complicaciones de la atrofia muscular en el paciente que se encuentra en fase hipercatabólica en la unidad de cuidados intensivos?.

Para lograr este fin se estudió el área de la intervención fisioterapéutica temprana para retardar la aparición de la atrofia muscular y disminuir la severidad de esta en el paciente en estado crítico; como se mencionó anteriormente, la fisioterapia aplicada de manera temprana en dichos pacientes constituye un campo muy poco explorado por los profesionales de la rehabilitación. Pocos estudios describen el efecto benéfico de la electroterapia en la prevención y el control del Descondicionamiento Físico en este tipo de pacientes. Uno de ellos es la investigación realizada por Ayas-N-T, McCool F-D, Gore R, Lieberman-S-L, Brown R (1999) que utiliza la estimulación eléctrica por períodos cortos para prevenir la atrofia del diafragma en pacientes con trauma raquímedular nivel alto (C2) facilitando el deshije o despegue del ventilador.

Un estudio aplicado a conejos arrojó cambios histológicos positivos en la fibra muscular tras la aplicación de electroterapia, que emplea contracciones isométricas a 50 Hz por 30 minutos al día y 5 veces a la semana. Este estudio refiere que la estimulación eléctrica en períodos de 0.5 a 2 horas por día ha sido usada para ganar masa y fuerza muscular. Por lo tanto, la estimulación eléctrica ha sido aplicada clínicamente para recuperar fuerza muscular, reducir el tiempo de rehabilitación y prevenir la atrofia muscular seguida de la inmovilización (Qin L, Apell HJ, Chan KM, Mafulli N 1997).

Bouletreau P, Patricot M.C, Saudin F, Guiraud M, Mathian B (1987) realizaron estudios más contundentes aplicando estimulación eléctrica intermitente con el fin de controlar el catabolismo muscular como medio para prevenir la atrofia por desuso en pacientes en estado crítico, encontrando que existe una disminución significativa en indicadores de pérdida proteica muscular en la orina como la 3-MH (3 – Metil Histidina) y la excreción de creatinina durante los períodos de estimulación neuromuscular .

La atrofia por desuso se refiere a cambios en el músculo después de un periodo de inmovilización o reducción de la actividad. A nivel histológico el cambio más evidente seguido de inmovilización prolongada, es una disminución del área muscular seccionada. Las fibras que se afectan más rápidamente son las Tipo I, sin encontrarse cambios en el número de las mismas. El diámetro de la fibra muscular esta relacionado con la habilidad de esta para generar fuerza; al igual que el nivel de enzimas oxidativas se encuentra directamente relacionado con el desempeño aeróbico muscular y una buena resistencia. Por lo tanto, cuando un músculo se atrofia, se debilita y posee una pobre resistencia en comparación con el músculo saludable. Por este motivo la Electroestimulación Neuromuscular (E.N.M.) es usada comúnmente para retardar los efectos de la inmovilización, siendo una herramienta efectiva para inducir la contracción de los músculos durante las fases iniciales de la rehabilitación.

El mantenimiento del músculo estriado y de su fuerza requiere de cierto estrés gravitacional y de la actividad. Por lo tanto, muchos estudios sugieren que los músculos que más rápidamente se atrofian son los posturales o antigraavitatorios,

entre los que se encuentran los gastrocnemios, el sóleo, el tibial anterior, los músculos de la cintura escapular y el bíceps (Deitrick J. E., Whedon G.D, 1948).

Para tener en cuenta, son los parámetros de medición a nivel bioquímico, los cuales están relacionados con la nutrición administrada durante la estadía del paciente en la unidad. Estos indicadores permiten detectar déficit nutricionales y en algunas ocasiones se utilizan como factores predictivos del riesgo de enfermedad. Para ello, se determinan los niveles de ciertos nutrientes en fluidos o tejidos biológicos, habitualmente sangre, eritrocitos, leucocitos, así como la excreción urinaria bien de los nutrientes o de sus metabolitos. Por ejemplo, parámetros que permiten valorar el catabolismo proteico muscular (creatinuria, 3-metilhistidinuria, nitrógeno urinario total) son útiles en el estudio de estados de desnutrición graves (Aranceta, 1999).

Los estudios a nivel nacional son aun más escasos y plantean protocolos de intervención en rehabilitación realizados por Pardo (2001) implementando el uso de corriente eléctrica o estimulación bioeléctrica funcional en el momento en que el paciente se encuentra en fase aguda (24 a 72 horas, en la fase IA del protocolo) y bajo efectos profundos de sedación, relajación o en estado de coma. El paciente que se encuentra sedado y bajo efectos de relajación, facilita la instauración de un soporte ventilatorio al disminuir la excitabilidad del mismo.

Usualmente, cuando un paciente ingresa a la Unidad de Cuidados Intensivos, se realiza un control de todas sus funciones vitales y se realiza una evaluación exhaustiva por parte de todos los profesionales de la salud involucrados que proponen estrategias de intervención y objetivos de tratamiento. El Acute Physiology And Chronic Health Evaluation (APACHE II), es un sistema de

clasificación de la gravedad de la enfermedad que permite la valoración de treinta y cuatro variables fisiológicas que expresan el estado clínico del paciente, por lo cual se obtiene un índice. Los pacientes se valoran en tres etapas: la primera, mide el grado de afectación fisiológica a través de un índice, que se obtiene por la suma de 33 parámetros clínico – biológicos. La puntuación es de 0 a 4 de acuerdo con el grado de desviación de normalidad.

En la segunda etapa se lleva a cabo una valoración de la situación de salud previa al ingreso del enfermo, con respecto a la presencia o no de enfermedades crónicas. La tercera etapa corresponde a la clasificación del diagnóstico principal en uno de los siete sistemas orgánicos principales. Este sistema permite cuantificar la gravedad de la enfermedad y es realizado regularmente por el personal de la Unidad al ingreso del paciente. Mediante este procedimiento se permitirá y facilitará la formación de los grupos para esta investigación.

El paciente en estado crítico se encuentra bajo una situación de estrés, inducida por la presencia de un estímulo adverso de origen interno o externo; bajo este estado se llevan a cabo ciertos ajustes de origen metabólico necesarios para cumplir con las funciones orgánicas necesarias para restituir la homeostasis. Dichos ajustes metabólicos involucran cada uno de los sustratos básicos como lo son los carbohidratos, los lípidos y las proteínas, siendo estas últimas de vital importancia, ya que en situaciones de estrés intervienen en procesos como la reparación tisular, cicatrización, liberación de hormonas, defensa inmunológica y mantenimiento de la estructura de órganos vitales. En tal sentido, el paciente que se encuentra en una unidad de cuidados intensivos y que requiere de un aumento de sus demandas energéticas, genera una pérdida anormal de proteínas, con una



mayor depleción en el músculo esquelético y en las vísceras. Por tal motivo, la proteólisis del músculo esquelético se presenta como una respuesta ante la demanda del organismo para obtener fuentes de producción energética mediante procesos como la gluconeogénesis y la oxidación, así como también para satisfacer los requerimientos por parte del hígado y otros órganos para aumentar la síntesis de las proteínas que van a ser utilizadas en mecanismos como la reparación tisular, la cicatrización de heridas y la respuesta inmunológica.

Adicionalmente a este estado de proteólisis del músculo esquelético, se da en el organismo en condiciones de estrés un estado catabólico que involucra respuestas hormonales, liberación de mediadores químicos inflamatorios con un aumento del gasto energético y de requerimientos de proteína en fase aguda, además de la resistencia de las células a hormonas anabólicas como la insulina que obligan al organismo a requerir energía de otros sustratos como los lípidos y las proteínas, cuya utilización y depleción se ve expresada en un balance negativo de nitrógeno uréico.

Si a este proceso le sumamos el hecho que los aminoácidos suministrados en la nutrición del paciente no son asimilados en su totalidad, se ve entonces una situación de extremo peligro, poniéndose en riesgo la vida del paciente.

Una vez se presenta la depleción proteica, esta viene acompañada por una disminución en la síntesis proteica junto con una pérdida en las funciones más indispensables para el organismo. En un principio, la energía suministrada por los aminoácidos es necesaria para reforzar procesos vitales en el sistema inmunitario y de reparación, pero ya en fases posteriores y de acuerdo a la magnitud y severidad de la lesión, los nutrientes suministrados no resultan suficientes ni

totalmente óptimos para las continuas demandas energéticas del organismo, por lo que la depleción de sustratos llega a tal nivel que comienzan a escasear las proteínas de fase aguda y la suplencia energética para los procesos de inmunidad y de reparación, llevando a una disfunción de órganos tan importantes como el pulmón, el corazón y los intestinos, y generando un círculo vicioso que produce más lesión y estrés, aumentando la mortalidad en este tipo de pacientes.

Como respuesta hipermetabólica del organismo al estrés, el paciente que se encuentra en estado crítico, requiere activar por parte de su organismo una serie de mecanismos que le permitan mantener la supervivencia y el restablecimiento de sus funciones vitales. De no ser así se corre el riesgo de presentar deterioro progresivo de sus funciones que lo lleve a falla orgánica multisistémica y por último a la muerte.

En primera instancia, la prioridad del organismo consiste en prevenir la exagerada pérdida de sustratos peso y proporcionar requerimientos energéticos básicos permitiendo la recuperación de la homeostasis corporal. Pero a pesar de los grandes esfuerzos de este gran sistema biológico, se presentan una serie de limitaciones que dependen de la lesión y de la severidad de la misma. De esta forma cuando la lesión no es tan severa, este mecanismo de defensa puede actuar en conjunto con la conducta terapéutica, y llegar rápidamente a un estado de normalidad, pero si es el caso contrario, la defensa del organismo actúa como un fenómeno adverso que puede llegar aún a complicar más la lesión.

Las patologías a las que se ve sometido un paciente en estado crítico pueden ser: quemaduras, traumatismos, sepsis, e intervenciones quirúrgicas y sin excepción todos estos pacientes, unos mas severamente que otros, cursan por un

proceso de fase aguda que se caracteriza por una restauración tisular y aumento de los mecanismos de defensa. En esta instancia actúan sistemas como el neuroendocrino, el Sistema Nervioso Central y el Sistema Nervioso Autónomo.

Inicialmente la respuesta metabólica al trauma se lleva a cabo en tres fases:

- Una fase aguda o fase inmediata que puede durar de 24 a 72 horas la cual cursa con un estado de hipotensión con hipoperfusión tisular e hipoxemia, (Robles Gris J 1996), con pérdida de sangre, exudado o plasma que si no es controlada puede llevar al paciente a un estado más complicado el cual consiste en hipotensión sostenida, hipovolemia, taquicardia, oliguria, sudoración, palidez y letargo mental que puede evolucionar a la muerte (Robles Gris J 1996); el requerimiento de sustratos energéticos para esta fase no es significativo por lo que se puede caracterizar como hipometabólica, y se puede observar una ganancia de peso inicial dada por la retención de sodio y agua.
- La fase hipermetabólica resulta en un aumento de los requerimientos energéticos, provenientes de la alteración en el metabolismo de lípidos, proteínas y carbohidratos, pérdida importante de peso, balance de nitrógeno ureico negativo y aumento del catabolismo proteico; se puede extender por varios días aproximadamente entre una y dos semanas dependiendo del grado de estrés que presente el paciente.

- Y la tercera fase donde hay una ganancia de peso corporal, disminución en la secreción de catecolaminas y nitrógeno en la orina, para llegar de esta forma a un balance más positivo; lo cual indica disminución progresiva de la fase catabólica y el inicio de la fase anabólica o de reparación. Este período también puede estar caracterizado por inmunosupresión y Disfunción Orgánica Múltiple (mortalidad de 25% por la disfunción de cada órgano), falla orgánica multisistémica que lleva a la complicación del paciente y a su fallecimiento (Robles Gris J 1996). El tiempo de esta fase puede durar semanas, según haya sido la gravedad de la lesión inicial y la magnitud de la fase catabólica. La tasa de restauración proteica es lenta menor que la tasa de lisis celular de la fase catabólica, con una restitución del nitrógeno de 3 a 5 gramos diarios en un hombre de 70 kilos (Patiño J.F. 1985).

En el inicio de la fase hipermetabólica, el Sistema nervioso central activa el sistema nervioso autónomo y causa la estimulación del sistema neuroendocrino el cual genera secreción aumentada de catecolaminas, en especial la epinefrina y la norepinefrina las que intervendrán en una gran serie de procesos metabólicos. Paralelamente también se produce liberación de hormonas como los mediadores lipídicos, las citocinas, interleucina-1, prostaglandinas, activación de neutrofilos, proliferación leucocitaria y el factor de necrosis tumoral, que actuando en conjunto generan el mecanismo de defensa del organismo y dan como resultado una respuesta inflamatoria.

Por otra parte se presenta aumento en la secreción de la hormona antidiurética (ADH) que causa reducción en la excreción de agua en la orina; casi de inmediato

hay un aumento en la secreción de aldosterona que actúa sobre el riñón la cual produce retención de bicarbonato de sodio y excreción aumentada de potasio y de iones de hidrógeno (Patiño J.F. 1985).

En este orden de ideas, se presenta aumento de las demandas energéticas del organismo que resultan en la alteración rápida del metabolismo de los hidratos de carbono; factor conocido como hiperglicemia postraumática que está dada por el efecto de las catecolaminas por la resistencia de la hormona insulina (en el cual la elevación del nivel de glucosa es proporcional a la severidad del trauma) (Patiño J.F 1985). La hiperglicemia está acompañada de un aumento en la liberación de aminoácidos del músculo esquelético y la aparición de ácidos grasos libres en la sangre a partir del tejido graso subcutáneo (triglicéridos). Este proceso inicia la producción de glucosa endógena, a partir de la gluconeogenesis en el hígado, (formación de glucosa a partir de aminoácidos ).

La acción de las catecolaminas mantiene la resistencia periférica de la insulina y el aumento en la secreción de glucagón, lo que favorece el flujo de aminoácidos a partir de las proteínas del músculo a expensas de pérdida de masa muscular magra (precio que debe correr el organismo para la pobre obtención de energía a base de proteínas). El aumento del cortisol favorece el catabolismo proteico, lo que es manifestado en el aumento de la secreción de nitrógeno y potasio en la orina; por lo que persiste el efecto que se produce en los lípidos debido a la acción de las catecolaminas, el cortisol y glucagón, actuando sobre la lipasa, generando lipólisis y liberación de ácidos grasos; para emplearse en obtención de energía y neutralización de toxinas (Robles Gris J 1996).

Finalmente la fase anabólica se caracteriza por una marcada actividad insulínica deteniendo así el flujo de aminoácidos del músculo y de ácidos grasos, y el paciente muestra una disminución progresiva en la excreción urinaria de nitrógeno.

Teniendo en cuenta las alteraciones metabólicas a las que se encuentra sometido el paciente en estado crítico, específicamente el hecho de perder masa muscular magra por efectos del catabolismo proteico, el estudio propone el uso de un medio de intervención fisioterapéutica temprano y apropiado que contribuya a solventar los efectos de este tipo de alteración. Por este motivo, el método más adecuado es la estimulación eléctrica, siendo esta una de las técnicas clásicas de la fisioterapia, que consiste en la aplicación de corriente en el organismo de forma terapéutica, con el objetivo de producir reacciones biológicas y fisiológicas en los tejidos.

La corriente eléctrica es el flujo dirigido de partículas cargadas en algún medio de conducción; en el cuerpo hay dos medios de conducción: uno de ellos son los fluidos iónicos que componen el 70% del peso corporal; el otro son los nervios, estos últimos constituyen tejido especializado y excitable, diseñado para llevar ondas de flujos de iones en forma de potenciales de acción. Los potenciales de acción son ondas autopropagadas de despolarización únicos para excitar tejidos como los nervios. Son las corrientes por las cuales los impulsos son transmitidos dentro del sistema nervioso central y periférico. Los músculos esqueléticos son inervados por los nervios motores periféricos organizados en unidades funcionales llamadas unidades motoras. Una unidad motora consiste de una neurona motora sencilla y todas las fibras musculares que inervan las ramas del axón.

La corriente eléctrica activa unidades motoras por medio de la inducción de potenciales de acción en los nervios motores. La activación toma lugar a través del nervio motor en vez del músculo, ya que los nervios son mucho más excitables.

El flujo de electrones del estimulador es convertido en un flujo de iones en el nervio motor, y si el estímulo es adecuado para despolarizar el nervio en su umbral, resulta un potencial de acción. Un potencial de acción puede ser generado para cada estímulo eléctrico por encima de la frecuencia máxima definida por el periodo refractario del nervio (tiempo de recuperación). Los potenciales de acción viajan a través de la neurona a la placa motora, donde el retículo sarcoplásmico se despolariza, y como resultado el calcio es liberado uniéndose a los puentes de actina y miosina con acortamiento de los filamentos (Lampe, K.1998).

Un ejemplo de esto es la estimulación a nivel muscular para producir relajación o contracción, los nervios se estimulan para producir analgesia o aumentar un movimiento latente y la estimulación en el hueso produce aumento de su crecimiento.

Para una correcta aplicación de la electroterapia, es necesario conocer los parámetros fundamentales requeridos al momento de acomodarlos a la necesidad del paciente. El principio para la polaridad se basa en que para que aparezca movimiento de electrones, tienen que existir zonas donde estos escaseen y zonas donde haya un exceso; en tal sentido la zona con déficit se encuentra con polaridad o cargada positivamente (ánodo +) y la zona con exceso se encuentra cargada negativamente (cátodo -). Según la polaridad de la corriente se producen modificaciones en la excitabilidad nerviosa, es decir, si el nervio se estimula

mediante el cátodo (-), la excitabilidad axonal aumenta, mientras que la estimulación con el ánodo disminuye la excitabilidad axonal. Dicha excitación es realizada a través de electrodos, los cuales están estrechamente relacionados con el tamaño del mismo y su ubicación. Pueden ser superficiales, percutáneos o implantados. Los superficiales como los impregnados en carbón, metal o autoadhesivos se adosan y se ajustan con facilidad; no obstante pueden causar irritación cutánea. Los electrodos percutáneos permiten una localización más precisa pero penetran en la piel y requieren de una técnica de inserción. Los electrodos implantados se ubican en forma subcutánea y son estimulados por señales transmitidas a través de la piel, son complejos y requieren de implantación quirúrgica. Para la realización de este estudio, la electroestimulación será aplicada por medio de electrodos superficiales carbonados, utilizando una esponja para cada electrodo empapada en solución salina como medio de contacto. Por otra parte, se deben tener en cuenta ciertos parámetros básicos a la hora de aplicar la electroestimulación; estos hacen referencia a la intensidad utilizada, la resistencia, el voltaje y la frecuencia.

La intensidad se refiere a la cantidad del flujo de iones que pasan a través de un conductor en un segundo; midiéndose en amperios y miliamperios. Para que haya una adecuada respuesta en los tejidos excitables, el estímulo eléctrico debe poseer una adecuada intensidad y duración, siendo capaz de producir un potencial de acción. En tal sentido, la intensidad es el parámetro que habitualmente es denominado corriente eléctrica y su medida se pondrá de manifiesto siempre que haya paso de energía eléctrica por un punto, y está determinada por el umbral de excitación del paciente.



La resistencia es la fuerza de oposición de la materia al movimiento de los electrones en un conductor. Se mide en ohmios. Esta característica no es propia de los parámetros de la electricidad sino de la misma materia al ser sometida a esta energía. En este orden de ideas, dicha resistencia se puede presentar en la materia viva de forma muy variable, dependiendo de su composición y el tipo de corriente que circule a través de ella. Así, cuando en la materia se encuentra abundante en líquidos y en solución salina, será una buena conductora de electricidad.

El voltaje representa la fuerza necesaria para que un flujo de iones circule por un conducto; representa la fuerza impulsora que induce a los electrones a desplazarse de una zona con exceso, mencionado anteriormente al explicar la polaridad, a otra con déficit. Su unidad es el voltio.

La frecuencia implica un número de pulsos o ciclos aplicados de manera regular en cada unidad de tiempo, en el cual la corriente puede manifestar variaciones relativas, es decir, es el número de veces que se repite la cadencia en un segundo. Su unidad son los Hertz o el Hercio, y también se puede expresar en número de pulsos por segundo. El período, es el tiempo que dura una cadencia o un ciclo completo.

La electroestimulación en el organismo genera efectos electroquímicos, motores sobre el nervio y el músculo; sensitivos sobre el nervio brindando un aporte energético para mejorar el metabolismo muscular (Rodríguez M, 2000). Entre las respuestas fisiológicas se encuentran la relajación del espasmo muscular, disminución de la atrofia, facilitación de procesos de fortalecimiento en el músculo, aumento del flujo sanguíneo, mejoramiento de la respuesta retículo endotelial y de la microcirculación (mediante la acción de bombeo de la

musculatura en contracción), eliminación de los productos de desecho y contracciones monitorizadas de los músculos estimulando el ejercicio activo. La estimulación eléctrica mantiene la fuerza isométrica; sin embargo, no fortalece los músculos de manera más rápida que siguiendo los métodos tradicionales, en los que la voluntad del paciente y su participación activa se ven dramáticamente influenciados por los estados de sedación y relajación que presentan los pacientes que se encuentren en una Unidad de Cuidados Intensivos.

La estimulación se emplea para reproducir patrones de movimiento en los pacientes con inhabilidad para realizar movimiento por ellos mismos; esto puede ser debido a dolor, limitaciones en la movilidad, amplitud y otras disfunciones del sistema neuromuscular.

En la actualidad se encuentran tres tipos básicos de electroestimulación: la estimulación eléctrica muscular (MES), la cual se aplica a musculatura denervada; se realiza a través de la excitación directa de la fibra muscular con el objetivo de mantener el trofismo. Dentro de esta clasificación está la estimulación eléctrica transcutánea (TENS), produciendo efectos analgésicos basados en la teoría de la compuerta o a través del mecanismo de liberación de endorfinas y encefalinas.

Por otra parte, se encuentra la estimulación eléctrica funcional (FES), la cual se conoce como la producción de movimiento funcional por la estimulación eléctrica de los músculos y de los nervios. Este tipo de corriente es comúnmente usada en pacientes con lesiones medulares para proporcionar funcionalidad en la marcha.

Por último, la estimulación eléctrica neuromuscular (E.E.N.M.), es aplicada al músculo inervado sobre un nervio motor intacto y realizada a través de las fibras

motoras que inervan al músculo, cuyo objetivo es la contracción muscular dada por la respuesta al estímulo eléctrico que llega a la placa motora del músculo a través del nervio motor correspondiente; a este tipo de electroestimuladores corresponde el estimulador de alto voltaje, que será usado para el presente estudio.

La estimulación eléctrica neuromuscular es capaz de producir potenciales de acción tanto en el nervio como en el músculo, siendo estos indistinguibles de los generados por el Sistema Nervioso; así como también puede activar fibras nerviosas periféricas y del Sistema Vegetativo o Autonómico. El efecto palpable y observable de este tipo de estimulación es la contracción muscular; el músculo inervado responde al estímulo eléctrico con una contracción que llega a la placa motora del nervio correspondiente, siguiendo así la “Ley del Todo o Nada”, es decir, cuando la intensidad y la duración del estímulo son las adecuadas, se produce el efecto contráctil (Pastor Vega J.M., Cayuelas Antón, C., 1998).

Cuando se aplican estímulos eléctricos mediante electrodos superficiales, se produce la excitación del sarcolema del nervio que inerva el músculo. En un músculo sano, normalmente inervado, la estimulación eléctrica provoca su contracción por excitación del nervio motor, más que por una estimulación muscular directa, dado que las fibras nerviosas pueden excitarse con estímulos de corta duración, mientras que la respuesta muscular directa se obtiene con estímulos más prolongados. Por lo tanto, la estimulación eléctrica neuromuscular se ha propuesto a través del tiempo como un complemento de los programas de fortalecimiento muscular, como método para prevenir la atrofia de las articulaciones inmovilizadas y como medio para facilitar la rehabilitación de

trastornos músculo esqueléticos álgidos que impiden un esfuerzo máximo durante la contracción voluntaria.

El músculo sufre adaptaciones fisiológicas ante la electroestimulación prolongada. La electroestimulación de elevada amplitud y escaso número de repeticiones (de 10 a 15 contracciones) aumenta la fuerza muscular y, probablemente los hipertrofia. La electroestimulación prolongada (Más de tres semanas) de baja amplitud y elevado número de repeticiones (serie de 10 contracciones) produce un aumento de la resistencia y modificaciones bioquímicas en el músculo: aumento de la actividad oxidativa, de mioglobina, mitocondrias y del número de capilares. Esto es, se produce una transformación temporal, metabólica e incluso morfológica de fibras rápidas a fibras musculares lentas (Pastor Vega J.M., Cayuelas Antón, C., 1998). La estimulación eléctrica neuromuscular agrupa tipos de corriente comúnmente usados en fisioterapia como la corriente interferencial, la corriente rusa, la estimulación eléctrica transcutánea, corriente farádica y estimuladores de alto voltaje.

Estos equipos manejan formas de onda que en términos generales se pueden clasificar como monofásicas, bifásicas y polifásicas. La mayoría de los estimuladores de uso clínico usan pulsos monofásicos y bifásicos los cuales son capaces de excitar nervios periféricos teniendo en cuenta su adecuada utilización. Los pulsos bifásicos pueden ser simétricos o asimétricos (balanceado o no balanceado). Simétricos cuando dejan una carga neta de cero en el organismo y asimétricos cuando la carga dejada puede generar efectos químicos en los tejidos estimulados.

Para generar respuestas óptimas a nivel fisiológico en el organismo, los estimuladores eléctricos de aplicación clínica deben cumplir con determinados parámetros de pulso, los cuales tienen una importante influencia sobre el sistema biológico. Los cuatro parámetros principales a tener en cuenta son duración del pulso, intensidad pico de la corriente, frecuencia del pulso y carga del pulso.

El tipo de equipo que será utilizado en el presente estudio será el estimulador de alto voltaje, el cual emplea pulsos de corta duración de tipo monofásico. La forma de la onda empleada en este tipo de estimulador será el pico gemelo, el cual ayuda a que la profundidad de penetración en el tejido sea proporcional a la magnitud de corriente en cada pulso. Los picos mayores pueden alcanzar y afectar estructuras más profundas siempre y cuando la conductividad del tejido permanezca igual.

Entre los efectos fisiológicos de la estimulación de alto voltaje se encuentran la regeneración celular de los tejidos favoreciendo los potenciales de acción; inhibición del dolor de acuerdo a la intensidad del estímulo produciendo hormigueo continuo (Teoría de la Compuerta) o favoreciendo la producción de endorfinas y por último la generación de efectos motores los cuales estimulan el punto motor para facilitar la contracción muscular. El músculo esquelético tiene un punto motor característico en el cual puede definirse como el punto cutáneo donde se produce la contracción utilizando la menor carga o energía del estímulo eléctrico; usualmente es ubicado en la parte proximal del vientre muscular, cercano al área en donde el nervio motor ingresa al músculo.

Esta modalidad de electroterapia tiene sus limitaciones: no tiene efectos de iontoforesis por el tipo de onda y no produce efectos sobre los músculos

denervados; sin embargo este aspecto no es tomado en cuenta para la realización de este estudio ya que dichas limitaciones no se relacionan con la población seleccionada para este estudio. Entre los parámetros, se debe establecer el modo (si es continuo, doble ciclo o recíproco), el tiempo de prendido o apagado, la frecuencia en pulsos por segundo, la intensidad y la polaridad (positiva si se quieren lograr efectos analgésicos y negativa si se quieren lograr efectos excitatorios). Los parámetros que serán utilizados se encuentran explicados en los procedimientos de la presente investigación.

Este tipo de corriente está indicada para mejorar rangos de movilidad, absorción de inflamación o edema, mejorar la flexibilidad, disminuir el espasmo, disminuir y prevenir la aparición de la atrofia, favorecer procesos de fortalecimiento o reeducación muscular e inhibición de la espasticidad. Los efectos que se intentarán conseguir con esta investigación serán de tipo motor con énfasis en la disminución de la atrofia muscular por desuso.

Respecto a las contraindicaciones, no se deben colocar los electrodos en tórax, región precordial o senos carotídeos, en pacientes con marcapasos o con alteraciones cardíacas no controladas, en infecciones o procesos neoplásicos, en mujeres embarazadas, en casos de tromboembolismo y en personas seniles o enfermos mentales.

De acuerdo a lo anteriormente explicado, el principal objetivo de la investigación consistió en identificar los efectos del estimulador de alto voltaje como medio de intervención fisioterapéutica temprana en el aprovechamiento proteico de los pacientes politraumatizados sin alteraciones de tipo neurológico y

postquirúrgicos que presentan atrofas por desuso al encontrarse en la unidad de cuidados intensivos.

A partir de este objetivo, se desprendieron los siguientes objetivos específicos:

- Determinar si existió un adecuado aprovechamiento proteico por medio del estimulador de alto voltaje, aplicado tempranamente en el paciente postquirúrgico y politraumatizado en estado crítico el cual atraviesa una fase hipercatabólica.
- Proponer una intervención fisioterapéutica temprana a través del estimulador de alto voltaje como medio para prevenir y controlar la atrofia en el paciente en estado crítico sin alteración de tipo neurológico.
- Establecer si las variables bioquímicas observadas en los exámenes de laboratorio (nitrógeno ureico en orina de 24 horas, balance de nitrógeno, creatinina en orina de 24 horas y glicemia) son indicadores de un mejor aprovechamiento proteico a través del estimulador de alto voltaje.

Para la realización del presente trabajo de investigación y de acuerdo a los parámetros metodológicos propuestos para la realización de esta, se consideraron las siguientes variables:

- Variable Independiente: Aplicación del Estimulador de Alto Voltaje
- Variables Dependientes: Balance de nitrógeno medido en gramos;

Semanalmente.

Nitrógeno ureico urinario de 24 horas medido en Gramos; semanalmente.

Creatinina urinaria de 24 horas, medida en mg; Semanalmente.

Glicemia en sangre, medida en miligramos sobre decilitro al día.

De esta forma las hipótesis de la investigación puede plantearse del siguiente modo:

H1. La aplicación del estimulador de alto voltaje como medio de intervención fisioterapéutica temprano en los pacientes en estado crítico que se encuentran en hipercatabolismo proteico hace positivo el balance de nitrógeno ureico.

H0. La aplicación del estimulador de alto voltaje como medio de intervención fisioterapéutica temprano en los pacientes en estado crítico que se encuentran en hipercatabolismo proteico no torna positivo el balance de nitrógeno ureico.

H2. La aplicación del estimulador de alto voltaje como medio de intervención fisioterapéutica temprano, en los pacientes en estado crítico que se encuentran en hipercatabolismo proteico disminuye los niveles de nitrógeno ureico urinario de 24 horas.

H0. La aplicación del estimulador de alto voltaje como medio de intervención fisioterapéutica temprano, en los pacientes en estado crítico que se encuentran en hipercatabolismo proteico no disminuye los niveles de nitrógeno ureico urinario de 24 horas.

H3. La aplicación del estimulador de alto voltaje como medio de intervención fisioterapéutica temprano, en los pacientes en estado crítico que se encuentran en



hipercatabolismo proteico disminuye los niveles de creatinina en orina de 24 horas.

H0. La aplicación del estimulador de alto voltaje como medio de intervención fisioterapéutica temprano, en los pacientes en estado crítico que se encuentran en hipercatabolismo proteico no disminuye los niveles de creatinina en orina de 24 horas.

H4. La aplicación del estimulador de alto voltaje como medio de intervención fisioterapéutica temprano en los pacientes en estado crítico que se encuentran en catabolismo proteico disminuye los niveles de glicemia en sangre.

H0. La aplicación del estimulador de alto voltaje como medio de intervención fisioterapéutica temprano en los pacientes en estado crítico que se encuentran en catabolismo proteico no disminuye los niveles de glicemia en sangre.

Estas hipótesis se probaron con un nivel de significación de 0.05.

## Método

Diseño de la investigación. El diseño usado fue tipo experimental con pre prueba post prueba y grupo control, el cual incluyó dos grupos: uno que recibió el tratamiento y el otro no. En este tipo de diseño, la manipulación de la variable independiente (estimulador de alto voltaje) tiene dos niveles, aplicación y no aplicación de la electroestimulación. Los sujetos se asignaron de manera aleatoria en ambos grupos para administrársele la medición de las variables dependientes durante el estudio (glicemia, creatinina y nitrógeno uréico en orina de 24 horas y balance de nitrógeno).

Este tipo de estudio ofrece ventajas como tener una equivalencia de grupos al inicio y durante el trabajo con mejor control de las variables dependientes lo que le proporcionará a la investigación una mayor validez interna.

Participantes. Se trabajó con una muestra de 15 sujetos por grupo que ingresaron a la unidad de cuidado intensivo en los Hospital El Tunal de Bogotá, distribuidos de la siguiente manera de acuerdo a la aleatorización realizada en el presente estudio:

Tabla 1. *Características de la Población en género, número y porcentajes*

		ESTUDIO	CONTROL	Totales
<b>Hombres</b>	(n)	8	9	17
	%	53,33%	60,00%	56,66%
<b>Mujeres</b>	(n)	6	5	11
	%	40%	33,33%	36,66%
<b>Fallecimientos</b>		1	1	2
<b>Mortalidad</b>		6,66%	6,66%	6,66%
<b>Promedio Edades (años)</b>		37,57	52,5	45,035
<b>Total Pacientes</b>		15	15	30

Los pacientes seleccionados presentaron edades comprendidas entre los 18 y los 75 años y fueron sedados por el personal de la unidad, específicamente con Fentanyl y Midazolam. Por otra parte, se encontraban con soporte ventilatorio consistente en ventilación mecánica con un modo de SIMV requiriendo intubación orotraqueal. El tiempo máximo de reposo fue de 72 horas y debían encontrarse hemodinámicamente estables (no mostraron alteraciones importantes en sus signos vitales en un tiempo de dos a tres horas; con buen gasto urinario y sin problemas de perfusión tisular en gases); con patologías de trauma tóraco abdominal, postoperatorios con falla respiratoria, cuya gravedad se determinó por un sistema de clasificación de la severidad de la enfermedad comúnmente utilizado para este tipo de pacientes denominado APACHE II (Acute Physiology and Chronic Health Evaluation). Los puntajes en el APACHE II mayores o iguales a ocho fueron incluidos en el estudio. En tal sentido, las patologías presentadas por la muestra seleccionada de acuerdo al score de severidad fueron las siguientes:

**Tabla 2. Diagnósticos y puntuación APACHE II del Grupo Estudio**

GRUPO ESTUDIO		
	Diagnóstico	APACHE II
<b>Sujeto 1</b>	Pancreatitis	14
<b>Sujeto 2</b>	Sepsis Abdominal	20
<b>Sujeto 3</b>	HPAF abdominal	13
<b>Sujeto 4</b>	HPACP mediastinal, shock mixto	16
<b>Sujeto 5</b>	Fascitis necrotizante, shock séptico	11
<b>Sujeto 6</b>	Sepsis Abdominal, empaquetamiento	10
<b>Sujeto 7</b>	Isquemia Mesentérica Segmentaria	19
<b>Sujeto 8</b>	Polineuropatía Ideopática Progresiva	12
<b>Sujeto 9</b>	Úlcera Duodenal Perforada	17
<b>Sujeto 10</b>	HPAF tóraco abdominal	9
<b>Sujeto 11</b>	Intoxicación por órganos fosforados	10
<b>Sujeto 12</b>	HPACP abdominal	17

<b>Sujeto 13</b>	Intoxicación por órganos fosforados	17
<b>Sujeto 14</b>	POP cesárea, empaquetamiento	23
<b>Sujeto 15</b>	HPACP mediastinal, shock séptico	10
<b>PROMEDIO</b>		<b>14,53</b>

*HPAF: Herida por arma de fuego. HPACP: Herida por arma cortopunzante.  
POP: post operatorio.*

Como se puede observar, el grupo de estudio presentó patologías con un alto grado de hipercatabolismo y severidad, determinada por el promedio total de la calificación de severidad del trauma, el cual fue superior a el seleccionado como criterio de inclusión para la muestra de pacientes. En el grupo control, de igual forma se tuvieron en cuenta los criterios de inclusión planteados, arrojando los siguientes datos de acuerdo al diagnóstico y al score de severidad:

**Tabla 3. Diagnósticos y puntuación APACHE II del Grupo Control**

<b>GRUPO CONTROL</b>		
	<b>Diagnóstico</b>	<b>APACHE II</b>
<b>Sujeto 1</b>	POP Gastrectomía Total	18
<b>Sujeto 2</b>	Intoxicación por órganos fosforados	10
<b>Sujeto 3</b>	Cetoacidosis Diabética, Neumonía	20
<b>Sujeto 4</b>	Politraumatismo, múltiples fracturas	18
<b>Sujeto 5</b>	Peritonitis Fecal	10
<b>Sujeto 6</b>	Intoxicación exógena, neumonía	10
<b>Sujeto 7</b>	POP Amputación, DM tipo II	10
<b>Sujeto 8</b>	POP gastrectomía parcial HVDA	20
<b>Sujeto 9</b>	HPACP tóraco abdominal	20
<b>Sujeto 10</b>	Gangrena Gaseosa, Shock Séptico	19
<b>Sujeto 11</b>	Sepsis Abdominal, empaquetamiento	9
<b>Sujeto 12</b>	Sepsis Abdominal, POP laparotomía	13
<b>Sujeto 13</b>	Falla ventilatoria, shock cardiogénico	16
<b>Sujeto 14</b>	Sepsis Abdominal, shock séptico	13
<b>Sujeto 15</b>	Drenaje Peritonitis	14
<b>PROMEDIO</b>		<b>14,67</b>

*DM: Diabetes Mellitus. HVDA: Hemorragia Vías Digestivas Altas.*

Con respecto a los datos presentados en las Tablas 2 y 3; se puede deducir que ambos grupos fueron comparables, teniendo en cuenta el promedio del score de severidad; evidenciándose similitudes entre estos. De la misma manera, los diagnósticos arrojados fueron igualmente comparables, cumpliendo así con los criterios propuestos para la inclusión de la población y teniendo así un mayor control de las variables durante la aleatorización.

Por otra parte, los pacientes que ingresaron a la investigación tuvieron los mismos parámetros nutricionales, consistentes en administración de nutrición enteral, parenteral y la combinación de estas con dieta oral, con un aporte proteico aproximado de 1.5 gramos por kilogramo de peso ideal y de tres miligramos kilo/minuto de carbohidratos. Los datos específicos aparecen en los anexos K, L y M. Adicionalmente, se tuvieron en cuenta las proteínas recibidas en gramos por día, los carbohidratos recibidos en gramos por día y el volumen total de la nutrición en mililitros administrados diariamente, con el fin de obtener un registro detallado del aporte nutricional durante la aplicación del protocolo, así como también obtener la información necesaria para determinar si hubo o no un aprovechamiento proteico, dado por las variables bioquímicas propuestas para la realización de este estudio. La siguiente tabla presenta el tipo de nutrición administrada para ambos grupos:

**Tabla4. Tipo de Nutrición administrada al Grupo Estudio y Control**

	<b>Estudio</b>	<b>Control</b>
<b>NE</b>	8	8
<b>NPT</b>	3	3
<b>NE+DVO</b>	2	3
<b>NPT+DVO</b>	1	0
<b>TOTAL</b>	<b>14</b>	<b>14</b>

*NE: Nutrición Enteral. NPT: Nutrición Parenteral Total. DVO: Dieta por Vía Oral.*

Tanto el grupo de estudio como el grupo control presentaron equivalencia en cuanto al tipo de nutrición empleada. Para mayor comprensión, se expondrán los perfiles nutricionales por promedios globales durante los siete días de la aplicación del protocolo para ambos grupos. Los perfiles de la Nutrición Enteral fueron los siguientes:

**Tabla 5. Perfil de Nutrición Enteral administrada al Grupo Estudio y Control**

<b>NUTRICIÓN ENTERAL</b>			
	<b>Estudio</b>	<b>Control</b>	<b>Promedio</b>
<b>Volumen Día (ml)</b>	1328,57	1214,29	1271,43
<b>Proteína gr/kg peso ideal</b>	1,33	1,42	1,375
<b>Gr proteína por día</b>	90,86	89,32	90,09
<b>Gr CHO por día</b>	208	170	189

*CHO: Carbohidratos*

Por otra parte, los perfiles de la Nutrición Parenteral Total fueron administrados de la siguiente forma:

**Tabla 6. Perfil Nutrición Parenteral Total al grupo Estudio y Control**

<b>NUTRICIÓN PARENTERAL</b>			
	<b>Estudio</b>	<b>Control</b>	<b>Promedio</b>
<b>Proteína gr/kg peso ideal</b>	1,51	1,54	1,525
<b>Gr proteína por día</b>	97,19	160,83	129,01
<b>CHO mg/kg/minuto</b>	2,99	3,29	3,14
<b>Gr. CHO por día</b>	273,29	296,19	284,74

Adicionalmente, los pacientes que comenzaron con nutrición enteral pero que por presentar mejoría en su estado general fueron extubados durante la aplicación del protocolo y por lo tanto se les inició dieta por vía oral, que tiene un aporte de proteínas y carbohidratos similar, presentaron los siguientes perfiles nutricionales:

**Tabla 7. Perfil Nutrición Enteral + Dieta Oral Grupo Estudio y Control**

<b>NUTRICIÓN ENTERAL + DIETA ORAL</b>			
	<b>ESTUDIO</b>	<b>CONTROL</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>Proteína gr/kg peso ideal</b>	1,43	1,41	1,42
<b>Gr proteína por día</b>	124,21	116,43	120,32
<b>Gr CHO por día</b>	266,5	287,1	276,8

Teniendo en cuenta todos los criterios de inclusión que fueron tomados en cuenta para la realización de esta investigación, se adiciona el consentimiento informado, el cual explica los objetivos y el protocolo a seguir en los pacientes; por lo tanto dichos consentimientos fueron firmados y autorizados por el representante o acudiente del paciente, el médico a cargo de la unidad, las investigadoras y dos testigos.

Finalmente, fueron excluidos de este estudio aquellos pacientes menores de 18 años, mayores de 75 años, pacientes con procesos neoplásicos, marcapasos, con falla renal y falla hepática crónicas, quemaduras y aquellos pacientes que tuvieran material de osteosíntesis contiguo al músculo donde fue aplicada la electroestimulación.

Instrumentos. Para la realización de este estudio se contó con un equipo de electroterapia con efectos estimulantes a nivel motor aplicando alto voltaje (entre los 50 y 500 miliamperios), monofásico (en este caso se manejó sólo polaridad negativa para crear efectos excitatorios), con un modo intermitente (1 seg on y 2 seg off) con frecuencias entre 16 y 64 pulsos por segundo.

Por otra parte, se llevaron registros del balance de nitrógeno, nitrógeno y creatinina en orina de 24 horas y adicionalmente se tuvieron en cuenta como indicador indirecto los niveles de glicemia diarios durante la aplicación del

protocolo. Estos procedimientos fueron realizados por el personal de la Cuidados Intensivos, de tal modo que se disminuyan los sesgos dentro de la investigación.

Procedimientos. En esta investigación, la muestra fue seleccionada conforme ingresaron los pacientes a la unidad, teniendo en cuenta el orden de llegada de los mismos y permitiendo así la asignación al azar de estos a uno de los dos grupos. Cuidadosamente también se analizaron los criterios por los que fueron incluidos a la investigación; realizando una revisión de la historias clínicas de cada paciente y aplicando un formato específico de evaluación inicial que permitió determinar de manera objetiva el estado previo del paciente recién ingresa a la unidad. En tal sentido, se reunió una muestra de 15 pacientes por grupo en un período de dos meses y medio. En el momento de ingreso a la Unidad se tuvo en cuenta el soporte nutricional previamente establecido por la Institución el cual fue similar para cada uno de los pacientes que serán incluidos en este estudio.

Previo a la aplicación de la investigación, se realizó una prueba piloto con el equipo seleccionado y el asesor temático a cargo para determinar los parámetros adecuados y la organización diaria de la electroestimulación (Ver Anexo I)

Antes de llevar a cabo la aplicación del protocolo se firmaron los consentimientos por el representante, las investigadoras, el médico a cargo y los dos testigos presentes al momento de la autorización. Una vez se contó con este permiso y el paciente fue previamente estabilizado por el personal de la unidad, se llevó a cabo la aplicación del protocolo de electroestimulación en el grupo de estudio, el cual se realizó en varios músculos especialmente en el punto motor de los antigravitorios (gastrocnemios, cuádriceps, bíceps, tríceps). La aplicación de



la corriente se efectuó una vez por día en periodos de una hora, distribuidos en cada músculo en un promedio de 15 minutos de estimulación, durante una semana por cada paciente. Se escogió para este estudio una semana de estimulación debido a que ésta debe realizarse durante la fase hipercatabólica, es decir, aproximadamente una a dos semanas luego de terminado el período agudo de la estancia de cada paciente en la Unidad. Para su aplicación se tomó en cuenta que cada paciente recibió la estimulación a la misma hora y para una mayor exactitud se hizo una marcación con un esfero indeleble de los puntos motores que se estimularon, con la finalidad de aplicar la corriente en los mismos puntos desde el inicio hasta el final del período de estimulación. Se usó el electrodo de polaridad negativa (cátodo) y adicionalmente se utilizó un electrodo dispersor colocado en la espalda o debajo del muslo del paciente, generando así una aplicación adecuada de la corriente utilizada. El grupo control no recibió estimulación.

Los grupos seleccionados recibieron el protocolo de intervención fisioterapéutica convencional que es llevado a cabo por el personal de planta de la Institución (Ver Anexo D).

Dentro de las características del estimulador de alto voltaje se usaron dos electrodos, el activo (cátodo); con efectos excitatorios que generan contracción, aplicados a los puntos motores correspondientes a los músculos antigravitatorios (gastrocnemios, cuádriceps, bíceps y tríceps), alternándose simultáneamente por día cada hemicuerpo del paciente; y un electrodo dispersor (ánodo) ubicado distalmente al cátodo, paralelo a la fibra muscular, de acuerdo al músculo estimulado.

Los tipos de electrodos usados fueron superficiales y carbonados, y su tamaño fue aproximadamente de 5 cm de diámetro debido a las características de los músculos excitados y los puntos motores tratados. Se utilizó la solución salina como medio de acople de la estimulación para el electrodo dispensor y un gel conductor para el electrodo activo y pasivo.

Los parámetros usados para la estimulación eléctrica fueron: un voltaje comprendido entre los 50 y 500 voltios, un período intermitente (1 segundo “ON” y 2 segundos “OFF”) con frecuencias entre 16 y 64 pulsos por segundo.

Paralelo a la estimulación, se correlacionaron las pruebas de laboratorio (balance de nitrógeno ureico, nitrógeno ureico en orina de 24 horas, creatinina en orina de 24 horas y glicemia) tomadas por el personal de la unidad de cuidado intensivo una vez por semana, a excepción de la glicemia que se realizó diariamente, teniendo especial interés en el mejoramiento y positivización del balance de nitrógeno ureico, la disminución de los resultados de nitrógeno ureico en orina de 24 horas, creatinina en orina de 24 horas y la disminución de la glucosa en sangre que pudieron llegar a ser indicadores de un mejor aprovechamiento nutricional.

Para la recolección de los datos se realizó un instrumento de trabajo consistente en un formato que incluyó un registro diario por paciente de los resultados de laboratorio, el tipo y dosificación del soporte nutricional, los parámetros de la aplicación del estimulador de acuerdo al punto motor del músculo que recibió la electroestimulación, y los signos vitales del paciente antes y después de la aplicación de la corriente.

Una vez se aplicaron los procedimientos anteriormente descritos, se organizaron y compararon los datos con el fin de verificar las hipótesis y los objetivos de la investigación, aspecto que será analizado en los resultados de esta investigación.

## Resultados

Para el análisis de los resultados, se efectuó una comparación entre el grupo de estudio y el grupo control, para luego establecer si existió diferencia significativa entre las pre pruebas y las post pruebas de ambos grupos . Para ello, se tomaron en cuenta las variables con sus respectivas hipótesis y los objetivos planteados al comienzo de este estudio.

El análisis de la primera variable corresponde al balance de nitrógeno, el cual arrojó los siguientes resultados estadísticos de acuerdo a la comparación de las pre pruebas, tanto del grupo estudio como el grupo control:

**Tabla 8. Resultado Estadístico de las Pre Pruebas del Balance de Nitrógeno en el Grupo Estudio y Control.**

	<i>ESTUDIO</i>	<i>CONTROL</i>
<b>Promedios</b>	-4,91571429	-5,085
<b>Varianza</b>	71,1190264	38,8928731
<b>Desviación Estándar</b>	8,43320973	6,23641508
<b>Estadístico t</b>	0,0769016	
<b>Valor crítico de t</b>	1,7709317	

Como se puede observar en la tabla anterior la hipótesis nula es aceptada, ya que no hay diferencia significativa entre los balances de nitrógeno ureico entre el grupo estudio y el grupo control durante las prepruebas. Este punto de partida es

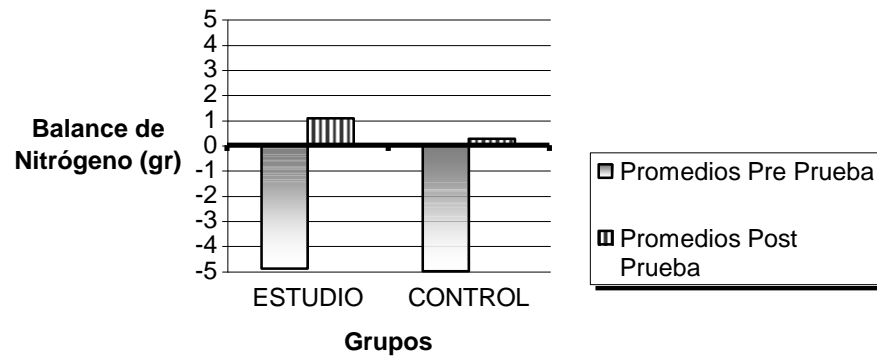
un buen indicador para explicar la equivalencia entre los grupos al inicio del estudio en cuanto a la medición de esta variable, ya que el balance de nitrógeno tanto del grupo estudio como el de control empezó el protocolo con balances negativos sin diferencia entre un grupo y otro. Esto prueba el control de los criterios de inclusión propuestos para cada grupo.

Para complementar el análisis estadístico de las pre pruebas de ambos grupos, fue necesario establecer una comparación con las post pruebas de balance de nitrógeno:

**Tabla 9. Análisis de las Post Pruebas del Balance de Nitrógeno en el Grupo Estudio y Control.**

	<i>ESTUDIO</i>	<i>CONTROL</i>
<b>Promedio</b>	1,07142857	0,26285714
<b>Varianza</b>	33,2906901	46,7721758
<b>Desviación Estándar</b>	5,7698085	6,83901863
<b>Estadístico t</b>	0,29503414	
<b>Valor crítico de t (una cola)</b>	1,7709317	

En la tabla nuevamente se observa que no existe diferencia estadísticamente significativa entre las post pruebas de ambos grupos, por lo cual se corrobora la hipótesis nula respectiva a esta variable en la investigación. Por otra parte, es importante resaltar que en ambos grupos el balance se volvió positivo, con un aumento mayor a cero en el grupo estudio. Para hacer más comprensible la anterior interpretación, se mostrará a continuación una figura con la descripción de los resultados correspondientes a esta variable:



**Figura 1. Análisis de los promedios de las Pre Pruebas y Post Pruebas del Balance de Nitrógeno en el Grupo Estudio y Control.**

Otro aspecto a tener en cuenta en esta variable, lo constituye la comparación entre las pre pruebas y post pruebas de un mismo grupo. Así, los datos estadísticos pertenecientes a la pre prueba y la post prueba del grupo estudio revelan los siguientes resultados:

**Tabla 10. Análisis de la Pre Prueba y la Post Prueba del Balance de Nitrógeno en el grupo estudio.**

<i>GRUPO ESTUDIO</i>	<i>PRE PRUEBA</i>	<i>POST PRUEBA</i>
<b>Promedio</b>	-4,91571429	1,07142857
<b>Varianza</b>	71,1190264	33,2906901
<b>Desviación Estándar</b>	8,43320973	5,7698085
<b>Estadístico t</b>	-2,36822168	*
<b>Valor crítico de t (una cola)</b>	1,7709317	

\* Significativa con un  $\alpha = 0.05$

En el anterior análisis se observa con claridad la diferencia estadísticamente significativa entre las dos pruebas en el grupo de estudio; razón por la cual se rechaza la hipótesis nula correspondiente a esta variable, es decir, se puede afirmar que la aplicación del Estimulador de Alto Voltaje como medio de intervención fisioterapéutico temprano en el paciente crítico con hipercatabolismo proteico si positiviza el Balance de Nitrógeno.

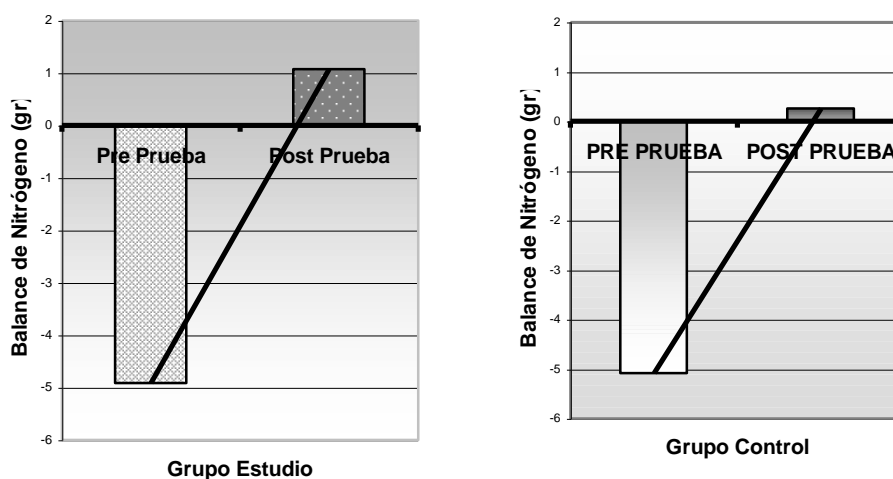
Paralelamente, se compararon a su vez, las pre pruebas y las post pruebas de esta variable en el grupo control, observándose el siguiente comportamiento a nivel estadístico:

**Tabla 11. Análisis Estadístico de la Pre Prueba y la Post Prueba del Balance de Nitrógeno en el Grupo Control.**

<b>GRUPO CONTROL</b>	<b>PRE PRUEBA POST PRUEBA</b>	
Promedios	-5,085	0,262857143
Varianza	38,89287308	46,77217582
Desviación Estándar	6,236415082	6,83901863
Estadístico t	-2,6419186	*
Valor crítico de t (una cola)	1,770931704	

\* *Significativa con un  $\alpha = 0.05$*

Aquí nuevamente se encontró significación en el balance de nitrógeno del grupo control, al comparar la pre prueba con la post prueba, los valores indican un buen aprovechamiento proteico gracias al soporte nutricional suministrado a estos pacientes. Las figuras presentadas a continuación muestran claramente la positivización de los balances de nitrógeno ureico en cada grupo durante el tiempo de la aplicación del protocolo:



**Figuras 2 y 3. Análisis de los Promedios Pre Prueba y Post Prueba del Balance de Nitrógeno en el Grupo Estudio y Control**

En cuanto a la siguiente hipótesis nula de la segunda variable referente al nitrógeno ureico urinario de 24 horas (N.U.U.), la comparación de las pre pruebas tanto del grupo control como del grupo estudio arrojaron los datos siguientes:

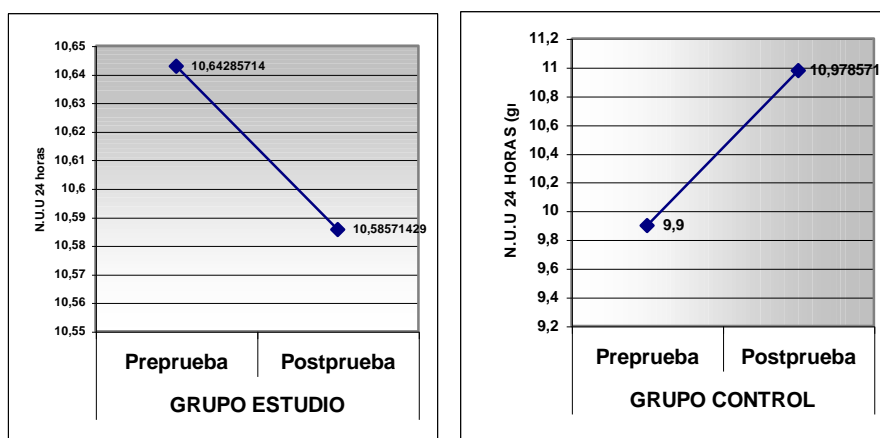
**Tabla 12. Análisis Estadístico de las Pre Pruebas y las Post Pruebas del N.U.U de 24 horas en el grupo de Estudio y en el grupo Control**

GRUPOS	PRE PRUEBA		POST PRUEBA	
	ESTUDIO	CONTROL	ESTUDIO	CONTROL
<b>Promedio</b>	10,6428	9,9	10,5857	10,9785
<b>Varianza</b>	19,0487	15,5384	9,0320	13,7125
<b>Desviación Estándar</b>	4,3644	3,9418	3,0053	3,7030
<b>Estadístico t</b>	0,4628		-0,3219	
<b>Valor crítico de t</b>	1,7709		1,7709	

El análisis estadístico anterior, tanto en las pre pruebas como en las post pruebas de ambos grupos, no evidenció diferencias significativas en el N.U.U. de

24 horas, aceptando así la hipótesis nula de la investigación en cuanto a esta variable. Vale la pena destacar la similitud de las pre pruebas entre los grupos al inicio del protocolo, haciendo énfasis en que el grupo de estudio mantuvo constante la excreción de nitrógeno antes y después de la aplicación de la electroestimulación, mientras que el grupo control presentó una ligera elevación en los niveles de nitrógeno urinario después de la aplicación del protocolo.

Estos resultados se pueden comparar claramente en la siguientes figuras:



**Figura 4. Comparación del N.U.U 24 horas pre y post en el grupo de estudio y control**

El comportamiento de estas dos gráficas corrobora la información presentada en la Tabla 12, observándose claramente que en el grupo control, la excreción de nitrógeno urinario fue ligeramente mayor.

Con respecto a la Creatinina en Orina de 24 horas; variable que corresponde a la tercera hipótesis planteada en el estudio, se pueden mostrar los siguientes resultados de acuerdo al análisis estadístico realizado en ambos grupos:

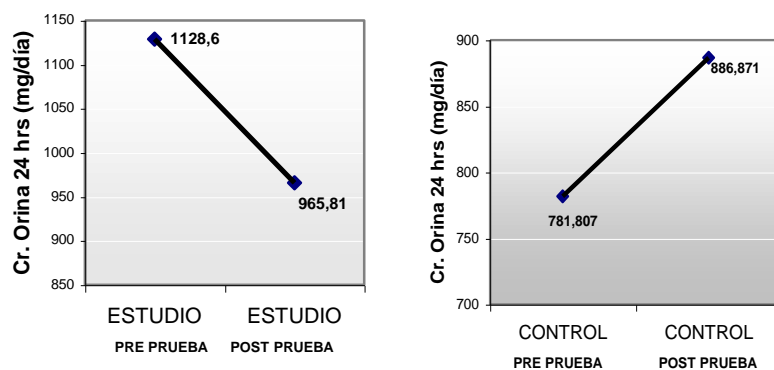


**Tabla 13. Análisis Estadístico de la Creatinina en Orina de 24 horas en el Grupo de Estudio y Control**

	PRE PRUEBA		POST PRUEBA	
	<i>ESTUDIO</i>	<i>CONTROL</i>	<i>ESTUDIO</i>	<i>CONTROL</i>
<b>Promedios</b>	1128,64857	781,807143	965,81	886,871429
<b>Varianza</b>	1183377,13	113418,111	399345,965	241567,661
<b>Desviación Estándar</b>	1087,83139	336,776055	631,938261	491,495331
<b>Estadístico t</b>	1,25595573		0,34617445	
<b>Valor crítico de t</b>	1,7709317		1,7709317	

Como primera medida, la tabla anterior muestra que tanto la creatinina en orina del grupo de estudio como la del grupo experimental no mostró variaciones significativas a nivel estadístico, por lo que se acepta entonces la hipótesis nula de esta variable. Por otra parte, cabe resaltar que el grupo estudio inició con una pre prueba promedio más alta que el grupo control, mientras que en las post pruebas promedio se observa que la creatinina del grupo estudio descendió mostrando un estadístico t más alto que en las anteriores variables analizadas en las que la hipótesis nula fue aceptada. El grupo control, en cambio, mostró un ascenso en los niveles de creatinina en orina, por lo que de igual forma, la hipótesis alcanzó a establecer la dirección esperada, sin ser necesariamente un valor estadístico de significación.

El comportamiento de la creatinina en orina para ambos grupos durante la aplicación del protocolo se puede expresar mediante las siguientes figuras:



**Figura 5. Comparación de la Cr. O. 24 horas Pre y Post Prueba en ambos grupos.**

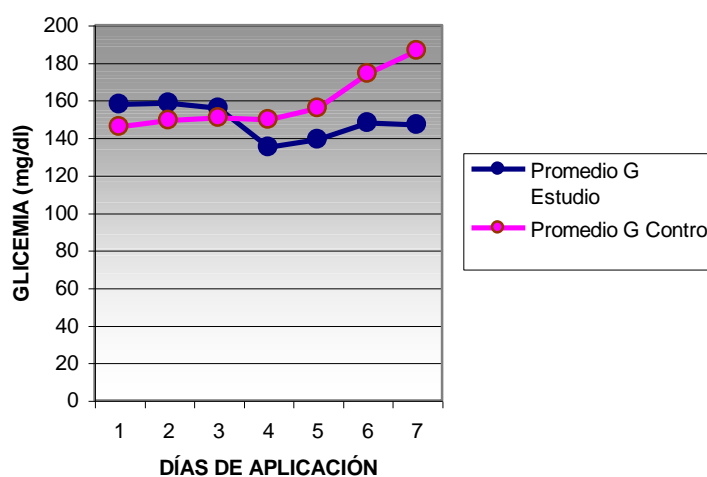
Para el análisis y comprobación de la hipótesis correspondiente a la cuarta variable, que hace referencia a las glicemias tomadas diariamente durante la aplicación del protocolo a ambos grupos, los datos estadísticos referentes a los promedios de los días y el grado de significación estadístico serán presentados por medio de la siguiente tabla:

**Tabla 14. Resultado Estadístico de glicemias para ambos grupos**

Análisis Estadístico de la glicemia por días					
	GRUPO ESTUDIO		GRUPO CONTROL		estadístico t
	Promedio	D. Estándar	Promedio	D. Estándar	
<b>Día 1</b>	157,8571	51,6867	145,9285	48,6438	0,8583
<b>Día 2</b>	158,2857	39,2417	149,1428	45,5477	0,6315
<b>Día 3</b>	155,7857	46,486	150,7142	52,0804	0,2665
<b>Día 4</b>	134,9285	54,6435	149,6428	39,2401	-0,9466
<b>Día 5</b>	139	30,2375	155,8571	30,6991	-1,4704
<b>Día 6</b>	147,7857	39,9657	174	37,0861	-1,7931 *
<b>Día 7</b>	147	29,7243	186,2857	69,2514	-1,9521 *

\* Significativa con un  $\alpha = 0.05$

Esta tabla muestra el comportamiento de las glicemias por promedios en ambos grupos, pudiéndose observar cómo los datos iniciales en el grupo estudio son más elevados que el grupo control, mostrando una dirección antagónica para cada uno de los grupos. Esto quiere decir que mientras las glicemias en el grupo estudio tienden a descender, en el grupo control tienden a ascender. La significación estadística fue relevante únicamente durante el sexto y el séptimo día. Este aspecto se observa en la siguiente figura:



**Figura 6. Comportamiento de las Glicemias para ambos grupos durante el Protocolo de Electroestimulación**

Según el análisis estadístico, se rechaza la hipótesis nula para los días 6 y 7; teniendo en cuenta la significación estadística presente en los dos últimos días de protocolo, donde vale la pena resaltar que en el grupo estudio los tres primeros días permanecieron estables los niveles de glicemia, con un

descenso significativo en el cuarto día de electroestimulación; finalmente se mostró un ligero ascenso que no llegó a alcanzar los niveles de glicemia del grupo control en los últimos días de protocolo. Sin embargo, no hay diferencias estadísticamente significativas.

Por otra parte, se tuvo en cuenta el análisis del comportamiento de las glicemias el día 1 y 7, observándose en la siguiente figura los resultados arrojados:

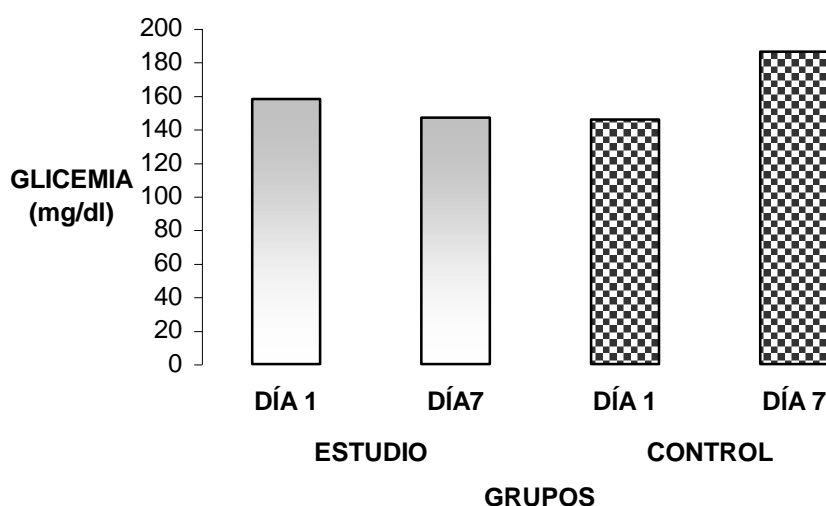


Figura 7. Comportamiento de las glicemias en ambos grupos en el día 1 y 7 de aplicación del protocolo.

Finalmente de acuerdo a los resultados arrojados en la t de student aplicada a cada variable; a pesar de no encontrar cambios significativos a nivel estadístico en algunas variables, así como también se aceptaron las hipótesis nulas propuestas

para cada una de ellas, la investigación reportó resultados favorables puesto que las hipótesis tomaron la dirección esperada , aun cuando los cambios no fueron significativos.

### Discusión

Un balance negativo de nitrógeno puede darse bien sea porque existe una dieta de contenido energético y proteico inadecuado o un déficit energético, a consecuencia de un estado de estrés o hipercatabolismo, que tiende a utilizar las proteínas endógenas (musculares y viscerales) como fuente energética en vez de utilizarlas para la síntesis proteica. Esta última razón es la causa del balance negativo en ambos grupos, indicando así un agotamiento de las proteínas corporales debido a las lesiones, enfermedades y ayunos que los pacientes presentaban a la hora de iniciar la pre prueba, teniendo en cuenta que estos se encontraban en el final de la fase aguda y en un período de estabilización hemodinámica.

Con respecto al balance de nitrógeno, teniendo en cuenta que ambos grupos partieron de un balance similar, la hipótesis adquirió la dirección esperada al ser más positivo el balance en el grupo estudio; estos valores pueden indicar la eficacia de complementar una adecuada terapia nutricional con la terapia física a través de la electroestimulación, llegando así a contrarrestar los efectos del Síndrome de Descondicionamiento Físico.

Un balance positivo es indicador de la acumulación neta de proteínas corporales. En tal sentido, un hecho importante a destacar constituye que en la

post prueba aplicada al grupo estudio, el balance de nitrógeno se haya tornado positivo, incluso por encima de cero.

Adicionalmente, en el grupo control se encontró una ligera diferencia con respecto al grupo de estudio, el cual se tornó positivo pero sin superar los resultados de este; a pesar de que esta diferencia no sea estadísticamente significativa.

De esta forma, se puede discutir el grado de trauma en cada grupo, teniendo en cuenta que la pérdida de masa celular corporal, se manifiesta por una excreción aumentada de nitrógeno urinario, la cual puede llegar a niveles de 15 a 25 gramos diarios o más según la severidad del trauma, niveles que indican una lisis anormal de proteína intracelular.

**Tabla 15. Clasificación de pacientes según el estado catabólico mediante los valores de Nitrógeno Ureico en Orina de 24 horas**

<b>Grado de Catabolismo</b>	<b>Situación Clínica</b>	<b>Pérdida de Nitrógeno</b>
<b>Normal</b>		<5gr
<b>Leve</b>	Cirugía Electiva	5-10 gr
<b>Moderado</b>	Infección, Cirugía Mayor	10-15 gr
<b>Grave</b>	Sepsis Grave; Quemaduras mayores	>15 gr

Teniendo en cuenta el análisis de este cuadro, se observa que en ambos grupos, se presentaron pérdidas estimadas de nitrógeno moderado y, específicamente en el grupo estudio, se observó una ligera disminución mientras que en el grupo control mostró un ligero aumento de la excreción de N.U.U. de 24 horas; valores que pueden indicar que a pesar de no existir una diferencia estadísticamente

significativa, la hipótesis estuvo en la dirección planteada anteriormente para esta variable durante la investigación.

Valores de creatinina en orina de 24 horas comprendidos entre los 800 y 1800 miligramos al día, reflejan la masa muscular estandarizada por altura y sexo. La creatina es de vital importancia en el metabolismo del músculo esquelético ya que sirve de almacenamiento de fosfatos de elevada energía a través de la síntesis de fosfocreatina. La excreción urinaria de creatinina es directamente proporcional a la masa muscular, razón por la cual una elevación en sus niveles puede ser un indicador de desgaste a nivel muscular.

**Los altos niveles de glicemia que presentaron los sujetos de ambos grupos, corroboran la afirmación de que en estado de estrés el metabolismo de los hidratos de carbono se altera rápidamente y en forma aguda después de trauma, quemaduras, hemorragias, cirugías o shock. Es bien conocida la hiperglicemia del estado post traumático, fenómeno que fue descrito por Claude Bernard el siglo pasado en el cual la elevación del nivel de glucosa es proporcional a la elevación del trauma (Patiño, 1985).**

En tal sentido, se puede deducir que los sujetos incluidos en el estudio presentaron hiperglicemia post traumática, la cual disminuyó en el grupo estudio tras la aplicación de estímulo eléctrico sumado a la terapia nutricional establecida para cada paciente; favoreciendo así una más rápida y efectiva resolución de la fase de estrés y promoviendo un anabolismo que permita una recuperación más temprana del paciente crítico. Por otra parte, en el grupo control se evidenció una tendencia al ascenso de los niveles de hiperglicemia, siendo estos muy marcados

en los últimos días de protocolo, teniendo en cuenta que cada grupo recibió parámetros similares de nutrición y terapia física convencional.

La electroterapia como medio de intervención fisioterapéutica, constituye una alternativa de tratamiento comúnmente usada en la rehabilitación de diversos trastornos que conciernen a la profesión; sin embargo, en el campo del cuidado intensivo no se ha descrito su directa utilidad, y es por tal motivo, que siendo la electroestimulación una estrategia óptima de intervención generando efectos fisiológicos a nivel motor, surgió la necesidad de estudiar la influencia de sus efectos en el bien conocido Síndrome de Descondicionamiento Físico, que en muchas ocasiones representa mayor amenaza que la misma patología de base para el paciente en estado crítico, generando así un desequilibrio sistémico que puede prolongar la estancia hospitalaria y retardar el proceso de rehabilitación.

En tal sentido, el estudio plantea la utilización de la electroterapia en forma temprana como complemento de la terapia física convencional aplicada en la unidad, de tal modo que se pueda contribuir a una mejor rehabilitación que ayude a disminuir los efectos del reposo prolongado y así contrarrestar los daños a nivel músculo esquelético, que pueden ocurrir a partir de las cuatro primeras horas de inmovilización. (Kasper, C., 2002).

Adicionalmente, un programa de rehabilitación efectivo en el paciente en estado crítico, debe complementarse con un correcto soporte nutricional que supla las demandas energéticas propias del estado de hipercatabolismo paralelo a un control médico riguroso que permita la evolución satisfactoria del estado crítico en el paciente.



Como se explicó anteriormente, el protocolo de aplicación de la corriente eléctrica a través del Estimulador de Alto Voltaje, se realizó durante siete días en períodos de una hora. Para la consecución de una adecuada respuesta motora, se tomó en cuenta la intensidad mínima para que este efecto excitatorio pudiera darse en la musculatura del paciente, debido a factores importantes como el umbral de tolerancia y el estado de sedación. El equipo utilizado para la electroestimulación maneja intensidades que pueden llegar hasta los 500 miliamperios; en tal sentido, uno de los hallazgos importantes de este estudio consistió en examinar cuidadosamente la respuesta motora de cada paciente, de acuerdo a las intensidades que se manejen para producir este efecto. Así, los promedios usados para las intensidades de acuerdo a los músculos estimulados fueron los siguientes:

**Tabla 16. Promedios de Intensidades del Estimulador de Alto Voltaje por sujeto.**

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

En la tabla anterior, se puede observar que cada paciente requirió intensidades diferentes para cada día y cada músculo estimulado. Por otra parte, los promedios globales muestran que las intensidades manejadas en el grupo estudio son similares para los músculos de los miembros inferiores y los superiores. Músculos como el cuádriceps y los gastrocnemios requirieron una mayor intensidad, mientras que el bíceps y el tríceps se estimularon con intensidades más bajas. Esto puede explicarse por la mayor masa y densidad muscular de los miembros inferiores, que pueden requerir electrodos de mayor tamaño para lograr una respuesta motora con intensidades más bajas (Gersh, M., 1992).

Otro punto importante a destacar consiste en que al inicio y durante la investigación, se realizaron varias pruebas piloto en las cuales fueron estimulados los mismos puntos motores establecidos para el estudio, en las investigadoras y en otro tipo de sujetos con actividad física normal; evidenciándose de este modo una rápida y efectiva respuesta motora con intensidades más bajas, incluso menores de 100 miliamperios.

Las altas intensidades requeridas por los pacientes del estudio pueden deberse a que la electroestimulación neuromuscular, trabaja sobre músculo y nervio intactos y el paciente en estado crítico, tiende a desarrollar polineuropatías periféricas debido a una degeneración axonal en los nervios motores y sensitivos, cromatolisis de las células del asta anterior, falta de autorregulación microvascular y alteraciones en el sistema de transporte axonal; hecho que actualmente se encuentra reportado en la literatura donde se considera que la polineuropatía del paciente en estado crítico hace parte del síndrome de sepsis y falla multiorgánica (Pardo, 2001).

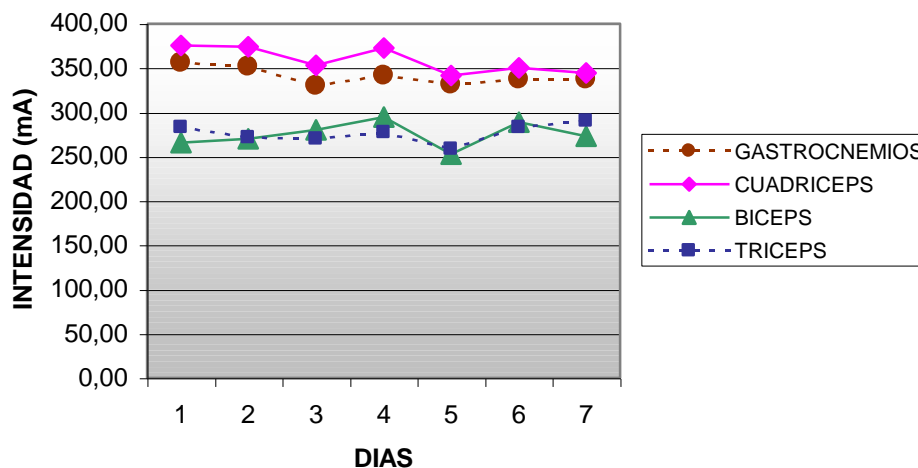
Signos tempranos a consecuencia de la inmovilización prolongada ocasionan daño al músculo esquelético observados a nivel celular; los cuales incluyen ruptura de la membrana del sarcolema de las fibras, pérdida de continuidad de las bandas Z y ruptura del sarcómero (Kasper, C., 1995).

Otro factor observado que puede influir en la respuesta motora de los pacientes del estudio, constituye la presencia del edema post reanimación y estabilización hemodinámica, que incluye la administración de líquidos de base y electrolitos que producen un “edema” inicial en los pacientes. Sumado a este hecho, la respuesta inflamatoria sistémica de los pacientes post trauma, sepsis o quirúrgicos, refuerza la aparición de dicho edema. Por tal motivo, la aplicación de la electroestimulación en pacientes edematizados, mostró que durante el protocolo las intensidades disminuyeron progresivamente en miembros inferiores como lo muestra la siguiente tabla:

**Tabla 17. Promedio de Intensidades por día.**

	INTENSIDADES (mA)			
	GASTROCNEMIOS	CUADRICEPS	BICEPS	TRICEPS
<b>DÍA 1</b>	355,71	375,71	265,71	282,86
<b>DÍA 2</b>	351,43	374,29	270,00	271,43
<b>DÍA 3</b>	330,00	352,86	280,00	270,00
<b>DÍA 4</b>	341,43	372,86	294,29	277,14
<b>DÍA 5</b>	331,43	341,43	252,86	258,57
<b>DÍA 6</b>	337,14	350,00	288,57	282,86
<b>DÍA 7</b>	337,14	344,29	272,86	290,00

Como puede observarse, la musculatura de miembros inferiores fue más sensible a la disminución de la intensidad. De otro modo, las intensidades en los miembros superiores sufrieron un ligero ascenso, pero en términos generales, se mantuvieron estables al principio y al final del protocolo. Para ilustrar mejor este hecho, se presenta la siguiente figura:



**Figura 8. Comportamiento de las Intensidades por días.**

La interpretación de la gráfica revela como al inicio de la Terapia de electroestimulación en algunos pacientes edematizados, no se consiguió la respuesta motora esperada requiriéndose intensidades altas. Con el transcurso de los días se obtuvo esta respuesta con intensidades menores a las del inicio para los miembros inferiores. Esto puede deberse a la disminución del edema gracias al efecto de bombeo que ejercen las contracciones inducidas por la bioelectricidad.

Un estudio de caso realizado específicamente para observar este hecho, permitió tomar medidas circunferenciales de edema para miembros inferiores. El primer día de estimulación, se tomaron medidas las cuales fueron de 34,1 cm en el miembro inferior derecho y de 33,7 cm para el miembro inferior izquierdo. El último día de estimulación, se realizó nuevamente la medida que reportó una disminución del edema de cuatro cm en el miembro inferior derecho y de 3,7 cm

en el izquierdo. Esto puede sugerir pautas para la realización de posteriores estudios en este tipo de pacientes, ya que la absorción del edema puede ser estimulada mediante el mecanismo de bombeo de la contracción muscular o mediante la creación de un campo de potencial eléctrico en el área inflamada. Estos mecanismos requieren de contracciones musculares interrumpidas (Alon,G.1984).

La aplicación de la electroestimulación en pacientes que se encuentran monitorizados, arrojó otro hallazgo importante consistente en que la corriente intermitente puede generar interferencia en el registro de la frecuencia cardiaca en algunos de estos equipos, por lo cual se sugiere estar muy atentos a los signos vitales del paciente durante el período de la estimulación para controlar el estado general del paciente durante el protocolo. Por otra parte, es preciso observar cuidadosamente aspectos como la colocación apropiada de todas las sondas y drenes, catéteres y el estado del tubo orotraqueal, ya que la presencia de secreciones puede generar incomodidad en el paciente, el cual, bajo estados de sedación puede moverse y alterar la colocación de los electrodos durante el protocolo. Es por esto, que para la realización de este estudio, uno de los aspectos más importantes es que la electroestimulación no incomode ni interfiera con ninguno de los procedimientos establecidos en la Unidad.

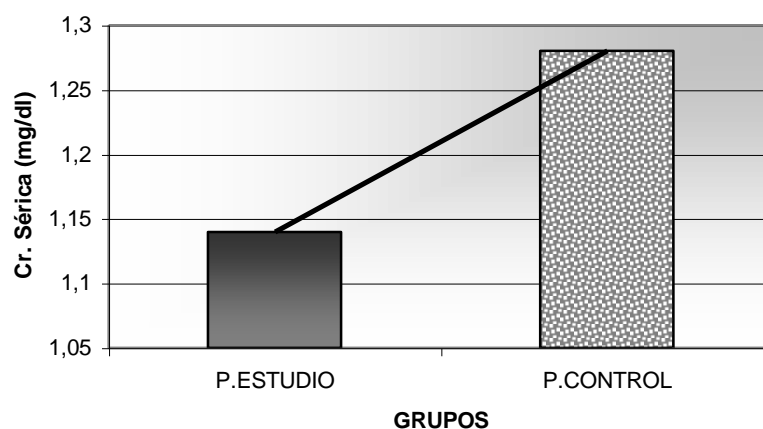
A pesar de que los efectos reductores del edema de este tipo de corriente no han sido totalmente probados, el Estimulador de Alto Voltaje a través de la modalidad de corriente intermitente es comúnmente usado en conjunto con la crioterapia y técnicas de elevación y compresión para reducir la formación de edema post traumático y derrames articulares (Thornton, R, et al., 1998).

Otro hallazgo importante de la investigación, consistió en la observación de los valores de nitrógeno en sangre (B.U.N) y creatinina en sangre en ambos grupos, donde se evidenciaron los siguientes resultados:

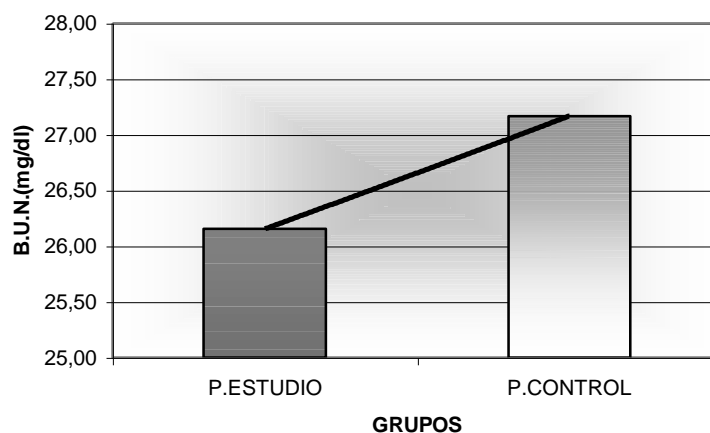
**Tabla 18. Promedios globales de la Creatinina Sérica y el B.U.N. durante la aplicación del protocolo en el grupo estudio y grupo control.**

PROMEDIOS GLOBALES		
	ESTUDIO	CONTROL
<b>Creatinina Sérica</b>	1.14	1.28
<b>B.U.N.</b>	26.15	27.17

Según la interpretación de la anterior tabla, se puede evidenciar la ligera tendencia del grupo control a presentar valores mayores de B.U.N. y Creatinina Sérica respecto al grupo de estudio. Los promedios globales presentados en la tabla, fueron sacados de las mediciones de tres valores respectivos a cada variable tomados durante la aplicación del protocolo (Ver anexo T). Las figuras presentadas a continuación, reflejan el comportamiento de las creatininas y el nitrógeno sérico durante la aplicación del protocolo:



**Figura 9. Comportamiento de la Creatinina Sérica durante la aplicación del protocolo en el Grupo Estudio y Control.**



**Figura 10. Comportamiento del B.U.N. durante la aplicación del protocolo en el Grupo Estudio y Control.**

La creatinina sérica es utilizada principalmente para la evaluación de la función renal, por lo que su concentración se eleva en este tipo de alteración; siendo así un indicador más específico que el mismo nitrógeno ureico sérico. También se puede elevar en necrosis músculo esquelética, distrofia muscular progresiva, miastenia gravis, ayuno prolongado, hipertiroidismo y acidosis diabética.

El nitrógeno ureico se elimina en forma de urea sintetizado en el hígado, se libera a la circulación y se depura por los riñones; cantidades más pequeñas también son excretadas por el sudor y bacterias intestinales. Las tres causas generales de elevación del nitrógeno: disminución de la filtración glomerular en aumento en la carga de urea para su excreción proveniente, de la dieta o del metabolismo tisular y aumento de la reabsorción tubular de la urea y su posterior descarga a la circulación. Hay elevación del B.U.N en valores por encima de 20

mg/dl en falla renal aguda o crónica, estrés, fiebre, shock hipovolémico, quemaduras de tercer grado, insuficiencia cardiaca congestiva, obstrucción y hemorragia gastrointestinal, diarreas, coma diabético y terapia con esteroides.

La ligera elevación de la creatinina y el nitrógeno sérico en los pacientes del grupo control frente al grupo estudio, pareciera indicar que los sujetos que recibieron la electroestimulación tuvieron un mejor aprovechamiento de los procesos tanto nutricionales como fisioterapéuticos, para contribuir a una resolución más efectiva de la patología de base. A pesar de que el nitrógeno y la creatinina sérica no fueron variables usadas para la formulación de la hipótesis en el presente estudio, fueron aspectos adicionales a tener en cuenta que pueden comportarse como indicadores indirectos del grado de hipercatabolismo y estrés que presentaron los sujetos de la investigación.

La realización de este estudio, a pesar de no arrojar resultados significativamente estadísticos en algunas de las variables planteadas, representó un aporte altamente valioso a la rehabilitación ya que la electroestimulación como estrategia novedosa, planteada desde el punto de vista de intervención temprana, puede contribuir a un mejor aprovechamiento de los sustratos energéticos de los pacientes que requieren de altas demandas metabólicas para su recuperación; complementando así, los grandes esfuerzos realizados por el personal interdisciplinario de la unidad en pro de un mejor estado de salud para el paciente.

## Conclusiones y Sugerencias



Los pacientes en estado crítico, presentan un compromiso nutricional de gran severidad. Durante varias décadas se han intentado revertir las alteraciones a través de la administración de nutrientes por varias rutas. Sin embargo, es bien conocido el efecto del reposo obligado, la falta de estímulos a nivel muscular y el subsecuente Síndrome de Descondicionamiento Físico que los pacientes presentan, haciendo que el estado nutricional se altere a pesar de los esfuerzos realizados por todo el personal de Salud.

Se han diseñado múltiples métodos para corregir este tipo de alteraciones como el uso de esteroides anabólicos, hormona de crecimiento y sucedáneos. Así mismo, la terapia física convencional mediante ejercicios pasivos y activo asistidos de acuerdo al nivel de conciencia y severidad de su alteración, al parecer no han brindado un resultado satisfactorio en la rehabilitación de estos pacientes, en términos de un mejor aprovechamiento de los nutrientes y una disminución de su estado hipercatabólico.

La estimulación neuromuscular de Alto Voltaje, pareciera apuntar hacia una mejoría más rápida y fisiológica al proporcionar estímulos más fuertes y específicos que pueden beneficiar al paciente y hacer que los aportes de nutrientes sean mejor aprovechados por el organismo. Los resultados de esta investigación arrojan datos favorables en este sentido, ya que variables como la glicemia, el balance de nitrógeno, el nitrógeno ureico urinario y la creatinina en orina, lograron disminuirse con mayor rapidez en estos pacientes aun cuando estos cambios no sean significativos desde el punto de vista estadístico.

Por otra parte, es por todos conocido que cuando un músculo se estimula repetidamente a través de contracciones isométricas, el flujo proteico y calórico

aumenta, y que cuando se hace un buen aporte a nivel nutricional, el músculo responde aumentando su volumen.

Se plantea entonces un muy interesante estudio en el cual, se pretende demostrar cómo interactúan estos dos procesos realizando un estímulo dirigido hacia la musculatura antigravitatoria, la cual se ve severamente afectada durante los reposos prolongados en cama midiendo simultáneamente el aprovechamiento de nutrientes por vía enteral y parenteral. Dicho aprovechamiento es valorado mediante la medición de variables bioquímicas como la creatinina y nitrógeno urinario en orina de 24 horas, el balance de nitrógeno ureico y la glicemia en sangre. Se estimula a un grupo de pacientes con corriente intermitente y se valora la utilización de los nutrientes, logrando hacer que los dos grupos fueran comparativos mediante administraciones muy similares de proteínas y carbohidratos; donde el grupo control únicamente recibió a nivel fisioterapéutico el protocolo convencional aplicado en la unidad.

Los resultados indican que el estímulo muscular mediante corriente de Alto Voltaje, permite que los nutrientes administrados se aprovechen de mejor manera. Se observó también cómo en estos pacientes hay disminución del edema propio de la reanimación específica en miembros inferiores por efecto de bomba. Así mismo, subjetivamente se puede apreciar que los pacientes que recibieron electroestimulación presentaban un Síndrome de Descondicionamiento Físico de menor intensidad, reflejado en una deambulación temprana y en una salida más rápida de la Unidad.

A pesar de los datos arrojados por la investigación que proponen una intervención en estadios tempranos del Descondicionamiento Físico, se sugiere

continuar con una fase posterior al estudio en el que se integre la estrategia de tratamiento inicial con un seguimiento detallado de la rehabilitación, promoviendo así una total recuperación en términos de funcionalidad. Un seguimiento a los pacientes intervenidos durante este estudio puede contribuir favorablemente a crear conciencia acerca de los esfuerzos realizados por promover una vida lo más normal y funcional posible, una vez el paciente halla logrado su recuperación que se encuentra directamente relacionada con un proceso complejo e integral de su rehabilitación.

Se considera entonces, que estudios como estos, generan un aporte fundamental reflejado en la necesidad de un trabajo en equipo que pueda promover crecimiento en las diferentes ramas de la salud; pero fundamentalmente, dirigido a mejorar la calidad de vida de los pacientes, sobre todo aquellos que se encuentran en alto grado de riesgo y bajo los cuidados especiales del área de la medicina crítica. Adicionalmente, esta investigación plantea nuevas estrategias de tratamiento en el área de la rehabilitación dirigida al cuidado intensivo, buscando un mayor campo de acción y haciendo aportes significativos en el posicionamiento de la profesión dentro del área de la salud.

Es importante resaltar la necesidad de crear nuevas herramientas de trabajo para la investigación en fisioterapia, que permitan darle mayor objetividad y validez a las investigaciones posteriores. De este modo el presente estudio, al tratar directamente con humanos, tiende a generar un menor control de las variables ya que es imposible estandarizar totalmente una muestra con personas donde entra en juego la ética y la dignidad de cada paciente. Es por esta razón que se sugiere continuar con este estudio, preferiblemente con una muestra y un

tiempo de aplicación mayor que permita establecer comparaciones más significativas entre los grupos.

Por otra parte, se debe tomar en cuenta para futuras investigaciones encaminadas al área del cuidado crítico, que el estado cardiorrespiratorio de los pacientes se encuentra en proceso de estabilización y recuperación; razón por la cual se requiere en innumerables ocasiones del soporte ventilatorio a través de vía aérea artificial, generando en este tipo de pacientes estados de sedación que pueden alterar el estado de conciencia y que por lo tanto no hacen posible la participación activa de dichos pacientes en su proceso de rehabilitación. Las neumonías asociadas al ventilador, en muchas ocasiones, pudieran desestabilizar al paciente y provocar una interrupción de este tipo de terapia física, por lo menos hasta que pueda resolver la fase aguda de su proceso y lograr nuevamente su estabilización. Trabajar con pacientes que se encontraban con ventilación mecánica y bajo efectos de sedación fue determinante para el estudio al concluir que bajo estas circunstancias es perfectamente posible iniciar un programa de fisioterapia a través de la electroestimulación lo más temprano posible.

Las conclusiones de este trabajo indican que esta nueva terapia aplicada en los pacientes con las indicaciones apropiadas, podrá incorporarse muy pronto al gran número de estrategias de intervención con el que se cuenta para la rehabilitación tanto física como nutricional de los pacientes en estado crítico; razón por la cual la presente investigación puede arrojar beneficios sustanciales en cuanto al tiempo de rehabilitación y los incontables esfuerzos realizados por fisioterapia en este tipo de pacientes; al igual que la aplicación de la electroestimulación podría consistir en un procedimiento relativamente económico para estos pacientes.

Un solo estimulador presente en una Unidad puede estimular una gran cantidad de personas en períodos de tiempo previamente establecidos. A pesar de ser una herramienta relativamente costosa, puede ser usada repetidamente en muchos pacientes con este tipo de alteración, recuperando rápidamente la inversión realizada no solo en términos económicos sino también en cuanto al tiempo utilizado en la rehabilitación dentro y fuera de la Unidad. Claro está, siempre y cuando este estudio sirva como punto de partida para generar otros que puedan aumentar el tiempo de electroestimulación con un mayor y más efectivo control de las variables, de tal modo que pueda arrojar resultados aún más significativos desde el punto de vista estadístico. Finalmente, es importante destacar que el área de la Fisioterapia en Cuidado Crítico constituye una rama de esta profesión que genera muchas satisfacciones desde el punto de vista personal y espiritual, ya que trabajar con personas que presentan un delicado estado de salud genera un compromiso y un reto mayor por tener un nivel de preparación alto que permita preservar la vida del paciente y generar estrategias por medio de un trabajo en equipo que beneficien y promuevan una recuperación lo más eficaz posible. Por tal motivo, la intervención fisioterapéutica se ve altamente complementada por contenidos éticos y humanos que ante todo respeten la dignidad del paciente para preservar la vida o aceptar la muerte, brindando un ambiente apropiado para sus familiares y el difícil proceso por el cual atraviesan.

#### Referencias Bibliográficas

1. Aranceta, J. (1999), Epidemiología nutricional. Estudios poblacionales de alimentación y nutrición, Madrid: Díaz de Santos.
2. Bersten, A., Easterbrook-Smith, S., Jones, A., Montague, D., Slaytor, M., Tomas, M., Wake, G. (1994) Bioquímica General. México: Mc Graw Hill.
3. 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.
4. Chen,D., Jaeger, R.J. (1997). Functional Electrical Stimulation : Technical Avances and Cinical Aplications. Physical medicine and Rehabilitation, 11, 1- 39.
5. 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
6. Gersh, M.R. (1992) Electrotherapy in Rehabilitation Comtemporany Perspectives in Rehabilitation, USA: Davis Company.
7. Goldin M.D. (1984). Cuidados Intensivos en el Paciente Quirúrgico. (p.p.352–354) Barcelona: Labor.
8. 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.
9. Kasper, C., Talbot, L., Gaines, J. (2002). Skeletal Muscle Damage and Recovery. Critical Care, 13,2-237.

10. Khan, J.,(1991) Principios y prácticas de Electroterapia. (1ª. Ed.). España: Jims.
11. Knauss, W., Draper, E., Wagner D., Zimmerman J. (1985). APACHE II: A severity of disease classification system. Critical Care Medicine 13 – 818.
12. Kottle, L., Krusen. (2000). Medicina Física y Rehabilitación. (4ta. Ed.). Madrid (España): Panamericana.
13. Lampe, K.(1998). Electrotherapy in Tissue Repair. Journal of Hand Therapy 131.
14. Mora, E., Pérez, R. (1998) Fisioterapia del Aparato Locomotor. España: Síntesis.
15. Morillo, M., Vega, P., Portero, S. (1998) Manual de Medicina Física. España: Harcourt Brace.
16. Murray, R., Mayes, P., Granner, D., Rodwell, V. (2000), Bioquímica de Harper, (15ª Ed.). México: Manual Moderno.
17. Pardo, J.L. (2001) Síndrome de Descondicionamiento Físico: el Paciente en Estado Crítico y su Manejo. Medicina 23, 1-55.
18. Patiño J. F. (1985) Metabolismo, Nutrición y Shock en el Paciente Quirúrgico, (3ª. Ed.). Bogotá: Fundación Laura Patiño Osorio.
19. 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.
20. Reed, B. (1997). The Physiology of Neuromuscular Electrical Stimulation. Pediatric Physical Therapy 9,96

21. Robles Gris, J. (1996) Nutrición en el Paciente Críticamente Enfermo, ( 1ª. Ed.) México: Mac Graw Hill Interamericana.
22. Rodríguez, M. (2000), Electroterapia en Fisioterapia, España : Panamericana.
23. Thornton, R., Mendel, F., Fish, D. (1998). Effects of Electrical Stimulation on Edema Formation in Different Strains of Rats. Physical Therapy,78,4-386.



# **ANEXOS**

**ANEXO A****Presupuesto**

Este proyecto de investigación será financiado en su totalidad por los realizadores de la investigación, teniendo en cuenta que para lograr los objetivos propuestos, se deben cubrir los siguientes costos aproximados:

<b>ELEMENTOS</b>	<b>COSTOS</b>
<b>Estimulador de Alto Voltaje</b> (alquiler)	\$ 400.000
<b>Papelería</b>	
• Hojas para impresión	\$ 30.000
• Cartucho de tinta	\$150.000
• Fotocopias	\$400.000
• Empastada	\$ 75.000
• Anillados	\$ 17.500
<b>Varios</b>	
• Transporte	\$2.400.000
• Algodón	\$ 10.000
• Alcohol	\$ 10.000
• Gel	\$ 25.000
• Paños Scotch	\$ 25.000
• Solución Salina	\$ 10.000
• Vendas	\$ 10.000
• Bolsas	\$ 5000
• Alimentación	\$480.000
<b>TOTAL</b>	<b>\$4.047.500</b>

**ANEXO B****Cronograma de Actividades**

MESES	DICIEMBRE 2001				ENERO 2002				FEBRERO 2002			
	1S	2S	3S	4S	1S	2S	3S	4S	1S	2S	3S	4S
Actividades en semanas												
Decisión tema de investigación.	■	■										
Recopilación e investigación de datos		■	■			■	■	■				
Inicio Anteproyecto								■				
Estructuración Anteproyecto								■	■	■	■	■
Revisión con asesores											■	■

MESES	MARZO 2001				ABRIL 2002				MAYO 2002			
	1S	2S	3S	4S	1S	2S	3S	4S	1S	2S	3S	4S
Actividades en semanas												
Estructuración Anteproyecto	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Revisión con asesores	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Trámites con el sitio de aplicación			■	■	■	■	■	■	■	■		
Culminación Anteproyecto									■	■	■	■

MESES	JUNIO 2002				JULIO 2002				AGOSTO 2002			
	1S	2S	3S	4S	1S	2S	3S	4S	1S	2S	3S	4S
Actividades en semanas												
Permiso sitio de aplicación			■	■								
Entrega Anteproyecto	■											
Aplicación estudio									■	■	■	■

MESES	SEPTIEMBRE 2002				OCTUBRE 2002				NOVIEMBRE 2002			
	1S	2S	3S	4S	1S	2S	3S	4S	1S	2S	3S	4S
Actividades en semanas												
Aplicación estudio												
Comparación datos y verificación hipótesis												
Presentación Proyecto												

MESES	NOVIEMBRE 2002				DICIEMBRE 2002			
	1S	2S	3S	4S	1S	2S	3S	4S
Actividades en semanas								
Correcciones Proyecto Final								
Socialización								

**ANEXO C****Consentimiento Informado**

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA FUNDACIÓN ESCUELA COLOMBIANA DE  
REHABILITACIÓN

FACULTAD DE FISIOTERAPIA  
**HOSPITAL EL TUNAL II NIVEL**

Nombre del Paciente: \_\_\_\_\_.

H.C. Nro. \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_ Hora \_\_\_\_\_

**Documento de Consentimiento Informado para Procedimientos Especiales**

1. Por medio de la presente constancia, en pleno uso de mis facultades mentales, otorgo en forma libre consentimiento al HOSPITAL EL TUNAL III NIVEL y a LUZ MERCEDES ACOSTA SERRANO y CLAUDIA ANDREA MARULANADA ZAMORA, estudiantes de VIII semestre de Fisioterapia de la Institución Universitaria Fundación Escuela Colombiana de Rehabilitación, para que por medio de Médicos en ejercicio legal de su profesión, así como también a los demás profesionales de la Salud que requieran se le practique a mi familiar o allegado, el cual se encuentra en la Unidad de Cuidados Intensivos, *la aplicación del Estimulador de Alto Voltaje como medio de Intervención Fisioterapéutica temprana en el aprovechamiento proteico* de mi familiar, el cual se encuentra en una fase de hipercatabolismo, generando una gran cantidad de pérdida de proteína muscular por la orina.
2. El HOSPITAL EL TUNAL II NIVEL, al igual que las investigadoras arriba mencionadas, quedarán autorizados para llevar a cabo la práctica de conductas o procedimientos ya señalados en el punto 1. Dicha intervención o procedimiento no representa para el paciente ningún riesgo mayor que el mínimo, y estará bajo la supervisión directa del personal médico y de rehabilitación de la Institución.
3. El Consentimiento y autorización que anteceden, han sido otorgados previa evaluación del estado de salud que ha hecho a nombre de mi familiar el HOSPITAL EL TUNAL III NIVEL, las Investigadoras y EL DOCTOR: \_\_\_\_\_, con el objeto de identificar las condiciones clínico patológicas de mi allegado previa advertencia respecto a los imprevistos y consecuencias que conllevan la Intervención Fisioterapéutica a realizar en los términos en que fue consignado en la Historia Clínica.  
Declaro que he recibido amplias explicaciones por parte del mismo profesional.
4. Al permitir que su familiar o allegado pueda hacer parte de esta Investigación, estará participando en un novedoso estudio; el cual pretende demostrar la eficacia de la aplicación de un tipo de estimulación eléctrica a través de un equipo denominado “Estimulador de Alto Voltaje”, de tal modo que no se pierdan grandes cantidades de proteína muscular en la orina y se retarde la pérdida acelerada de masa muscular (atrofia), proceso por el cual atraviesan todos los pacientes con largos períodos de inmovilización o reposo prolongado en cama, especialmente los que se encuentran en la Unidad de Cuidados Intensivos.
5. Los Beneficios que su familiar puede llegar a tener si ingresan a este estudio implican el hecho de presentar un mejor estado muscular a nivel general que le permita iniciar más rápido un proceso de rehabilitación y por consiguiente, una salida más pronta de la Unidad. La aplicación del Estimulador de Alto Voltaje favorece un mantenimiento y un mejor estado de la musculatura. Sin embargo, los argumentos anteriormente expuestos no constituyen una garantía de recuperación por la participación de su familiar, por lo que la

Intervención Fisioterapéutica realizada constituye una actividad de medio más no de resultado.

6. A menos que la Ley lo exija, solo EL HOSPITAL EL TUNAL III NIVEL y las Investigadoras tendrán acceso a los datos confidenciales que identifican a su familiar por su nombre. Dicha Identificación no aparecerá en ningún Informe ni Publicación, resultantes del presente estudio.
7. He leído cuidadosamente este consentimiento informado. He recibido respuestas a todas mis preguntas. Acepto, como representante legal de mi familiar, incluir su participación en el estudio. Al firmar el presente Consentimiento no estoy renunciando a los derechos legales que tiene mi familiar o allegado como participante en un estudio de Investigación.

NOTA: Cuando el paciente no tenga la capacidad legal para otorgar el Consentimiento, las manifestaciones inscritas en este documento se entienden hechas por la persona responsable que lo representa en relación al paciente correspondiente, para cuyos efectos lo suscribe.

\_\_\_\_\_  
Nombre del Representante

\_\_\_\_\_  
C.C

\_\_\_\_\_  
Nombre del Testigo

\_\_\_\_\_  
C.C

\_\_\_\_\_  
Nombre del Testigo

\_\_\_\_\_  
C.C

\_\_\_\_\_  
Nombre Investigadora

\_\_\_\_\_  
C.C

\_\_\_\_\_  
Nombre Investigadora

\_\_\_\_\_  
C.C

\_\_\_\_\_  
Nombre del Médico

\_\_\_\_\_  
C.C

## **ANEXO D**

### Protocolo de Intervención Fisioterapéutica de la Institución

Consiste en un programa de reacondicionamiento físico iniciado una vez el paciente se encuentre hemodinámicamente estable (entre las primeras 48 a 72 horas de ingreso a la Unidad); el cual tiene como objetivo principal aplicar un conjunto de procedimientos diseñados para prevenir las consecuencias negativas de la inmovilidad y que a su vez faciliten el restablecimiento total o parcial del funcionamiento fisiológico normal reintegrando a los pacientes a su medio lo más temprano posible con una calidad de vida satisfactoria.

El programa fisioterapéutico se dirige de manera primordial a la prevención de las complicaciones cardiorrespiratorias de la inmovilización prolongada consistente en el mantenimiento de la vía aérea artificial (si el paciente la presenta). De no tenerla, debe haber un control riguroso del sistema de oxigenoterapia que se está usando con un registro permanente de los signos vitales y de los niveles de saturación del paciente. Paralelamente, se debe promover una adecuada higiene bronquial favoreciendo así la movilización de secreciones y la prevención de atelectasias, haciendo uso de las maniobras de fisioterapia respiratoria e higiene postural de acuerdo a las condiciones de cada paciente.

Adicional al mejoramiento de la función cardiorrespiratoria, se emplean técnicas dirigidas al mantenimiento y mejoría de la amplitud articular de todas y cada una de las articulaciones expuestas con movilizaciones de los miembros en forma progresiva (pasivos, activo asistidos de acuerdo al estado de conciencia del paciente). También se realizan ejercicios encaminados a prevenir retracciones y

contracturas a nivel muscular, con especial interés en la musculatura antigravitatoria por medio de estiramientos del tendón de Aquiles, Psoas e Isquiotibiales. A su vez, se debe tener especial cuidado con las posturas del paciente adoptadas en cama a través del uso de almohadillas o rodillos para hombro y mano y la adecuación de férulas y ortesis para incrementar la posición articular en límites funcionales y generar mayor estabilidad.

Por otra parte, se debe realizar un cuidado riguroso de la piel del paciente, tratando de mantener al máximo el trofismo del tejido que permita prevenir la aparición de úlceras de presión. Esto se hace por medio de cambios posturales y de los puntos de apoyo cada dos a tres horas, evitando que el paciente sea arrastrado a través de las sábanas. En caso de aparición de alguna escara, se suprime absolutamente el apoyo en esa zona, y el personal de enfermería debe hacerse cargo de la limpieza y curación de la misma.

Por último, se tiene en cuenta la prevención de la enfermedad trombótica con elevación de los miembros inferiores aproximadamente 20 centímetros por encima de la cama, utilización de medias de compresión y ejercicios pasivos de las extremidades inferiores. Finalmente, como inicio de una preparación para la deambulación una vez el paciente salga de la Unidad, se procede a hacer manejo de la hipotensión ortostática con estímulos laberínticos, manejo de propiocepción y facilitación de la postura en sedente, si las características del paciente lo permite. Este programa de reacondicionamiento físico se lleva a cabo por las fisioterapeutas de la Unidad dos veces por día en sesiones de 30 minutos aproximadamente. La Terapia Respiratoria se realiza de acuerdo a las necesidades y el grado de compromiso cardiopulmonar que presente cada paciente.



**ANEXO E****Hoja de Evaluación Inicial****I. ANAMNESIS:**

Día de Ingreso a UCI :  
 No de Historia Clínica :  
 Fecha Ingreso al Estudio :  
 Cama # :  
 Procedencia :  
 Nombre del Paciente :  
 Causa de Ingreso a UCI :  
 Edad :  
 Sexo :  
 Nombre del Acudiente :

**II. ANTECEDENTES:**

(Patológicos, Farmacológicos, Tóxico Alérgicos, Traumáticos, Ginecobstétricos, Quirúrgicos, Familiares, Inmunológicos).

**III. OBSERVACIÓN GENERAL:**

(Se tendrá en cuenta el estado de conciencia, posición en cama, puntuación según escala de APACHE II, tipo de soporte ventilatorio, tipo de nutrición, presencia de canalización de venas y sondas, peso, talla, y Escala de Ramsay).

**IV. SIGNOS VITALES:**

Tensión Arterial: Frecuencia Cardíaca:  
 Frecuencia Resp: Saturación de O2 :

**V. EXAMENES DE PRE-PRUEBA**

Balance de nitrógeno ureico :  
 Nitrógeno ureico en orina 24h :  
 Glicemia en Sangre :  
 Creatinina en orina de 24 horas :  
 Nitrógeno Ureico en Suero :  
 Creatinina Sérica :

**ANEXO F****Instrumento de Aplicación**

Nombre : # de Cama:

Fecha de ingreso al estudio :

<b>PRUEBA</b>	<b>Día 1</b>	<b>Día 2</b>	<b>Día 3</b>	<b>Día 4</b>	<b>Día 5</b>	<b>Día 6</b>	<b>Día 7</b>
N.U.U.							
B.N.U.							
C.O.							
G.S							

N.U.U: nitrógeno uréico en orina de 24 h. B.N.U: balance de nitrógeno ureico.  
 C.O: creatinina en orina de 24 hrs. G.S: Glicemia en sangre.

**Registro de la Nutrición:**

<b>NUTRICIÓN</b>	<b>Día 1</b>	<b>Día 2</b>	<b>Día 3</b>	<b>Día 4</b>	<b>Día 5</b>	<b>Día 6</b>	<b>Día 7</b>
Tipo de Nutr.							
Proteínas (gr/Kg peso)							
Proteínas (gr/día)							
Carbohidratos (mg/kilo/min)							
Carbohidratos (gr/día)							

Registro de los Parámetros del Estimulador de Alto Voltaje:

Nombre:

Cama:

Fecha de ingreso al estudio:

**PUNTOS MOTORES GASTROCNEMIOS**

PARÁMETROS	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7
Intensidad							
Frecuencia							
Tiempo on /off							

**PUNTO MOTOR CUADRICEPS**

PARÁMETROS	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7
Intensidad							
Frecuencia							
Tiempo on /off							

**PUNTO MOTOR BÍCEPS**

PARÁMETROS	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7
Intensidad							
Frecuencia							
Tiempo on /off							

**PUNTO MOTOR DELTOIDES ANTERIOR**

PARÁMETROS	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7
Intensidad							
Frecuencia							
Tiempo on /off							

## ANEXO G

### Escala APACHE II para determinar el escore de severidad de la enfermedad

El **Acute Physiology And Chronic Health Evaluation** surge en 1981 como un sistema que permite cuantificar la gravedad de la enfermedad a través de la valoración de 34 variables fisiológicas, que expresan la intensidad de la enfermedad y, por tanto, el estado clínico del paciente.

El índice se obtiene mediante la valoración de los pacientes en tres etapas:

- En la primera, se mide el grado de afectación fisiológica a través de un índice que se obtiene por la suma de los 33 parámetros clínicos-biológicos que representan el grado de afectación fisiológica del organismo. Cada parámetro se valora mediante una escala que puntúa de 0 a 4, según el grado de desviación de la normalidad.
- En una segunda etapa se lleva a cabo una valoración de la situación de salud previa al ingreso del enfermo, con respecto a la presencia o no de enfermedades crónicas, mediante una escala donde se recogen los siguientes aspectos: buena salud, limitaciones discretas o moderadas, limitaciones serias, limitación total de la actividad.
- La tercera etapa corresponde a la clasificación del diagnóstico principal en uno de los siete sistemas orgánicos principales

Por tal motivo, se evalúan los siguientes aspectos:

Variables fisiológicas	Límites altos anómalos				Normal	Límites bajos anómalos			
	+4	+3	+2	+1	0	+1	+2	+3	+4
Temperatura, rectal (°C)	≥41°	39-40,9°	---	38,5-38,9°	36-38,4°	34-34,5°	32-33,9°	30-31,9°	≤29,9°
Presión arterial media (mmHg)	≥160	130-159	110-129	---	70-109	---	50-69	---	≤49
Frecuencia cardíaca (latidos/minuto)	≥180	140-179	110-139	---	70-109	---	55-69	40-54	≤39
Frecuencia respiratoria (resp/minuto)	≥50	33-49	---	25-34	12-24	10-11	6-9	---	≤5
Oxigenación: AaDO <sub>2</sub> o PaO <sub>2</sub> (mmHg)									
a. FiO <sub>2</sub> ≥0,5, registrar AaDO <sub>2</sub>	≥500	350-499	200-349	---	<200	---	---	---	---
b. FiO <sub>2</sub> <0,5, registrar sólo PaO <sub>2</sub>	---	---	---	---	PO <sub>2</sub> >70	PO <sub>2</sub> 61-70	---	PO <sub>2</sub> 55-60	PO <sub>2</sub> <55
pH arterial	≥7,7	7,6-7,69	---	7,5-7,59	7,33-7,49	---	7,25-7,32	7,15-7,24	<7,15
Sodio sérico (mmol/l)	≥180	160-179	155-159	150-154	130-149	---	120-129	111-119	≤110
Potasio sérico (mmol/l)	≥7	6-6,9	---	5,5-5,9	3,5-5,4	3-3,4	2,5-2,9	---	<2,5
Creatinina sérica (mg/dl) (puntuación doble para I Renal Aguda)	≥3,5	2-3,4	1,5-1,9	---	0,6-1,4	---	<0,6	---	---
Hematocrito (%)	≥60	---	50-50,9	46-49,9	30-45,9	---	20-20,9	---	<20
Recuento de leucocitos (total/mm <sup>3</sup> )	≥40	---	20-39,9	15-19,9	3-14,9	---	1-2,9	---	<1
Puntuación GLASGOW COMA SCORE = 15 – Puntuación GCS real									
<b>A</b> puntuación Fisiológica Aguda PFA total= sumar los puntos de las 12 variables									
HCO <sub>3</sub> sérico (venoso, mmol/l) (no es de elección, usar si no hay GSA)	≥52	41-51,9	---	32-40,9	22-31,9	---	18-21,9	15-17,9	<15

AaDO<sub>2</sub>: gradiente alveolo-arterial de oxígeno; GSA: gasometría sanguínea arterial; PFA: puntuación fisiológica aguda; FiO<sub>2</sub>: fracción inspiratoria de oxígeno; GCS: escala de coma de Glasgow; PaO<sub>2</sub>: presión arterial de oxígeno; PO<sub>2</sub>: presión parcial de oxígeno.

## B Puntos de edad

Asignar puntos de edad del siguiente modo:

Edad (años)	Puntos
≤ 44	0
45-54	2
55-64	3
65-74	5
≥ 75	6

## C Puntos de Salud Crónica

Si el paciente tiene antecedentes de insuficiencia grave de sistemas orgánicos o está inmunocomprometido, asignar puntos del siguiente modo:

a: Para pacientes no quirúrgicos o postoperatorios de urgencias: 5 puntos, o

b: Para pacientes postoperatorios electivos: 2 puntos.

### **Definiciones:**

Un estado de insuficiencia orgánica o inmunodeficiencia ha de ser evidente antes del ingreso hospitalario y cumplir los criterios siguientes:

**Hígado:** Cirrosis demostrada por biopsia e hipertensión portal documentada; episodios de hemorragia GI alta y previa, atribuida a la hipertensión portal, o episodios previos de insuficiencia hepática/encefalopatía/coma.

**Cardiovascular:** Clase funcional IV de la New York Heart Association.

**Respiratoria:** Enfermedad restrictiva, obstructiva crónica, o vasculopatía que origina una grave limitación del ejercicio, por ejemplo, incapaz de subir escaleras o realizar actividades domésticas; o hipoxia crónica, hipercapnia, policitemia secundaria, hipertensión pulmonar grave (> 40 mmHg) documentadas, o dependencia de un ventilador.

**Renal:** Dependencia de diálisis crónica.

**Inmunocomprometido:** El paciente ha recibido tratamiento que suprime la resistencia a las infecciones, por ejemplo, tratamiento inmunosupresor, quimioterapia/radioterapia, tratamiento esteroide prolongado o reciente con dosis elevadas; o padece una enfermedad que está lo bastante avanzada como para suprimir la resistencia a las, por ejemplo, leucemia, linfoma, SIDA.

## **PUNTUACIÓN APACHE II**

### **SUMA DE A+B+C**

**A** Puntos de PFA : \_\_\_\_\_

**B** Puntos de Edad : \_\_\_\_\_

**C** Puntos de Salud Crónica: \_\_\_\_\_

**Total APACHE II** : \_\_\_\_\_

Es importante destacar que esta escala es realizada únicamente por el personal médico de la Unidad, por lo tanto, una revisión exhaustiva de las Historias Clínicas más la evaluación inicial realizada por las investigadoras, sumado al puntaje de esta escala, servirán para delimitar claramente los criterios de inclusión y exclusión del presente estudio.

## **ANEXO H**

### **Escala de Ramsay para Sedación (ERS).**

Esta escala es el patrón actual para calificar numéricamente el nivel de conciencia de un paciente.

1. Ansioso y agitado o inquieto, o ambos.
2. Colaborador, orientado y tranquilo.
3. Responde únicamente a las ordenes.
4. Dormido, pero con respuesta viva a estímulos débiles.
5. Dormido, con respuesta débil a estímulos fuertes.
6. Dormido, no responde.



## ANEXO I

### Prueba Piloto realizada antes de la aplicación del protocolo

Antes de comenzar la aplicación del estudio en el Hospital del Tunal, se realizó una Prueba Piloto entre las investigadoras y la asesora temática, con la finalidad de establecer claramente los parámetros que fueron aplicados posteriormente a cada uno de los pacientes del estudio. Además, la prueba piloto favoreció a las investigadoras un mejor conocimiento de la técnica de manejo del equipo; contribuyendo a de esta forma a tener una mejor organización para la aplicación adecuada del protocolo presentado.

Por tal motivo, se establecieron los siguientes aspectos:

- La zona del paciente a tratar debe ser previamente limpiada con alcohol y algodón
- El electrodo dispensor debe ser ubicado en la espalda o bajo el muslo del paciente, con un Scotch mojado en solución salina.
- Los puntos motores deben señalarse con marcador de tinta indeleble con el fin de ubicar siempre los electrodos en el mismo punto.
- Previo a la colocación de los electrodos, se debe tener especial precaución en que todos los parámetros del equipo se encuentren en ceros.
- Los electrodos deberán fijarse en los puntos motores previamente establecidos con vendas para evitar que estos se desplacen inadecuadamente durante la aplicación de la terapia, y puedan provocar molestias tanto al paciente como al equipo. Se usará el gel como medio

de acople, ya que durante la aplicación de la prueba se observó que producía mejor respuesta motora que la solución salina.

- Ajustar los parámetros de acuerdo al umbral de respuesta motora que cada paciente presente y al músculo estimulado. Dichos parámetros, con excepción de la intensidad fueron iguales para todos los pacientes, consistentes en corriente ciclada, con polaridad negativa, tiempo de prendido de un segundo y apagado de dos segundos.
- Durante la realización de esta prueba se observó que para la estimulación de gastrocnemios, la respuesta motora conseguida por contracciones isométricas solo era realizable con una frecuencia de 16 pulsos por segundo, ya que frecuencias más altas producían contracción isotónica. Por otra parte, las piernas debían permanecer en extensión durante la estimulación por el efecto de la contracción isotónica que inducía la plantiflexión durante la estimulación de este músculo.
- Para el resto de la musculatura se trabajará con frecuencias de 64 pulsos por segundo, ya que se observó un estímulo más agradable que requirió de menor intensidad para lograr respuesta motora.
- El tiempo será de 15 minutos por músculo. Una vez finalizado este tiempo, se apagará el equipo, se pondrán los parámetros en cero, se retirarán las vendas y se limpiará la zona estimulada con algodón seco para extraer los residuos de gel. Cuando finalice la terapia con el paciente, los electrodos serán limpiados con algodón y alcohol y se procederá a guardar el equipo.

- Cada paciente tendrá su propia venda debidamente guardada en una bolsa marcada con el nombre del paciente y su propio paño para el electrodo dispersor para disminuir el riesgo de contaminación entre pacientes.

**ANEXO J***Características de la Población por edades y género*

	<b>ESTUDIO</b>	<b>CONTROL</b>	<b>Totales</b>
<b>Hombres</b>	8	9	17
<b>% Hombres</b>	53,33%	60,00%	56,66%
<b>Mujeres</b>	6	5	11
<b>% Mujeres</b>	40%	33,33%	36,66%
<b>Fallecimientos</b>	1	1	2
<b>Mortalidad</b>	6,66%	6,66%	6,66%
<b>Total Pacientes</b>	15	15	30

	<b>EDADES</b>	
	<b>ESTUDIO</b>	<b>CONTROL</b>
<b>Sujeto 1</b>	49	62
<b>Sujeto 2</b>	56	31
<b>Sujeto 4</b>	44	60
<b>Sujeto 5</b>	18	24
<b>Sujeto 6</b>	36	67
<b>Sujeto 7</b>	68	18
<b>Sujeto 8</b>	42	60
<b>Sujeto 9</b>	67	70
<b>Sujeto 10</b>	32	65
<b>Sujeto 11</b>	21	50
<b>Sujeto 12</b>	22	34
<b>Sujeto 13</b>	24	49
<b>Sujeto 14</b>	18	70
<b>Sujeto 15</b>	29	75
<b>PROMEDIO</b>	37,57	52,5

**ANEXO K****Registro de la nutrición Enteral para el Grupo de Estudio y el Grupo Control**

<b>GRUPO ESTUDIO</b>								
<b>NE VOLUMEN DÍA</b>								
	<b>Día 1</b>	<b>Día 2</b>	<b>Día 3</b>	<b>Día 4</b>	<b>Día 5</b>	<b>Día 6</b>	<b>Día 7</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>Sujeto 4</b>	120	240	240	1500	1500	1500	1500	942,86
<b>Sujeto 5</b>	300	1700	1700	1700	1700	1700	1700	1500,00
<b>Sujeto 8</b>	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500,00
<b>Sujeto 9</b>	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1000	1428,57
<b>Sujeto 10</b>	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500,00
<b>Sujeto 11</b>	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500,00
<b>Sujeto 13</b>	0	1000	1000	1500	1500	1500	1500	1142,86
<b>Sujeto 14</b>	1000	1000	1000	1200	1200	1200	1200	1114,29
<b>TOTAL</b>								<b>1328,57</b>

<b>GRUPO ESTUDIO</b>								
<b>NE gr/Kg peso de proteína</b>								
	<b>Día 1</b>	<b>Día 2</b>	<b>Día 3</b>	<b>Día 4</b>	<b>Día 5</b>	<b>Día 6</b>	<b>Día 7</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>Sujeto 4</b>	0,08	0,16	0,16	0,16	2,00	2,00	2,00	0,94
<b>Sujeto 5</b>	0,13	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	1,73
<b>Sujeto 8</b>	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
<b>Sujeto 9</b>	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
<b>Sujeto 10</b>	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
<b>Sujeto 11</b>	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03
<b>Sujeto 13</b>	0,00	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	0,87
<b>Sujeto 14</b>	1,10	1,10	1,10	1,00	1,00	1,00	1,00	1,04
<b>TOTAL</b>								<b>1,33</b>

<b>GRUPO ESTUDIO</b>								
<b>NE gr de proteína al día</b>								
	<b>Día 1</b>	<b>Día 2</b>	<b>Día 3</b>	<b>Día 4</b>	<b>Día 5</b>	<b>Día 6</b>	<b>Día 7</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>Sujeto 4</b>	6,36	12,60	12,60	12,60	66+75	66+75	66+75	66,74
<b>Sujeto 5</b>	11,10	77+55	77+55	77+55	77+55	77+55	77+55	114,73
<b>Sujeto 8</b>	68+40	68+40	68+40	68+40	68+40	68+40	68+40	108,00
<b>Sujeto 9</b>	63,00	63,00	63,00	63,00	63,00	63,00	63,00	63,00
<b>Sujeto 10</b>	56+75	56+75	56+75	56+75	56+75	56+75	56+75	131,00
<b>Sujeto 11</b>	68,00	68,00	68,00	68,00	68,00	68,00	68,00	68,00
<b>Sujeto 13</b>	0,00	66,00	66,00	99,00	99,00	218,00	218,00	109,43
<b>Sujeto 14</b>	66,00	66,00	66,00	60,00	60,00	60,00	60,00	66,00
<b>TOTAL</b>								<b>90,86</b>

<b>GRUPO ESTUDIO</b>								
<b>NE gr de CHO al día</b>								
	<b>Día 1</b>	<b>Día 2</b>	<b>Día 3</b>	<b>Día 4</b>	<b>Día 5</b>	<b>Día 6</b>	<b>Día 7</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>Sujeto 4</b>	20	40	40	233	233	233	233	147
<b>Sujeto 5</b>	36	264	264	264	264	264	264	231
<b>Sujeto 8</b>	233	233	233	233	233	233	233	233
<b>Sujeto 9</b>	141	141	141	141	141	141	141	141
<b>Sujeto 10</b>	216	216	216	216	216	216	216	216
<b>Sujeto 11</b>	233	233	233	233	233	233	233	233
<b>Sujeto 13</b>	177	177	265	265	265	265	265	240
<b>Sujeto 14</b>	177	177	177	259	259	259	259	224
<b>TOTAL</b>								<b>208</b>

<b>GRUPO CONTROL</b>								
<b>NE VOLUMEN DÍA</b>								
	<b>Día 1</b>	<b>Día 2</b>	<b>Día 3</b>	<b>Día 4</b>	<b>Día 5</b>	<b>Día 6</b>	<b>Día 7</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>Sujeto 2</b>	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200,00
<b>Sujeto 3</b>	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200,00
<b>Sujeto 6</b>	1500	1500	1700	1700	1700	1700	1700	1642,86
<b>Sujeto 7</b>	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500,00
<b>Sujeto 8</b>	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200,00
<b>Sujeto 10</b>	1200	1200	1200	1500	1500	1500	1500	1371,43
<b>Sujeto 13</b>	240	240	240	240	240	1200	1200	514,29
<b>Sujeto 14</b>	1000	1000	1000	1000	1200	1200	1200	1085,71
<b>TOTAL</b>								<b>1214,29</b>

<b>GRUPO CONTROL</b>								
<b>NE gr/Kg peso de proteína</b>								
	<b>Día 1</b>	<b>Día 2</b>	<b>Día 3</b>	<b>Día 4</b>	<b>Día 5</b>	<b>Día 6</b>	<b>Día 7</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>Sujeto 2</b>	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
<b>Sujeto 3</b>	0,83	0,83	0,83	2,00	2,00	2,00	2,00	1,50
<b>Sujeto 6</b>	0,90	0,90	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	1,69
<b>Sujeto 7</b>	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
<b>Sujeto 8</b>	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30
<b>Sujeto 10</b>	0,70	0,70	0,70	2,00	2,00	2,00	2,00	1,44
<b>Sujeto 13</b>	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	1,30	1,30	0,50
<b>Sujeto 14</b>	0,76	0,76	0,76	0,96	1,16	1,16	1,16	0,96
<b>TOTAL</b>								<b>1,42</b>

<b>GRUPO CONTROL</b>								
<b>NE gr de proteína al día</b>								
	<b>Día 1</b>	<b>Día 2</b>	<b>Día 3</b>	<b>Día 4</b>	<b>Día 5</b>	<b>Día 6</b>	<b>Día 7</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>Sujeto 2</b>	99+20	99+20	99+20	99+20	99+20	99+20	99+20	119,00
<b>Sujeto 3</b>	50,00	50,00	50,00	50+70	50+70	50+70	50+70	90,00
<b>Sujeto 6</b>	68,00	68,00	77+55	77+55	77+55	77+55	77+55	113,71
<b>Sujeto 7</b>	75+65	75+65	75+65	75+65	75+65	75+65	75+65	140,00
<b>Sujeto 8</b>	79,00	79,00	79,00	79,00	79,00	79,00	79,00	79,00
<b>Sujeto 10</b>	42,00	42,00	42,00	63+60	63+60	63+60	63+60	88,29
<b>Sujeto 13</b>	12,60	12,60	12,60	12,60	12,60	79,00	79,00	31,57
<b>Sujeto 14</b>	42,00	42,00	42,00	53,00	64,00	64,00	64,00	53,00
<b>TOTAL</b>								<b>89,32</b>

<b>GRUPO CONTROL</b>								
<b>NE gr de CHO al día</b>								
	<b>Día 1</b>	<b>Día 2</b>	<b>Día 3</b>	<b>Día 4</b>	<b>Día 5</b>	<b>Día 6</b>	<b>Día 7</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>Sujeto 2</b>	265	265	265	265	265	265	265	265
<b>Sujeto 3</b>	113	113	113	113	113	113	113	113
<b>Sujeto 6</b>	233	233	264	264	264	264	264	255
<b>Sujeto 7</b>	169	169	169	169	169	169	169	169
<b>Sujeto 8</b>	212	212	212	212	212	212	212	212
<b>Sujeto 10</b>	94	94	94	141	141	141	141	121
<b>Sujeto 13</b>	19	19	19	19	19	212	212	74
<b>Sujeto 14</b>	94	94	94	165	198	198	198	149
<b>TOTAL</b>								<b>170</b>



**ANEXO L****Registro de la Nutrición Parenteral Total para el Grupo Estudio y el Grupo Control**

<b>GRUPO ESTUDIO</b>								
<b>NPT proteína gr/kg de peso</b>								
	<b>Día 1</b>	<b>Día 2</b>	<b>Día 3</b>	<b>Día 4</b>	<b>Día 5</b>	<b>Día 6</b>	<b>Día 7</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>Sujeto 1</b>	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,50
<b>Sujeto 2</b>	1,5	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,67
<b>Sujeto 7</b>	1	1	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,36
<b>TOTAL</b>								<b>1,51</b>

<b>GRUPO ESTUDIO</b>								
<b>NPT gr de proteína al día</b>								
	<b>Día 1</b>	<b>Día 2</b>	<b>Día 3</b>	<b>Día 4</b>	<b>Día 5</b>	<b>Día 6</b>	<b>Día 7</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>Sujeto 1</b>	98	98	98	98	98	98	98	98,00
<b>Sujeto 2</b>	112	128	128	128	128	128	128	125,71
<b>Sujeto 7</b>	50	50	75	75	75	75	75	67,86
<b>TOTAL</b>								<b>97,19</b>

<b>GRUPO ESTUDIO</b>								
<b>NPT CHO mg/kg/minuto</b>								
	<b>Día 1</b>	<b>Día 2</b>	<b>Día 3</b>	<b>Día 4</b>	<b>Día 5</b>	<b>Día 6</b>	<b>Día 7</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>Sujeto 1</b>	2,5	2,5	2,5	2,5	3	3	3	2,71
<b>Sujeto 2</b>	3,5	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,24
<b>Sujeto 7</b>	3	3	3	3	3	3	3	3,00
<b>TOTAL</b>								<b>2,99</b>

<b>GRUPO ESTUDIO</b>								
<b>NPT CHO Gr/día</b>								
	<b>Día 1</b>	<b>Día 2</b>	<b>Día 3</b>	<b>Día 4</b>	<b>Día 5</b>	<b>Día 6</b>	<b>Día 7</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>Sujeto 1</b>	234	234	234	234	281	281	281	254,14
<b>Sujeto 2</b>	378	345	345	345	345	345	345	349,71
<b>Sujeto 7</b>	216	216	216	216	216	216	216	216,00
<b>TOTAL</b>								<b>273,29</b>

<b>GRUPO CONTROL</b>								
<b>NPT proteina gr/kg de peso</b>								
	<b>Día 1</b>	<b>Día 2</b>	<b>Día 3</b>	<b>Día 4</b>	<b>Día 5</b>	<b>Día 6</b>	<b>Día 7</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>Sujeto 1</b>	1,5	1,5	2	2	2	2	2	1,86
<b>Sujeto 5</b>	1,5	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,76
<b>Sujeto 15</b>	1	1	1	1	1	1	1	1,00
<b>TOTAL</b>								<b>1,54</b>

<b>GRUPO CONTROL</b>								
<b>NPT gr de proteína al día</b>								
	<b>Día 1</b>	<b>Día 2</b>	<b>Día 3</b>	<b>Día 4</b>	<b>Día 5</b>	<b>Día 6</b>	<b>Día 7</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>Sujeto 1</b>	259	259	328	328	328	328	328	308,29
<b>Sujeto 5</b>	97,5	117	117	117	117	117	117	114,21
<b>Sujeto 15</b>	60	60	60	60	60	60	60	60,00
<b>TOTAL</b>								<b>160,83</b>

<b>GRUPO CONTROL</b>								
<b>NPT CHO mg/kg/minuto</b>								
	<b>Día 1</b>	<b>Día 2</b>	<b>Día 3</b>	<b>Día 4</b>	<b>Día 5</b>	<b>Día 6</b>	<b>Día 7</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>Sujeto 1</b>	3	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,43
<b>Sujeto 5</b>	3	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,43
<b>Sujeto 15</b>	3	3	3	3	3	3	3	3,00
<b>TOTAL</b>								<b>3,29</b>

<b>GRUPO CONTROL</b>								
<b>NPT CHO Gr/día</b>								
	<b>Día 1</b>	<b>Día 2</b>	<b>Día 3</b>	<b>Día 4</b>	<b>Día 5</b>	<b>Día 6</b>	<b>Día 7</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>Sujeto 1</b>	259	259	328	328	328	328	328	308,29
<b>Sujeto 5</b>	281	328	328	328	328	328	328	321,29
<b>Sujeto 15</b>	259	259	259	259	259	259	259	259,00
<b>TOTAL</b>								<b>296,19</b>

**ANEXO M****Registro de Nutrición Enteral + Dieta Oral en el Grupo Estudio y Control**

<b>NE + DIETA ORAL CHO Gr/ día ESTUDIO</b>								
	<b>Día 1</b>	<b>Día 2</b>	<b>Día 3</b>	<b>Día 4</b>	<b>Día 5</b>	<b>Día 6</b>	<b>Día 7</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>Sujeto 12</b>	264	264	264	264	264	327	327	282,00
<b>Sujeto 15</b>	155	155	233	233	327	327	327	251,00
<b>TOTAL</b>								<b>266,50</b>

<b>NE + DIETA ORAL gramos de proteína al día ESTUDIO</b>								
	<b>Día 1</b>	<b>Día 2</b>	<b>Día 3</b>	<b>Día 4</b>	<b>Día 5</b>	<b>Día 6</b>	<b>Día 7</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>Sujeto 12</b>	120	120	120	120	120	113	113	118,00
<b>Sujeto 15</b>	99+45	99+45	68+75	68+75	113	113	113	130,42
<b>TOTAL</b>								<b>124,21</b>

<b>NE + DIETA ORAL gramos de proteína/ kg de peso ideal ESTUDIO</b>								
	<b>Día 1</b>	<b>Día 2</b>	<b>Día 3</b>	<b>Día 4</b>	<b>Día 5</b>	<b>Día 6</b>	<b>Día 7</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>Sujeto 12</b>	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,50
<b>Sujeto 15</b>	0,64	0,64	2	2	1,41	1,41	1,41	1,36
<b>TOTAL</b>								<b>1,43</b>

<b>NE + DIETA ORAL CHO Gr/ día CONTROL</b>								
	<b>Día 1</b>	<b>Día 2</b>	<b>Día 3</b>	<b>Día 4</b>	<b>Día 5</b>	<b>Día 6</b>	<b>Día 7</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>Sujeto 4</b>	264	264	264	264	264	264	327	273,00
<b>Sujeto 9</b>	281	281	281	281	281	327	327	294,14
<b>Sujeto 11</b>	212	212	327	327	327	327	327	294,14
<b>TOTAL</b>								<b>287,10</b>

<b>NE + DIETA ORAL gramos de proteína al día CONTROL</b>								
	<b>Día 1</b>	<b>Día 2</b>	<b>Día 3</b>	<b>Día 4</b>	<b>Día 5</b>	<b>Día 6</b>	<b>Día 7</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>Sujeto 4</b>	117	117	117	117	117	117	113	116,43
<b>Sujeto 9</b>	105	105	105	105	105	113	113	107,29
<b>Sujeto 11</b>	77	77	113	113	113	113	113	102,71
<b>TOTAL</b>								<b>111,86</b>

<b>NE + DIETA ORAL gramos de proteína/ kg de peso ideal CONTROL</b>								
	<b>Día 1</b>	<b>Día 2</b>	<b>Día 3</b>	<b>Día 4</b>	<b>Día 5</b>	<b>Día 6</b>	<b>Día 7</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>Sujeto 4</b>	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,25	1,29
<b>Sujeto 9</b>	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,6	1,6	1,53
<b>Sujeto 11</b>	1,1	1,1	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,46
<b>TOTAL</b>								<b>1,41</b>

**ANEXO N****Prueba t de student para la variable del Balance de Nitrógeno en el Grupo Estudio y Control.**

<b>Análisis del Balance de Nitrógeno Pre Pruebas Grupo Estudio y Control</b>		
	<i>ESTUDIO</i>	<i>CONTROL</i>
Media	-4,91571429	-5,085
Varianza	71,1190264	38,8928731
Desviación Estándar	8,43320973	6,23641508
Observaciones	14	14
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	13	
Estadístico t	0,0769016	
P(T<=t) una cola	0,46993639	
Valor crítico de t (una cola)	1,7709317	

<b>Análisis del Balance de Nitrógeno Post Pruebas Grupo Estudio y Control</b>		
	<i>Estudio</i>	<i>Control</i>
Media	1,07142857	0,26285714
Varianza	33,2906901	46,7721758
Desviación Estándar	5,7698085	6,83901863
Observaciones	14	14
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	13	
Estadístico t	0,29503414	
P(T<=t) una cola	0,38631344	
Valor crítico de t (una cola)	1,7709317	

<b>Análisis del Balance de Nitrógeno Grupo Estudio Pre Prueba y Post Prueba</b>		
	<i>Pre Prueba</i>	<i>Post Prueba</i>
Media	-4,91571429	1,07142857
Varianza	71,1190264	33,2906901
Desviación Estándar	8,43320973	5,7698085
Observaciones	14	14
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	13	
Estadístico t	-2,36822168	*
P(T<=t) una cola	0,01702441	
Valor crítico de t (una cola)	1,7709317	

\* Significativa con un  $\alpha = 0.05$

<b>Análisis del Balance de Nitrógeno Grupo Control Pre Prueba y Post Prueba</b>		
	<i>Pre Prueba</i>	<i>Post Prueba</i>
Media	-5,085	0,262857143
Varianza	38,89287308	46,77217582
Desviación Estándar	6,236415082	6,83901863
Observaciones	14	14
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	13	
Estadístico t	-2,6419186	*
P(T<=t) una cola	0,01016086	
Valor crítico de t (una cola)	1,770931704	

\* *Significativa con un  $\alpha = 0.05$*

**ANEXO O****Prueba t de student para la variable N.U.U de 24 hrs en el Grupo Estudio y****Control**

<b>Análisis de N.U.U. 24hrs Pre Pruebas Grupo Estudio y Control</b>		
	<i>ESTUDIO</i>	<i>CONTROL</i>
Media	10,6428571	9,9
Varianza	19,0487912	15,5384615
Desviación Estándar	4,36449209	3,94188553
Observaciones	14	14
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	13	
Estadístico t	0,46280098	
P(T<=t) una cola	0,32557926	
Valor crítico de t (una cola)	1,7709317	

<b>Análisis de N.U.U. 24hrs Post Pruebas Grupo Estudio y Control</b>		
	<i>ESTUDIO</i>	<i>CONTROL</i>
Media	10,5857143	10,9785714
Varianza	9,03208791	13,7125824
Desviación Estándar	3,00534323	3,70305042
Observaciones	14	14
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	13	
Estadístico t	-0,32194246	
P(T<=t) una cola	0,37630728	
Valor crítico de t (una cola)	1,7709317	

<b>Análisis N.U.U. 24hrs Pre Prueba y Post Prueba Grupo Estudio</b>		
	<i>Preprueba</i>	<i>Postprueba</i>
Media	10,6428571	10,5857143
Varianza	19,0487912	9,03208791
Desviación Estándar	4,36449209	3,00534323
Observaciones	14	14
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	13	
Estadístico t	0,04876236	
P(T<=t) una cola	0,48092494	
Estadístico t	0,04876236	

<b>Análisis N.U.U. 24hrs Pre Prueba y Post Prueba Grupo Control</b>		
	<i>Preprueba</i>	<i>Postprueba</i>
Media	9,9	10,9785714
Varianza	15,5384615	13,7125824
Desviación Estándar	3,94188553	3,70305042
Observaciones	14	14
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	13	
Estadístico t	-1,03354376	
P(T<=t) una cola	0,16009725	
Valor crítico de t (una cola)	1,7709317	

**ANEXO P****Prueba t de student para la variable Cr.O. de 24 hrs en el Grupo Estudio y****Grupo Control**

<b>Análisis de Cr. O. 24hrs Pre Pruebas Grupo Estudio y Control</b>		
	<b><i>ESTUDIO</i></b>	<b><i>CONTROL</i></b>
Media	1128,64857	781,807143
Varianza	1183377,13	113418,111
Desviación Estándar	1087,83139	336,776055
Observaciones	14	14
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	13	
Estadístico t	1,25595573	
P(T<=t) una cola	0,1156178	
Valor crítico de t (una cola)	1,7709317	

<b>Análisis de Cr. O. 24hrs Post Pruebas Grupo Estudio y Control</b>		
	<b><i>ESTUDIO</i></b>	<b><i>CONTROL</i></b>
Media	965,81	886,871429
Varianza	399345,965	241567,661
Desviación Estándar	631,938261	491,495331
Observaciones	14	14
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	13	
Estadístico t	0,34617445	
P(T<=t) una cola	0,36737504	
Valor crítico de t (una cola)	1,7709317	

<b>Análisis Cr. O. 24hrs Grupo Estudio Pre Prueba y Post Prueba</b>		
	<b><i>Preprueba</i></b>	<b><i>Postprueba</i></b>
Media	1128,64857	965,81
Varianza	1183377,13	399345,965
Desviación Estándar	1087,83139	631,938261
Observaciones	14	14
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	13	
Estadístico t	0,81763239	
P(T<=t) una cola	0,21414944	
Valor crítico de t (una cola)	1,7709317	



<b>Análisis Cr. O. 24hrs Grupo Control Pre Prueba y Post Prueba</b>		
	<i>Preprueba</i>	<i>Postprueba</i>
Media	781,807143	886,871429
Varianza	113418,111	241567,661
Desviación Estándar	336,776055	491,495331
Observaciones	14	14
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	13	
Estadístico t	-0,8908451	
P(T<=t) una cola	0,19460114	
Valor crítico de t (una cola)	1,7709317	

**ANEXO Q**

**Registro de las glicemias tomadas diariamente durante la aplicación del protocolo en el Grupo Estudio y Control.**

<b>GRUPO ESTUDIO</b>							
	<b>Día 1</b>	<b>Día 2</b>	<b>Día 3</b>	<b>Día 4</b>	<b>Día 5</b>	<b>Día 6</b>	<b>Día 7</b>
<b>Sujeto 1</b>	221	224	173	250	192	136	203
<b>Sujeto 2</b>	282	175	207	67	185	192	187
<b>Sujeto 4</b>	156	119	107	98	121	162	156
<b>Sujeto 5</b>	155	140	184	203	124	102	143
<b>Sujeto 6</b>	153	148	127	166	137	142	111
<b>Sujeto 7</b>	149	252	185	196	137	150	156
<b>Sujeto 8</b>	116	149	135	74	129	114	138
<b>Sujeto 9</b>	211	171	252	124	76	256	172
<b>Sujeto 10</b>	165	167	179	114	112	168	168
<b>Sujeto 11</b>	134	137	149	150	147	152	143
<b>Sujeto 12</b>	159	137	101	98	140	102	99
<b>Sujeto 13</b>	83	159	116	127	125	123	119
<b>Sujeto 14</b>	99	106	86	71	146	138	148
<b>Sujeto 15</b>	127	132	180	151	175	132	115
<b>PROMEDIO</b>	<b>157,86</b>	<b>158,29</b>	<b>155,79</b>	<b>134,93</b>	<b>139,00</b>	<b>147,79</b>	<b>147,00</b>

<b>GRUPO CONTROL</b>							
	<b>Día 1</b>	<b>Día 2</b>	<b>Día 3</b>	<b>Día 4</b>	<b>Día 5</b>	<b>Día 6</b>	<b>Día 7</b>
<b>Sujeto 1</b>	87	182	163	201	112	228	210
<b>Sujeto 2</b>	276	197	193	172	220	163	121
<b>Sujeto 3</b>	108	266	276	158	153	233	406
<b>Sujeto 4</b>	127	88	138	152	141	137	141
<b>Sujeto 5</b>	128	128	132	143	156	128	175
<b>Sujeto 6</b>	146	173	109	116	155	147	166
<b>Sujeto 7</b>	145	126	53	73	105	211	170
<b>Sujeto 8</b>	203	135	176	229	174	174	171
<b>Sujeto 9</b>	167	148	156	163	171	176	142
<b>Sujeto 10</b>	120	116	111	119	139	108	140
<b>Sujeto 11</b>	91	92	113	142	123	170	168
<b>Sujeto 13</b>	171	150	187	176	180	179	227
<b>Sujeto 14</b>	143	140	172	111	181	211	191
<b>Sujeto 15</b>	131	147	131	140	172	171	180
<b>PROMEDIO</b>	<b>145,93</b>	<b>149,14</b>	<b>150,71</b>	<b>149,64</b>	<b>155,86</b>	<b>174,00</b>	<b>186,29</b>

**ANEXO R**

Prueba t de student para la variable glicemia en el Grupo Estudio y Control.

<b>Análisis Estadístico Glicemias Día 1</b>		
	<i>ESTUDIO</i>	<i>CONTROL</i>
Media	157,8571429	145,9285714
Varianza	2671,516484	2366,225275
Desviación Estándar	51,68671477	48,64386163
Observaciones	14	14
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	13	
Estadístico t	0,85838168	
P(T<=t) una cola	0,203115263	
Valor crítico de t (una cola)	1,770931704	

<b>Análisis Estadístico Glicemias Día 2</b>		
	<i>ESTUDIO</i>	<i>CONTROL</i>
Media	158,2857143	149,142857
Varianza	1539,912088	2074,59341
Desviación Estándar	39,24171362	45,5477047
Observaciones	14	14
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	13	
Estadístico t	0,631531114	
P(T<=t) una cola	0,26932008	
Valor crítico de t (una cola)	1,770931704	

<b>Análisis Estadístico de Glicemias Día 3</b>		
	<i>ESTUDIO</i>	<i>CONTROL</i>
Media	155,785714	150,714286
Varianza	2160,95055	2712,37363
Desviación Estándar	46,4860253	52,0804534
Observaciones	14	14
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	13	
Estadístico t	0,26657886	
P(T<=t) una cola	0,39698754	
Valor crítico de t (una cola)	1,7709317	

<b>Análisis Estadístico Glicemias Día 4</b>		
	<i>ESTUDIO</i>	<i>CONTROL</i>
Media	134,928571	149,642857
Varianza	2985,91758	1539,78571
Desviación Estándar	54,6435502	39,2401034
Observaciones	14	14
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	13	
Estadístico t	-0,94665648	
P(T<=t) una cola	0,18053945	
Valor crítico de t (una cola)	1,7709317	

<b>Análisis Estadístico Glicemias Día 5</b>		
	<i>ESTUDIO</i>	<i>CONTROL</i>
Media	139	155,857143
Varianza	914,307692	942,43956
Desviación Estandar	30,2375213	30,6991785
Observaciones	14	14
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	13	
Estadístico t	-1,47048238	
P(T<=t) una cola	0,0826085	
Valor crítico de t (una cola)	1,7709317	

<b>Análisis Estadístico Glicemias Día 6</b>		
	<i>ESTUDIO</i>	<i>CONTROL</i>
Media	147,785714	174
Varianza	1597,25824	1375,38462
Desviación Estandar	39,9657133	37,0861782
Observaciones	14	14
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	13	
Estadístico t	-1,79311479	*
P(T<=t) una cola	0,04812003	
Valor crítico de t (una cola)	1,7709317	

\* *Significativa con un  $\alpha = 0.05$*

<b>Análisis Estadístico de glicemias Día 7</b>		
	<i>ESTUDIO</i>	<i>CONTROL</i>
Media	147	186,285714
Varianza	883,538462	4795,75824
Desviación Estandar	29,7243749	69,2514133
Observaciones	14	14
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	13	
Estadístico t	-1,95216446	*
P(T<=t) una cola	0,03639818	
Valor crítico de t (una cola)	1,7709317	

*\* Significativa con un  $\alpha = 0.05$*

**ANEXO S**

Registro de las Intensidades de la Electroestimulación durante la aplicación del protocolo

<b>INTENSIDADES GASTROCNEMIOS</b>							
	<i>Día 1</i>	<i>Día 2</i>	<i>Día 3</i>	<i>Día 4</i>	<i>Día 5</i>	<i>Día 6</i>	<i>Día 7</i>
<b>Sujeto 1</b>	200	200	200	180	160	180	160
<b>Sujeto 2</b>	340	280	240	300	220	300	260
<b>Sujeto 4</b>	300	320	360	400	380	400	400
<b>Sujeto 5</b>	400	320	360	280	280	360	360
<b>Sujeto 6</b>	280	300	260	180	260	260	300
<b>Sujeto 7</b>	400	400	400	400	400	400	400
<b>Sujeto 8</b>	480	460	460	400	460	400	420
<b>Sujeto 9</b>	420	400	380	400	440	360	460
<b>Sujeto 10</b>	360	360	260	440	400	440	480
<b>Sujeto 11</b>	300	240	240	240	280	400	260
<b>Sujeto 12</b>	340	400	380	400	400	300	300
<b>Sujeto 13</b>	300	400	300	400	360	340	360
<b>Sujeto 14</b>	480	480	400	300	260	220	220
<b>Sujeto 15</b>	380	360	380	460	340	360	340
<b>Prom/días</b>	<b>355,71</b>	<b>351,43</b>	<b>330,00</b>	<b>341,43</b>	<b>331,43</b>	<b>337,14</b>	<b>337,14</b>

<b>INTENSIDADES CUÁDRICEPS</b>							
	<i>Día 1</i>	<i>Día 2</i>	<i>Día 3</i>	<i>Día 4</i>	<i>Día 5</i>	<i>Día 6</i>	<i>Día 7</i>
<b>Sujeto1</b>	280	320	300	220	240	220	200
<b>Sujeto2</b>	320	320	300	320	280	320	320
<b>Sujeto4</b>	320	320	360	400	380	380	400
<b>Sujeto5</b>	400	400	420	480	280	360	360
<b>Sujeto6</b>	480	360	340	360	260	400	300
<b>Sujeto7</b>	400	400	400	400	400	400	400
<b>Sujeto8</b>	480	460	460	400	460	400	420
<b>Sujeto9</b>	420	420	400	400	440	360	460
<b>Sujeto10</b>	360	360	260	440	400	440	480
<b>Sujeto11</b>	300	240	240	240	280	400	260
<b>Sujeto12</b>	340	400	380	400	400	300	300
<b>Sujeto13</b>	300	400	300	400	360	340	360
<b>Sujeto14</b>	480	480	400	300	260	220	220
<b>Sujeto15</b>	380	360	380	460	340	360	340
<b>Prom/día</b>	<b>375,71</b>	<b>374,29</b>	<b>352,86</b>	<b>372,86</b>	<b>341,43</b>	<b>350,00</b>	<b>344,29</b>

<b>INTENSIDADES BÍCEPS</b>							
	<i>Día 1</i>	<i>Día 2</i>	<i>Día 3</i>	<i>Día 4</i>	<i>Día 5</i>	<i>Día 6</i>	<i>Día 7</i>
<b>Sujeto1</b>	120	160	120	120	120	120	120
<b>Sujeto2</b>	180	200	200	200	180	180	160
<b>Sujeto4</b>	320	300	360	400	380	380	400
<b>Sujeto5</b>	360	400	400	480	420	400	260
<b>Sujeto6</b>	180	220	180	180	260	400	280
<b>Sujeto7</b>	400	400	400	400	400	400	420
<b>Sujeto8</b>	360	380	340	380	340	360	320
<b>Sujeto9</b>	360	340	340	240	260	280	360
<b>Sujeto10</b>	240	260	440	480	300	320	280
<b>Sujeto11</b>	140	140	120	120	240	300	120
<b>Sujeto12</b>	220	200	220	280	160	320	280
<b>Sujeto13</b>	200	200	180	360	200	180	400
<b>Sujeto14</b>	480	400	360	260	80	200	220
<b>Sujeto15</b>	160	180	260	220	200	200	200
<b>Prom/día</b>	<b>265,71</b>	<b>270,00</b>	<b>280,00</b>	<b>294,29</b>	<b>252,86</b>	<b>288,57</b>	<b>272,86</b>

<b>INTENSIDADES TRÍCEPS</b>							
	<i>Día 1</i>	<i>Día 2</i>	<i>Día 3</i>	<i>Día 4</i>	<i>Día 5</i>	<i>Día 6</i>	<i>Día 7</i>
<b>Sujeto1</b>	180	160	140	120	180	140	160
<b>Sujeto2</b>	260	220	200	240	200	220	220
<b>Sujeto4</b>	340	340	380	400	380	380	400
<b>Sujeto5</b>	320	360	240	220	420	400	400
<b>Sujeto6</b>	300	220	160	160	260	260	280
<b>Sujeto7</b>	400	400	400	400	400	400	420
<b>Sujeto8</b>	360	380	340	380	340	360	320
<b>Sujeto9</b>	360	340	340	240	260	280	360
<b>Sujeto10</b>	240	260	440	480	300	320	280
<b>Sujeto11</b>	140	140	120	120	240	300	120
<b>Sujeto12</b>	220	200	220	280	160	320	280
<b>Sujeto13</b>	200	200	180	360	200	180	400
<b>Sujeto14</b>	480	400	360	260	80	200	220
<b>Sujeto15</b>	160	180	260	220	200	200	200
<b>Prom/día</b>	<b>282,86</b>	<b>271,43</b>	<b>270,00</b>	<b>277,14</b>	<b>258,57</b>	<b>282,86</b>	<b>290,00</b>

**ANEXO T**

Registro de las creatininas y nitrógenos séricos tomados durante la aplicación del protocolo.

<b>CREATININA SÉRICA ESTUDIO</b>				
	<b>PROMEDIO</b>			
<b>Sujeto1</b>	0,80	0,64	0,69	0,71
<b>Sujeto2</b>	1,17	1,30	1,20	1,22
<b>Sujeto4</b>	0,83	0,81	0,55	0,73
<b>Sujeto5</b>	1,67	1,76	1,49	1,64
<b>Sujeto6</b>	0,71	0,75	0,63	0,70
<b>Sujeto7</b>	1,99	2,31	2,36	2,22
<b>Sujeto8</b>	0,70	0,77	0,83	0,77
<b>Sujeto9</b>	1,59	1,45	1,55	1,53
<b>Sujeto10</b>	0,90	1,18	1,24	1,11
<b>Sujeto11</b>	0,65	0,66	0,66	0,66
<b>Sujeto12</b>	1,31	1,05	1,14	1,17
<b>Sujeto13</b>	2,10	1,49	1,27	1,62
<b>Sujeto14</b>	0,94	0,88	1,00	0,94
<b>Sujeto15</b>	0,97	0,95	1,04	0,99
<b>TOTAL</b>				<b>1,14</b>

<b>CREATININA SÉRICA CONTROL</b>				
	<b>PROMEDIO</b>			
<b>Sujeto1</b>	0,80	0,64	0,65	0,70
<b>Sujeto2</b>	2,84	2,95	2,51	2,77
<b>Sujeto3</b>	1,44	0,48	2,10	1,34
<b>Sujeto4</b>	3,29	3,87	4,09	3,75
<b>Sujeto5</b>	0,70	0,79	0,86	0,78
<b>Sujeto6</b>	1,05	0,92	1,15	1,04
<b>Sujeto7</b>	0,98	0,98	1,10	1,02
<b>Sujeto8</b>	0,98	0,84	0,90	0,91
<b>Sujeto9</b>	1,14	1,10	1,23	1,16
<b>Sujeto10</b>	1,44	1,41	1,38	1,41
<b>Sujeto11</b>	0,50	0,54	0,47	0,50
<b>Sujeto13</b>	0,84	0,77	0,72	0,78
<b>Sujeto14</b>	1,24	1,11	0,92	1,09
<b>Sujeto15</b>	1,44	1,44	1,21	1,36
<b>Sujeto16</b>	0,54	0,55	0,59	0,56
<b>TOTAL</b>				<b>1,28</b>



<b>NITRÓGENO SÉRICO ESTUDIO</b>				
	<b>PROMEDIO</b>			
<b>Sujeto 1</b>	23,00	21,60	10,60	18,40
<b>Sujeto 2</b>	21,40	18,30	15,50	18,40
<b>Sujeto 4</b>	19,50	16,00	21,60	19,03
<b>Sujeto 5</b>	99,90	89,00	68,10	85,67
<b>Sujeto 6</b>	24,40	24,80	19,40	22,87
<b>Sujeto 7</b>	48,40	54,30	58,90	53,87
<b>Sujeto 8</b>	7,90	15,80	14,60	12,77
<b>Sujeto 9</b>	44,90	29,80	30,60	35,10
<b>Sujeto 10</b>	11,10	34,70	43,80	29,87
<b>Sujeto 11</b>	11,30	7,70	10,50	9,83
<b>Sujeto 12</b>	8,00	9,40	8,00	8,47
<b>Sujeto 13</b>	15,20	12,80	12,80	13,60
<b>Sujeto 14</b>	12,70	7,40	17,00	12,37
<b>Sujeto 15</b>	35,70	23,00	19,10	25,93
<b>TOTAL</b>				<b>26,15</b>

<b>NITRÓGENO SÉRICO CONTROL</b>				
	<b>PROMEDIO</b>			
<b>Sujeto 1</b>	23,50	16,20	18,40	19,37
<b>Sujeto 2</b>	40,30	50,90	46,50	45,90
<b>Sujeto 3</b>	38,80	41,60	45,20	41,87
<b>Sujeto 4</b>	37,80	48,90	51,30	46,00
<b>Sujeto 5</b>	15,40	13,30	17,90	15,53
<b>Sujeto 6</b>	29,10	22,40	16,90	22,80
<b>Sujeto 7</b>	21,30	21,90	25,80	23,00
<b>Sujeto 8</b>	34,00	26,40	35,50	31,97
<b>Sujeto 9</b>	13,80	13,40	12,60	13,27
<b>Sujeto 10</b>	46,60	36,20	45,00	42,60
<b>Sujeto 11</b>	5,00	8,20	6,60	6,60
<b>Sujeto 13</b>	16,30	18,80	17,00	17,37
<b>Sujeto 14</b>	27,70	37,60	27,50	30,93
<b>Sujeto 15</b>	24,30	21,70	23,50	23,17
<b>TOTAL</b>				<b>27,17</b>

