

11223
6



SUBDIVISION DE ESPECIALIZACION
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO
FACULTAD DE MEDICINA
UNAM
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE MEDICINA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACION
SECRETARIA DE SALUD
CENTRO NACIONAL DE REHABILITACION

MODIFICACIONES ANTROPOMETRICAS POSTERIORES A LA
ADMINISTRACION DE CREATINA AUNADO CON UN PROGRAMA DE
REHABILITACION EN PACIENTES CON LESION DEL LIGAMENTO
CRUZADO ANTERIOR

TESIS DE POSGRADO

QUE PARA OBTENER EL TITULO EN LA ESPECIALIDAD DE
MEDICINA DE LA ACTIVIDAD FISICA Y DEPORTIVA

P R E S E N T A N:

DRA ROSSANA RUBIO VAZQUEZ LÓPEZ
DRA SUSANA TORRES PEIMBERT

ASESORES: DR. JOSE CLEMENTE IBARRA PONCE DE LEÓN
DRA IRMA PEREZ DOMINGUEZ
DRA SOFIA M. HERNÁNDEZ



MÉXICO, D.F.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2002

SECRETARIA DE SALUD
SUBSECRETARIA DE SERVICIOS DE SALUD
INSTITUTO NACIONAL DE ORTOPEdia
SUBDIRECCION DE ENSEÑANZA
E INVESTIGACION



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

A mi ESPOSO: Gracias por tu amor, por tu apoyo y por confiar en que podía terminar esta etapa importante, ~~por~~ ejemplo y cariño siempre tuve las fuerzas suficientes para seguir adelante

A mi HIJA: Gracias mi amor por tu paciencia y amor y por ser el motivo de mi esfuerzo y superación

A mis Padres y Hermanas Por comprender las exigencias de esta profesión y apoyarme siempre en los momentos difíciles

A mis suegros y cuñados. Por ayudarme y estar siempre presente

A mis maestros Por la paciencia y el conocimiento que me brindaron

Dra Sofía Hernández y Dra Irma Pérez. Gracias por sus enseñanzas y sobre todo por el tiempo que le dedicaron para que esto fuera una realidad

Dr Fernando Álvarez Colocuris. Por ser parte importante en mi formación como médico y especialista, pero sobre todo por tu amistad

A la familia lasallista (sobre todo a la Sra Rosa Maria Vázquez y el Prof Eduardo Castillo) Por el apoyo y confianza incondicional

SOBRE TODO A DIOS. Por estar presente siempre en todos los momentos de mi vida, por guiarme y permitirme ser un instrumento de su grandeza

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ÍNDICE

SINOPSIS	4
1 INTRODUCCIÓN	5
2 ANTECEDENTES	6
3 OBJETIVOS	12
3 1 OBJETIVO GENERAL	12
3 2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	12
4 HIPÓTESIS	13
5 NATURALEZA DEL PROBLEMA	14
6 MATERIAL Y MÉTODO	15
UNIVERSO DE TRABAJO	15
Sujetos	15
Diseño del Programa	16
Criteros de Inclusión	17
Criteros de Eliminación	18
Criteros de Exclusión	18
MEDIDAS UTILIZADAS	19
7 RESULTADOS	20
8 DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	29
8 1 DISCUSIÓN	29
8 2 CONCLUSIONES	34
REFERENCIAS	35
BIBLIOGRAFIA	39
ANEXO A	40
ECUACIONES	40
SOMATOTIPO	40
COMPOSICION CORPORAL	41
ANEXO B	43
TÉCNICAS DE MEDICION	43
Circunferencias	43
Pliegues	44
Diámetros	45
ANEXO C	46
Cédula de captura	46

SINOPSIS

Se estudiaron 22 pacientes con lesión crónica del ligamento cruzado anterior, quienes fueron divididos aleatoriamente en dos grupos de 11 personas cada uno. Ambos fueron sometidos a un programa de rehabilitación prequirúrgica en un lapso de dos meses, 3 veces a la semana, al grupo de estudio se le administró además monohidrato de creatina en el hospital los días que acudieron a su sesión de entrenamiento con el fin de evitar la hipotrofia muscular por desuso. Fueron evaluados antropométricamente en tres ocasiones para obtener los cambios presentados en áreas musculares de muslo, somatotipo y porcentaje muscular, comparando el lado afectado y el sano, así mismo se determinó los niveles de creatinina sérica en ambos grupos al inicio y al final del estudio. Los resultados obtenidos mostraron que el grupo con creatina presentó un aumento del 6.9 en el porcentaje de músculo en comparación con la disminución del 1.4% en el grupo control, así mismo en cuanto a las áreas musculares se observó una ganancia de masa muscular de 12.25 cm² (p= 0.067) en el primer grupo; el grupo control no presentó cambios a lo largo del estudio. Por último en cuanto al somatotipo, éste fue más favorable para el grupo de estudio que para el grupo control.

Se piensa que los efectos anteriormente mencionados se deban al efecto hidro-osmótico de la creatina que induce expansión sarcoplásmica y aumento de la síntesis proteica, sobre la base del presente estudio consideramos que esta sustancia se debe contemplar en el tratamiento prequirúrgico de pacientes con este tipo de lesiones, aunado a un programa de acondicionamiento, aunque se requieren más estudios al respecto.

1 INTRODUCCIÓN

El ligamento cruzado anterior (LCA) es uno de los más importantes en la rodilla, ya que su función primordial de limitar el desplazamiento anterior de la tibia durante la extensión, siendo de vital importancia para su estabilidad

Dentro de la práctica médico-deportiva es frecuente encontrar pacientes que presentan lesión de este ligamento, ya sea aguda o crónica. Y debido a la sensación tan importante de "inestabilidad" que refieren, esta lesión incapacita al paciente por un periodo prolongado de tiempo originando hipotrofia de músculos extensores y flexores; lo que provoca que un retraso en la reincorporación a sus actividades deportivas o incluso cotidianas

Algunos estudios han demostrado que la administración de monohidrato de creatina (Mcr) ¹ aumenta la masa muscular aunado a un programa de ejercicio para el entrenamiento de la fuerza; sin embargo la mayoría de las investigaciones publicadas a este respecto, se han realizado en personas jóvenes y sanas por lo que poco se ha estudiado sobre sus efectos en pacientes con hipotrofia muscular por desuso secundario a lesiones ligamentarias de rodilla, sin importar la edad en que se presente esta

El propósito del presente estudio es el de determinar las modificaciones en las áreas musculares de miembros inferiores en este tipo de pacientes con administración de Mcr

2. ANTECEDENTES

La lesión del ligamento cruzado anterior (LCA), es de las lesiones que con mayor frecuencia se presenta durante la práctica de los deportes que requieren la ejecución de saltos, desaceleraciones, giros y cortes o como resultado de fuerzas excesivas en valgo y rotación externa forzada del fémur con la tibia fija en hiperextensión, esto debido a la poca congruencia que existe entre las superficies articulares del fémur y la tibia, las grandes torques musculares y los impactos a grandes velocidades a los que frecuentemente se somete la rodilla durante diversos tipos de actividades

A pesar de la gran cantidad de investigaciones que se han realizado en la actualidad, existe mucha controversia sobre el tratamiento óptimo de este tipo de lesiones en las diferentes etapas de su evolución, pues se sabe que su reconstrucción inmediata, se asocia con una incidencia mucho mayor de artrofibrosis (contractura en flexión de la rodilla), existiendo evidencia de que al retrasar la cirugía de tres a seis semanas, la recuperación es más rápida, presentándose una menor incidencia de fibrosis y por lo tanto acortando el tiempo en que se reincorpora el paciente a sus actividades [1, 2, 3, 4]

Las funciones de la rodilla son de las que mayor complejidad presentan, teniendo una estrecha relación con el sistema neuromuscular en cuanto a la coordinación y la propiocepción [5] Uno de los papeles mas importantes del LCA es el de limitar el desplazamiento anterior de la tibia durante la extensión y así mantener el equilibrio estático La estabilidad dinámica se vale del sistema musculotendinoso al que se le llama estabilizador secundario isquiotibiales, cuádriceps, gemelos

Cuando existe una lesión del LCA idóneamente los estabilizadores secundarios, ayudan a compensar y en algunas ocasiones llegan a suplir el funcionamiento de este ligamento. Se ha reportado por ejemplo que al aumentar la fuerza de los músculos isquiotibiales, se reduce el desplazamiento anterior de la tibia en un 56% [6], sin embargo es frecuente que estas estructuras también se encuentren dañadas y los mecanismos complementarios son insuficientes para compensar la pérdida de la función del LCA provocando repetidos episodios de subluxación hasta el desarrollo de osteoartritis.

Buscando mejorar tanto el trofismo muscular como la reincorporación pronta del paciente a sus actividades y basándose en estudios realizados por Hespel (2001) y Fernández (2000) en cuanto a la recuperación de hipotrofia muscular, se pensó en la administración de MCr para acelerar el proceso de recuperación y reincorporación de los pacientes a sus actividades [7,42]

Si bien hay ciertas corrientes científicas que han intentado clasificarla como una forma de doping, ésta no ha sido hasta el momento considerada como tal, incluso como se mencionó anteriormente se ha aplicado en el campo médico para mejorar la recuperación de la masa muscular luego de lesiones pues logra restaurarla a un ritmo más rápido que el entrenamiento, en un período de 3 – 10 semanas. También se ha reportado que disminuye el daño celular ocasionado por intervenciones quirúrgicas e incluso en cardiópatas para mejorar la función cardiovascular [9,10]

La creatina se encuentra en forma natural como aminoácido (metionina-arginina) en el cuerpo y es producida en el hígado, el páncreas y los riñones a razón de 1-2 gr/día

Las concentraciones más altas se encuentran en músculo esquelético (95 - 98%), donde es convertida a fosfocreatina. La fosfocreatina es una fuente importante de energía, particularmente para ejercicios de alta intensidad y corta duración (1-10 segundos). Al utilizarse, se degrada en fósforo inorgánico y creatina. Esta reacción contribuye a aumentar la síntesis de ATP durante los primeros 10 a 20 segundos de ejercicios máximos, a la vez, aumenta la resíntesis de ATP por otras vías como la glucólisis anaeróbica, oxidación de carbohidratos y lípidos [40]. La creatina no puede ser reutilizada después de la reacción, por lo que se elimina vía renal como creatinina [11,12,13].

Existen diversos esquemas de dosificación para su administración que van desde los 3 a los 30 gramos por día, por periodos de 3 a 14 días o incluso por más tiempo, sin embargo el más comúnmente utilizado por los deportistas y el que se encuentra con mayor frecuencia en los estudios de investigación es aquel en el que se dan 20 gramos por día durante 5 días como dosis de carga que está demostrado aumenta la concentración total de creatina en el músculo esquelético humano hasta en un 20 a 25% y posteriormente 5 g por día generalmente por 21 días, como dosis de mantenimiento [14,15,16,17,18,19,20,21].

Sin embargo, existen investigaciones donde mencionan que incluso dosis de 3 gramos cada 24 horas por 30 días pueden provocar incrementos graduales y saturación máxima hacia el final de este periodo, evitando su excreción exagerada por vía renal [11,22].

Complementar la dieta con creatina aumenta sus depósitos en forma libre y unida a fósforo en el músculo en un 10 a 30% Este aumento tiene el potencial para demorar el comienzo de la fatiga después de esfuerzos repetidos de alta intensidad, mejorando así la capacidad de trabajo, lo que favorece el aumento significativo de masa muscular y fuerza [13,22,23,24,25,26,27,28,29] Esto es consecuencia del incremento del volumen celular, por el efecto hidro-osmótico de dicha sustancia, provocando expansión sarcoplásmica lo que mejora los procesos del metabolismo celular y aumenta la síntesis proteica durante los periodos de recuperación entre los entrenamientos [11,30]

Para poder medir de forma objetiva el posible aumento de la masa muscular que se pudiera presentar secundario a la administración de creatina, nos apoyamos en el estudio cineantropométrico de los pacientes

La antropometría física valora los cambios morfológicos que se presentan en el cuerpo humano sometido a cualquier estímulo ya sea intrínseco o extrínseco Para poder estimar estos cambios utiliza una serie de mediciones corporales que tienen sus antecedentes en las escuelas biotipológicas del siglo XIX [31,32,33]

En 1921 Mathieghka que se interesa en el estudio de la estimación de la fuerza del músculo y su relación directa con la determinación antropométrica de la masa muscular Fracciona la estructura corporal en 4 componentes básicos masa ósea, masa muscular, masa grasa y masa residual Utiliza medidas antropométricas y determina la relación que

existe entre la proporción de cada uno de estos elementos y la aptitud física del individuo [31]

Desde 1973, varios autores han utilizado las mediciones de las áreas musculares para determinar la mortalidad, estado de desnutrición o riesgo de obesidad en personas hospitalizadas o sanas, con el principio de que las áreas musculares evalúan el músculo existente de un segmento en particular, restando el valor de la masa grasa y masa [32,33,34,35]

En el ámbito deportivo para evaluar las adaptaciones segmentarias del cuerpo al ejercicio se ha extendido el mismo principio matemático para el cálculo de áreas musculares de muslo y pantorrilla, pues permite la medición precisa del desarrollo muscular libre de grasa y tejido óseo evitando así, el error que en ocasiones se presenta al determinar la composición corporal (valora el desarrollo de todos los componentes en el cuerpo), por lo que constituye un elemento útil en la evaluación y seguimiento del desarrollo y adaptación al ejercicio del atleta, como en la realización de investigaciones [36]

Para dar validez a las técnicas antropométricas existen organismos como el International Society in Advanced Kinanthropometry (ISAK) y el Comité de Estandarización de los Tests de Aptitud Física, que señalan algunas recomendaciones que se deben observar durante la realización de mediciones, así mismo investigadores como Lohman, Roche y Martorell (1988), establecieron por escrito el Manual de Referencia en Estandarización Antropométrica que regula dichas observaciones de una manera metodológica tanto en su desarrollo técnico, como en su utilidad práctica [37]

Sobre la base de lo expuesto surge la necesidad de manejar este tipo de lesiones por un grupo multidisciplinario de trabajo que involucre al especialista en medicina del deporte, ortopedia y rehabilitación para lograr una pronta curación y reincorporación del paciente a sus actividades

El enfoque que se le da a este estudio en particular, es el de observar los cambios antropométricos con la administración de Mcr en pacientes con lesión crónica de LCA

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar los cambios antropométricos que se presentan en los pacientes con lesión de LCA después de la administración de creatina junto con un programa de fortalecimiento muscular

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar los cambios de las áreas musculares de muslo, porcentaje muscular y somatotipológicos en los pacientes con lesión del LCA y administración de MCr

Describir las diferencias que existen en los cambios antropométricos en pacientes con lesión del LCA que se encuentran bajo la administración de MCr y los del grupo control

Disminuir el tiempo de reincorporación de los pacientes con lesión de LCA a sus actividades

4. HIPÓTESIS

La administración de Mcr aunado a un programa de ejercicios, llevará a mejorar el trofismo muscular más rápidamente en pacientes con lesión del *ligamento cruzado anterior*

5. NATURALEZA DEL PROBLEMA

Se ha observado que los pacientes con lesión de LCA cursan con períodos prolongados de inactividad debido a su lesión, lo que provoca hipotrofia muscular importante en el miembro inferior implicado. No están claros los efectos de la rehabilitación o ejercicios de fortalecimiento prequirúrgico y menos aún los que pudiera tener la administración de Mcr en pacientes con esta lesión sobre las complicaciones postquirúrgicas, la reincidencia de lesión y el tiempo de reincorporación a sus actividades tanto laborales como deportivas.

Existen métodos auxiliares en la medicina del deporte que nos permiten valorar los cambios morfológicos en el ser humano, uno de ellos es el estudio antropométrico el cual nos indica el comportamiento de los principales componentes del cuerpo (masa grasa, masa muscular y masa ósea), así en forma general se pueden estudiar las características de una población. En la presente investigación, se utilizó un método más específico para valorar los cambios segmentarios del componente muscular (determinación de áreas musculares) a pesar de que se cuenta con métodos más precisos (tomografía axial computarizada, resonancia magnética). Existen reportes que refieren que el cálculo de áreas musculares es bastante fidedigno al compararse con los antes mencionados, presentando la ventaja de ser más accesible y menos costoso [7].

6 MATERIAL Y MÉTODO

El presente es un estudio experimental, prospectivo, longitudinal, comparativo y descriptivo sobre los cambios que se presentan en la composición corporal y las diferentes mediciones antropométricas, *posteriores a un programa de rehabilitación con administración de MCr*, en el lapso comprendido entre agosto de 2001 a enero 2002

UNIVERSO DE TRABAJO

Sujetos

Se estudiaron a 22 sujetos (3 mujeres y 19 varones), de edades entre los 18 y 45 años ($29 \text{ años} \pm 7.4$), con antecedentes de lesión crónica de ligamento cruzado anterior (6 meses – 2 años), sedentarios desde el momento de su lesión, sin cirugía de rodilla previa, diagnosticados y referidos por consulta externa del Servicio de Ortopedia del Centro Nacional de Rehabilitación (CNR)

Diseño del Programa

Los 22 sujetos seleccionados fueron divididos en forma aleatoria, independientemente del sexo, en dos grupos cada uno de 11 individuos. Al primer grupo se les administró en el hospital una hora antes de la sesión de rehabilitación, por vía oral, Monohidrato de creatina a dosis de 3 g/día diluidos en jugo de uva 3 veces por semana durante el primer mes. En el mes siguiente, se aumentó la dosis a 5 g/día administrados de la misma manera y al grupo control, se les dió como placebo únicamente el jugo de uva durante los dos meses del estudio.

Ambos grupos asistieron a un programa de rehabilitación diseñado y controlado por residentes de medicina física y rehabilitación, el cual consistió en ejercicios de cadena cinética cerrada para cuádriceps y cadena cinética abierta para isquiotibiales, además de entrenamiento cardiovascular inicial al 60% de su FC max y al 2º mes al 70%, durante 1 mes, tres veces por semana (lunes, miércoles y viernes) [39]

En cada evaluación se tomaron medidas antropométricas que incluyeron 7 circunferencias, 10 pliegues y 4 diámetros (Anexo B) para obtener el somatotipo, porcentaje de grasa, musculo y áreas musculares de muslo y pierna Para efecto de este estudio y con el fin de poder comparar la afectación y posible hipotrofia muscular en la rodilla afectada con la opuesta, se tomaron medidas y se realizaron los cálculos tanto del lado derecho como del izquierdo, respetando la norma de estandarización antropométrica [37]

Criterios de Inclusión

- Pacientes que acepten participar en el estudio con consentimiento informado
- Edades de 18 a 45 años
- Con diagnóstico de lesión de LCA unilateral, única o asociada a lesión meniscal o condral referidos por consulta externa de ortopedia del CNR
- Sin tratamiento quirúrgico previo
- Con un tiempo de evolución de 6 meses a dos años
- Arcos de movilidad de rodilla completos

Criterios de Exclusión

- Enfermedad renal
- Mujeres en período de embarazo y lactancia
- Enfermedades sistémicas

Criterios de Eliminación

- Incumplimiento con las citas para las evaluaciones
- No cubrir el tiempo mínimo de tratamiento
- No tomar el Mcr como se indicó
- Asociación de otra lesión durante el tiempo del estudio

Exámenes de evaluación

Cada sujeto se evaluó en 3 ocasiones por el mismo personal, al iniciar el programa de rehabilitación, al primer mes y al finalizar el estudio, para diagnóstico y valoración de los cambios presentados

Ambos grupos se sometieron a las pruebas de cineantropometría y creatinina sérica

Se utilizaron las ecuaciones de Heath Carter para la determinación del somatotipo, Jackson y Pollock de 3 pliegues para valorar densidad corporal, ecuación de Siri para la obtención del porcentaje de grasa y la de Deborah Kerr para el porcentaje muscular. Además se determinaron las áreas musculares y grasas de las extremidades inferiores con la fórmula de Heymsfield para valorar diferencias entre miembro pélvico afectado y el contralateral (Anexo A)

Para la realización de los cálculos estadísticos se utilizó el SPSS. A los resultados se les determinó la media, desviación estándar y correlación de multivariantes con r de Pearson. Para obtener el nivel de significancia estadística en el porcentaje de músculo, áreas musculares de muslo y niveles de creatinina sérica, se utilizó la T - Student con una $p > 0.05$.

El material que se utilizó para la valoración antropométrica fue el siguiente:

- Plicómetro tipo Ross
- Flexómetro
- Compás de espesor tipo vernier
- Báscula electrónica con altímetro
- Lápiz dermatográfico
- Equipo de computadora con paquetería de Windows 98, Excel 2000, PowerPoint 2000 y SPSS
- Cédula de captura antropométrica (Anexo C)
- Tiras reactivas y equipo de laboratorio especializado para la determinación de creatinina sérica

MEDIDAS UTILIZADAS PARA RESOLVER LAS ECUACIONES CINEANTROPOMÉTRICAS

- Edad (años)
- Peso (kg)
- Talla total (cm)
- Diámetro femoral derecho e izquierdo (cm)
- Diámetro humeral derecho (cm)
- Diámetro biestiloideo derecho (cm)
- Circunferencia de brazo derecho en contracción y en relajación (cm)
- Circunferencia de muslo derecho e izquierdo en relajación (cm)
- Circunferencia de pantorrilla derecha e izquierda en relajación (cm)
- Circunferencia torácica (cm)
- Pliegue subescapular (mm)
- Pliegue tricipital (mm)
- Pliegue pectoral (mm)
- Pliegue abdominal (mm)
- Pliegue suprailíaco (mm)
- Pliegue muslo derecho e izquierdo (mm)
- Pliegue pantorrilla derecha e izquierda (mm)

7 RESULTADOS

En base a los datos obtenidos, la muestra se comportó de la siguiente forma. En relación al somatotipo ambos grupos mostraron una tendencia a la mesomorfia, como se muestra en la tabla I

Tabla I Comportamiento del Somatotipo en ambos grupos

	Creatina			Control		
	Evaluaciones			Evaluaciones		
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	1 ^a	2 ^a	3 ^a
Endomorfia	4.49	4.77	4.62 *	4.25	3.73	4.35
Mesomorfia	5.52	4.96	5.25 ^a	5.13	5.45	4.31
Ectomorfia	0.78	0.78	0.77 ^b	1.35	1.25	1.27

* p = 0.82, ^ap = 0.39, ^bp = 0.80

Como se observa, los datos de ambos grupos presentaron variaciones, pero únicamente el grupo control fue el que cambió su somatotipo de mesoendomórfico a endomorfo-mesomorfo, el grupo con creatina se mantuvo como mesoendomórfico a lo largo del estudio, lo cual además de que es favorable para la salud, también lo es para evitar las complicaciones que se presentan con hipotrofia muscular.

En lo que se refiere al porcentaje de músculo se observó inicialmente una diferencia de 3.31% a favor del grupo control, pero al final del estudio este porcentaje se invirtió existiendo una diferencia de 0.42% a favor del grupo con creatina (Tabla II, Figura 1)

Tabla II: Comportamiento del porcentaje de músculo en el grupo control y grupo con creatina

PORCENTAJE DE MÚSCULO				
	Grupo con creatina n= 11		Grupo control n = 11	
	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD
1ª evaluación	41 45 %	12 63	44 76%	5 62
2ª evaluación	43 28%	8 54	45 66%	5 69
3ª evaluación	44 35% *	7 15	43 33% ^a	1 99

*P = 0 42, ^aP= 0 71

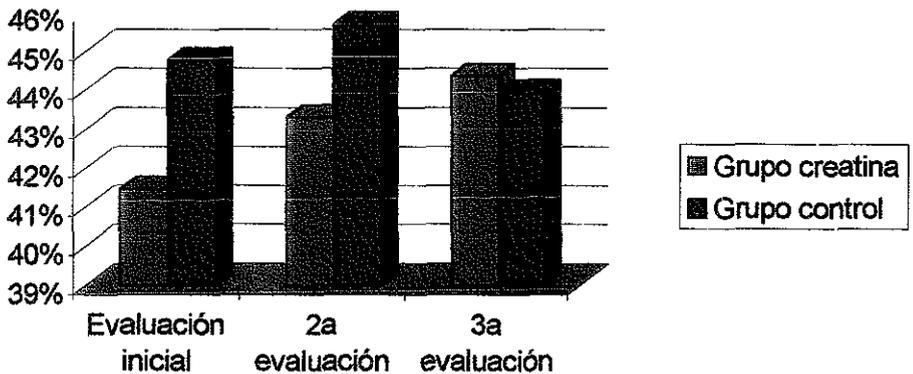


FIGURA 1 Gráfica del porcentaje de músculo en lesión de LCA Grupo control y con creatina

Como se observa en la tabla II, el grupo con creatina presentó un aumento del porcentaje de musculo en ambas evaluaciones, observándose al final del estudio un aumento del 6.9%. Por el contrario el grupo control presentó inicialmente un aumento de 2%, pero en la tercera evaluación se presentó una disminución de 3.2% con respecto a la evaluación inicial (Figura 1)

Al analizar las áreas musculares de muslo, sin tomar en cuenta el sitio de lesión, se observó mayor aumento en el grupo con creatina que en el control. Los resultados se presentan en la Tabla III

Tabla III Áreas Musculares de Muslo Derecho.

	Grupo con creatina n = 11		Grupo control n = 11	
	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD
1ª evaluación	164.77	24.56	173.39	33.47
2ª evaluación	172.48	22.82	173.71	35.05
3ª evaluación	177.51 *	25.52	173.38 ^a	55.11

* p= 0.067 ; ^ap= 0.78

En el grupo con creatina las áreas musculares aumentaron de la primera evaluación a la segunda 8 cm², y de la segunda a la tercera 4.25 cm² teniendo una ganancia final de 12.25 cm² presentando una significancia estadística con p= 0.067, en cambio en el grupo control se observó ganancia únicamente de 32 mm en el primer mes y una pérdida de 33 mm en el segundo mes (Figura 2)

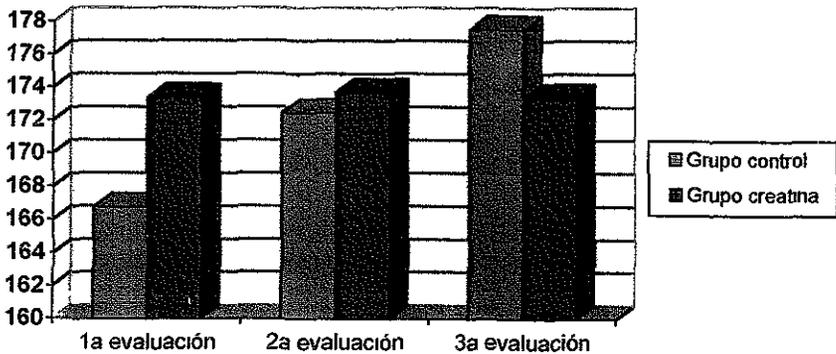


Figura 2 Gráfica de las áreas musculares de muslo derecho

Con respecto al sitio de lesión y como era de esperarse, las áreas musculares de muslo del miembro pélvico afectado, al inicio del estudio, mostraban ligera hipotrofia con respecto al opuesto. En la lesión del LCA derecho, la diferencia entre el sitio lesionado y el sano fue de 1.01 cm^2 en el grupo con creatina y 2.57 cm^2 en el grupo control. Comparando la primera evaluación con la última, se observó que el aumento de la masa muscular en el grupo con creatina fue de 20.44 cm^2 y en el grupo control fue de 17.36 cm^2 (Tabla IV y Tabla V).

Tabla IV Comparación de áreas musculares en muslo lesionado y sano
Grupo creatina Lesión LCA derecho

	AMM Derecha (cm ²) sitio lesionado n = 11		AMM Izquierda (cm ²) sitio sano n = 11	
	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD
1ª evaluación	172.29	27.02	173.3	25.02
2ª evaluación	188.53	30.92	183.93	26.91
3ª evaluación	192.73 *	20.69	186.30 ^a	32.24

* p= 0.149, ^a p= 0.335

Tabla V Comparación AMM lesionado y sano Grupo control
Lesión LCA derecho.

	AMM Derecha (cm ²) sitio lesionado		AMM Izquierda (cm ²) sitio sano	
	Media n = 11	SD	Media n = 11	SD
1ª evaluación	161.41	23.58	163.98	23.15
2ª evaluación	188.53	30.92	183.93	47.97
3ª evaluación	178.77 *	18.18	177 ^a	19.92

* p= 0.189, ^a p= 0.322

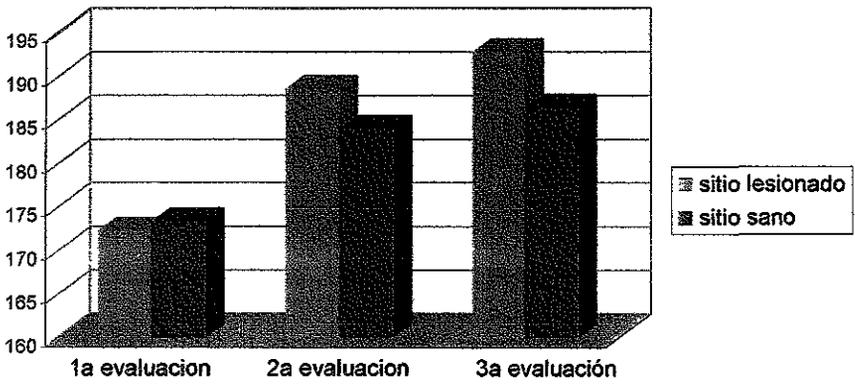


Figura 3 Gráfica comparativa del AMM lesionado y sano en el grupo con creatina y lesión del LCA derecho

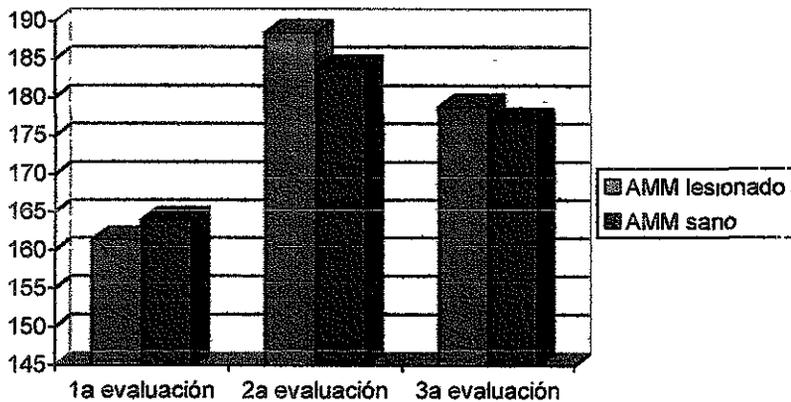


Figura 4 Gráfica comparativa del AMM lesionado y sano en el grupo control con lesión de LCA derecho

En la lesión del LCA izquierdo, se observó el mismo patrón al principio del estudio, encontrándose en el grupo con creatina que el área muscular de muslo izquierdo (lesionado) fue menor que el derecho (sano) por 7 01 cm² y de 6 41 cm² en el grupo control (Tabla VII)

Tabla VII Comparación AMM Lesión LCA izquierdo grupo con creatina

	AMM Derecha (cm ²) Sitio sano n = 11		AMM Izquierda (cm ²) Sitio lesionado n = 11	
	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD
1ª evaluación	173 66	27 87	164 65	28 05
2ª evaluación	178 59	30 92	176 15	30 24
3ª evaluación	185 88 *	20 69	182 21 ^a	22 49

* p=0 298, ^ap = 0 154

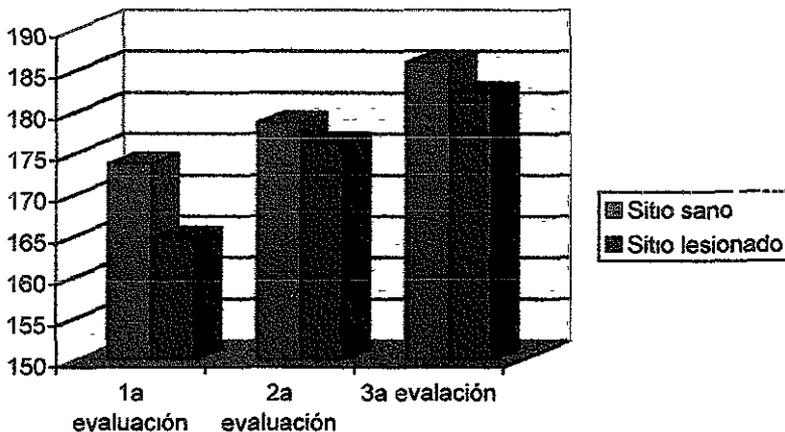


Figura 5 Gráfica sobre el comportamiento de AMM lesión LCA izquierdo grupo con creatina

Tabla VIII Comparación áreas musculares de muslo Lesión LCA izquierdo Grupo control .

	AMM Derecha (cm ²) sitio sano n = 11		AMM Izquierda (cm ²) sitio lesionado n = 11	
	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD
1ª evaluación	190 17	35 7	183 76	39 66
2ª evaluación	192 02	31 74	185 21	33 98
3ª evaluación	198 35 *	23 06	201 42 ^a	22 49

* p = 0 456 , ^a p = 0 287

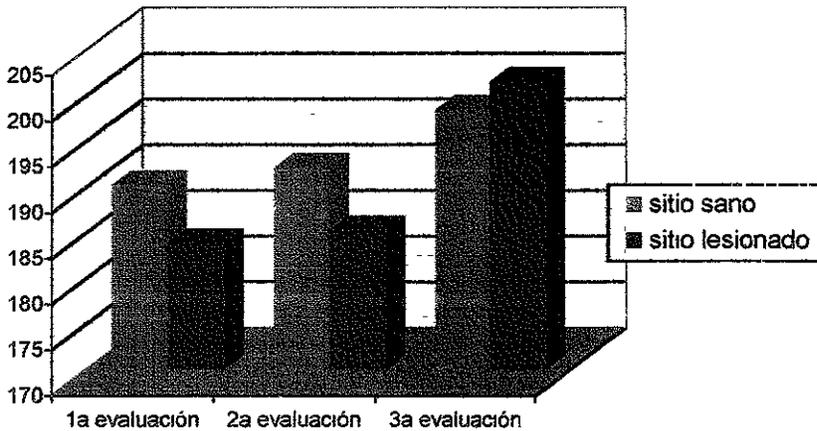


Figura 6 Gráfica de la comparación áreas musculares de muslo por sitio de lesión LCA izquierdo Grupo control

Haciendo una correlación con r de Pearson, entre los valores del porcentaje de músculo y áreas musculares de muslo, se observó al principio del estudio, que en el grupo con creatina y lesión LCA izquierdo, existía una estrecha correlación de 0.770 lo que tiene un nivel de confianza de 0.01, en la lesión LCA derecho fue de 0.723 con un nivel de confianza de 0.05

Al final del estudio no se encontró correlación en el grupo control, esto no fue así en el grupo con creatina, en el que sí se pudo establecer una correlación

La potencia de confiabilidad del estudio fue de 93 % calculado con un alfa de 05, lo que nos indica

Los niveles de creatinina sérica en el grupo con creatina aumentaron su valor de la primera determinación, al final del estudio en un 49% (39% de la primera a la segunda y 10% de la segunda a la tercera) con una significancia estadística de $p = 0.0001$ y nivel de confianza del 95% de 1.49, mientras el grupo control aumentó en total un 12%, con una significancia estadística de $p = 0.003$ y nivel de confianza del 95% de 1.08. Cabe hacer mención que ninguno de ellos presentó valores por arriba del límite normal superior

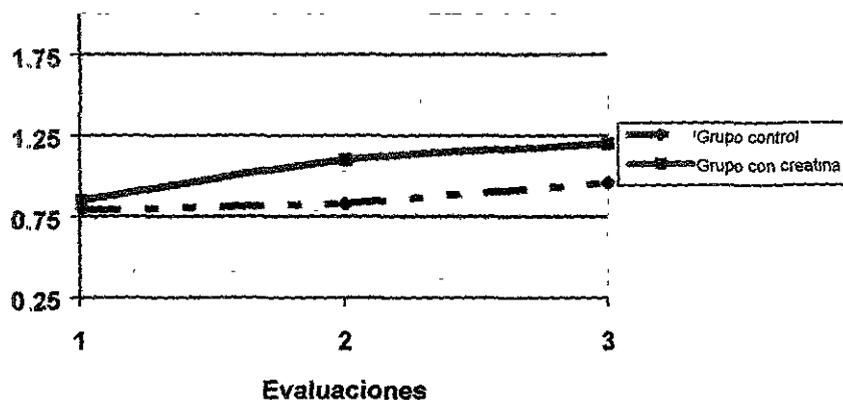


Figura 7 Gráfica sobre los cambios presentados en los niveles de creatinina sérica en ambos grupos de pacientes

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

8 DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

8.1 DISCUSIÓN

Al observar los resultados del somatotipo, el grupo control inició con predominio de la mesomorfía y así se mantuvo durante el primer mes, tal y como era de esperarse; sin embargo al final de los dos meses dicha tendencia varió hacia la endomorfía, lo cual no es favorable para ningún tipo de población ya que existe mayor riesgo a desarrollar enfermedades crónicas degenerativas, además que retrasa las adaptaciones musculares al ejercicio. Esto probablemente se deba a que el programa de entrenamiento no fue lo suficientemente largo como para observar los cambios esperados del ejercicio, además de que no existió control dietético estricto.

El grupo con creatina estuvo sujeto a las mismas condiciones, sin embargo la progresión hacia el componente mesomórfico siempre se mantuvo, probablemente debido al efecto de la creatina sobre la aposición de proteínas musculares. Esto da como resultado el mejoramiento en la producción de ATP proveniente de la oxidación de CHO y lípidos provocando menor acúmulo de masa grasa, con lo se promueve la salud.

Si analizamos el comportamiento del porcentaje muscular en forma general se muestra una congruencia con el somatotipo en ambos grupos, esquemáticamente como lo muestra la Figura 1, la evolución es más favorable para el grupo con creatina.

Con respecto a las áreas musculares, también se observó mayor aumento en el grupo experimental. Estos resultados posiblemente se debieron a 2 circunstancias

- 1) El efecto hidro-osmótico que tiene la creatina sobre el sarcoplasma, provoca su expansión, lo que induce la mejora de los procesos del metabolismo celular, aumentando la síntesis proteica durante los períodos de recuperación del entrenamiento, mejorando la disponibilidad de fosfato a partir de la fosfocreatina para obtener ATP y en consecuencia, aumentando la capacidad de trabajo [11,30,37]
- 2) Existen 3 principios de entrenamiento que nos explican los resultados obtenidos

Cargas decrecientes La adaptación a un ejercicio se realiza primero de forma rápida y posteriormente se hace más lenta

Supercompensación Para que se produzca una mejora en la capacidad física, es necesario que el organismo sea estimulado por encima de su nivel de trabajo habitual (debido a la capacidad de adaptación se produce primero fatiga, seguida de una fase de recuperación y posteriormente viene el proceso de adaptación) para que al final se obtenga una mayor capacidad física

Especificidad Cada estímulo produce una reacción y adaptación específica. Tanto el volumen, la frecuencia de trabajo, como la intensidad o la forma en que se realiza, inciden de manera diferente en el resultado obtenido

El efecto fisiológico propio de la creatina, aunado a estos 3 principios de entrenamiento, nos explican porqué en el grupo con creatina existió primero un aumento significativo del área muscular en el primer mes y porqué posteriormente, este incremento fue paulatino. También nos explica porqué en el grupo control no se observó este aumento manteniéndose constante.

Pese a los estudios que se han realizado del efecto de la creatina sobre el músculo, aun no está precisado el tiempo en que un entrenamiento de fuerza provoca los cambios de hipertrofia a nivel del sarcómero. Gambert(1981) menciona que en once semanas, a través de un entrenamiento de fuerza, se puede observar aumento del porcentaje de fibras tipo IIC [44]. Mientras que Thorstensson concluye en su estudio de 8 semanas, que el entrenamiento de fuerza no provoca cambios en la composición básica de las fibras musculares en un plazo corto de tiempo[43].

Por lo anterior será interesante valorar a través de biopsias musculares el tiempo en que esta retención de agua provocada por la ingesta de creatina aunado al ejercicio, producen los cambios metabólicos en el músculo, para inducir hipertrofia muscular.

Al comprobar que mejora el trofismo muscular del área afectada, podemos suponer que se presentan los mismos efectos en los demás elementos que conforman dicha zona como tendones y ligamentos, de manera tal, que al someter a los pacientes a un programa de rehabilitación aunado a la administración de MCr previo a la cirugía, sus tejidos muestran cambios atribuibles tanto a las adaptaciones por el ejercicio (mejora de las

capacidades biomotoras), como al efecto directo de la creatina sobre el músculo mejorando los procesos metabólicos del miocito

Al inicio del estudio, cuando se compararon las áreas musculares del miembro pélvico lesionado con las del sano, se observó cierta hipotrofia muscular del primero, si bien no es una diferencia estadística marcada, constituye un desbalance muscular para el paciente, que lo sitúa en mayor riesgo de desarrollar lesiones concomitantes

Cuando se sometió al grupo experimental al tratamiento que se propone en el presente estudio, se observó que las áreas musculares de muslo aumentaron significativamente ($p = 0.067$) lo que mejoró el trofismo muscular, sin embargo, comparando las áreas musculares por sitio de lesión, no se encontró una diferencia estadística marcada, a pesar que los resultados obtenidos muestran en el sitio lesionado, que efectivamente se presentó una hipotrofia muscular (1.01 cm^2), la cual se recuperó al final del estudio e inclusive superó el área muscular del sitio sano por 5.37 cm^2

Este beneficio probablemente se pueda observar en una segunda fase de la investigación al acelerar el proceso de reincorporación del paciente a sus actividades y evitar gran número de complicaciones postoperatorias, donde también sería interesante llevar un seguimiento a largo plazo para vigilar una posible reincidencia en la sintomatología de la lesión

En un estudio que se realizó de manera colateral, se valoró la fuerza muscular, no encontrado diferencia entre el grupo control y el grupo con creatina, ambos presentaron un aumento del 13% tanto en isquiotibiales como en cuádriceps con una $p = 0.002$ [39]

Cabe mencionar que no se tomaron en cuenta otros factores importantes al momento de clasificar a la población, tales como la dominancia y el grado de actividad o inactividad que presentaban al momento de la lesión, ya que como se sabe existe mayor volumen muscular en el lado dominante y el metabolismo muscular de las personas físicamente activas es mejor, provocando que las adaptaciones al ejercicio sean más rápidas en este tipo de población [40]

Con el estudio estadístico de χ^2 de Pearson, los resultados obtenidos indican que el grupo que se manejó con las dos variantes (creatina y rehabilitación) resultó más favorecido, además de que existió una estrecha correlación estadística entre el porcentaje de musculo y las áreas musculares de muslo. En los únicos valores que se encontró significancia estadística fue en el área muscular de muslo con una $p= 0.067$ en el grupo con creatina, y en los niveles de creatinina sérica, en ambos grupos. Resultados similares fueron encontrados por Naclerio y Mc Ardle [11,22]

Sin embargo, el nivel de significancia estadística en los demás valores se encontró con $p > 0.05$, lo que se debe a que el tamaño de la muestra no fue suficiente, por lo que consideramos que en estudios posteriores deberá ser mas grande

Sabemos que la creatina es eliminada por orina en forma de creatinina, por lo cual es importante valorar la función renal, sin embargo durante el presente estudio el único reactivo que se tuvo a disposición fue la determinación de creatinina sérica, que mostró un aumento significativo en el grupo con creatina. Se han reportado resultados similares en otras investigaciones en las que además, se valora la depuración de creatinina en 24 h, sin observarse alteraciones en la función renal [38]. En el grupo control también se observó un discreto aumento de creatinina sérica, esto probablemente se debe al catabolismo protéico que se presenta normalmente al someterse a un programa de entrenamiento de fuerza (Figura 7).

Es importante hacer mención que en este estudio no se controlaron factores como la edad, sexo, tipo de actividad física (antes y después de la lesión) y dieta, ni se llevaron a cabo pruebas específicas para la valoración de la función renal, por lo que consideramos importante tener en cuenta estos factores para investigaciones futuras al respecto.

8.2 . CONCLUSIONES

El monohidrato de creatina es una sustancia ergogénica que se utiliza actualmente en deportistas para aumentar la fuerza y masa muscular. En este estudio y de acuerdo a los resultados que se obtuvieron, pudiera ayudar a la rehabilitación del paciente con lesión de ligamento cruzado anterior, siempre y cuando se asocie a un programa de rehabilitación, para evitar hipotrofia muscular por desuso y todas las complicaciones que esta conlleva tanto a corto como a largo plazo. Esto, como se ha mencionado anteriormente, podrá evitar gran parte de las complicaciones que comúnmente se presentan, cuando existen este tipo de lesiones.

REFERENCIAS

- 1 Cyril BF, F R C S, Douglas J, "Current concepts review The science of reconstruction of the anterior cruciate ligament", J bone and joint sur, vol 79-A (10) oct 1997, pp 1556-1572
- 2 Kannus P 1989. *Non operative treatment of grade II and III sprains of the lateral ligament compartment of the knee* Am J Sports Med 17:83,
- 3 Mark S, Kecia E, Donald S et al, *Current concepts on accelerated ACL rehabilitation*, Journal of sport rehabilitation, no 3,1994, pp 304-318
- 4 Delay BS, Smolinski RJ, Wind WM, et al, "Current practices and opinions in ACL reconstruction and rehabilitation, results of a survey of the American orthopaedic society for sports medicine" Am J Knee Surg; vol 14 (2) spring 2001; pp-85-91
- 5 Barrack RL, Skinner HB, Buckley SL (1989) *Proprioception in the anterior cruciate deficient knee* Am J Sports Med 17 1
- 6 Liu W, Maitland ME (Jul2000) *The effect of hamstring muscle compensation for anterior laxity in the ACL- deficient knee during gait*, journal Biomechanic , vol 33(7), pp 871-9
- 7 Fernández JA, Alvarez JA, Williams L (2000). *Areas musculares de muslo y la pierna estimadas por antropometría y tomografía axial computadorizada en varones adultos* Rev cubana Aliment Nutr, 14(2):109-13
- 8 Odland L, MacDougall JD (1996) *Effect of oral creatine supplementation on muscle (Pcr) and short-term maximum power output* Med Sci Sports Exerc 28; 1435-1441
- 9 Benzi M, Sternieri E, Ceci A (1998) *Creatina e prestazione sportive* Rev di Cultura Sportiva (SDS) 41(42) Pp 26-30
- 10 Kirskey B , Stone M , Warren B y cols (1999) *The effects of 6 weeks of Creatine Monohydrate supplementation on performance measures and body composition in collegiategw track and field athletes* Journal of strength and conditioning research 13(2), Pp 148-156

-
- 11 Naclerio F (2001) *Conceptos fundamentales acerca de la creatina como suplemento o integrador dietético* Revista digital educación física y deportes 30(6) Feb Buenos Aires
 - 12 Urbanski R L , Loy Steven F , Vincent William J (1999) *Creatine supplementation differentially Affects maximal isometric strengg and time to fatigue in large and small muscle group* Int Journal of Sport Nutrition, 9 (3), , pp 136-145
 - 13 Volek J Kraemer J (1996) *Creatine supplementation, its effects on human muscular performance and body composition* J Strength Cond Res, 10, 200-210
 - 14 Balsom P, Harridge SDR, Soderlund K (1993) *Creatine supplementation por se does not enhance endurance exercise performance* Acta Physiol 149, 521-523
 - 15 Birch R, Noble D, Greenhaff PL (1994) *The influence of dietary creatine supplementation on performance dunnng repeated bouts of maximal isokinetic cycling in man,* J Appl Physiol, 69,; 268-270
 - 16 Vanderberghe K Goris M, Van Hecke M (1997) *Long-term creatine intake is beneficial to muscle permormance during resistance training* J Appl Physiol 83., 2055-2063
 - 17 Harns R, Sodurlund k Hultman E (1992) *Elevation of creatine in resting and exercised muscle of normal subjects by creatine supplementation* Clin Sci, 83., 367-374
 - 18 Rico-Sanz J, Méndez- Marco MT (2000) *Creatine enhances oxygen uptake and performance during alternating intensity exercise* Med Sci Sport Ex ACSM
 - 19 Hultman E, Söerlund J, Timmons G (1996) *Muscle creatine loading in men* J Appl Physiol 81 232-237
 - 20 Kreider R, Ferreira M, Wilson M (1988) *Effect of creatine supplementation on body composition, strength and sprint performance* Med Sci Sports Exerc. 30,; 73-82
 - 21 Terjung RL, Clarkson P, Eichner ER, et al (2000) *The physiological and health effects of oral creatine supplementation* Med and Sci Sports and Exer, 32(3), pp 706-17
-

- 22 McArdle W, Katch F I, Katch V L (2000) *Essentials of exercise physiology* 2a edition Ippincott; Williams & Wilkins
- 23 Hamby D, Pearson D, Mc Govern B, et al (1999) *Comparasion of creatine monohydrate supplementation on performance measures and body composition in collegiate track and field athletes* Journal of strength & conditioning research, 13(2), Pp 148-156
- 24 Kelly V G and Jenkins D (2000) *Effect of oral creatine supplementation on near maximal strengt training in collegiate player* journal of strength and conditioning research Abstract from 2000 NSCA conference, 14(3), pp 363
- 25 Kreis R, Kaber M, Koster M, et al (1999) *Creatine supplementation – Part II in vivo Magnetic Resonance spectroscopy* Med & Sci in sport and exerc , 31(12), pp 1770-1777
- 26 Leenders N , Sherman M, Lamb D, et al (1999) *Creatine supplementation and swimming performance*, International journal of sport nutrition: 9(3), pp 251-262
- 27 Mujida I , Padilla S , Ibáñez J Y cols (2000) *Creatine supplementation and sprint performance* Med and Sci in sport and exercise: 32 (2) Pp 518-25
- 28 Naclerio F (1999) *Guia completa de los suplementos naturales* Edit Sport Managers, Madrid,
- 29 Nooman D., Latin R W , Reimers K (1998) *Effects of varing dosages of oral Creatine relative to fat free body mass on strength and body composition* Journal of strength and conditioning research 12(2) Pp 104-108
- 30 Guyton A (1988) *Tratado de fisiología médica* 7ª Edición Interamericana-Mc Graw hill Pp 121-135
- 31 Villanueva (1994) *Manual de procedimientos antropométricos* Instituto de investigaciones antropológicas UNAM México
- 32 Malina R (1988) *Physical anthropology* Anthropometric Standarization reference Manual, edit Human Kinetics, cap 9, Pp 99

- 33 Brodie D, Moscrip V, Hutcheon R (1998) *Body composition measurement A review of hydrodensitometry, anthropometry, and impedance methods* Nutrition 14, 296-310
- 34 Lukaski HC, Roche AF, Heymsfield SB, Lohman TG, (1996) *Estimation of muscle mass*, edit Human body composition Champaign Human Kinetics; pp 205-216
- 35 Ortega R. *Medicina del trabajo físico y del deporte para la atención a la salud* edit Díaz de Santos" cap 17, pp 383
- 36 Martin AD, Spentz LF, Drinwater DT, et al (1990) *Anthropometric estimation of muscle mass in men* Med Sci Sports Exerc 22 729-733
- 37 Lohman TG (1988) *Anthropometric standarization reference manual* Champaign Illinois; Human Kinetics book,
- 38 Kamber, Koster M, Kreis R, et al (1999) *Creatine supplementation – Part I performance, clinical chemistry, and muscle volume* Med Sci sports Exerc 31(12) Pp 1763-1769
- 39 Lara L, Flores O (2002) *Rehabilitación prequirúrgica en pacientes con lesión de ligamento cruzado anterior con suplementación oral de monohidrato de creatina* Tesis de postgrado para obtener título de especialista en medicina física y rehabilitación Centro Nacional de Rehabilitación
- 40 Mc Ardle W, Katch F, Katch V *Fisiología del ejercicio energía, nutrición y rendimiento humano* 1ª edición Edit Alianza Deporte Pp 545 – 549
- 41 Mark s, Juhn DO (1999) *Oral Creatine Supplementation Separating Fact From Hype* The Physician and Sports Medicine. 27(5) – MAY
- 42 Hespel P, Op't Eijnde B, Van Leemputte M (2001) *Oral creatine supplementation facilitates the rehabilitation of disuse atrophy and alters the expression of muscle myogenic factors in humans* J Physiol - Oct-, 536(Pt 2) 625-33
- 43 Thorstensson(1976) *Muscle strength fiber types and enzymes activities in man* Acta physiol scand Supl 44
- 44 Gambert S R (1981) *Excercise and endogenous opioids* N Engl J Med, 305: 1590
-

BIBLIOGRAFIA

Dawson-Saunders B, Trapp R 1993 "Bioestadística Médica" Editorial Manual Moderno Primera edición Pp129-159

Eco U (2001) Cómo se hace una Tesis GEDISA España

Biomedical Engineering Group (1999), MSc Project Guidelines Surrey University England

Ingeniería Biomédica (1998) Reportes Escritos Universidad Iberoamericana México

Barras R (1995) Scientists Must Write CHAPMAN & HALL England

Rodríguez J (1990) Guía Práctica para la Redacción de Informes Científicos UAMAz México

Baena G (1989) Instrumentos de Investigación Editores Unidos Mexicanos México

Tamayo M (1988) El proceso de Investigación Científica Fundamentos de Investigación 2ª Edición, LIMUSA México

Seco M (1982) Gramática Esencial del Español AGUILAR España

ANEXO A
ECUACIONES**SOMATOTIPO****Endomorfia**

$$\text{Endo} = -0,7182 + 0,1451(\Sigma \text{PC}) - 0,00068 (\Sigma \text{PC})^2 + 0,0000014 (\Sigma \text{PC})^3$$

ΣPC = Suma de pliegues tricpital, subescapular, y supraespinal (mm)

Mesomorfia

$$= [0,858 (\text{DH}) + 0,601 (\text{DF}) + 0,188 (\text{CBC}) + 0,161(\text{CPC})] - [(0,131) \text{ altura}] + 4,5$$

DH = Diámetro de Húmero

DF= Diámetro de fémur

CBC = Circunferencia de brazo corregida

(circunferencia máxima de brazo (cm) – pliegue de tríceps (mm) /10)

CPC= Circunferencia de pierna corregida

(circunferencia máxima de pierna (cm) -- pliegue de pierna medial (mm/10)

Ectomorfia

$$\text{IP} = \text{Talla (cm)} / (\text{peso (kg)}^{0,333})$$

Si $\text{IP} > 40,75$ entonces $(\text{IP} \times 0,732) - 28,58$

Si $\text{IP} \leq 40,75$ ó $> 38,25$ entonces $(\text{IP} \times 0,463) - 17,63$

Si $\text{IP} < 38,25$ la ectomorfia se asigna el valor mínimo, que será de 0,1

COMPOSICIÓN CORPORAL

- Porcentaje de grasa corporal total (Siri)

$$\% \text{ grasa} = (4.950 / \text{Densidad corporal (g/cm}^3) - 4.5) \times 100$$

- Densidad corporal (Jackson y Pollock 1985)

Sexo Masculino:

$$D = 1.1125025 - 0.0013125 (X_1) + 0.0000055 (X_1)^2 - 0.0002440 (X_2)$$

Donde

X_1 = Pliegue Tríceps + Pliegue Pectoral + pliegue subescapular (mm)

X_2 = Edad

Sexo Femenino

$$D = 1.099421 - 0.0009929 (X_3) + 0.0000023 (X_3)^2 - 0.0001392 (X_4)$$

Donde:

X_3 = Pliegue Tríceps + Pliegue Muslo frontal + Pliegue suprailíaco anterior

X_4 = Edad

- Masa Muscular (Kerr D, Ross W)

$$SMU = CBT + CA + CMM + CPP + CTS$$

$$ZMU = (SMU \times (170.18 / HT) - 207.21) / 13.74$$

Donde

207.21 = Suma del Phantom de los pliegues corregidos

13.74 = suma del Phantom de las desviaciones estándar de las circunferencias

CBT = Circunferencia del brazo relajado corregida con el pliegue tríceps

CA = Circunferencia del antebrazo

CMM = Circunferencia del muslo corregida con el pliegue del muslo frontal

CPP = Circunferencia de la pierna corregida con el pliegue de la pierna medial

CTS = Circunferencia torácica normal corregida con el pliegue subescapular

HT = Talla del sujeto (cm)

$$\text{Masa Muscular (kg)} = \frac{(\text{ZMU} \times 5.4) + 24.5}{(170.18 / \text{HT})^3}$$

donde

24.5 = Masa muscular del Phantom

5.4 = Desviación estándar del Phantom para la masa muscular

Corrección para la circunferencia con el pliegue de la región:

= circunferencia (cm) - (pliegue corregido)

pliegue corregido = $(3.1416 \times \text{pliegue de la región (mm)} / 10)$

ÁREAS MUSCULARES (Heymsfield, 1982)

$$\text{AMM} = [(\text{CM} - 3.1416 * (\text{PM}/10)^2] / 4(3.1416)$$

$$\text{AMP} = [(\text{CP} - 3.1416 * (\text{PP}/10)^2] / 4(3.1416)$$

$$\text{AMB} = [(\text{CB} - 3.1416 * (\text{PB}/10)^2] / 4(3.1416)$$

Donde

AMM= Área muscular de muslo

AMP= Área muscular de pierna

AMB = Área muscular de brazo

PP= pliegue pierna medial

PM= pliegue de muslo frontal

PB= pliegue de triceps

ANEXO B**TÉCNICAS DE MEDICIÓN CINEANTROPOMÉTRICA**

Es importante hacer mención que todas las medidas se toman del lado derecho de la persona

Circunferencias

Brazo Sujeto parado con los brazos a los lados del tronco. Se traza una línea imaginaria que vaya a la mitad del brazo. Para localizarla, el codo debe estar flexionado a 90° con la palma de la mano hacia arriba, se traza una línea en el área más prominente del borde proximal del acromion (palpando lateralmente el proceso espinoso de la escápula) y otra línea distal en el proceso acromial

Tórax Paciente parado, en posición natural, los pies abiertos a la altura de los hombros, los brazos a lado del tronco, se mide la circunferencia a nivel del cuarto espacio intercostal, en el plano horizontal, al final de la espiración

Abdomen Paciente parado, en posición natural, los pies abiertos a la altura de los hombros, los brazos a lado del tronco se coloca el flexómetro en plano horizontal a un centímetro por arriba de la cicatriz umbilical

Muslo Con el paciente sentado y rodillas flexionadas a 90 grados, se toma la circunferencia a la mitad de una línea imaginaria que vaya del pliegue inguinal, al borde superior de la patela

Pierna Con el paciente parado, se toma la circunferencia en el borde anterior más prominente de los gemelos

Pliegues

Subescapular Medida que se toma de forma diagonal a 2 cm por debajo del borde inferior de la escápula

Bicipital Se toma en la parte posterior del brazo a la altura de la marca que se hizo para la medición de la circunferencia del brazo

Pectoral Para hombres se toma el pliegue a la mitad de una línea que vaya del pliegue axilar al pezón. Para mujeres en el tercio proximal de la misma línea

Suprailíaco Medida oblicua que se toma a la altura de la línea media axilar, e inmediatamente en el borde superior de la cresta iliaca

Abdominal Medida tomada horizontalmente en un punto que se encuentre a 2 cm lateral a la cicatriz umbilical

Muslo frontal El sitio de medición es en la marca realizada anteriormente para medir la circunferencia de la pierna, con esta última relajada

Pierna medial Se toma en la máxima circunferencia de la pierna en su cara interna o medial. La pierna derecha del sujeto se coloca sobre un banco o soporte, de manera que se forme un ángulo aproximado de 90° en relación al muslo

Diámetros

Bicondileo Con el foramen flexionado a 90° , la medida se realiza ejerciendo presión en la parte medial de la estiloides cubital con la estiloides radial

Humeral Con el sujeto viendo al frente se coloca el brazo derecho horizontal y el codo a 90° , se palpa el borde lateral y medial de los epicóndilos del humero, colocando en estos sitios las ramas del compás ejerciendo presión al realizar la toma

Femoral Con la rodilla flexionada a 90° se localizan los bordes lateral y medial del epicóndilo femoral y se ejerce presión con el compás para realizar la lectura de la medida

ANEXO C

Cédulas de Captura (paginas siguientes)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

