

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

“DETERMINACION DEL GASTO ENERGETICO DIARIO DE
UN GRUPO DE FUTBOLISTAS ADOLESCENTES DE SEXO
MASCULINO MEDIANTE CALORIMETRIA INDIRECTA.”

Tesis sometida a la consideración de la Comisión del
Programa de Estudios de Posgrado en **Nutrición Humana** para
optar al grado de **Magister Scientiae**

MARIA GABRIELA SOTO OCAMPO.
CARNE UNIVERSITARIO 893752

Ciudad Universitaria “Rodrigo Facio”
Costa Rica
2006.

DEDICATORIA

A todos los deportistas en crecimiento, en especial:

ALE, un KARATECA de nacimiento, el mejor y más grande de todos los luchadores, un excelente hijo y el mejor hermanito mayor.

“Tinamo” mi pequeño, gracias porque siempre te portaste muy bien para que mami terminara de estudiar. Ahora es tu “turno” para llegar lejos en el fascinante mundo del conocimiento. SE QUE LO PUEDES LOGRAR. Te amo.

TOMY, el amo de las espadas, los saltos peligrosos y los 20 metros planos.

Con tus escasos 2 años tienes una fuerza y una energía impresionantes. Deseo que tu “cutadora de bichos” te ayude a eliminar cualquier obstáculo negativo que te aleje del camino del bien y la felicidad. “Ah... Bueno... está bien”. Te amo.

CARO-CARO, la más persistente y esforzada de las escaladoras, la más hermosa y alegre de las “porristas”, con tus gritos de euforia levantas mi ánimo cada mañana.

Sigue así mi amor, que la insistencia con la que lograste subir por los barrotes de tu cunita, te ayude a llegar tan alto como desees llegar. Te amo.

Ustedes tres son lo más importante en mi vida, los amo con todo mi corazón y les dedico este esfuerzo y dejo cita de un pasaje de la Biblia que me animó durante la ejecución de este trabajo:

“Mira que te mando que te esfuerces y seas valiente, no temas, ni desmayes, porque tu Dios estará contigo en donde quiera que vayas” Josué 1:9

AGRADECIMIENTOS

A **Dios Todopoderoso** por dejarme vivir hasta ahora y darme la oportunidad de alcanzar esta meta académica, a **María Santísima** por su protección, por servirme de inspiración.

A **mi Director** Ph.D. Francisco Sánchez, por su apoyo, el tiempo dedicado a ayudarme con sus valiosos conocimientos.

A **mi Comité Asesor**, MSc. Anne Chinnock y MSc. Jessica Quesada, por todos sus valiosos aportes.

Al **Posgrado en Nutrición Humana**, especialmente Ph.D. Xinia Fernández, directora del mismo y Ph.D. Sandra Murillo, quien me motivó a ingresar en este programa. A la M.Sc. Miriam León, profesora de estadística del posgrado, por su ayuda en el análisis estadístico.

Al **Laboratorio del Programa en Ciencias de la Salud (PROCESA)** de la Universidad Nacional, en especial al MSc. Jorge Salas y MSc. Braulio Sánchez, por su asesoría en la utilización del analizador VO2000 y su colaboración en las pruebas funcionales.

A los entrenadores Hugo Gómez y Pedro y a los directivos del **Proyecto Alejandro Morera Soto**, por todas las facilidades brindadas, por el interés y la colaboración en el desarrollo de este proyecto.

A **todos los jugadores** que sirvieron como sujetos en esta investigación y a sus padres. Gracias por cumplir cabalmente con todas las indicaciones, aunque algunas veces requirieran mucho esfuerzo. Gracias además por imprimirle diversión a mi trabajo de campo, interés a sus pruebas y una actitud positiva a la Nutrición deportiva.

A **mi familia (padres y hermanas)**, por su apoyo incondicional desde los inicios de mi carrera de pregrado y hasta la fecha. En especial a **papi** por sus consejos y su apoyo económico, a **MAMI**, por ser mi mamá, la mamá de mis hijos, nutricionista, profesora consejera y todo lo que pude necesitar mientras me mantuve estudiando.

A **Naty**, por haberme motivado a retomar mis estudios y por haberme apoyado económicamente. Luty, Naty, Hey las mejores hermanas del mundo merecen un espacio especial en mi lista de agradecimientos, sin ustedes no lo habría logrado.

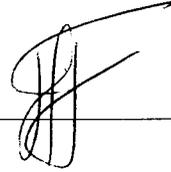
Fa-Fa y Cami gracias por su dulzura, gracias por apagar la computadora y rayar mis trabajos, repetirlos me ayudó a aprender más, y a filosofar sobre si las Calorías son buenas o malas?... son solo una unidad para medir energía, pequeña Fa.

A **mi familia (esposo e hijos)**. A **mi esposo** José Antonio, por ser compañero de madrugadas, chofer, asistente de tesis, de redacción, etc. **Mis pequeños** Ale y Tomy por portarse bien y por ser junto con Carolina el motivo más especial para culminar este esfuerzo

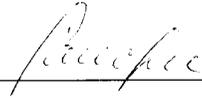
HOJA DE APROBACION

Esta tesis fue aceptada por la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Nutrición en la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar por el grado de **Magíster Scientiae en Nutrición Humana**.

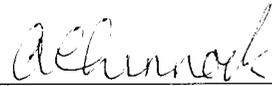
MSc. José Antonio Moncada
Representante del SEP



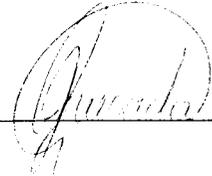
Ph.D. Francisco Sánchez Montero
Director de tesis



MSc. Anne Chinnock Mc' Neil
Asesora



MSc. Jessica Quesada González
Asesora



Ph.D. Xinia Fernández
Directora Maestría en Nutrición



Licda. María Gabriela Soto Ocampo
Sustentante

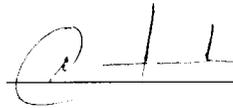


TABLA DE CONTENIDOS.

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
HOJA DE APROBACION.....	iv
TABLA DE CONTENIDOS.....	v
RESUMEN EN ESPAÑOL.....	ix
RESUMEN EN INGLES.....	xii
LISTA DE CUADROS.....	xv
LISTA DE GRAFICOS.....	xvi
GLOSARIO.....	xvii
LISTA DE ABREVIATURAS.....	xix
I. INTRODUCCION.....	1
II. MARCO TEORICO.....	4
A. Gasto Energético Diario.....	4
1. Definición.....	4
2. Componentes del Gasto Energético Diario.....	4
a. Gasto Energético Basal y Gasto Energético en Reposo.....	4
i. Tamaño y composición corporal.....	5
ii. Sexo.....	6
iii. Etnia.....	6
iv. Edad.....	7
v. Estado fisiológico.....	7

b. Termogénesis Dietaria Inducida.....	7
c. Actividad Física.....	7
i. Tipos de actividad física: duración e intensidad de la actividad y relación con el Gasto Energético.....	8
ii. Aumento del gasto energético por la ejecución de deportes.....	9
iii. Gasto energético en jóvenes y adolescentes futbolistas.....	9
B. Métodos para medir el Gasto Energético Diario.....	11
1. Calorimetrías.....	11
a. Calorimetría Directa.....	11
b. Calorimetría Indirecta.....	12
2. Métodos no calorimétricos.....	13
a. Agua Doblemente Marcada.....	13
b. Fórmulas de predicción.....	13
c. Registros de actividad física.....	15
d. Medición de la frecuencia cardiaca.....	16
e. Medición de la ingesta energética.....	17
III. ANTECEDENTES.....	18
IV. PREGUNTAS DE INVETIGACION E HIPOTESIS.....	20
V. OBJETIVOS.....	21
A. Objetivo General.....	21
B. Objetivos Específicos.....	21
VI. MARCO METODOLOGICO.....	22
A. Tipo de estudio.....	22

B. Población.....	22
C. Muestra.....	22
1. Submuestra.....	22
D. Variables.....	22
E. Recolección de datos.....	24
F. Análisis de datos.....	27
VII. RESULTADOS.....	29
IX. DISCUSION DE RESULTADOS.....	38
X. CONCLUSIONES.....	45
XI. RECOMENDACIONES.....	47
XII. BIBLIOGRAFIA.....	49
XIII. ANEXOS.....	54
Anexo A. “Fórmulas de predicción para el cálculo del gasto energético en Reposo”	
Anexo B. “Antecedentes”	
Anexo C. Operacionalización de variables	
Anexo D. Consentimiento Informado	
Anexo E. Instructivo para registro de actividades	
Anexo F. Formulario para el registro de actividades	
Anexo G. Condiciones para las pruebas de laboratorio	
Anexo H. Formulario para recolección de datos antropométricos	
Anexo I. Cálculo del porcentaje de grasa corporal	
Anexo J. Protocolo para prueba de consumo máximo de oxígeno en banda sin fin.	

Anexo K. Cálculo del gasto energético en entrenamiento y partido

Anexo L. Análisis de datos

Anexo M. Equivalentes metabólicos, compendio de Ainsworth et al.,1998.

Anexo N. Análisis de varianza, prueba de Tukey

RESUMEN

Soto Ocampo, María Gabriela.

Determinación del gasto energético diario en un grupo de futbolistas adolescentes de sexo masculino mediante calorimetría indirecta.

Tesis de posgrado en Nutrición Humana-San José, C.R.:

M.G. Soto O., 2006.

56h.: il.-58 refs.

El gasto energético diario (GED) se define como la cantidad de energía necesaria para mantener los procesos vitales, el efecto termogénico de los alimentos (TDI) y la actividad física (AF) de un individuo en un período de 24 horas (Mc Ardle, Katch y Katch, 2001). En períodos en que hay un aumento en la síntesis y maduración de tejidos, como es la etapa de la adolescencia, el GED se aumenta como consecuencia de estos procesos anabólicos (Silver, 1992). En adolescentes deportistas el gasto es incrementado además, por la práctica del deporte; de manera tal que si este gasto no es compensado con un adecuado consumo de alimentos, se provocará un desgaste de las reservas corporales, con el riesgo de afectar también, los procesos de crecimiento y desarrollo.

Es por este motivo que el **objetivo primordial** con el que se desarrolló esta investigación fue “Determinar el gasto energético diario de un grupo de futbolistas adolescentes de sexo masculino, mediante calorimetría indirecta y el registro de actividades”.

Para tal efecto se plantearon los siguientes **objetivos específicos**:

1. Describir la composición corporal de los sujetos.
2. Comparar dos metodologías para el cálculo del gasto energético en reposo.
3. Identificar el patrón de actividad física de los sujetos.
4. Evaluar la variabilidad en el gasto energético diario entre los días de descanso, partido y entrenamiento.

Metodología: Se midió el gasto energético en reposo por calorimetría, a 18 sujetos voluntarios, jugadores de fútbol (9 sujetos de 15 años y 9 de 18 años). Se utilizó una prueba t-student ($p < 0.05$) para comparar los datos obtenidos por calorimetría indirecta con los datos obtenidos al calcular el gasto energético en reposo por la fórmula de FAO/OMS.

El patrón de actividad física, se obtuvo por medio de un registro de tres días, en el que los jóvenes anotaron todas las actividades diarias en un día de descanso, en un día de partido y en un día de entrenamiento.

Con los datos del gasto energético en reposo, más el registro de actividades, se calculó el gasto energético diario (GED), para los tres diferentes días (día de partido, día de entrenamiento y día de descanso) y se aplicó una ANOVA para evaluar la variabilidad intraindividual en el GED en estos tres días

Resultados: El peso promedio de los sujetos de 15 años, fue $59,4 \pm 4,03$ kg, el IMC $20,36 \pm 1,53$ kg/m² y el porcentaje de grasa $7,1 \pm 1,54$ %. En el grupo de 18 años, el peso fue de $62,5 \pm 5,48$ kg, el IMC $21,08 \pm 1,74$ kg/m² y el porcentaje de grasa $8,56 \pm 1,59$ %.

El gasto energético en reposo, medido por **calorimetría indirecta**, fue de $7,22 \pm 0,17$ MJ (1733 ± 420 kcal) en promedio, para el grupo de jóvenes de 15 años y de $7,40 \pm 0,12$ MJ (1772 ± 299 kcal), para el grupo de 18 años. Por otra parte este mismo gasto obtenido por la **fórmula de FAO/OMS** fue de $7,01 \pm 0,29$ MJ ($1682 \pm 70,6$ kcal) en el grupo de jóvenes

de 15 años y de $6,8 \pm 0,35$ MJ (1635 ± 84 kcal) en los jóvenes de 18 años. No se encontraron diferencias significativas entre los datos obtenidos de las dos diferentes metodologías, en ninguno de los dos grupos ($p=0.72$ en el grupo de 15 años y $p=0.09$ en el grupo de 18 años).

El gasto energético diario para los jóvenes de 15 años fue de $10,94 \pm 0.38$ MJ (2612 ± 910 kcal) en el día de descanso; en el día de entrenamiento fue de $14,24 \pm 0,3$ MJ (3400 ± 736 kcal) y $14,64 \pm 0,3$ MJ (3494 ± 736 kcal) el día del partido. Al aplicar un análisis de varianza, se encontraron diferencias significativas ($p=0.04$) entre los días partido y descanso ($p=0.000$, post-hoc) y entre el entrenamiento y descanso ($p=0.000$, post-hoc).

Para el grupo de 18 años, el GED fue de $10,64 \pm 0,35$ MJ (2540 ± 850 kcal) en el día de descanso; $14,09 \pm 0,30$ MJ (3364 ± 735 kcal) en entrenamiento, mientras que en el día de partido fue de $14,9 \pm 0.32$ MJ (3557 ± 763 kcal). Al igual que en el grupo anterior, se encontraron diferencias significativas entre el día de partido y el día de descanso y entre el día de entrenamiento y el día de descanso ($p=0.000$).

No se observaron diferencias significativas entre los días entrenamiento y partido, en ninguno de los dos grupos.

Conclusiones: El gasto energético diario, determinado por calorimetría indirecta y registro de actividades, en un grupo de futbolistas varones de 15 años, fue de $10,94 \pm 0.38$ MJ (2612 ± 910 kcal) en el día de descanso; en el día de entrenamiento fue de $14,24 \pm 0,3$ MJ (3400 ± 736 kcal) y $14,64 \pm 0,3$ MJ (3494 ± 736 kcal) el día del partido.

Para el grupo de 18 años, el GED fue de $10,64 \pm 0,35$ MJ (2540 ± 850 kcal) en el día de descanso; $14,09 \pm 0,30$ MJ (3364 ± 735 kcal) en entrenamiento, mientras que en el día de partido fue de $14,9 \pm 0.32$ MJ (3557 ± 763 kcal).

No se encontraron diferencias significativas al aplicar dos metodologías diferentes en el cálculo del gasto energético en reposo, a saber calorimetría indirecta y fórmula FAO/OMS. Por tal motivo, se concluye que ambos métodos pueden ser utilizados indistintamente en la determinación del gasto energético en reposo, en este grupo de adolescentes.

El gasto energético no varía entre los días de entrenamiento y partido; es significativamente mayor entre el día de entrenamiento y el día de descanso y entre el día de partido y el día de descanso, tanto en los jóvenes de 15 como en los de 18 años. Tal situación motiva a la utilización de dos patrones de alimentación diferentes que correspondan, uno con el gasto energético del día de descanso y el otro con el gasto energético de los días entrenamiento y partido.

Alcances: Los resultados de esta investigación pueden servir para ir creando una base de datos sobre gasto energético a nivel nacional, ya que existen varios estudios y encuestas sobre consumo de alimentos en Costa Rica; no obstante la información sobre gasto energético no es muy abundante. Además sientan un precedente en la metodología del cálculo de gasto energético, en este país, que puede ser replicada con algunas modificaciones

PALABRAS CLAVE: Gasto energético diario- Gasto energético en reposo- Calorimetría-
Metabolismo Basal-Patrón de actividad física-Adolescentes-Fútbol.
Director de tesis: Dr. Francisco Sánchez.
Escuela de Nutrición, UCR.

SUMMARY

Soto Ocampo, María Gabriela.

Determination of total daily energy expenditure in a group of adolescents soccer players of masculine sex using indirect calorimetry.

Posgrado thesis in Human Nutrition -San José, C.R.:

M.G. Soto O., 2006.

56h.: il. - 58 refs.

Total daily energy expenditure (TEE) is defined as the quantity of necessary energy to maintain the vital processes, the thermogenesis effects of the foods (TEF) and the physical activity (AF) of an individual in a period of 24 hours (Mc Ardle, Katch and Katch, 2001). In periods in that there is an increase in the synthesis and maturation of fabrics, like it is the stage of the adolescence, the GED increases as consequence of these anabolics processes (Silver, 1992). In adolescent sportsmen the expense is also increased, for the practice of the sport; in a such way that if this expense is not compensated with an appropriate consumption of foods, a waste of the corporal reservations will be caused, with the risk of also affecting, the processes of growth and development.

It is for this reason that the primordial objective of this investigation was “Determine the total daily energy expenditure of a group of adolescent soccer players of masculine sex, using indirect calorimetry and activities records.”

For such an effect they thought about the following specific objectives:

1. To describe the corporal composition of participants.
2. To compare two methodologies for the calculation of the energy expense in rest.
3. To identify the pattern of physical activity of the adolescents.
4. To evaluate the variability in the daily energy expenditure among the days of rest, competition and training.

Methodology: Rest energy expenditure was measured in supine position by indirect calorimetry, to 18 voluntary soccer players (9 subject of 15 years and 9 of 18 years). A t-student test was used ($p \leq 0.05$) to compare the data obtained by indirect calorimetry with the data obtained when calculating the energy in rest for FAO/OMS formula.

The physical activity pattern, was obtained by means of a registration of three days, in which the youths wrote down all the daily activities in a day of rest, in a day of competition and in a day of training.

TEE was calculated with data of the energy expenditure in rest, and the activities registered, for three different days (day of competition, day of training and day of rest) and an ANOVA test was applied to evaluate the variability intraindividual in the TEE in these three days

Results: The weight average of 15 years subjects, was $59,4 \pm 4,03$ kg, the IMC $20,36 \pm 1,53$ kg/m² and the fat percentage $7,1 \pm 1,54\%$. In the 18 years-old group, the mean weight was of $62,5 \pm 5,48$ kg, the IMC $21,08 \pm 1,74$ kg/m² and fat percentage of $8,56 \pm 1,59\%$.

The energy expenditure in rest, measured by indirect calorimetry, was of $7,22 \pm 0,17$ MJ (1733 \pm 420 kcal) for the group of young of 15 years and of $7,40 \pm 0,12$ MJ (1772 \pm 299 kcal), for the 18 year-old group. On the other data obtained by the formula of FAO/OMS

was of $7,01 \pm 0,29$ MJ ($1682 \pm 70,6$ kcal) in the group of young of 15 years and of $6,8 \pm 0,35$ MJ (1635 ± 84 kcal) in the 18 year-old youths. There were not significant differences among the obtained data of the two different methodologies, in none of the two groups ($p=0.72$ in the 15 year-old group and $p=0.09$ in the 18 year-old group).

The TEE for the 15 year-old youths was of $10,94 \pm 0.38$ MJ (2612 ± 910 kcal) in the day of rest; in the day of training it was of $14,24 \pm 0,3$ MJ (3400 ± 736 kcal) and $14,64 \pm 0,3$ MJ (3494 ± 736 kcal) the day of the competition. When applying a variance analysis, they were significant differences ($p=0.04$) between the competition day and rest day ($p=0.000$, post-hoc) and between the training day and rest day ($p=0.000$, post-hoc).

For the 18 year-old group, the TEE was of $10,64 \pm 0,35$ MJ (2540 ± 850 kcal) in the day of rest; $14,09 \pm 0,30$ MJ (3364 ± 735 kcal) in training, while in the day of competition it was $14,9 \pm 0.32$ MJ (3557 ± 763 kcal). At the same way as 15 years-old group, there were significant differences between the day of competition and the day of rest and between the day of training and the day of rest ($p=0.000$).

Significant differences were not observed among the days training and competition, in none of the two groups.

Conclusions: The total daily energy expenditure, determined by indirect calorimetry and activities register, in a group of male soccer players, 15 years old, was $10,94 \pm 0.38$ MJ (2612 ± 910 kcal) in the day of rest; in the day of training it was $14,24 \pm 0,3$ MJ (3400 ± 736 kcal) and $14,64 \pm 0,3$ MJ (3494 ± 736 kcal) the competition.

For the 18 year-old group, the TEE was of $10,64 \pm 0,35$ MJ (2540 ± 850 kcal) in the day of rest; $14,09 \pm 0,30$ MJ (3364 ± 735 kcal) in training, while in the competition day it was of $14,9 \pm 0.32$ MJ (3557 ± 763 kcal).

There were not significant differences when applying two different methodologies in the calculation of the energy expenditure at rest, (indirect calorimetry and FAO/OMS equation). For this reason, both methods can be used indistinctly in the determination of the energy expenditure in rest, in this group of adolescents.

The energy expenditure doesn't vary between the days of training and competition; it was significantly major between the day of training and the day of rest and between the day of competition and the day of rest, so much in the youths of 15 like in those of 18 years. Such a situation motivates to the use of two different feeding patterns that correspond, one with the energy expense of the day of rest and the other one with the energy expense of the days training and party.

Reach: The results of this investigation can be good to go creating a database on energy expenditure at national level, since several studies and surveys exist on food consumption in Costa Rica; nevertheless the information on energy expenditure is not very abundant. This investigation set a precedent in the methodology of calculation energy expenditure, in this country, that can be replied with some modifications

KEY WORDS: Total daily energy expenditure- Rest energy expenditure – Basal Metabolism Rate- Calorimetry-Physical Activity Patterns-Adolescents-Soccer.

Thesis director: Dr. Francisco Sánchez.

Human Nutrition College, University of Costa Rica.

LISTA DE CUADROS

Cuadro No. 1. Características generales de un grupo de adolescentes futbolistas de sexo masculino, con edades de 15 y 18 años en el 2004, Alajuela, Costa Rica.

Cuadro No.2. Gasto energético en reposo obtenido por calorimetría indirecta y por fórmula de FAO/OMS. Futbolistas de sexo masculino, con edades de 15 y 18 años en el 2004. Alajuela, Costa Rica.

Cuadro No.3 Ecuaciones de regresión lineal obtenidas para 6 sujetos con diferentes posiciones en el campo de juego. Futbolistas adolescentes de sexo masculino, con edades de 15 y 18 años en el 2004,Alajuela, Costa Rica

Cuadro No.4 Consumo máximo de oxígeno, frecuencia cardiaca, gasto energético y equivalencia metabólica en entrenamiento y en partido para 6 sujetos con diferentes posiciones en el campo de juego. Futbolistas adolescentes de sexo masculino, edades de 15 y 18 años en el 2004, Alajuela, Costa Rica

Cuadro No.5 Gasto energético diario, según día de descanso, partido o entrenamiento. Futbolistas de sexo masculino, 15 años de edad en el 2004. Alajuela, Costa Rica

Cuadro No. 6 Gasto energético diario, según día de descanso, partido o entrenamiento. Futbolistas de sexo masculino, 18 años de edad en el 2004. Alajuela, Costa Rica

LISTA DE GRAFICOS

Gráfico No.1 Gasto energético diario, según día de descanso, partido o entrenamiento. de futbolistas adolescentes de sexo masculino, con edades de 15 y 18 años en el 2004. Alajuela, Costa Rica.

Gráfico No.2 Patrón de actividad física según día de entrenamiento, descanso o partido en futbolistas masculinos de 15 años, Alajuela, 2004.

Gráfico No.3 Patrón de actividad física según día de entrenamiento, descanso o partido en futbolistas masculinos de 18 años, Alajuela, 2004

Glosario.

CI: Calorimetría Indirecta. Forma de medir el gasto energético. Se basa en la medición del consumo de oxígeno. (1 litro de oxígeno equivale a 5 kcal).

CO₂: Dióxido de carbono. Gas presente en el aire en cantidades mínimas. Se produce en el cuerpo producto de la combustión de los nutrientes y es expulsado a través de los pulmones.

DM: Diabetes Mellitus. Enfermedad caracterizada por el aumento de la glucosa sanguínea sobre los valores normales.

FC: Frecuencia cardiaca. Número de latidos del corazón en un minuto (o en un tiempo determinado).

GED: Gasto Energético Diario. Energía que se gasta en un día para mantener las actividades vitales, la temperatura, los procesos digestivos, la actividad ocupacional la actividad física y el entrenamiento (en deportistas).

GER: Gasto Energético en Reposo o TMR (Tasa de Metabolismo en Reposo). Cantidad de energía que se gasta en las primeras horas de la mañana, con un ayuno de 12 horas y la temperatura controlada (Mc Ardle, Katch y Katch, 2001).

IE: Ingesta energética. Energía que aportan los macronutrientes ingeridos por el individuo.

IMC: Índice de masa corporal .Peso (kg) dividido entre la talla (m²).

kg: kilogramos. 1000 gramos

kcal: kilocalorías. Energía necesaria para elevar la temperatura de un gramo de agua de 14,5 a 15,5 C.

kJ: kilojoules. 4,189 kilocalorías.

MET: Equivalente metabólico. Número de veces que una actividad eleva la energía que se gasta en las funciones basales.

NAF: Nivel de actividad física Razón entre el Gasto energético diario y el metabolismo basal.

O₂: oxígeno. Gas presente en la atmósfera, necesario para la respiración celular. Es obtenido por medio del proceso de inspiración.

TMB: Tasa de Metabolismo Basal. Energía que se gasta para mantener las funciones vitales.

TDI: Termogénesis Dietaria Inducida. Cantidad de energía destinada a la digestión, absorción, metabolismo y almacenamiento de los nutrientes, provenientes de los alimentos consumidos.

Abreviaturas.

DLW: del inglés, Double Labeled Water o en español ADM, Agua doblemente marcada.

AF: Actividad Física.

d: día.

h: hora

LDA: Liga Deportiva Alajuelense. Equipo de fútbol de la primera división de Costa Rica.

OMS: Organización Mundial de la Salud.

RDA: Recommended Dietary Allowances. Recomendaciones dietéticas

VO₂ : volumen de oxígeno consumido.

VO₂ máx: volumen máximo de oxígeno consumido.

I. INTRODUCCION.

El Gasto Energético Diario (GED) es la cantidad de energía necesaria para mantener los procesos vitales, el efecto termogénico de los alimentos (TDI) y la actividad física (AF) de un individuo en un período de 24 horas (Mc Ardle, Katch y Katch, 2001). En períodos en que hay un aumento en la síntesis y maduración de tejidos, como es la etapa de la adolescencia, el GED se aumenta como consecuencia de estos procesos anabólicos (Silver, 1992).

El conocimiento del GED, es el paso inicial para determinar las necesidades de energía de un individuo y por tanto evitar problemas nutricionales. En circunstancias donde el GED es elevado, existe el riesgo de desnutrición si la alimentación no es suficiente para satisfacer las demandas. Este podría ser el caso de los varones adolescentes que practican algún deporte, ya que presentan varios factores que elevan el gasto de energía, entre ellos el sexo, la edad y el alto nivel de actividad física.

Con respecto al sexo, diversos investigadores, han reportado que los hombres presentan un mayor gasto de energía que las mujeres. Tal diferencia se debe principalmente a que los hombres presentan una mayor superficie de área corporal que las mujeres y mayor proporción de tejido magro, el cual es metabólicamente más activo (Mc Ardle, et al, 2001; Dionne, Deprés, Bouchard y Tremblay, 2004; Trichopolou, Gnardelis, Lagiou, Benetou, Naska y Trichopolou, 2001).

Además cabe resaltar que el gasto energético varía en las diferentes etapas de la vida. En la edad de la adolescencia el gasto de energía aumenta como consecuencia de los procesos de síntesis y maduración de tejidos (Silver, 1992). Durnin (1984) afirma que la energía destinada al crecimiento aumenta de 0,12 MJ/d (30 kcal/d) en la niñez a 0,21 MJ/d (50 kcal/d) en la adolescencia. Posteriormente el gasto de energía disminuye en la edad adulta, usualmente por una disminución en la masa magra y un aumento en el tejido adiposo (Mc Neill, 1994).

Por otra parte, también la ejecución de deportes eleva el gasto de energía. Phoelman y Melby (1998), indican que en individuos sedentarios el gasto energético por actividad física, puede ser tan bajo como 0,42 MJ/d (100 kcal/d); mientras que en individuos altamente activos puede llegar a ser de 12,54 MJ/d (3000 kcal/d). A su vez, la práctica de deportes contribuye al aumento en el GED, porque induce cambios en la composición corporal, principalmente en los varones. Estos cambios consisten básicamente en un aumento en el tejido muscular y una disminución de la grasa corporal (Dionne et al., 1999, Trichopolou et al., 2001, Westertep y Goran, 1997).

Es por estos motivos que el presente trabajo de investigación, tuvo como objetivo principal, determinar el GED en un grupo de futbolistas con edades entre 15-18 años que practicaban este deporte en el año 2004. Estos jóvenes, pertenecían a las ligas menores del equipo costarricense “Liga Deportiva Alajuelense”, cuya sede se encuentra en la ciudad de Alajuela. Este grupo, contaba con una rutina deportiva semanal, que incluía 3 o 4 días de entrenamiento, 2 o 3 días de descanso y un día de juego o partido. Con base en esta rutina, se esperaba que existieran variaciones intraindividuales, en el GED de estos jóvenes, de un día a otro. Es por eso, que en esta investigación, también se pretendió estudiar la variabilidad en el GED de cada uno de los jóvenes entre los días de entrenamiento, días de juego y días de descanso.

La determinación del GED, se realizó utilizando una combinación de calorimetría indirecta, para medir gasto energético en reposo y un registro de actividad física de 3 días, para estimar el gasto por otras actividades. La Termogénesis Dietaria Inducida, se tomó como el 10% del metabolismo en reposo, asumiendo que los sujetos consumían una dieta mixta. Se estimó que la combinación de estos dos métodos, podría brindar una estimación aceptable del GED en estos jóvenes.

Los datos correspondientes al gasto energético en reposo, obtenidos por calorimetría indirecta, fueron comparados con los resultados obtenidos al calcular el Gasto Energético en Reposo (GER) por la fórmula de Schofield (FAO/OMS/ONU, 1985). Tal procedimiento se realizó porque en Costa Rica, el cálculo del requerimiento energético, se ha realizado

tradicionalmente con fórmulas matemáticas o se han utilizado las recomendaciones emitidas por otros países. Diversos estudios de validación de métodos, han demostrado que las fórmulas de predicción del GED, no son aplicables a todos los grupos raciales, ni son recomendables para ser utilizadas en niños y adolescentes (Case, Brahler y Heiss 1997, De Lany, Bray, Harsha y Volaufova, 2002, Bandini, Must, Spadamo y Dietz, 2003).

Los resultados de este estudio, condujeron a determinar de manera más certera las necesidades energéticas de este grupo de adolescentes, de manera tal que para estos jóvenes, se pueden brindar las recomendaciones dietéticas, en cuanto a ingesta energética y a los gramos de nutrientes adecuados, para evitar que un desbalance energético les pueda provocar problemas en su crecimiento y desarrollo.

Además, este estudio sienta un precedente metodológico, para la elaboración de estudios similares, los cuales son carentes en Costa Rica.

II. MARCO TEORICO.

A. Gasto Energético Diario

1. Definición: El Gasto Energético Diario (GED) es la cantidad de energía necesaria para mantener los procesos vitales, el efecto termogénico de los alimentos (TDI) y la actividad física (AF) de un individuo en un período de 24 horas (Mc Ardle, Katch y Katch, 2001). En períodos en que hay un aumento en la síntesis y maduración de tejidos, como es la etapa de la adolescencia, el GED se aumenta como consecuencia de estos procesos anabólicos (Silver,1992).

2. Componentes del Gasto Energético Diario: El GED depende de tres grandes componentes: la Tasa de Metabolismo Basal (TMB), la Termogénesis Dietaria Inducida (TDI) y la Actividad Física (AF).

Mc Neill (1994) agrega además que el frío, el estado hormonal y las drogas afectan el GED. El clima influye sobre el GED, ya que en ambientes calientes se requiere un 5% de energía adicional, para mantener la actividad de las glándulas sudoríparas y la dinámica circulatoria. Por otra parte en ambientes fríos, el metabolismo se eleva significativamente, debido al temblor, el cual es un mecanismo fisiológico para mantener la temperatura corporal. (Mc Ardle et al., 2001, Mc Neill, 1994).

También algunos fármacos y sustancias como la cafeína, la nicotina, la teofilina y las anfetaminas elevan la TMB, mientras que otros fármacos como los betabloqueadores pueden disminuirla. Con respecto a los estados hormonales, los desórdenes endocrinos como el hipo e hipertiroidismo y los cambios hormonales en el embarazo y la lactancia afectan el GED (Mc Neill, 1994).

a. Gasto Energético Basal y Gasto Energético en Reposo: El Gasto Energético Basal (GEB) o Tasa de Metabolismo Basal (TMB), se define como la cantidad de energía, que se requiere para sostener los procesos vitales. Esta energía, comprende las reacciones

para el funcionamiento de los órganos vitales, el metabolismo durante el sueño y el metabolismo al despertarse (Mc Ardle et al., 2001).

La TMB, es el mayor componente del GED, representando entre el 60 y 75% del mismo. Se obtiene al medir el calor que desprende el sujeto, al despertarse, después de 12 horas de ayuno, con la temperatura ambiental controlada. Debido a que es difícil realizar esta medición en condiciones de laboratorio, la mayoría de las mediciones que se realizan, corresponden al GER o Gasto Energético en Reposo, en el cual se tratan de reproducir con la mayor exactitud posible las condiciones basales (Mc Ardle et al., 2001).

La TMB y el GER varían de persona a persona, dependiendo de varios factores como el tamaño y la composición corporal, el sexo, la raza, la edad y el estado de salud (Mc Neill, 1994).

i. Tamaño y composición corporal: La composición corporal afecta la TMB y el GER, ya que las necesidades de energía aumentan en forma directamente proporcional al tamaño del cuerpo (Mc Neill, 1994). Por lo tanto, a mayor superficie corporal, mayor requerimiento energético.

Además del tamaño, la proporción de los tejidos del cuerpo influye en la cantidad de energía que se necesita para mantenerlos. En varias investigaciones, se ha observado que cada órgano tiene una tasa metabólica diferente. (Visser, 1995, Sparti, 1997; Bitar, Vernet, Courdet y Vermorel, 1999). El tejido muscular es metabólicamente más activo que el tejido adiposo. Estudios realizados en diversas poblaciones, han encontrado que conforme aumenta el nivel de actividad física, se disminuye la cantidad de grasa corporal y por ende se aumenta el gasto energético (Majiang, Mc Cory, Ma, Tucker, Gao, Fuss y Roberts, 2003; Sun, Gower, Bartolucci, Hunter, Figueroa y Goran, 2001, Ball, O' Conor, Abott, Steinbeck, Davies, Wishart, Gaskin y Baur, 2001, Blaak, Westertep, Bar-Or, Wousters y Saris, 1992, Ekelund, Aman, Yngue, Renman, Westertep y Sjöstrom, 2002).

ii Sexo: Existen diferencias importantes en el metabolismo basal, el GER y el GED entre ambos sexos. Se ha observado que el gasto energético es mayor en varones que en mujeres. Esta situación se debe principalmente, a que ambos sexos tienen una composición corporal diferente que influye sobre los requerimientos energéticos. Entre estas diferencias, se puede destacar que los hombres tienen mayor superficie de área corporal que las mujeres y también tienen más masa muscular que las mismas, por lo que su gasto de energía es mayor (Mc Neill, 1994).

En adultos normales, se ha observado que la TMB es de aproximadamente 0,16 MJ/m²/h (38 kcal/m²/h) para los hombres, mientras que en la mujer el gasto basal es aproximadamente 0,15 MJ/m²/h o 35 kcal/m²/h (Mc Ardle et al., 2001). En cuanto al GED se ha estimado que los hombres gastan en promedio 11,3-12,5 MJ/d (2700-3000 kcal/d), mientras que las mujeres 8,8 MJ/d (2100 kcal/d). En adolescentes normales esta diferencia, corresponde a 1,13 MJ/d (270 kcal/d) entre los 10-12 años, 1,97 MJ/d (470 kcal/d) de los 13 a los 15 y 3,13 MJ/d (750 kcal/d) entre los 15 y los 18 años (Silver, 1992).

iii Etnia: Los estudios sobre GE y grupos raciales, han demostrado que existen diferencias en la TMB y el GED en diferentes grupos étnicos. Aún en una misma zona geográfica, donde habitan pobladores de una misma nacionalidad pero con distinto origen étnico, se han encontrado diferencias significativas en el GED y TMB (Rush, Plank y Coward, 1999).

Cabe citar que los patrones de referencia en cuanto a composición corporal y GE, se han realizado generalmente con poblaciones anglosajonas. Al comparar los patrones de referencia con los datos de otros grupos raciales como los africanos, asiáticos, polinesios y latinoamericanos, generalmente se ha encontrado que el GE es significativamente mayor en los anglosajones (Case et al., 1997, Bandini et al., 2003, Sun et al., 2001, Goran y Sun, 1998).

iv Edad: El período de la adolescencia se caracteriza por la aceleración en la curva del crecimiento y desarrollo, hasta que se alcanza la madurez plena. Después del primer año de vida, la adolescencia es el segundo período de vida extrauterina, en el que el ser humano experimenta la mayor aceleración en su curva de crecimiento lineal. Además los órganos alcanzan la madurez, destacándose el desarrollo de todas las características sexuales. Por este motivo, se puede observar que la energía destinada al crecimiento aumenta de 125 kJ/d (30 kcal/d) en la infancia a 209 kJ/d (50 kcal/d) en la adolescencia (Durnin, 1984). En la edad adulta y aún más en la ancianidad, el gasto de energía disminuye usualmente por una disminución en la masa magra y un aumento en el tejido adiposo (Mc Neill, 1994).

v. Estado fisiológico: La presencia de enfermedades, en especial las infecciones con fiebre, las quemaduras y los tumores, aumentan la TMB (Mc Neill, 1994). También los estados especiales como el embarazo o la lactancia elevan el metabolismo basal. Dufour, Reina y Spurr (1999) determinaron que la TMB se eleva en todos los trimestres del embarazo y continúa aumentada en el período de lactancia, independientemente de que la ingesta energética sea adecuada.

b. Termogénesis Dietaria Inducida: Otro de los componentes del GED es la Termogénesis Dietaria Inducida (TDI). Esta se define como la cantidad de energía destinada a la digestión, absorción, metabolismo y almacenamiento de los nutrientes, provenientes de los alimentos consumidos. Se ha calculado que la TDI constituye aproximadamente un 10% del GED, no obstante este porcentaje podría llegar a ser hasta de 30% si la composición de la dieta es alta en proteínas (Mc Ardle et al., 2001).

c. Actividad Física (AF): La actividad física es el componente más variable del GED; implica todas las acciones voluntarias e involuntarias, tales como el control de la postura y el temblor (Phoelman y Melby, 1998). Según Mc Ardle et al., 2001, la AF puede representar entre 15 y 30% del GED, mientras que Mc Neill refiere que la AF representa entre el 20 y 40% del GED. Este porcentaje va a depender del estilo de vida de cada persona, en el cual influye la ocupación, la utilización de medios de transporte, las ayudas mecánicas para el trabajo físico y las actividades recreativas entre otros. “En individuos

sedentarios la AF puede ser tan baja como 100 kcal/d, mientras que en personas muy activas llega a ser hasta de 3000 kcal” (Phoelman y Melby, 1998, pág. 144).

i. Tipos de actividad física: duración e intensidad de la actividad y relación con el Gasto Energético.

Como se indicó previamente, la AF comprende una gran cantidad de actividades que van desde acciones cotidianas muy livianas como peinarse, estudiar, hablar por teléfono, etc., hasta la práctica de trabajos pesados o deportes extenuantes; estas variaciones se conocen como intensidad de la actividad.

La intensidad de una actividad presenta una relación directamente proporcional al gasto de energía, al consumo de oxígeno y a la frecuencia cardiaca. Conforme aumenta el nivel de esfuerzo para la ejecución de la actividad, las células necesitan más oxígeno para producir energía y por ende hay un aumento en el número de latidos cardiacos y un mayor flujo sanguíneo al músculo para cubrir la demanda de oxígeno (Wilmore y Costill, 2000).

Por este motivo, la intensidad de una actividad puede ser medida por la frecuencia cardiaca o por el número de veces que se eleva el metabolismo basal, lo que se conoce como equivalente metabólico o METs (Wilmore y Costill, 2000).

De acuerdo con estas variaciones en la intensidad, se han propuesto varios sistemas de clasificación para categorizar las actividades en sedentarias, livianas, moderadas, fuertes o muy fuertes. Bouchard y sus colaboradores (citado por Mc Ardle et al., 2001) desarrollaron una de estas clasificaciones. Según este sistema, las actividades de la gente joven se pueden clasificar en: sedentarias ($\leq 1,0$ MET), livianas ($< 4,5$ METs), regularmente livianas ($< 6,5$ METs), moderadas (< 9 METs), fuertes (> 9 METs) y máximas (≥ 13 METs).

Además de la intensidad de las actividades, el gasto energético depende del tiempo que se destine a las diversas acciones. De esta manera, las personas que pasan la mayor parte del día realizando actividades sedentarias, tienen un gasto energético menor, que

aquellas que destinan más tiempo a la ejecución de actividades de mayor intensidad (Phoelman y Melby, 1998).

ii. Aumento del gasto energético por la ejecución de deportes:

Dentro de las actividades físicas diarias que más pueden incrementar el gasto energético, se encuentra la práctica de rutinas de acondicionamiento físico y la ejecución de deportes competitivos.

En el caso de los deportes, estudios realizados en maratonistas, demuestran que el gasto energético solamente por la carrera es de aproximadamente 10,87 MJ (2600 kcal), lo cual es mayor al GED estimado para un adulto sedentario. De igual forma en competencias de natación tipo maratón, se han encontrado gastos energéticos en competencia de más de 25,1 MJ o 6000 kcal (Mc Ardle et al., 2001).

Ebine y sus colaboradores (2000) encontraron en mujeres de nado sincronizado un GED de 11,44±2,8 MJ (2738±672 kcal), lo cual es mayor que las 9,2 MJ (2200 kcal) que se han calculado para mujeres sedentarias. Hill y Davies (2002) encontraron en mujeres que practicaban el canotaje un GED promedio de 16,5 MJ/d (3957 kcal/d).

En deportes de ultraresistencia se pueden encontrar gastos de 41,8 MJ (10000 kcal) o más, como es el caso de competencias de ciclismo o triatlón. Kimber, Ross, Mason y Speedy (2002) midieron el GE en competencia para 10 hombres y 8 mujeres participantes en un triatlón tipo "Ironman" (3,8 kms natación, 180 km ciclismo de ruta y 42,2 km de carrera), y obtuvieron valores de 41,95±0.4 MJ en hombres y 35,82 ± 4,24 MJ en mujeres (10036± 931 kcal en hombres y 8570±1014 kcal en mujeres).

iii. Gasto energético en jóvenes y adolescentes futbolistas.

El fútbol es un deporte que emplea varias destrezas físicas como la potencia, la velocidad y la resistencia. Esto lo convierte en un tipo de actividad en la cual se combinan los tres sistemas de producción de energía del cuerpo, a saber, sistema creatina fosfato, sistema aeróbico y sistema anaeróbico (Tumilty, 1993).

Varios autores, han reportado que un jugador corre entre 8 y 12 km por partido, además, que realizan una gran cantidad de movimientos, los cuales cambian de uno a otro en períodos muy cortos de tiempo. Entre estos movimientos se destacan el pique explosivo, esquivar al rival, los saltos y patadas con alto nivel de potencia, trotes leves o moderados, caminata leve, las caídas y levantadas del suelo, todas estas acciones implican un importante gasto de energía (Reilly, 1997; Tumilty, 1993; Bangsbo, 1994; Guevara y del Pozo, 1998; Maughan, 1997).

Con respecto al nivel de intensidad, se ha determinado que la frecuencia cardiaca (FC) de un jugador en la competencia, oscila entre 160-180 latidos por minuto, lo que representa entre 70 y 85% de su FC máxima. (Scaglioni, Salazar, Aragón, 2002; Ali y Farrally 1991). Según Bangsbro (1994), estos niveles de intensidad corresponden a un gasto energético de 5,7 MJ (1360 kcal) para una persona de 75 kg con un consumo máximo de oxígeno de 60 ml/kg/minuto. Este dato es bastante similar a los resultados obtenidos por Scaglioni, Salazar y Aragón, (2001) en futbolistas costarricenses de primera división. En este estudio, se obtuvo un rango en el gasto de energía por partido, que oscilaba entre 3,76-5,0 MJ (898 y 1197 kcal) para 5 jugadores jóvenes.

Las diferencias en el GE entre jugadores de un mismo equipo, se deben en parte a la posición que ocupan dentro del campo de juego. Se ha determinado que los mediocampistas presentan más actividad durante el juego, aumentando la intensidad y la demanda de energía. Esta intensidad desciende respectivamente en los delanteros, defensas y porteros, (Ali y Farrally 1991). Rico-Sanz (1998) indica que el gasto de energía por la práctica del fútbol es de 50 kJ/min (12 kcal/min), en entrenamiento y de 69 kJ/min (16 kcal/min) para los jugadores de campo y 20 kJ/min (4,8 kcal/min) para los porteros, durante el partido.

En cuanto al gasto energético diario para futbolistas adultos de sexo masculino, Ebine et al (2002) obtuvieron un promedio de $14,76 \pm 1,7$ MJ/d (3532 ± 408 kcal/d) utilizando la técnica del Agua Doblemente Marcada (ADM). En adolescentes Rico-Sanz et al (1998) reportaron un GED promedio de $16,02 \pm 2,39$ MJ (3833 ± 571 kcal) en futbolistas del equipo olímpico de Puerto Rico, cuya edad promedio era de 17 años. En este estudio, el GED se

obtuvo por registro de actividad física durante 12 días. Por su parte, en Finlandia, Fogelholm et al., (1995), encontraron un GED promedio de $16,47 \pm 1,57$ MJ (3940 ± 375 kcal) en adolescentes futbolistas pero de sexo femenino, utilizando una combinación de los métodos calorimetría indirecta y registro de actividad física.

B. Métodos para medir el Gasto Energético Diario .

El Gasto Energético Diario, se compone de la sumatoria de las energías de la tasa metabólica basal, la termogénesis dietaria inducida y las actividades típicas del individuo. Para la medición de estos componentes, se han empleado diferentes métodos entre los que destacan los métodos calorimétricos (calorimetría directa e indirecta) y los métodos no calorimétricos como el agua doblemente marcada, los registros de actividad física, las fórmulas de predicción y la medición de la frecuencia cardíaca.

1. Calorimetrías: Los métodos calorimétricos, se basan en el hecho de que la energía pasa de una forma a otra convirtiéndose finalmente en calor. En el cuerpo humano entre 60% y 70% de la energía se libera como calor y el 30% restante se destina a trabajos mecánicos y actividades celulares. Debido a este hecho, la cantidad de energía que libera una reacción, puede ser medida por la cantidad de calor producido (Wilmore y Costill, 2000). Las unidades que se utilizan para medir este calor, se denominan kilocalorías y se definen como el calor necesario para elevar la temperatura de un gramo de agua, de 14,5 a 15,5 °C. También el calor puede ser medido en kilojoules, que equivalen a 4,189 kilocalorías.

a. Calorimetría Directa: Este método consiste en medir el calor desprendido por el cuerpo en diversas actividades diarias. Para tal efecto, se construye un cuarto rodeado por un compartimento con agua. Las paredes que separan el cuarto permiten que el calor desprendido caliente el agua. De esta forma se puede obtener cuánto subió la temperatura del agua mientras el sujeto realiza diversas actividades y por lo tanto, se puede obtener el dato de la energía en kilocalorías que se gasta por cada actividad. También se ha

diseñado un traje con agua fría que cumple la misma función que la cámara y que tiene la ventaja de que el sujeto puede moverse más libremente que en la cámara (Mc Neill, 1994).

La calorimetría directa es un método muy costoso, es lento y no sigue cambios rápidos en la liberación de energía, por lo que no se recomienda para medir el metabolismo energético en ejercicios intensos (Wilmore y Costill, 2000).

b. Calorimetría Indirecta: En este tipo de calorimetría, el calor no se mide directamente, sino que la energía es estimada a partir del intercambio respiratorio de gases. La combustión de nutrientes para producir energía, dióxido de carbono y agua, requiere de oxígeno. Con base en la cantidad de oxígeno consumido y de dióxido de carbono producido, se puede estimar la energía que se produce, ya que se ha calculado que el consumo de un litro de oxígeno corresponde a 5 kilocalorías (Wilmore y Costill, 2000; Mc Neill, 1994).

Las calorimetrías indirectas son adecuadas para medir el consumo de oxígeno (VO_2) y el aumento del gasto energético en ejercicio, ya que “el metabolismo oxidativo depende del aporte adecuado de oxígeno, por lo que cuando la intensidad del ejercicio aumenta, también aumentan las demandas de oxígeno, por lo que la respiración y el latido cardíaco se incrementan. La cantidad de oxígeno que entra a los pulmones es directamente proporcional a la cantidad usada en los tejidos para el metabolismo oxidativo, por eso se puede hacer una estimación razonablemente precisa de la producción de energía midiendo la cantidad de oxígeno consumida por los pulmones” (Wilmore y Costill, 2000, pág.107).

La calorimetría indirecta cuenta con el inconveniente que si el sistema de recolección de gases es incómodo, el movimiento se puede ver limitado, alterando los resultados (Mc Ardle et al., 2001; Going, 2003). No obstante, en la actualidad los equipos han sido diseñados de manera tal que se puedan realizar mediciones al aire libre, que puedan asemejar más las condiciones normales. La Calorimetría Indirecta ha sido muy utilizada en atletas para medir el GER o el GE por actividad en banda sin fin o cicloergómetro. (Foghelholm, Kukkonen, Taipale, Sievanen, Oja y Vuon, 1995; Gravante, Pomnara,

Angelome, Russo y Trugglio, 2001; Ebine, et al., 2000; Thompson y Manore, 1996; Scaglioni et al., 2002; Foster, Koning, Hetting, Lamper, Fodge, Bobbert y Porcari, 2004).

2. Métodos no calorimétricos.

a. Agua doblemente marcada (ADM): este método es muy seguro y cuenta con una precisión del 98%, por lo que ha sido considerado el método patrón. Además, tiene la ventaja de que las personas pueden desarrollar sus actividades cotidianas libremente sin que el método interfiera en la realización normal de las mismas (Kopp-Hoolihan et al., 1999).

La técnica del agua doblemente marcada consiste en brindar al sujeto agua marcada con los isótopos deuterio ($2H_2$) y oxígeno 18; estos isótopos se dispersan en el agua corporal y entran rápidamente a los ciclos metabólicos, donde son gradualmente metabolizados. Los niveles de deuterio y de oxígeno entran en equilibrio por la reacción con la carbonato deshidrogenada (Going, 2003). “La velocidad a la que los dos isótopos abandonan el cuerpo, puede determinarse analizando su presencia en una serie de muestras de orina, saliva y sangre. Estos ritmos de producción pueden usarse entonces para calcular cuánto dióxido de carbono se produce, y este valor puede convertirse en consumo energético usando ecuaciones calorimétricas.” (Wilmore y Costill, 2000, pág. 107).

A pesar de la seguridad y precisión de esta técnica, el ADM presenta el inconveniente de tener un costo económico muy alto, por lo que su utilización se puede ver limitada (Roubenoff et al., 1999).

b. Fórmulas de predicción: las fórmulas de predicción son ecuaciones, que se utilizan para estimar el metabolismo basal y el gasto energético diario de un sujeto, dependiendo de su peso, sexo y edad. Estas ecuaciones, han sido determinadas por análisis de regresión utilizando los datos obtenidos de estudios calorimétricos.

Las fórmulas de predicción son fáciles de utilizar y no presentan ningún costo para su aplicación, solamente conocer las variables de cada sujeto. Sin embargo, su utilización en

ciertos grupos de edad y en todas las etnias, ha sido cuestionada por diversos investigadores.

Klein (1998), afirma que la ecuación de Harris-Benedict (verla en el anexo A) fue hecha por un análisis de regresión, utilizando los datos de gasto energético en reposo de individuos adultos con Índice de Masa Corporal menor o igual a 40. Sin embargo los análisis no fueron diseñados para niños y adolescentes, ya que únicamente 12 personas de las que participaron en el estudio tenían menos de 19 años.

Las afirmaciones de Klein, son apoyadas por otros investigadores que han evaluado grupos de adolescentes con condiciones especiales. En estos estudios, se han comparado los resultados obtenidos por las fórmulas de Harris-Benedict y la de Schofield (FAO/OMS, 1985, ver en anexo A), con algún otro método más preciso, generalmente el método del agua doblemente marcada (Murphy, Ireton, Hillman, Gorman y Liepa, 1995; Kopp-Hoolihan, et al., 1999).

Uno de estos estudios, fue guiado por Murphy y colaboradores, en adolescentes con fibrosis quística. En este estudio, los investigadores encontraron que las fórmulas de predicción subestimaron el gasto energético en los sujetos, por lo que concluyeron que en los periodos de vida donde existe máximo crecimiento, es necesario aplicar métodos como la calorimetría indirecta.

Otra investigación con características similares, fue efectuada por Kopp-Hoolihan y colaboradores en 1999. En este estudio realizado con preadolescentes con anemia de la célula falciforme, los investigadores concluyeron que utilizar fórmulas de predicción no es preciso en púberes y adolescentes. Agregan además que el retardo en el crecimiento que encontraron en estos jóvenes, puede deberse a una subestimación en sus requerimientos energéticos.

Por otra parte, se ha determinado que el gasto energético varía en las diversas poblaciones o grupos étnicos, por lo que la aplicación de las fórmulas no debe ser igual

para todas las razas. Al respecto varios autores indican que la fórmula de Harris- Benedict fue realizada con base en sujetos de raza blanca, por lo que los datos no pueden ser extrapolados a otras poblaciones. En cuanto al trabajo de la OMS, los científicos indican que sí contó con la participación de diferentes grupos raciales, sin embargo no existe distinción entre las razas dentro del estudio (Case, Brahler y Hess, 1997, De Lany et al., 2002, Klein, 1998, Bandini et al., 2003).

En el caso de poblaciones asiáticas, Case y su grupo (1997) encontraron que las fórmulas de predicción sobreestiman los requerimientos energéticos de las mujeres, cuando los datos son comparados con las mediciones obtenidas por calorimetría indirecta.

Otros investigadores han encontrado que el gasto energético es mayor en adolescentes blancos que en sus compañeros negros de origen afroamericano (Bandini et al., 2003; Sun et al., 2001). En el caso de las poblaciones centroamericanas se ha encontrado algo similar, ya que los niños guatemaltecos presentaban un GER menor que el de los niños anglosajones (Goran y Sun, 1998).

La utilización de fórmulas de predicción también ha sido cuestionada al aplicarla en deportistas. Thompson (1998), encontró que las fórmulas de predicción subestimaron el GER en adultos deportistas, cuando los resultados se compararon con los datos obtenidos de la calorimetría indirecta.

Tomando en cuenta los resultados de los estudios descritos previamente, en los que se indican que las fórmulas de predicción no son convenientes para ser aplicadas en adolescentes, ni en deportistas, ni en todos los grupos raciales; es necesario emplear otro método para determinar el gasto energético en reposo en futbolistas adolescentes.

c. Registros de Actividad Física: Los registros de actividad física consisten en anotar todas las actividades realizadas durante el día, indicando el tiempo destinado en cada acción y de alguna forma el nivel de intensidad de cada actividad. Con

base en el registro de actividades y en el costo energético para cada actividad, se puede estimar el gasto energético diario.

Estos registros son poco costosos y pueden ser completados por un observador o por el mismo sujeto de estudio. Este método ha sido utilizado tanto en poblaciones normales como en atletas (Rico-Sanz, 1998, Fogelholm et al., 1995).

En el caso de que las actividades sean registradas por personas analfabetas, este método debe ser adaptado, para que registren sus actividades por medio de dibujos o símbolos. Sallis y colaboradores (citado por Going, 2003), no recomiendan el uso de este método en niños; sin embargo afirman que conforme aumenta la edad, la validez y confiabilidad del método también aumentan, por lo que indican que puede ser usado en personas mayores de 10 años.

Por su parte Conway y colaboradores (2002), indican que los registros de actividades proveen un estimado aceptable del gasto energético diario, no obstante si lo que se realiza es un recordatorio de 7 días, se presentan muchas limitaciones para estimar el gasto energético, ya que subestima significativamente la cantidad de energía desprendida. Otro grupo de investigadores, dirigido por Roubenoff (2002), evaluaron la validez del método en comparación con el agua doblemente marcada y concluyeron que los registros de actividad física no pueden sustituir al método del agua isotópica, sin embargo indican que sí son capaces de detectar diferencias en los niveles de actividad física entre grupos.

d. Medición de la frecuencia cardiaca (FC): Es otra forma indirecta de medir la energía que se consume en el día. Consiste en registrar la frecuencia cardiaca en las diferentes actividades durante el día y se basa en el hecho de que existe una relación directa entre el consumo de oxígeno (VO_2) y la frecuencia de los latidos cardiacos, “cuando la intensidad del ejercicio aumenta, también aumentan las demandas de oxígeno, por lo que la respiración y el latido cardíaco se incrementan” (Wilmore y Costill, 2000, pág. 109).

Debido a que el método se basa en la relación entre la FC y el consumo de oxígeno, es necesario medir el VO_2 y la FC del sujeto en el laboratorio y graficar dicha información, de manera tal que se obtenga una función lineal entre ambas variables. Tomando en cuenta esta gráfica se puede obtener el consumo de oxígeno de una persona, a partir de los valores de la FC registrada durante un período determinado. Una vez que se obtiene el consumo de oxígeno, el gasto energético se puede obtener, ya que se sabe que por cada litro de oxígeno consumido hay un gasto aproximado de 5 kcal. Esta metodología ha sido utilizada en diversas investigaciones para obtener el gasto energético en deportes (Ekelund, Yngue, Westertep y Sjöstrom, 2002; Kimber et al, 2002; Hillokorp, Fogelholm, Laukkanen, Pasanen, Oja, Mantari y Natri, 1999). En Costa Rica, fue utilizado por Scaglioni et al., (2002) para obtener el gasto energético durante un partido de fútbol.

e. Medición de la ingesta energética (IE): Este método consiste en registrar el consumo de alimentos durante un tiempo determinado. De los alimentos consumidos, se obtiene la ingesta de energía, la cual se supone debe ser igual al GED, si existe un balance entre ambos. La forma en que se determina que existe balance energético, es evaluando el peso y la composición corporal. Si la persona no cambia durante este tiempo su peso, ni sus reservas corporales de grasas y proteína, se asume que existe balance energético y que la ingesta se equipara al GED.

En el caso de atletas, se ha observado que este método no es confiable, ya que los atletas tienden a subestimar su consumo de alimentos y por ende su ingesta energética. Tal es el caso de dos estudios independientes guiados por Ebine et al (2000) en futbolistas de élite y por Hill y Davies, (2002) en mujeres remadoras. En estos estudios el GE se midió por la técnica ADM y la ingesta se obtuvo por registro de peso directo del consumo de alimentos. En el estudio de Hill y Davies, se encontró un subregistro promedio de 4,60 MJ (1100 kcal), mientras que en el de Ebine y su grupo, se presentó un subregistro promedio de 1,67 MJ (400 kcal). Ambos grupos concluyen que la IE no es un método apropiado para determinar requerimientos energéticos en atletas.

III. ANTECEDENTES

Al revisar los estudios publicados, cuya descripción y análisis se muestran en el Anexo B, “Antecedentes”; se encontraron dos investigaciones realizadas para medir gasto energético diario en futbolistas adolescentes (Rico-Sanz, et al, 1998; Fogelholm et al, 1995) y otras dos investigaciones para determinar el GED en futbolistas adultos (Gravante et al., 2001, Ebine et al., 2002).

Uno de estos estudios fue conducido por Fogelholm et al., (1995) en atletas finlandesas adolescentes. En esta investigación el GER se determinó por calorimetría indirecta, mientras que el GED se calculó utilizando un registro de actividades de 7 días. El GER para estas jóvenes fue de $5,73 \pm 0,32$ MJ/d (1371 ± 137 kcal) y el GED $16,47 \pm 1,57$ MJ (3940 ± 375 kcal).

El otro estudio fue elaborado por Rico-Sanz et al (1998), para examinar el estado físico y nutricional de varones adolescentes, del equipo olímpico de fútbol de Puerto Rico. La edad promedio para este grupo era de 17 ± 2 años. En este estudio los jugadores fueron capacitados durante 2 días para llenar un registro de actividades de 12 días. Las actividades debían ser registradas cada 5 minutos y fueron clasificadas en 5 grupos: acostado, sentado, de pie, caminando y entrenando. En este grupo se estimó que el GED era de $16,02 \pm 2,4$ MJ/d (3833 ± 571 kcal por día).

Los otros dos estudios fueron realizados en varones y mujeres adultos, jugadores profesionales de fútbol. Uno de estos estudios, se llevó a cabo en Japón con varones. En esta investigación se midió el GED utilizando la técnica de ADM y se obtuvo un valor promedio de 3532 ± 408 kcal/d o $14,76 \pm 1,705$ MJ /d (Ebine et al, 2002). En la otra investigación, se midió el Gasto Energético en Reposo, por medio de Calorimetría indirecta, en mujeres futbolistas. Los resultados obtenidos indicaron que el GER fue de $6,35$ MJ (1520 kcal) para este grupo (Gravante et al, 2001).

En Costa Rica, no existen estudios documentados sobre GED en futbolistas, sin embargo cabe resaltar la investigación realizada por Scaglioni et al., (2002) para medir el

gasto energético durante el juego, en 5 jugadores profesionales costarricenses. A pesar de que no se midieron ni el GER ni el GED, es la única investigación realizada y documentada en Costa Rica, para medir gasto de energía en futbolistas durante la competencia. En este estudio, el gasto energético se midió utilizando el método de frecuencia cardíaca y los resultados indicaron que el gasto de estos jugadores en tres partidos oficiales, estaba entre 3,75 y 5,03 MJ (898 y 1197 kcal).

Por último cabe citar un estudio realizado por Thompson y Manore (1996) con atletas de resistencia de los Estados Unidos. Aunque esta investigación no fue realizada con futbolistas, es importante denotar que el objetivo principal de la misma era comparar el GER obtenido por calorimetría indirecta con los datos obtenidos por medio de las fórmulas de predicción. Dentro de las conclusiones del estudio, se estableció la necesidad de desarrollar ecuaciones específicas para atletas, ya que las fórmulas de predicción brindaron datos significativamente diferentes a los que se obtuvieron por la calorimetría. Estos resultados brindan un antecedente para la presente investigación en la cual se plantea la hipótesis de que el gasto energético en reposo medido por calorimetría indirecta, en los adolescentes futbolistas es significativamente diferente del gasto energético en reposo, estimado por la fórmula de FAO-OMS.

IV. PREGUNTAS DE INVESTIGACION E HIPOTESIS

Preguntas de investigación:

1-¿Cuánto varía el Gasto Energético Diario (GED) en un grupo de futbolistas adolescentes en días de entrenamiento, días de competencia y días de descanso?

2- ¿Cuál es la variabilidad intra-individual al utilizar dos metodologías diferentes para estimar el GER?

Hipótesis:

1-El gasto energético diario es significativamente mayor en los días de partido y entrenamiento, que en los días en que no hay práctica.

2-El gasto energético en reposo medido por calorimetría indirecta, en adolescentes futbolistas es significativamente diferente de gasto energético estimado por la fórmula de FAO-OMS (1985).

V. OBJETIVOS

A. Objetivo General:

Determinar el Gasto Energético Diario en futbolistas adolescentes de sexo masculino, mediante el uso de calorimetría indirecta y el registro de actividad física.

B. Objetivos Específicos:

- 1- Describir la composición corporal de los adolescentes participantes en el estudio, por medio de antropometría.
- 2- Determinar el gasto energético en reposo de los participantes en la investigación, utilizando el método de calorimetría indirecta.
- 3- Identificar el patrón de actividad física de los adolescentes, por medio de un registro diario de actividades, recolectado durante 3 días.
- 4- Determinar el gasto energético diario de las actividades de los adolescentes utilizando la tasa de metabolismo basal y el método de equivalentes metabólicos.
- 5- Comparar la estimación del requerimiento energético, según Calorimetría Indirecta y según la fórmula de FAO/OMS en este grupo.
- 6- Comparar la variabilidad intra-individual en el gasto energético diario de los jóvenes, en días de entrenamiento, días de juego y en días de descanso.

VI. MARCO METODOLOGICO.

A. Tipo de estudio: esta investigación es de tipo descriptivo, transversal y a su vez comparativo, ya que además de describir las relaciones entre las variables más importantes, se comparan los datos obtenidos por la calorimetría indirecta con los datos calculados por la fórmula de Schofield (FAO/OMS, 1985) y se realizó una comparación del GED de cada sujeto, en tres días diferentes (partido, entrenamiento y descanso).

B. Población: estuvo conformada por 31 Futbolistas jugadores de campo, de 15 y de 18 años de las ligas menores de la Liga Deportiva Alajuelense, en el año 2004

C. Muestra: la muestra fue seleccionada a conveniencia y estuvo conformada por 18 adolescentes voluntarios (nueve jugadores de 15 años cumplidos y nueve de 18 años cumplidos), todos jugadores de campo (3 defensas de 15 años, 3 mediocampistas de 15 años, 3 delanteros de 15 años, 3 defensas de 18 años, 3 mediocampistas de 18 años y 3 delanteros de 18 años).

1. Submuestra: de los 18 participantes, se estudió una submuestra compuesta por seis sujetos (1 defensa, 1 mediocampista y 1 delantero por cada grupo de edad). Estos sujetos fueron seleccionados al azar para determinar el gasto energético durante un entrenamiento y un partido de fútbol.

D. Criterios de inclusión: se tomaron en cuenta los siguientes criterios de inclusión: varones con edad de 15 años cumplidos en el 2004 y varones con edad de 18 años cumplidos en el 2004, jugadores del proyecto Alejandro Morera Soto de las ligas menores de la L.D.A. De nacionalidad y origen costarricense, excluyendo a aquellos de raza negra, debido a las diferencias encontradas entre razas en composición corporal y metabolismo basal (Case et al., 1997, Bandini et al., 2003, Sun et al., 2001, Goran y Sun, 1998).

D. Variables:

1- *Dimensionalidad:* es el estudio de las medidas corporales. Dentro de las medidas antropométricas, se encuentran el peso y la talla. El peso, es una cualidad física de la

materia que se define como la cantidad de masa del cuerpo multiplicada por la fuerza de gravedad. La talla, es una medida de longitud y en los humanos se toma desde la parte más prominente del cráneo (unión de los huesos parietales o vértex) hasta la parte inferior del hueso calcáneo en el talón. Con el peso y la talla, se calcula el Índice de Masa Corporal, el cual se define como la razón del peso en kilogramos entre la talla en metros al cuadrado (kg/m^2).

2-Composición corporal: es la proporción de los diferentes compartimentos corporales. La composición corporal se compone de: el porcentaje de grasa, que es la proporción de la masa corporal correspondiente al tejido graso y el porcentaje de masa magra, el cual incluye el porcentaje de la masa corporal compuesto por los otros compartimentos (agua, masa ósea, masa muscular y órganos).

3-Gasto energético en reposo: energía que se gasta en el estado de reposo supino, para mantener las funciones basales. Cantidad de energía, que se gasta para sostener los procesos vitales. Esta energía, comprende las reacciones para el funcionamiento de los órganos vitales, el metabolismo durante el sueño y el metabolismo al despertarse (Mc Ardle et al., 2001. pág 57).

4-Patrón de actividad física: es el tipo y duración de todas las actividades que realiza el sujeto durante el día o la dinámica corporal diaria que utiliza parte de la energía.

5-Gasto energético diario por actividades: “Energía que se gasta sobre el metabolismo basal y el efecto termogénico de los alimentos, la cual incluye el gasto energético en actividades voluntarias e involuntarias” (Phoelman y Melby, 1998. pág 145).

6-Variabilidad intraindividual en el GED: variación del gasto energético diario de un mismo individuo en días diferentes.

La operacionalización de estas variables se muestra en el Anexo C.

E. Recolección de datos:

a. *Reclutamiento de voluntarios y explicación del estudio:* los equipos de las ligas menores de la LDA tienen sus sedes de entrenamiento en varias canchas de fútbol ubicadas en el cantón central de la provincia de Alajuela. La cantidad de entrenamientos es de 3-4 por semana con 2-3 días de descanso y un día de partido (generalmente sábado o domingo).

Para el reclutamiento de voluntarios, se coordinó con los entrenadores y directivos del proyecto, y se realizó una visita a cada equipo en la cual se explicó al entrenador y los jugadores, los objetivos del estudio y se tomaron los datos personales de los jugadores, que se inscribieron como voluntarios.

b. *Consentimiento informado:* se citó por teléfono a los jugadores y padres de los futbolistas menores de edad, a una reunión, donde se explicó detalladamente el proyecto y se leyó el formulario de consentimiento informado (Anexo D). Los jugadores de 18 años y los padres de los jóvenes menores de edad firmaron el consentimiento y a cada uno se le entregó una copia del mismo.

c. *Capacitación para el registro de la actividad física:* a cada uno de los grupos de futbolistas se le brindó una capacitación de 2 sesiones sobre la forma de llenar el registro de actividad física (adaptado de Bouchard et al., 1983). Las capacitaciones se llevaron a cabo antes de los entrenamientos y tuvieron una duración de 40 minutos. En dichas capacitaciones, se brindó una explicación sobre el método de registro, el cual se puede observar en el Anexo E “Instructivo para registro de actividades” y además se realizó una práctica en la que se completó el “Formulario para registro de actividades” (Anexo F). Esta práctica fue revisada con cada jugador, luego de haber sido completada.

En la última capacitación, se indicó a los jugadores que debían llenar un registro de un día a manera de segunda práctica. Este registro fue entregado 8 días después de la última capacitación y con base en el mismo, se evaluó la comprensión del método y se realizaron las últimas correcciones, para poder así iniciar la recolección de los datos.

d. Realización del registro de actividades: una vez que se comprobó que los sujetos participantes podían llenar satisfactoriamente el formulario de registro de un día, se entregaron los formularios para el registro de actividades durante tres días. Los jóvenes llenaron el registro de tres días (día de entrenamiento, día de partido y día de descanso) en una misma semana y los entregaron 8 días más tarde en el lugar y hora del entrenamiento.

En el día en que los jóvenes entregaron el registro, se elaboraron las citas para la recolección de datos antropométricos y metabólicos, junto con un material impreso con las condiciones que se deben cumplir para la realización de dichas pruebas (Anexo G).

e. Recolección de datos antropométricos y metabólicos: las mediciones antropométricas fueron tomadas a cada sujeto en el Laboratorio de Nutrición Humana de la Escuela de Nutrición de la Universidad de Costa Rica, donde los sujetos se presentaron en grupos de 3 o 4 personas (según citas), a las 7 am en el laboratorio para la toma del peso y la talla corporales.

El peso se midió en una balanza calibrada de marca Healthometer, sensibilidad 100 gramos, capacidad 160 kilogramos. La talla fue medida utilizando un tallímetro de pared marca Chasmors Ltd. con sensibilidad de 1 milímetro y capacidad 2 metros. Ambas mediciones se efectuaron siguiendo la metodología para toma de medidas antropométricas descritas por Lohman, Roche y Martorell (1998). Todas las mediciones se tomaron por duplicado para verificar la calidad de los datos y registraron en un formulario diseñado para tal efecto (Anexo H).

El porcentaje de grasa se obtuvo por medio de la toma de los pliegues cutáneos tricipital, subescapular, midaxilar, suprailíaco, abdominal, femoral y el de la pantorrilla, con las cuales se aplicó la ecuación de Jackson y Pollock (1978, citado por Heyward, 1998), para hombres de raza blanca (Anexo I). Dichas mediciones fueron efectuadas en el laboratorio del Programa en Ciencias de la Salud (PROCESA) de la Universidad Nacional por el encargado de las pruebas funcionales. Para tal efecto se utilizó un calibrador de marca Lange, con sensibilidad 1 milímetro y capacidad 65 milímetros y se siguió el

protocolo descrito por Fernández y Aragón (1995) para la toma de pliegues cutáneos (Anexo I). Los datos fueron anotados por la investigadora en la bitácora del estudio.

Para las mediciones del GER se utilizó el analizador de gases VO2000 de Medgraphics Inc (1998) de la Escuela de Nutrición de la UCR, los jóvenes realizaron dos visitas a este laboratorio y en ambos días, se presentaron acatando todas las disposiciones ya descritas en el Anexo G. Cada prueba metabólica tuvo una duración de 15 minutos, período en el cual se pudo observar que los datos del consumo de gases se encontraban estables. Este análisis se efectuó en dos días diferentes, separados por una semana, para descartar errores en el equipo.

f. Consumo máximo de oxígeno: seis sujetos seleccionados al azar según su posición en el campo de juego (defensa, mediocampista, delantero), realizaron una prueba de consumo máximo de oxígeno en el laboratorio del Programa en Ciencias de la Salud (PROCESA) de la Universidad Nacional, siguiendo un protocolo de medición directa de gases (ver protocolo en anexo J).

Con base en los datos de esta prueba se elaboró una ecuación de regresión lineal para obtener el consumo de oxígeno (variable dependiente), a partir de la frecuencia cardiaca (variable independiente).

$$\text{Ecuación obtenida } \text{VO}_2 \text{ ml/kg/min} = X * \text{FC} - Y$$

g. Gasto energético en entrenamiento y en el partido de fútbol: El gasto energético en entrenamiento y en un partido de fútbol, se calculó en 6 sujetos (3 por cada grupo de edad), seleccionados al azar según su posición en el campo de juego. A cada uno de los jugadores seleccionados, para esta medición, se le colocó antes de iniciar el entrenamiento y el partido de fútbol, un monitor o unidad de pulsera en la muñeca y una banda transmisora de la frecuencia cardiaca en el pecho (ambos marca Polar™, modelo A1).

Por medio de este monitor Polar™, modelo A1, se obtuvo la frecuencia cardiaca de tres jugadores (defensa, mediocampista y delantero) en un entrenamiento y en un juego de

la categoría de 15 años y se realizó lo mismo en un entrenamiento y un partido de la categoría 18 años. El gasto energético en el partido, se calculó por medio de la relación entre la frecuencia cardiaca y el consumo de oxígeno, determinada previamente en el laboratorio PROCESA de la Universidad Nacional y por la relación entre consumo de oxígeno y gasto energético (1 litro de oxígeno= 5 kcal). Tales cálculos pueden ser observados en el Anexo K.

Para cada jugador se determinó el equivalente metabólico (Gasto energético por actividad/gasto energético basal) para el entrenamiento y para el partido de fútbol. Dicho resultado fue utilizado para calcular el gasto energético de sus compañeros de equipo y de posición, tanto en el entrenamiento, como en el partido (como se aprecia en el ya mencionado Anexo K).

F.Análisis de datos: Los datos fueron analizados utilizando el programa Microsoft Office Excel 2003. En el Anexo L, se puede observar una matriz de los principales aspectos del análisis.

El cálculo del gasto energético diario, se obtuvo realizando una sumatoria de los gastos energéticos de todas y cada una de las actividades realizadas. El gasto para cada una de las actividades (a excepción del gasto por entrenamiento y el gasto por partido), se determinó multiplicando el gasto basal por minuto (gasto por calorimetría), el tiempo en minutos destinado a cada una de las actividades (según registro diario de actividad física) y el costo energético asignado a cada actividad según el método de equivalentes metabólicos, compilado por Ainsworth et al., (1998). Esto se realizó para cada uno de los 3 días registrados.

Los equivalentes metabólicos son factores que se asignan a una actividad e indican el número de veces que una actividad eleva el gasto basal (gasto actividad/gasto basal=equivalente metabólico o METs). Los equivalentes metabólicos o METs, utilizados en este estudio (a excepción de los METs para entrenamiento y partido), fueron los de Ainsworth et al., 1998, según se pueden observar en el Anexo M.

El gasto energético en entrenamiento y en partido se calculó para 6 sujetos (3 por cada grupo de edad, en cada grupo de edad se eligió uno por cada posición de juego). El cálculo del gasto en entrenamiento de cada uno de ellos, se obtuvo por medio de una ecuación de regresión lineal a partir de la relación FC-VO₂ (Anexo K).

El promedio y la desviación estándar fueron calculados para todas las variables en estudio. La prueba de t-student se utilizó para determinar las diferencias en el gasto energético en reposo obtenido por calorimetría y el GER calculado por la fórmula de FAO/OMS.

El análisis de varianza unidireccional, se utilizó para determinar diferencias intraindividuales en los tres días diferentes (entrenamiento, descanso, partido) y el análisis post-hoc, se realizó por medio de la prueba de Tukey; esta prueba determinó cuál era el día que provocaba la diferencia en el análisis de varianza (ver pruebas estadísticas en el anexo N).

VII. RESULTADOS.

A. Características generales.

De los sujetos reclutados como voluntarios, fueron seleccionados 18 jóvenes (3 defensas, 3 mediocampistas y 3 delanteros por grupo de edad), todos ellos cumplieron satisfactoriamente con la capacitación, el registro de actividades y los análisis metabólicos. Las características generales de estos sujetos, se presentan en el cuadro No. 1.

CUADRO No. 1
Características generales de un grupo de adolescentes futbolistas de sexo masculino, con edades de 15 y 18 años en el 2004, Alajuela, Costa Rica.

Variable	15 años N=9				18 años N=9			
	Promedio	± SD	Mín	Max	Prom	± SD	Mín	Max
Peso (kg)	59,0	4,03	51,8	65,6	62,5	5,48	53,8	68,6
Talla (m)	1,70	0,03	1,66	1,74	1,72	0,06	1,65	1,83
IMC(kg/m ²)	20,36	1,53	18,5	22,9	21,08	1,74	19,5	24,6
%grasa	6,3*	1,34	5,0	9,0	8,2*	1,7	6,0	11,0
% masa magra	93,7	1,54	91,0	95,0	91,8	1,6	89,0	94,0

* $p \leq 0,05$

Como se puede observar, no se encontraron diferencias significativas entre las variables antropométricas de estos sujetos, a excepción del porcentaje de grasa que fue significativamente menor en los jóvenes de 15 años.

Todos los sujetos presentaron un IMC dentro de los rangos normales para adolescentes (de 18 a 25 kg/m²) y el porcentaje de grasa de los 18 sujetos se encontró entre el 4 y el 10%.

B. Gasto energético.

a. *Gasto energético en reposo*: los resultados del gasto energético en reposo, pueden ser observados en el cuadro No. 2. Dentro de cada uno de los grupos de edad, no se

encontraron diferencias significativas entre el gasto energético en reposo calculado por la fórmula de FAO/OMS y el gasto energético obtenido de la calorimetría indirecta ($p=0.72$ en el grupo de 15 años y $p=0.09$ en el grupo de 18 años).

CUADRO No. 2.

Gasto energético en reposo (GER) obtenido por calorimetría indirecta y por fórmula de FAO/OMS. Futbolistas de sexo masculino, con edades de 15 y 18 años en el 2004. Alajuela, Costa Rica.

	15 años N=9				18 años N=9			
	Prom	SD±	Min	Max	Prom	SD±	Min	Max
GER fórmula MJ (kcal)	7,01 (1682)	0,29 (70.6)	6,5 (1557)	7,5 (1799)	6,8 (1635)	0,35 (84)	6,26 (1502)	7,20 (1728)
GERcalorimetría MJ (Kcal)	7,22 (1733)	0,17 (420)	5,44 (1304)	10,3 (2489)	7,40 (1772)	0,12 (299)	5,75 (1380)	8,51 (2042)

b. Gasto Energético en el partido y el entrenamiento: esta variable fue medida en tres sujetos por cada grupo de edad, dependiendo de sus posiciones en el campo de juego. Para el cálculo del gasto energético en el partido, se utilizó el método de la frecuencia cardiaca, para lo cual se necesitó previamente de una prueba de consumo máximo de oxígeno vs. frecuencia cardiaca (descrita previamente). Con esta prueba se obtuvieron las rectas de mejor ajuste (ecuaciones de regresión lineal) para cada joven. Dichas ecuaciones, permitieron obtener el consumo de oxígeno y por consiguiente el gasto energético, a partir de la frecuencia cardiaca recolectada en los entrenamientos y en los partidos. El cuadro No.3 presenta estas ecuaciones para cada uno de los sujetos evaluados y en el cuadro No. 4 se pueden observar los gastos energéticos y la equivalencia metabólica de estos gastos, en entrenamiento y en partido, para cada uno de los jóvenes que conformaron esta submuestra ($n=6$). El dato de la equivalencia metabólica fue aplicado, en cada grupo de edad, al resto de los compañeros del equipo que ocuparan la misma posición de juego, para determinar el GE de cada uno de los jugadores. Más detalles sobre estos cálculos pueden ser observados en el Anexo K, denominado “Cálculo del gasto energético en entrenamiento y partido”.

CUADRO No.3.

Ecuaciones de regresión lineal obtenidas para 6 sujetos con diferentes posiciones en el campo de juego. Futbolistas adolescentes de sexo masculino, con edades de 15 y 18 años en el 2004, Alajuela, Costa Rica.

Sujeto	Edad en años cumplidos	Posición en el campo de juego	Peso en kg	Ecuación para determinar VO ₂ en ml/kg/min (FC=frecuencia cardiaca)
1	15	Defensa central	55,8	VO ₂ = 0,31 * FC-23,3
2	15	Mediocampista	58,2	VO ₂ = 0,37 * FC-18,6
3	15	Delantero	61,4	VO ₂ = 0,44 * FC-27,7
4	18	Defensa central	68,6	VO ₂ = 0,27* FC-17,0
5	18	Mediocampista	55,8	VO ₂ = 0,33*FC-2,4
6	18	Delantero	67,4	VO ₂ = 0,24*FC-1,73

Nota: ecuación usando FC promedio de la actividad= VO₂ en ml/kg/min en esa actividad

VO₂ en ml/kg/min*peso kg*tiempo actividad= **mililitros de O₂** consumidos en actividad

Mililitros de O₂ consumidos en actividad/ 1000= **litros de oxígeno** consumidos en la actividad

Litros de oxígeno consumidos en actividad*4.82= gasto energético en kilocalorías

CUADRO No.4.

Consumo máximo de oxígeno (VO₂), gasto energético (GE) y equivalencia metabólica (METs) en entrenamiento y en partido para 6 sujetos con diferentes posiciones en el campo de juego. Futbolistas adolescentes de sexo masculino, edades de 15 y 18 años en el 2004, Alajuela, Costa Rica.

Sujeto/ Posición	VO ₂ máx.	FC Entrenamiento lat/min	Duración (min)	GE MJ (kcal)	Mets	FC partido	Duración min	GE MJ (kcal)	Mets
Edad 15 años		ENTRENAMIENTO				PARTIDO			
1 defensa.	53	182	110	4,1 (980)	7,8	171	96	3, (763)	7,4
2 medioc	78	145	110	4,6 (1081)	9,6	170	96	4,9(1190)	12,0
3 delantero	68	151	110	5,3 (1261)	11,4	164	96	5, (1253)	13,0
Edad 18 años		ENTRENAMIENTO				PARTIDO			
4 defensa.	48	153	100	3,3 (803)	7,8	165	99	3,8(901)	8,8
5 medioc	86	146	100	5,1 (1231)	9,5	170	99	6,0 (1460)	11,4
6 delantero	55	161	100	5,5 (1318)	13,0	169	99	5,2 (1243)	13,0

c. *Gasto energético diario*: con respecto al gasto energético diario, en el grupo de jóvenes de 15 años, el GED fue significativamente menor en el día de descanso, que en el día de partido y también fue menor en el día de descanso que en el día de entrenamiento ($p= 0.04$). No existió diferencia en el GED entre los días de partido y entrenamiento ($p=0.792$). Tales resultados pueden ser observado en el cuadro No.4 y el gráfico No.1.

De igual manera, los jóvenes de 18 años presentaron un gasto menor en el día de descanso que en el día de entrenamiento y que en el día de partido, sin embargo esta diferencia fue aún mayor entre los días de descanso y partido ($p=0.000$), que en entre los días descanso y entrenamiento ($p=0.301$). Tampoco en este grupo existió diferencia entre los días entrenamiento y partido, al igual que en el grupo anterior, tal y como se puede observar en el cuadro No.5 y en el gráfico No.1.

El gasto energético en día de descanso fue similar en ambos grupos, al igual que el GED en los días de entrenamiento y de partido. El grupo de 15 años presentó un gasto de aproximadamente 419 kJ (100 kcal) más que el grupo de los 18 años en los tres días, no obstante esta diferencia no fue significativa.

CUADRO No.5

Gasto energético diario, según día de descanso, partido o entrenamiento.
Futbolistas de sexo masculino, 15 años de edad en el 2004.
Alajuela, Costa Rica.

DÍA	Gasto Energético Diario MJ (kcal) n=9			
	Prom	± SD	Min	Max
Entrenamiento MJ (kcal)	14,24 (3400)**	0,30 (717)	10,17 (2427)	18,69 (4463)
Partido MJ (kcal)	*14,64 (3494)	0,31 (736)	10,94 (2613)	19,67 (4695)
Descanso MJ (kcal)	*10,94 (24612)**	0,38 (910)	6,45 (1539)	17,97 (4290)

ANOVA $P=0.040$,
prueba de Tukey

** $p=0.000$ diferencia significativa entre GED día entrenamiento y GED día descanso
* $p=0.000$ diferencia significativa entre GED día partido y GED día descanso

CUADRO No. 6
Gasto energético diario, según día de descanso, partido o entrenamiento.
Futbolistas de sexo masculino, 18 años de edad en el 2004.
Alajuela, Costa Rica.

DÍA	Gasto Energético Diario MJ (kcal) n=9			
	Promedio	± SD	Min	Max
Entrenamiento MJ (kcal)	14,09 (3364)*	0,30 (735)	9,38 (2238)	17,66 (4216)
Partido MJ (kcal)	* *14,90 (3557)	0,32 (763)	9,96 (2377)	19,28 (4603)
Descanso MJ (kcal)	* *10,64 (2540)*	0,35 (850)	7,67 (1832)	14,44 (3447)

ANOVA P=0.000,

prueba de Tukey

**p=0.000 diferencia significativa entre GED día entrenamiento y GED día descanso

*p=0.000 diferencia significativa entre GED día partido y GED día descanso

C. Patrón de actividad física.

En el gráfico No.2, se puede observar la distribución de las actividades diarias de los jóvenes de 15 años, en los tres días evaluados, mientras que el gráfico No.3 presenta dicha distribución, en el grupo de 18 años.

En el grupo de jugadores de 15 años, las actividades predominantes en los tres días fueron aquellas de más baja intensidad: “durmiendo o acostado” y “sentado”. Cada una de ellas representó aproximadamente el 40% del tiempo y entre ambas sumaron el 82% del tiempo en el día de descanso, el 77% en el día de entrenamiento y el 73% en el día de partido. Estar de pie representó alrededor del 10% del tiempo en los tres días, mientras que la actividad caminando se mantuvo entre los 4 y 6% en los tres días evaluados. El porcentaje del tiempo restante fue destinado a la práctica del fútbol, en los días entrenamiento (9%) y partido(6%) y a otras actividades principalmente en el día de entrenamiento y el día de descanso (8 y 4% respectivamente).

Al igual que los jóvenes de 15 años, los jugadores de 18 años destinaron la mayoría de su tiempo a estar “durmiendo o acostados” o “sentados” en los 3 días (42% del tiempo

total acostados y 42% sentados, en el día de descanso y 45% acostados y 30% sentados en los días partido y entrenamiento).

El porcentaje de tiempo destinado a estar de pie fue de un 10% en los 3 días, mientras que alrededor del 5% del total del tiempo se destinó para caminar.

El entrenamiento representó el 9% del tiempo de ese día, mientras que la duración del juego de fútbol significó el 7% del tiempo del día del evento (en este caso domingo). En este grupo el tiempo destinado a “otras actividades” fue menor al 2% en los tres días.

D. Variabilidad intraindividual: según se puede observar en los cuadros 4 y 5, el Análisis de varianza determinó que se encontraron diferencias significativas en los gastos energéticos de los tres días evaluados, entrenamiento, partido y descanso ($p=0.04$) en el grupo de 15 años y al realizar un análisis post-hoc, por medio de la prueba de Tukey, se encontró que esta diferencia se encontraba entre el día de entrenamiento y el día del descanso ($p=0.00$) y entre el día del partido y el día del descanso ($p=0.00$).

De igual forma se encontró en el grupo de 18 años; la diferencia al comparar los tres días fue significativa ($p=0.00$) y esta diferencia se encontró entre el día de entrenamiento y el día del descanso ($p=0.00$) y entre el día del partido y el día del descanso ($p=0.00$). Los cálculos de estas pruebas pueden observarse en el Anexo N.

Gráfico No. 1: Gasto energético diario, según día descanso, entrenamiento o partido de futbolistas adolescentes de sexo masculino, con edades de 15 y 18 años en el 2004, Alajuela-Costa Rica.

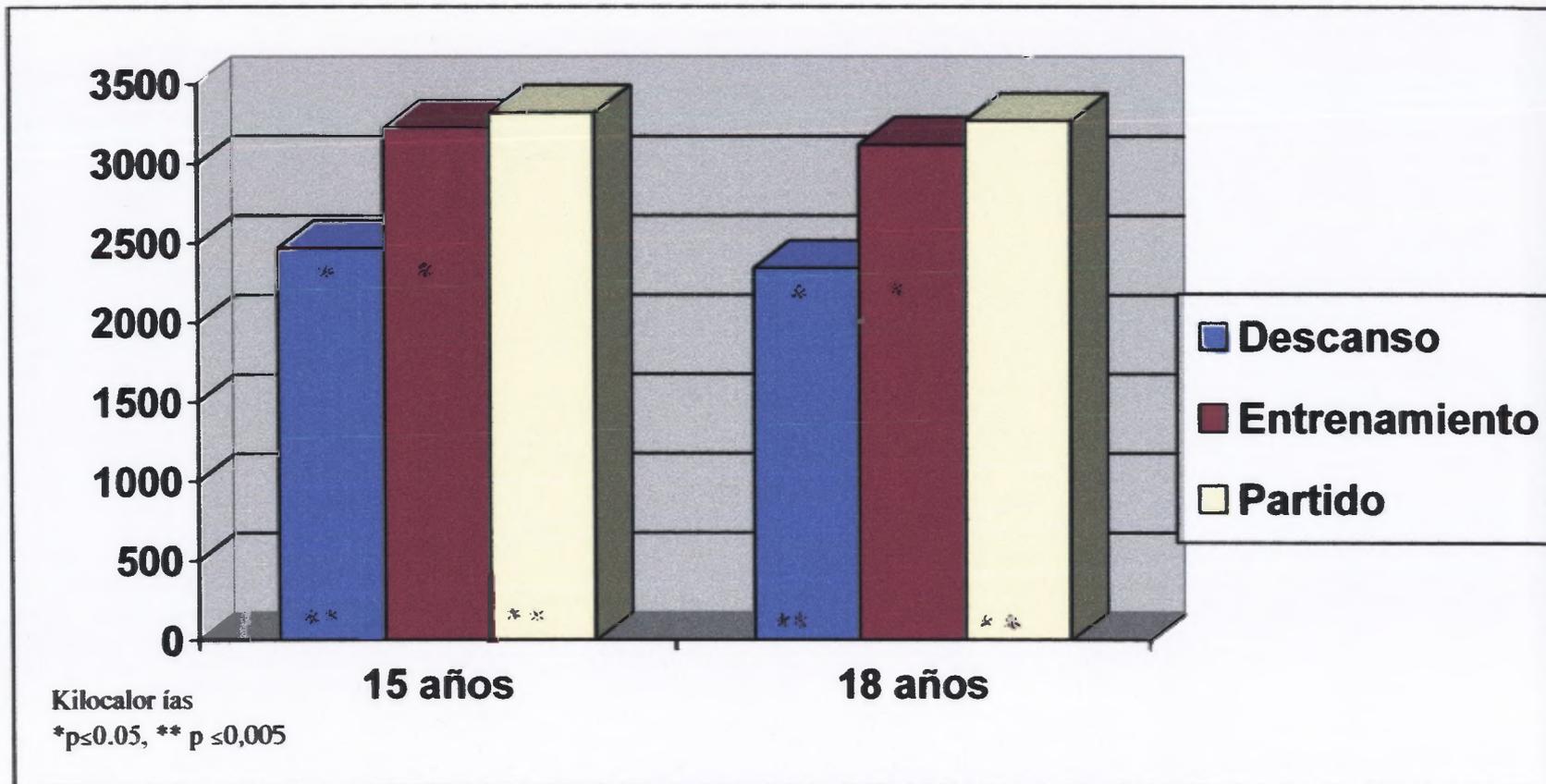


Gráfico No. 2: Patrón de actividad física según día de descanso, entrenamiento y partido en futbolistas masculinos de 15 años, Alajuela, 2004.

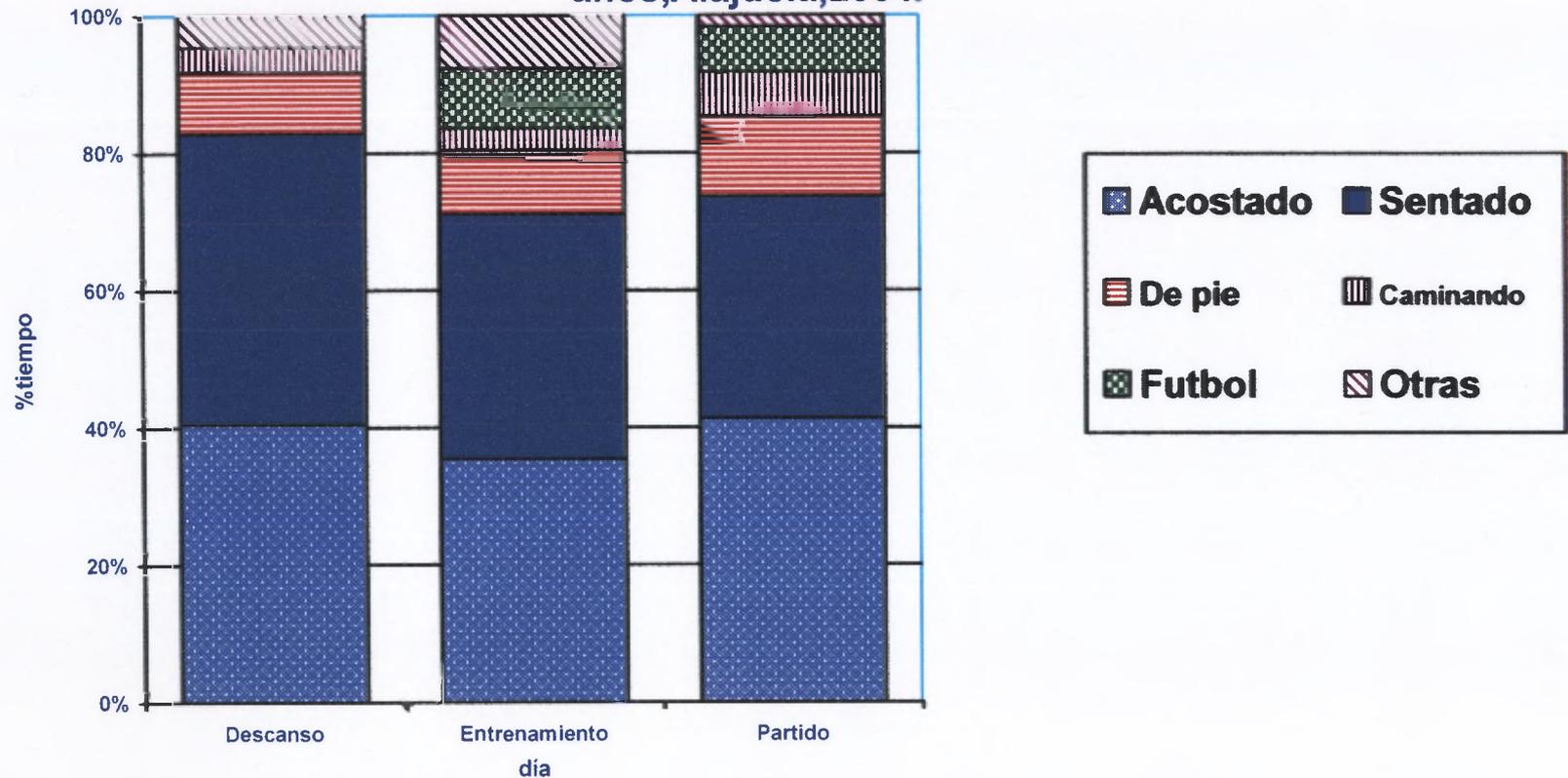
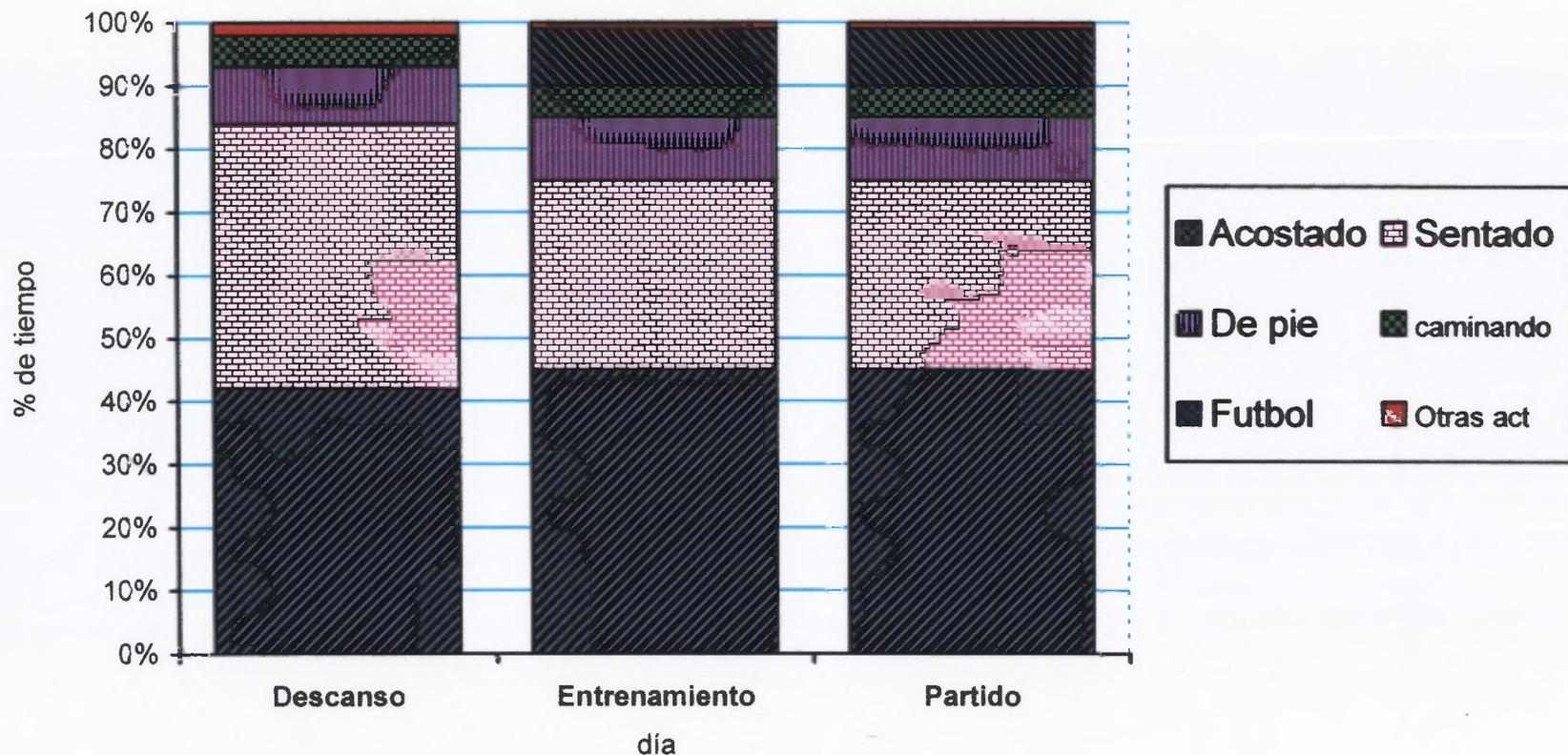


Gráfico No 3: Patrón de actividad física de futbolistas adolescentes de sexo masculino con edad de 18 años en el 2004



IX. DISCUSION DE RESULTADOS

A. Características antropométricas:

Según los resultados obtenidos, los dos grupos de jóvenes evaluados (15 y 18 años), presentaron un IMC promedio, dentro de los rangos saludables y muy similar al IMC reportado por otros autores para futbolistas con estas mismas edades (Kirkendall, 1985; Leatt, Shepard y Pyley, 1987; Rahkila y Luthanen, 1991; citados por Rico-Sanz et al., 1998; Le Blanc et al, 2002; Higuchi, Kobata, Inonuo, Ishii, Hasegawa y Ohishi, 1998), lo que indica los beneficios de la práctica de su deporte.

También, con respecto al porcentaje de grasa, tanto los jóvenes de 15 como los de 18 años mostraron un porcentaje de grasa menor al 10%, lo cual es muy similar a los valores reportados para otros futbolistas adolescentes (Kirkendall, 1985; Leatt, Shepard y Pyley, 1987; Rahkila y Luthanen, 1991; citados por Rico-Sanz, 1998; Le Blanc et al, 2002) y a los datos encontrados en jugadores profesionales (Beltranena, 2002), tal hallazgo indica que la composición corporal de estos jóvenes coincide con la actividad deportiva que practican.

En ambos grupos, pero aún más en el grupo de jugadores de 15 años, el porcentaje de grasa promedio fue bajo (8,2 y 6,3%). Dicha situación aumenta la importancia de la determinación del gasto energético diario, ya que los porcentajes de grasa medidos, se encuentran cerca de la reserva corporal mínima para el adecuado funcionamiento fisiológico, sobretodo si se toma en cuenta que estos jóvenes se encuentran en etapa de crecimiento.

B. Gasto energético en reposo, utilizando dos metodologías diferentes:

En este estudio se esperaba encontrar diferencias significativas entre el gasto energético en reposo obtenido por calorimetría indirecta y el gasto energético en reposo estimado por la fórmula de Schofield (FAO/OMS), no obstante dicha diferencia no se encontró.

La hipótesis que planteaba la posibilidad de obtener datos diferentes, se basó en varias investigaciones en las que se compararon estos dos métodos en poblaciones de adolescentes, encontrando diferencias significativas entre ambas metodologías (Murphy et al, 1995; Kopp-Hoolihan et al, 1999; Ringwald et al, 1999). No obstante dichas investigaciones diferían de la presente en el tamaño de la muestra y en otros aspectos, como el hecho de que en ninguna de ellas los adolescentes eran deportistas. Estas variaciones metodológicas podrían justificar dichas diferencias.

A su vez, se esperaba encontrar esta diferencia por tratarse en este estudio de atletas masculinos con un bajo porcentaje de grasa. Thompson y Manore (1998) demostraron que existe una variación significativa entre las fórmulas de predicción y la calorimetría indirecta, cuando estos métodos se aplican a atletas con 10% o menos de grasa corporal. No obstante, se debe tomar en cuenta que en el estudio de Thompson y Manore, los sujetos eran adultos con edades entre los 22 y 68 años, por lo que las muestras no pueden ser comparables.

Otra de las razones para proponer que existía diferencia entre ambos métodos, es el hecho de que se han observado diferencias en el gasto energético entre los diversos grupos raciales (Bandini et al., 2003; Sun et al., 2001; Rush, Plank y Coward, 1999; Goran y Sun, 1998), de manera tal que al medir el GER por calorimetría indirecta, se ha encontrado en la mayoría de estas poblaciones (polinesios, afroamericanos, indios pima, latinoamericanos) que éste es significativamente menor al calculado por las fórmulas. A pesar de estos planteamientos no se encontraron diferencias significativas entre ambas metodologías, en este estudio. Una razón para no encontrar tales diferencias podría ser que en los estudios citados anteriormente las poblaciones estudiadas diferían también en algunas de las características, como sexo, edad o el no ser deportistas como lo fue la población de este estudio.

Se considera que aunque se tomaron todas las medidas para evitar errores en la medición, el tipo de equipo utilizado para las mismas pudo estar sujeto a error referido a fugas en la captación de los gases, mala colocación de las boquillas o una calibración

inadecuada del analizador de gases; estos factores podrían haber limitado la validez de los datos y podrían haber afectado en la comprobación de la hipótesis.

Por último, una de las principales limitaciones en los estudios de gasto energético, es el número de la muestra. El detalle y cantidad de procedimientos, limita el número de sujetos participantes y esto implica que la variación en uno o dos sujetos, afecte considerablemente el promedio. Este aspecto pudo haber provocado que no se encontraran los resultados esperados, sobretodo si se observa que los valores mínimos y máximos en el GER obtenido por calorimetría presentan diferencias considerables (5,44 MJ o 1304 kcal mínimo en el grupo de 15 años y 10,33 MJ o 2489 kcal máximo en este grupo; en el grupo de 18 años, el GER mínimo por calorimetría fue de 5,75 MJ o 1380 kcal, mientras que el máximo fue de 8,51 MJ o 2042 kcal))

C. Consumo máximo de oxígeno, frecuencia cardiaca y gasto energético en el partido y el entrenamiento:

Los resultados obtenidos muestran que los adolescentes evaluados presentan un consumo máximo de oxígeno similar o inclusive mayor al reportado en futbolistas de la élite nacional e internacional (Ali y Farrally, 1991; Tumilty, 1993; Reilly, 1993; Scaglioni et al, 2002).

El alto nivel en el consumo máximo de oxígeno, presentado sobretodo por los mediocampistas (78 y 86 ml/kg/min para el mediocampista de 15 y el de 18 años, respectivamente), podría deberse a una condición física muy buena, sin embargo, llama la atención que los niveles son más elevados de lo que se esperaría para el tipo de deporte (60 ml/kg/min según Tumilty, 1993). Tal situación, implica que pudieran existir fallas en el equipo, como problemas en la calibración de los gases, mala colocación de boquillas, etc. que pudieran estar afectando los resultados, como ya se ha mencionado

Sin embargo al tratarse de una sola medición tampoco podría llegarse a una conclusión sobre la validez y precisión de este dato, aspecto que ha sido considerado como una de las principales debilidades de la metodología en esta investigación. No obstante,

cabe resaltar, que Ekblom (1986, citado por Tumilty, 1993), encontró consumos de 70 ml/kg/min en jugadores de fútbol, suecos, este valor se asemeja al encontrado en esta investigación. Además, cabe resaltar que el consumo máximo de oxígeno obtenido de los 6 sujetos, es mayor en los 2 mediocampistas, seguido por el consumo de los 2 delanteros y es menor en los 2 defensas, tal y como lo reportan otros investigadores (Ali y Farrally, 1991; Tumilty, 1993; Reilly, 1993; Scaglioni et al, 2002).

Con respecto a la frecuencia cardiaca en partido y en entrenamiento, se encontraron valores que coinciden con los reportados por otros autores, en futbolistas jóvenes de élite (Tumilty, 1993, Reilly, 1993, Rico-Sanz, 1998, Scaglioni et al., 2002).

Sin embargo, se debe tomar en cuenta que la frecuencia cardiaca puede ser afectada por factores como la temperatura ambiental, el nivel de estrés psicológico o el estado de ansiedad, por lo que una sola medición no es representativa. A estos factores se suma también, el hecho de que el nivel de intensidad del entrenamiento o del partido, puede variar de acuerdo con el estado de ánimo de la persona, el nivel de cansancio previo a la actividad, el grado de importancia del partido (si es oficial o amistoso, clasificatorio, etc.) o inclusive el nivel del rival. Todas estas condiciones indican que lo ideal sería contar con varias mediciones para cada jugador, en diferentes entrenamientos y diferentes partidos, lo cual hubiera implicado replantear el diseño del estudio.

El gasto energético en el entrenamiento y el partido, es también similar al reportado por Ali y Farrally, 1991; Tumilty, 1993; Reilly, 1993 y por Scaglioni et al, 2002. No obstante, al ser esta variable calculada a partir de la frecuencia cardiaca, su validez dependerá de la validez y confiabilidad de la prueba de consumo máximo de oxígeno y de los datos de frecuencia cardiaca, por lo que también los gastos energéticos obtenidos en esta investigación podrían no estar reflejando el gasto real de estos jóvenes.

Por otra parte, al evaluar el gasto por posición de juego, los defensas presentaron los menores gastos energéticos tanto en entrenamiento, como en partido y un equivalente metabólico inclusive menor (entre 7 y 8 METs) al asignado por Ainsworth et al., (1998) al

fútbol competitivo (10 METS), resultado que podría deberse a lo discutido anteriormente con relación al consumo máximo de oxígeno y a la frecuencia cardiaca.

En el caso de los mediocampistas y delanteros, éstos presentaron gastos energéticos superiores a los defensas, tal y como lo indica la literatura consultada. No obstante, llama la atención que en ambos grupos, son los delanteros quienes presentan mayor gasto energético y mayor equivalencia metabólica que sus compañeros mediocampistas, al contrario de lo que relatan otros autores, quienes indican que son los mediocampistas los que presentan una mayor movilidad y por ende un mayor gasto energético (Ali y Farrally 1991; Tumilty, 1993; Reilly, 1993). La razón de la equivalencia metabólica en entrenamiento es de 9,5 METs en los mediocampistas, similar a los 10 METs asignados en el compendio de Ainsworth et al., (1998), pero es mayor a los 10 METs en los delanteros (11,4 y 13 METs). En el partido de fútbol, los dos mediocampistas superaron los 10 METs (12 y 11, 4 METs para el jugador de 15 y el de 18 años respectivamente) y de igual manera los dos delanteros (13 METs).

Al igual que se comentó anteriormente, el hecho de contar con una sola medición por persona, pudo afectar los resultados. Aparte de este factor, se considera que aunque la selección fue hecha al azar y según la teoría estadística los resultados de una muestra al azar pueden ser extendidos al resto del grupo, se considera que es imposible determinar si los otros compañeros de posición presentaron el mismo nivel de intensidad que los sujetos evaluados y si su nivel de condición física era similar, más bajo o superior al de los 6 jóvenes evaluados. No se puede determinar tampoco, cualquier otro factor que pudiera incidir en que el gasto energético de los compañeros no evaluados fuera diferente del que presentaron los 6 miembros de la submuestra. Por lo tanto, lo ideal hubiera sido contar con el gasto energético de los 18 sujetos, en varios partidos y varios entrenamientos para obtener una estimación más real del gasto energético; sin embargo esto no fue posible por limitaciones de tiempo y presupuesto.

D. Patrón de actividad física:

El patrón de actividad física de estos jóvenes es muy similar al que Rico-Sanz (1998), describió en los jugadores adolescentes puertorriqueños. Tanto en el estudio puertorriqueño como en la presente investigación, se determinó que los futbolistas destinaban la mayoría de su tiempo a actividades sedentarias como estar sentado o acostado y destinan muy poco tiempo a actividades con un mayor nivel de intensidad.

Se debe tomar en cuenta, que como todo método de registro, el registro de actividades está sujeto a errores tales como: el subregistro de actividades de corta duración, la sobreestimación de tiempo en actividades principales, entre otros.

No obstante, debido al interés mostrado por los sujetos en las capacitaciones, el detalle mostrado en los registros y la coincidencia con los patrones reportados por Rico-Sanz (1998), se considera que el método fue adecuado para determinar el patrón de actividad física de los 18 adolescentes.

D. Gasto energético diario.

Esta variable, que corresponde al objetivo general de esta investigación, se ve afectada por todas las variables discutidas anteriormente, por lo que la validez de los datos obtenidos se ve afectada por los mismos factores que pudieron haber incidido en el consumo máximo de oxígeno, la frecuencia cardíaca, el gasto energético en entrenamiento y en partido y el patrón de actividad física.

Tal y como se esperaba, el gasto en los días entrenamiento y partido fue significativamente mayor que en el día de descanso, tanto en los jóvenes de 15 años como en los de 18, aunque cabe resaltar que en el grupo de los 18 años, esta diferencia fue aún mayor entre los días de partido y descanso.

No se encontraron diferencias significativas entre los días de entrenamiento y partido, aunque en ambos grupos, se gastó más energía en el día de partido que en el día de entrenamiento. Estos resultados coinciden con los datos reportados por Rico-Sanz (1998), quien indica que el gasto promedio en el día de entrenamiento es de 8,51 MJ (3550 kcal), mientras que en el día del partido es de 9,11 MJ (3800 kcal).

Con respecto a otros estudios, solamente se encontró una investigación en la que se determinó el GED en futbolistas adolescentes masculinos (Rico-Sanz et al., 1998). En esta investigación de Rico-Sanz et al., 1998, el gasto energético de los adolescentes evaluados, fue mayor al de los participantes en la presente investigación.

Tales diferencias pueden deberse a la utilización de metodologías diferentes para el cálculo del GED, ya que en el estudio de Rico-Sanz (1998) se utilizó únicamente el registro diario de actividades.

X. CONCLUSIONES

Con base en los resultados presentados se concluye que en estos dos grupos de adolescentes futbolistas, el Gasto Energético Diario (GED) fue significativamente mayor en los días de partido y entrenamiento que en los días de descanso. Dicha diferencia fue aún más significativa entre los días de partido y descanso en el grupo de futbolistas de 18 años. No se encontraron diferencias significativas entre el Gasto Energético Diario entre los días de partido y entrenamiento en ninguno de los dos grupos evaluados.

Según el patrón de actividad física y el Análisis de varianza unidireccional, se concluye que la práctica del fútbol es la que provoca la diferencia entre los gastos energéticos de los días entrenamiento y descanso y entre los días partido y descanso. Por lo tanto se concluye y se recomienda que la determinación del gasto energético en esta actividad, sea determinado de la forma más válida y precisa posible.

En este estudio se determinó, que en el grupo de adolescentes evaluados, no se encontraron diferencias significativas entre el gasto energético en reposo medido por calorimetría indirecta y el gasto energético en reposo estimado por la fórmula de Schofield. Por lo tanto, se concluye que ambos métodos pueden ser utilizados indistintamente en el grupo de jóvenes evaluados, para la determinación del GER.

Por otra parte se pudo observar en el estudio que los datos de la composición corporal de estos sujetos, son similares a los encontrados en otros futbolistas adolescentes. No obstante, el porcentaje de grasa es un poco menor al porcentaje que han reportado otros autores. Cabe resaltar que en el grupo de 15 años, este porcentaje estuvo cerca de la reserva mínima corporal, por lo que la vigilancia nutricional se torna muy importante para evitar complicaciones a nivel del crecimiento y desarrollo de estos sujetos.

En cuanto al consumo máximo de oxígeno de los 6 sujetos evaluados, se determinó, que es menor en los defensas, seguido de los delanteros y mayor en los mediocampistas, lo cual corresponde con las revisiones bibliográficas. Tanto los defensas como los delanteros

presentaron consumos máximos de oxígeno similares a los reportados por la literatura, no obstante el de los mediocampistas fue muy superior al esperado.

En cuanto al gasto energético en el partido medido en 6 sujetos, se determinó que corresponde con el gasto que han reportado otros investigadores, tanto en Costa Rica como en otros países. Sin embargo se concluye que no es conveniente medir este gasto una sola vez, ni aplicar este gasto a los compañeros de equipo que juegan la misma posición, ya que esta variable está determinada por muchos factores.

Respecto a la metodología empleada se estima que brinda un dato más real del gasto energético de un sujeto, que la aplicación de fórmulas, factores de actividad o equivalencias metabólicas obtenidas de tablas.

A pesar de que el estudio presentó ciertas debilidades como el tamaño de la muestra y el número de veces que se midieron algunas variables clave; se considera que la metodología puede ser replicada, tomando en cuenta los aspectos discutidos previamente.

XI. RECOMENDACIONES

Con base en las anteriores conclusiones, se recomienda:

Los resultados obtenidos, en cuanto a las diferencias en el GED, implican que estos jóvenes, idealmente, deberían contar con dos patrones de alimentación diferentes, uno con el aporte energético que compense el gasto en el día del entrenamiento y el día del partido y otro patrón, en el que la alimentación satisfaga las necesidades para el día de descanso. Esto implicaría, que sería conveniente también, la elaboración de un programa de educación nutricional para estos jóvenes, de manera tal que adopten la disciplina alimentaria como parte de su disciplina deportiva.

Además es conveniente realizar un estudio paralelo de ingesta energética para determinar el balance energético, ya que en este grupo se encontraron porcentajes de grasa inclusive más bajos que los encontrados en futbolistas adolescentes de otros países.

Debido a que la determinación del gasto en entrenamiento y partido es el factor primordial en la diferencia en el gasto intraindividual, se recomienda que éste sea determinado en todos los sujetos y tomando todas las consideraciones descritas previamente en la discusión de resultados.

Para comprobar que tales resultados reflejan un dato confiable, se concluye y recomienda que la prueba sea repetida varias veces, pues puede estar sujeta a fallas en el equipo o a situaciones fisiológicas individuales. Pese a que en este estudio dicha prueba solo se realizó una vez, los resultados indican, que los mediocampistas presentan un mayor consumo máximo de oxígeno que sus otros compañeros.

Por otra parte, se determinó que la frecuencia cardiaca de los sujetos evaluados, tanto en entrenamiento como en partido, es similar a la reportada por otros autores. No obstante se recomienda, que dicha variable no sea medida una sola vez, ya que está sujeta a diversos factores que la pueden afectar, como se indicó previamente.

Por ende lo recomendable sería ampliar este estudio en más sujetos y con mediciones repetidas, para poder generalizar los resultados obtenidos, ya que a pesar de todas las dificultades metodológicas, se considera que los resultados de este estudio podrían ser confiables ya que coinciden con los datos encontrados por otros autores.

Por último se recomienda, que estos estudios sean realizados por grupos de investigadores, de manera tal que se pueda distribuir la carga de trabajo del estudio y se logre aumentar el tamaño de la muestra, para que ésta sea seleccionada estadísticamente por muestreo al azar y sea representativa de la población evaluada. Por otra parte, el trabajo de investigación en grupo, permitiría realizar varias mediciones de algunas variables como: gasto en reposo, consumo máximo de oxígeno y frecuencia cardiaca, las cuales son claves en la determinación del gasto energético diario, como se ha venido recomendando.

XII. BIBLIOGRAFÍA

1. Ali, A & Farrally M. (1991) Recording soccer players heart rate during matches. J Sports Sci. Summer; 9(2):183-9.
2. Ainsworth, R; Haskell, L; León A; Jacobs, D; Montoye, H; Sallis, J & Paffenberger, R (1998). Compendium of physical activities. Classification of energy costs of human physical activities. Manual for guidelines for exercise testing and prescription. Baltimore, USA: Williams and Wilkins.
3. Aragón, LF y Fernández, A. (1995). Fisiología del ejercicio: respuestas al entrenamiento y medición. 1 ed. San José, Costa Rica: Editorial de la Universidad de Costa Rica,
4. Ball, E; O' Connor, J; Abbott, R; Steinbeck, K, Davies, P; Wishart, C; Gaskin, K; & Baur, L (2001). Total energy expenditure, body fatness and physical activity in children aged 6-9 y. Am J Clin Nutr. 74:524-8.
5. Beltranena, M (2002). Valoración dietética y composición corporal en selección de fútbol mayor. Revista Internacional de Fútbol y Ciencia. 1(2): 3-9.
6. Bandini, G; Must, A; Spadamo, J & Dietz, W (2003). Relation of body composition, parental, overweight, pubertal stage and race ethnicity to energy expenditure among premenarcheal girls. Am J Clin Nutr. 77:1248-54.
7. Bangsbo, J. (1994). Energy demands in competitive soccer. Journal of Sport Sciences. 12: S5-S12
8. Bitar, A; Vernet, J; Coudert, J & Vermorel, M (1995) Twenty four hours energy expenditure and its components in prepubertal children as determined by whole body indirect calorimetry and compared with young adults. Am J Clin Nutr 62:308-15.
9. Bouchard, C; Tremblay a; Le Blanc C; Lortie G; Savard R & Therault G. (1983). A method to assess energy expenditure. Am J Clin Nutr. 37:461-7.
10. Cámara, K y Gavini K. (sf). Fútbol: aspectos fisiológicos, antropométricos y nutricionales. Recuperado 26 de julio 2004 de <http://www.nutriinfo.com.ar>
11. Case, K; Brahler, J & Heiss, C (1997). Resting energy expenditure in asian women by indirect calorimetry. Am J Clin Nutr. 45(3): 755-61

12. Conway, J; Seale J; Jacobs D; Irwin, M & Ainsworth B.(2002) Comparison of energy expenditure estimates from doubly labeled water, a physical activity questionnaire and physical activity. Am J Clin Nutr. 75:519-525.
13. De Lany, P; Bray, G; Harsha, D & Volaufova, J (2002). Energy expenditure in preadolescents African American and white boys and girls. The Baton Rouge Children Study. Am J Clin Nutr. 75: 705-713.
14. Dionne, I; Després, J; Bouhard, C & Trembaly, A. (2004). Gender difference on the effect of body composition on energy metabolism. Int J Obesity. 23 (3):312-20.
15. Durnin, J (1984). Energy balance in childhood and adolescence. Proceedings of Nutrition Society. 43:271-279.
16. Dufour, D; Reina, J & Spurr, G. (1999). Energy intake and expenditure of free-living , pregnant Colombian women in an urban setting. Am J Clin Nutr.70:69-76
17. Ebine N; Feng Y; Humma M; Saitoh S & Jones, P (2000) Total Energy Expenditure of elite sincronized swimmers measured by the doubly labeled water method. Eur J Appl Physiol. 83:1-6
18. Ebine, N; Rafamantanantosa, H; Nayuki,Y; Yamanka, K; Tashima, K; Ono, T; Saitoh, S & Jones, P (2002). Measurement of Total Energy expenditure by double labeled water method in professional soccer players. Journal of Sports Science 20: 391-7.
19. Ekelund, U; Yngue A, Westertep K & Sjostrom, M (2002). Energy expenditure assessment by heart rate and double labeled water in young athletes. Med Sci Sports Exce.34(8): 1360-66.
20. FAO/OMS/ONU. Comité de Expertos OMS sobre el uso e interpretación de la antropometría (1985). El estado físico: uso e interpretación de la antropometría: informe de un comité de experto de la OMS. España: Organización Mundial de la Salud.
21. Fogelholm, G; Kukkonen, T; Taipale, S; Sievanen, H; Oja, P & Vuon, M (1995). Resting Metabolic Rate and energy intake in Female Gymnasts, Figure-skaters and soccer players. Int. J. Sports Med. 16(8):551-556.
22. Foster, C; de Koning J; Hetting F; Lamper J; Fodge C; Bobbert H & Porcari J. Effect of competitive distance on Energy Expenditure during simulated competition (2002). Int J Sports Med. 25:198-204.
23. Going , C (2003)_Physical activity assessment. Am J Clin Nutr: 777:1500-1510

24. Goran, N & Sun, G. (1998). Energy expenditure and physical activity in prepubertal children. Am J Clin Nutr. 68:944S-49.
25. Gravante G; Pomnara F; Angelome C; Russo G & Trugglio A (2001). The Basal Energy Expenditure of female athletes vs sedentary women related to their family history of type 2 diabetes. Acta Diabetol. 38:63-70.
26. Guevara, L & del Pozo, V. (1998). Eating patterns and body composition of mexican soccer players. Int J Sports Nutr. 8:199-204.
27. Heyward, V. (1998). Practical body composition assessment for children, adults and older adults. Int Journal Sports Nutr. 8:85-37
28. Higuchi, K; Kobata, T; Inoue, k; Ishii, K; Hasegawa, I & Ohishi, K. (1998). Nutritional status in male Japanese high school football (soccer) players. Int J Sports Nutr. 8:199-204.
29. Hill, R & Davies, P. (2002) Energy Intake and Energy Expenditure in elite lightweight female rowers. Med Sci Sports Exc. 34(11): 1823-9.
30. Hilloskorp H, Fogelholm M, Laukkannen M, Pasanen P; Oja, P; Mantari A, & Natri A. (1999). Factors affecting the relation between heart rate and energy expenditure during the exercise. Int J Sport Med. 20:438-443
31. Klein, C (1998). The Harris Benedict energy studies: additional considerations. J Am Diet Assoc. 98(9): S970.
32. Kimber N; Ross J; Mason S & Speedy D. (2002). Energy balance during an ironman triathlon in male and female triathletes. International Journal of Sports Nutrition and Exercise Metabolism. 12:47-62.
33. Koop-Hoolihan, L; van Loa, M; Wong, W & King, J (1999). Elevated resting energy expenditure in adolescents with sickle cell anemia. J Am Diet Assoc. 99:195-99.
34. Le Blanc, J; Le Gall, F; Grandjean, V & Verger, P (2002), Nutritional intake o french soccer players at the Claireontaine Training Center. International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism.12:268-280.
35. Lohman, T; Roche, A y Martorell R (1998). Anthropometric Standarization Manual. USA: Braun-Brunfield, Inc.

36. Majiang, M; Mc Cory, M; Ma, G; Tucker, T; Gao, S, Fuss, P; Roberts, S (2003). Relative influence of diet and physical activity on body composition. Am J Clin Nutr.77:1409-16.
37. Maughan, R (1997). Energy and macronutrient intakes of professional soccer players. Br J Sports Med. 31(1):45-7
38. Mc Ardle,C; Katch, F; Katch, M (2001). Chapter 9: Human energy expenditure during rest and physical activity. En Excercise Physiology, Energy Nutrition and Human Performance. Baltimore, USA: Ed. Lippiconty, William and Wilkins.
39. Mc Ardle, C; Katch, F; Katch, M (2001) Chapter 7: Energy for physical activity. Excercise Physiology, Energy Nutrition and Human Performance. Baltimore, USA: Ed. Lippiconty, William and Wilkins.
40. Mc Neill, G. Chapter 11: Energy. En Human Dietetics and Nutrition. 1994.
41. Medgraphics Inc. (1998). Manual de uso. Analizador de gases VO2000.Minnesota, USA: Medgraphics.
42. Murphy, M; Ireton, C; Hilman, B; Gorman, M & Liepa, G. (1995). Resting energy expenditure measured by indirect calorimetry are higher in preadolecents children with cystic fibrosis tan expenditure calculated form predictions equations. J Am Diet Assoc.95:30-33.
43. Phoelman, E & Melby, C. (1998). Resistance training and Energy Balance. Int J Sports Nutr. 8:143-159.
44. Reilly, T (1997). Energetics of high-intensity excercie (soccer) with particular reference to fatigue. Journal of Sports Science. 15:57-63
45. Rico-Sanz, J. (1998). Body composition and nutritional assessment in soccer. Int J Sports Nutr. 8:113-123.
46. Rico-Sanz, J; Frontera, W; Mole, P; Rivera M; Rivera-Brown, A & Meredith, C (1998) Dietary performance asesment of elite soccer players during a period of intense training. Int J Sports Nutr. 8(3): 230-40.
47. Ringwald, J; Williams R; Mackert, P; Stricklin L; Sargent T & Bowman L (1999) Comparison of energy estimation equation with measured expenditure in obese adolescents with cancer. J Am Diet Assoc. 99:844-48.
48. Roubenoff, J; Walsmith, J; Lundgren, N; Snyderman, L; Dolnikowski, G & Roberts, S (2002) Low physical activity reduce energy expenditure in women with rheumatoid arthritis: implicatios for dietary implications recommendations. Am J Clin Nutr 76:774-9.

49. Rush, E; Plank, L & Coward, A. (1999) Energy expenditure in young polynesian and European women in New Zealand and relations with body composition. Am J Clin Nutr 69:43-8.
50. Scaglioni, P; Aragón, F & Salazar, W (2002). Intensidad de juego y Gasto Energético de futbolistas costarricenses de 1 División durante un partido de futbol. Revista Internacional de Fútbol y Ciencia. 1 (1):62-73.
51. Silver, T. (1992). Manual de Medicina del Adolescente. Washington, USA: Organización Panamericana de la Salud. Washington, USA.
52. Sparti, G (1997). Resting Metabolism rate in relation with fat free mass composition. Metabolism.46 (10): 1225-1230.
53. Sun, M; Gower, B; Bartolucci A; Hunter G; Figueroa R & Goran, M (2001). A longitudinal study of resting energy expenditure relative to body composition during puberty in African american and white children. Am J Clin Nutr. 73: 308-15.
54. Thompson, J (1998). Energy Balance in young athletes. Int J Sports Nutr. 8:160-174.
55. Thompson, J & Manore M. (1996). Predicted and measured resting metabolic rate of male and female endurance athletes. J Am Diet Assoc. 96:30-34
56. Trichopolou, A; Gnardelilis, C; Lagiou, A; Benetou, V; Naska, A & Trichopolous, D (2001) Physical activity and energy intake selectively predicte the waist to hip ratio im men but not in women. Am J Clin Nutr.74:574-8.
57. Tumilty, D. Physiological characteristics of elite soccer players (1993). Sports Medicine. 16(2):80-96.
58. Visser, A. (1995). Resting Metabolic rate and dietary induced termogenesis in youth and old in relation with body composition and physical activity. Am J Clin Nutr. 61:772-8.
59. Westertep, K & Goran, M (1997). Relationship between physical activity related energy expenditure and body composition: a gender difference. Int J Obesity. 21(3): 184-9.
60. Wilmore, J & Costill, D. (2000). Fisiología del esfuerzo y del deporte. 3 ed. Barcelona, España: Editorial Paidotribo

XIII. ANEXOS.

ANEXO A

FORMULAS DE PREDICCIÓN
DEL METABOLISMO BASAL.

HARRIS-BENEDICT
SCHOFIELD-FAO/OMS.

FORMULAS DE PREDICCIÓN DEL METABOLISMO BASAL PARA
VARONES ADOLESCENTES

HARRIS-BENEDICT.

$TMB = 66 + (13.7 * \text{peso en Kg}) + (5 * \text{talla en centímetros}) - (5.6 * \text{edad})$

Citado por Klein, 1998.

NOTA: Esta fórmula no fue utilizada en este estudio.

FORMULA DE SCHOFIELD.

De 10 a 18 años: $17.5 * P + 651$ De 18 a 30 años: $15.3 * P + 679$

P es peso en kilogramos

FAO/OMS, 1985

NOTA: Esta fórmula se utilizó para los cálculos de la Tasa de Metabolismo Basal.

ANEXO B

ANTECEDENTES.

ANTECEDENTES

Autor (es)	Año	Objetivo	Sujetos	Metodología de cálculo para GE	Resultados	Conclusión
Foghelholm et al	1995	Probar si las gimnastas y patinadoras artísticas tienen mayor déficit de Energía que las futbolistas y los controles. Probar que estas atletas tienen una reducción en el GEF.	12 gimnastas y patinadoras 12 futbolistas 10 controles	GER se midió utilizando calorimetría indirecta GED se calculó utilizando un registro de actividades de 7 días. Las actividades se dividieron en 4 grupos: descanso (1 MET), actividades moderadas (4 METs), actividades extenuantes (7 METs), actividades muy extenuantes (10 METs).	Mujeres futbolistas GER 5.73 +/- 0.32 MJ/d GED 9.42 +/- 0.9 MJ/d	Ingesta energética fue significativamente menor al GED en gimnastas y patinadoras, pero no en futbolistas o controles. Gimnasta y patinadoras no muestran bajos GER
Thompson y Manore	1996	Medir la TMR de un grupo de atletas de resistencia y compararlo con las ecuaciones de Harris benedict, Owen et al, Mifflin et al y Cunningham	37 atletas de resistencia (24 hombres y 13 mujeres)	La TMR se midió en dos ocasiones, separadas por una semana. En la primera se familiarizó al atleta con el uso del equipo. La TMR se midió entre 6 y 8 am usando Calorimetría Indirecta. Los atletas debían estar con un ayuno de 12 horas y reposar 30 minutos antes de la prueba	La ecuación Cunningham es la que mejor predice la TMR, los resultados de otras ecuaciones fueron significativamente diferentes a la TMR calculada.	La ecuación de Cunningham es la más precisa para ser utilizada en personas con alta actividad física. Se necesitan ecuaciones específicas para atletas
Rico-S et al	1998	Examinar el estado nutricional y físico de futbolistas de élite durante un periodo de entrenamiento intenso	8 jugadores de fútbol del equipo olímpico de Puerto Rico, con edad promedio 17 +/- 2 años	Registro de actividades físicas durante 12 días. Los jugadores fueron capacitados durante 2 días para llenar el registro de actividades. Cada actividad debía registrarse cada 5 minutos. Las actividades fueron divididas en 5 grupos: acostado, sentado, de pie, caminando y entrenando.	Gasto Energético promedio fue de 3833 +/- 571 Kcal	Los ocho jugadores mostraron buena tolerancia al ejercicio intermitente de alta intensidad consistente con sus buenas capacidades físicas.
Rico S, J	1998	Es un estudio de revisión bibliográfica titulado "Composición corporal y evaluación nutricional en el fútbol."	620 sujetos evaluados en diferentes estudios 465 hombres de nivel mayor, 119 jugadores varones de ligas menores y 36 jugadoras de ligas menores	Recopilación de estudios	Ge promedio de 3550 Kcal con un rango de 3100-4050 Kcal. Los días de entrenamiento más fuerte el GED se estimó en 4050 rango de 350-5250 y el día de partido 3800 (3350-4750)	

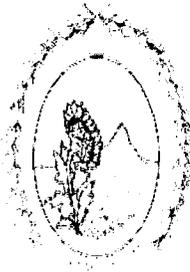
Gravante et al	2001	Investigar la TMB en 16 mujeres futbolistas profesionales y 15 sedentarias en relación a la presencia o ausencia de herencia familiar de DM tipo II	16 mujeres futbolistas profesionales y 15 mujeres sedentarias	La TMR fue medida por Calorimetría Indirecta con 12 horas de ayuno, 10-15 minutos de reposo y una temperatura ambiental de 22-24 grados. La medición se tomó por 30 minutos seguidos	Las futbolistas sin herencia de DM tipo II tenían una TMR significativamente mayor a la TMR calculada por ecuaciones de predicción. Las futbolistas sin herencia de DM tenían una TMR significativamente mayor que las futbolistas con herencia y que las sedentarias (con o sin herencia)	Parece ser que las deportistas con historia familiar de DM tipo II tienen una "inercia metabólica subclínica" que representa una señal de "young diabetes prone subjects", aún con las modificaciones que la AF induce en su composición corporal
Autor: Ebine et al	Año: 2002	Objetivo: Determinar el requerimiento energético de futbolistas profesionales durante la etapa de competencia	Sujetos: 7 jugadores con edad promedio 22 +/- 1.9 años	Metodología: GED fue medido utilizando técnica de Agua doblemente marcada (ADM). Ingesta energética se calculó con base en registro dietético de 7 días. La TMB fue calculada por las RDA para Japoneses	Resultados: GED promedio fue de 3532+408 Kcal/d IE promedio 3133+531 Kcal/d TMR calculada 683+81 Kcal/d GED calculado 3739+180 NAF 2.11+0.3	Conclusión: La IE utilizando el registro de consumo fue subreportada, sugiriendo que el cálculo de estos datos no predice el GED en futbolistas
Autor: Scaglioni, Aragón y Salazar	Año: 2002	Objetivo: Determinar la intensidad y el GE de futbolistas costarricenses de primera división durante un partido de fútbol (NOTA: Se asume no está escrito)	Sujetos: 5 futbolistas de la Primera División de Costa Rica	Metodología: Se obtuvo el Consumo máximo de oxígeno y la FC max de 150 jugadores en una banda sin fin utilizando una prueba máxima. Con los datos de consumo de oxígeno y frecuencia cardíaca, se obtuvo la relación VO2 y FC para cada jugador. Se monitoreó la FC en tres partidos oficiales. Se agruparon los valores por rango de intensidad. Se determinó el GE utilizando la relación FC y VO2 para cada jugador	Resultados: La frecuencia cardíaca de 5 jugadores en tres partidos diferentes osciló entre 154 y 182 lat/min, lo que corresponde a 8-91% de la FCmax. El Gasto energético calculado pro FC estuvo entre 898 y 1197 Kcal/partido	Discusión: Los resultados son similares a los obtenidos en estudios europeos. Hay una tendencia a mantenerse a altas intensidades (sobre 85%) La distribución de esfuerzos es similar a la reportada en otros estudios. El GE oscila entre las 1000 Kcal, lo cual es similar a otros estudios en que se encontró gasto máximo de 1250 y mayores a 1500 obtenidos cuando se tomó únicamente la distancia recorrida para obtener el gasto. Importante medir el papel del rol psicológico

ANEXO C
OPERACIONALIZACION
DE VARIABLES

<p>Determinar el gasto energético diario de las actividades de los adolescentes utilizando la tasa de metabolismo basal y el método de equivalentes metabólicos.</p>	<p>Gasto Energético Diario</p>	<p>Energía que gasta el individuo durante un día, comprende el gasto energético en reposo, la termogénesis dietaria y el gasto por actividad física.</p>	<p>Gasto energético en reposo</p> <p>Gasto energético por actividad física</p>	<p>Energía que gasta el individuo a primeras horas de la mañana, en estado de ayuno, posición supina, temperatura y humedad ambiental controladas</p> <p>Energía que gasta el individuo en las diferentes actividades diarias. Energía que se gasta sobre el metabolismo basal y el efecto termogénico de los alimentos, la cual incluye el gasto energético de actividades voluntarias e involuntarias</p>	<p>Kilocalorías</p> <p>METs</p>
--	--------------------------------	--	--	---	---------------------------------

Se omite la operacionalización de los objetivos 5 y 6, por tratarse de procedimientos de análisis estadístico.

ANEXO D
CONSENTIMIENTO
INFORMADO



ESCUELA DE NUTRICION
POSGRADO EN NUTRICION
HUMANA

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN
COMITÉ ÉTICO CIENTIFICO
Teléfonos:(506) 207-5006 Telefax: (506) 224-9367

FÓRMULA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO
(Para ser sujeto de investigación)

“Determinación del gasto energético diario en futbolistas adolescentes de sexo masculino, por medio de calorimetría indirecta”

Investigadora: María Gabriela Soto Ocampo

Yo _____, menor de edad, acepto voluntariamente, con el permiso de mi padre (madre) o encargado legal _____ someterme al estudio arriba indicado, ya que la información que yo ofrezca será de gran utilidad para definir las necesidades de energía de los futbolistas adolescentes de mi país.

Propósito del estudio: La nutricionista Gabriela Soto de la Universidad de Costa Rica, se encuentra a cargo del estudio en el que usted participará. Esta nutricionista será guiada por los profesores Francisco Sánchez, Anne Chinnock y Jessica Quesada.

El objetivo de este estudio es determinar cuánta energía gastan los futbolistas adolescentes en días de entrenamiento, días de juego y en días en que no practican fútbol.

Las condiciones que los participantes deben de cumplir para concluir el estudio son las siguientes:

1. Tener 15 o 18 años y practicar fútbol en las Ligas Menores de la LDA.
2. No debe presentar enfermedades diagnosticadas, ni consumir drogas, ni medicamentos.
3. Asistir a la capacitación y demostrar que puede brindar información verdadera.
4. Registrar por 3 días, todas las actividades que realice en el día y el tiempo que dura en cada una de ellas.
5. Presentarse en el Laboratorio Nutrición Humana de la Universidad de Costa Rica, a las 6 de la mañana, con 12 horas de ayuno, y sin haber consumido por más de 12 horas café, té o alimentos que contengan cafeína. Presentarse con ropa bien liviana y no debe de haber entrenado fuerte o haber jugado un partido 24 horas antes de la medición.
6. En el laboratorio se le realizará una prueba para medir la cantidad de oxígeno que usted consume y a partir de este volumen de oxígeno se determinará el gasto de energía.
7. Mientras se realiza este examen, debe de estar acostado en una camilla, en reposo absoluto. Se le colocará una boquilla esterilizada y una mascarilla para medir cuánto oxígeno consume y calcular así, cuánta energía gasta. Una vez finalizado esta prueba, se le tomará el peso, la estatura y la cantidad de grasa corporal y posteriormente podrá desayunar y continuar con su día normal.

8. Una semana después debe volver al laboratorio cumpliendo con las mismas condiciones descritas anteriormente. Seis de los participantes deberán realizar actividades con diferentes niveles de intensidad, para obtener una gráfica de frecuencia cardíaca y consumo de oxígeno, lo cual será utilizado para determinar el gasto de energía en el partido de fútbol.

9. Las seis personas escogidas para medir el gasto de energía en el partido de fútbol y un entrenamiento, deberán usar un monitor de frecuencia cardíaca y una banda transmisora, que servirá para registrar los latidos del corazón y a partir de esto determinar el consumo de oxígeno y el gasto de energía en el partido y el entrenamiento.

Molestias que puede ocasionarle el estudio: La participación en este estudio puede provocar algunas molestias como tener que anotar cosas privadas y mantenerse al tanto de anotar todo lo que se hace durante el día.

Además hay que asistir en horas tempranas de la mañana al laboratorio, por lo que ese día se debe madrugar y no se pueden consumir alimentos hasta que haya finalizado la prueba. En el laboratorio, deben colocarse una mascarilla para medir el oxígeno, que al inicio puede ocasionar incomodidad o malestar.

Derechos y beneficios: Tiene derecho a conocer todos los resultados de las pruebas. Como resultado de la participación en este estudio, cada joven podrá saber cuánta energía necesita para seguir creciendo saludable y mantener un buen rendimiento deportivo.

Con la participación en esta investigación, puede colaborar con el desarrollo del deporte en nuestro país, ya que este estudio brindará información muy valiosa para determinar la energía que necesitan los futbolistas en proceso de formación.

Antes de brindar mi autorización la Licenciada Gabriela Soto Ocampo debe haberme explicado todos los detalles sobre este estudio y haber contestado todas mis preguntas. Si quisiera más información en adelante puedo obtenerla llamando a los teléfonos 3776301, 2073242 (Maestría de Nutrición-UCR). Además puedo consultar en el Ministerio de Salud al 223612 sobre los Derechos de los Sujetos Participantes en Proyectos de Investigación. Cualquier consulta adicional puedo comunicarme a la Vicerrectoría de Investigación en la Universidad de Costa Rica a los teléfonos 2075844 o 2075845.

Mi participación en el estudio es voluntaria. **Tengo derecho a negar mi participación o a discontinuar mi participación en cualquier momento**, sin que esta decisión afecte la calidad de la atención médica (o de otra índole) que requiero.

Mi participación en este estudio es confidencial, los resultados podrían aparecer en una publicación científica o ser divulgados en una reunión científica de manera anónima.

No perderé ningún derecho legal por firmar este documento.

Recibiré una copia de esta fórmula firmada para mi uso personal.

Las muestras obtenidas para esta investigación podrían transferirse a otros investigadores, bajo el Acuerdo de Transferencia de Material Biológico. (MTA)

CONSENTIMIENTO.

Yo he leído o se me ha leído toda la información descrita en esta fórmula, antes de firmarla. Se me ha brindado la oportunidad de hacer preguntas y éstas han sido

contestadas en forma adecuada. Por lo tanto accedo a participar como sujeto de investigación en este estudio. Fecha: _____

Nombre del participante _____

Nombre, cédula y firma del testigo: _____

Nutricionista: Licda. Gabriela Soto Ocampo, cédula 1-813-172. Firma _____

Nombre, cédula y firma del padre/madre o encargado legal _____

ANEXO E
INSTRUCTIVO PARA
REGISTRO DE
ACTIVIDADES

Instructivo para llenar el registro de actividad física.
Estudio “Determinación del Gasto Energético Diario en Varones Adolescentes de la Escuela de Fútbol Alejandro Morera Soto-Liga deportiva Alajuelense, 2004”.
 Investigadora: Gabriela Soto. Universidad de Costa Rica.

Las siguientes instrucciones debe leerlas con atención para llenar con más facilidad el formulario de registro de actividad física que se le entregó.

Usted anotará **todas** las actividades que realiza durante el día incluyendo las actividades de aseo personal, dormir, comer, ver televisión, entrenar, estudiar, etc. Este registro, lo deberá realizar cada 15 minutos y lo llenará para: un día de entrenamiento (ejemplo martes), un día en que usted no practica fútbol (lunes) y un día en que usted tenga partido.

Se le entregará un formulario para que usted registre sus datos. Sin embargo usted puede anotar en una libretita pequeña que pueda usar en su bolsillo o en un cuaderno si se le facilita el registro.

El formulario que se le entregará es muy sencillo de completar. Consta de un encabezado en el que se indica el nombre del formulario, el nombre del proyecto y el investigador. Seguido de esto, usted debe anotar su nombre, la fecha de registro y debe marcar si corresponde a un día de entrenamiento (E), día de partido (P) o de si es un día en que no juega fútbol (D).

Luego usted encontrará una tabla de 23 filas y 4 columnas. Los números hacia abajo corresponden a las horas del día 1 de la mañana, 2 de la mañana, 3 de la mañana, etc. Las casillas en horizontal representan período de 15 minutos, entonces se tiene del minuto 0 al 15; del 16 al 30, del minuto 31 al 45 y del 45 al 60 hasta que se completa una hora

Ejemplo

		0-15	16-30	31-45	46-60
	6 am	Esta casilla corresponde al tiempo que va desde las 6 en punto hasta las 6 y 15	Desde las 6 y 16 hasta las 6 y media	Desde las 6 y media hasta las 6 y 45	Desde las 6 y 46 hasta que termina esta hora
	7 am	Esta casilla corresponde al tiempo que va desde las 7 en punto hasta las 7 y 15	Desde las 7 y 16 hasta las 7 y media	Desde las 7 y media hasta las 7 y 45	Desde las 7 y 46 hasta que termina esta hora

En estas casillas usted anotará lo que realiza en esas horas cada 15 minutos. Por ejemplo:

		0-15	16-30	31-45	46-60
	1 am	Durmiendo	Durmiendo	Durmiendo	Durmiendo

Otro ejemplo:

		0-15	16-30	31-45	46-60
	6 am	Me levanto y me baño	desayunando	Caminando hacia el bus	En bus hacia el colegio

De esta forma usted llenará con sus actividades todos los cuadros de la tabla. Recuerde que cada cuadrado representa 15 minutos.

ANEXO F
FORMULARIO PARA EL
REGISTRO DE
ACTIVIDADES

Universidad de Costa Rica.
Maestría en Nutrición Humana
Formulario para el registro de actividad física.
Adaptado de Bouchard et al, 1983

Estudio "Determinación del Gasto Energético Diario en Varones Adolescentes de la Escuela de Fútbol Alejandro Morera Soto-Liga deportiva Alajuelense, 2004".

Investigadora: Gabriela Soto. Universidad de Costa Rica.

Nombre: _____ Fecha _____ Día _____
 Día: Entrenamiento _____ Partido _____ Descanso _____

Hora /Minutos	0-15	16-30	31-45	46-60
12 am				
1 am				
2 am				
3 am				
4 am				
5 am				
6 am				
7 am				
8 am				
9 am				
10 am				
11 am				
12 am				
1 pm				
2 pm				
3 pm				
4 pm				
5 pm				
6 pm				
7 pm				
8 pm				
9 pm				
10 pm				
11 pm				

ANEXO G
CONDICIONES PARA LAS
PRUEBAS DE
LABORATORIO

Maestría en Nutrición Humana

Estudio “Determinación del Gasto Energético Diario en Varones Adolescentes de la Escuela de Fútbol Alejandro Morera Soto-Liga deportiva Alajuelense, 2004”.

Investigadora: Gabriela Soto. Universidad de Costa Rica.

Las condiciones para los análisis de laboratorio:

1. Si el día del análisis se encuentra enfermo o consumiendo medicamentos, reportarlo un día antes para cambiar el día de la cita enfermedades diagnosticadas.
2. No debe fumar, ni consumir drogas, ni medicamentos, si es así debe reportarlo, ya que se le puede realizar la prueba, pero los datos no se tomarán para efectos del estudio.
3. El día anterior a la prueba no debe entrenar o jugar fuerte, ya que se pueden alterar los resultados.
4. El día anterior a la prueba debe mantener una buena hidratación y evitar el consumo de café, gaseosas con cafeína, cigarrillos, y té.
5. Debe presentarse 2 veces en el laboratorio de Nutrición Humana de la Universidad de Costa Rica (Sabanilla de Montes de Oca) a las 6 am, con ropa liviana y 12 horas de ayuno, para realizar las pruebas. Entre la primera y la segunda prueba habrá una semana de diferencia.

ANEXO H

FORMULARIO PARA
RECOLECCION DE DATOS
ANTROPOMETRICOS

Datos Antropométricos de los sujetos de estudio.
 Determinación del GE por calorimetría indirecta en futbolistas adolescentes
 Investigadora: Gabriela Soto. Universidad de Costa Rica.

Nombre				Nombre			
Fecha	Medida 1	Medida 2	Promedio	Fecha	Medida 1	Medida 2	Promedio
Peso				Peso			
Talla				Talla			

Nombre				Nombre			
Fecha	Medida 1	Medida 2	Promedio	Fecha	Medida 1	Medida 2	Promedio
Peso				Peso			
Talla				Talla			

Nombre				Nombre			
Fecha	Medida 1	Medida 2	Promedio	Fecha	Medida 1	Medida 2	Promedio
Peso				Peso			
Talla				Talla			

Nombre				Nombre			
Fecha	Medida 1	Medida 2	Promedio	Fecha	Medida 1	Medida 2	Promedio
Peso				Peso			
Talla				Talla			

Nombre				Nombre			
Fecha	Medida 1	Medida 2	Promedio	Fecha	Medida 1	Medida 2	Promedio
Peso				Peso			
Talla				Talla			

Nombre				Nombre			
Fecha	Medida 1	Medida 2	Promedio	Fecha	Medida 1	Medida 2	Promedio
Peso				Peso			
Talla				Talla			

Nombre				Nombre			
Fecha	Medida 1	Medida 2	Promedio	Fecha	Medida 1	Medida 2	Promedio
Peso				Peso			
Talla				Talla			

ANEXO I

CALCULO DEL PORCENTAJE DE
GRASA CORPORAL.

Cálculo del porcentaje de grasa corporal

$$\%grasa = (495/DC) - 450.$$

DC=densidad corporal.

Densidad corporal tomando 7 pliegues cutáneos **(triceps, subescapular, midaxilar, suprailíaco, abdominal,** **cuadriceps y pantorrilla)**

$$DC = 1.1120 - 0.00043499 (\sum 7\text{pliegues}) + 0.00000055 (\sum 7\text{pliegues})^2 - 0.0002882 * \text{edad}$$

Unidades de medida: pliegues cutáneos en **milímetros** y edad en **años**.

Fuente: Jackson y Pollock (1978) citado por Heyward, V (1998)

METODOLOGIA EN LA TOMA DE PLIEGUES CUTANEOS

(Siguiendo protocolo descrito por Argón y Fernández, 1995)

Todas las mediciones se efectuaron al lado derecho, la piel completamente libre de cremas, sudor, ungüentos o cualquier producto que pueda hacer resbalosa la piel.

Se siguen los siguientes pasos:

1. Se marca con precisión la región anatómica que se va a medir, de la siguiente forma:
 - a. Pliegue midaxilar: pliegue diagonal, que se mide en la región pectoral, a la mitad entre la línea axilar anterior y la tetilla, se mide solamente en hombres.
 - b. Pliegue tricípital: es un pliegue vertical en la línea media del triceps (parte posterior del brazo) y a la mitad de distancia entre el acromión del hombro y el olecranon en el codo
 - c. Pliegue subescapular: es un pliegue diagonal, que se toma bajo el vértice inferior de la escápula
 - d. Pliegue abdominal: es un pliegue vertical, que se mide aproximadamente. 2.5 centímetros al lado ombligo
 - e. Pliegue suprailíaco: pliegue diagonal sobre la cresta ilíaca, en la línea axilar anterior.
 - f. Pliegue femoral: es un pliegue vertical en la línea media anterior de muslo, se encuentra a la mitad entre la línea inguinal y la patela.
 - g. Pliegue de la pantorrilla: es un pliegue vertical en la máxima circunferencia de la pierna, en la línea media entre la cara anterior y posterior de la misma.

2. Una vez que se han marcado todos los pliegues se toma el área que se va a medir, con los dedos índice y pulgar de la mano izquierda, un centímetro por arriba de la marca. Se comprime y se levanta ligeramente el pliegue hasta asegurarse que se está tomando realmente grasa subcutánea y no músculo. Si existen dudas sobre si se está tomando únicamente tejido graso, se le solicita al sujeto que contraiga el músculo.

3. Con el pliegue sostenido se coloca calibrador perpendicular al pliegue, una distancia de 1 cm debajo de los dedos. El calibrador debe colocarse sobre la marca realizada. No se debe profundizar mucho el calibrador, por el riesgo de tomar otros elementos que no sean grasa.
4. Siempre son el pliegue sostenido se suelta el gatillo del calibrador hasta que la aguja se estabilice, (1 o 2 segundos). Se lee el pliegue en milímetros hasta 1 mm.
5. Se abre el calibrador antes de retirarlo para evitar pellizcar al sujeto.
6. Se miden todas las regiones y se inicia de nuevo con el procedimiento, para tomar dos mediciones por zona.
7. Si existe una diferencia de 2 mm o más en cada pliegue, debe medirse de nuevo hasta obtener una lectura consistente.

ANEXO J

**PROTOCOLO PARA PRUEBA DE
CONSUMO MAXIMO DE
OXIGENO EN BANDA SIN FIN**

PRUEBA PARA LA DETERMINACION DEL CONSUMO MAXIMO DE OXIGENO EN BANDA SIN FIN.

Dicha prueba se efectuó en el laboratorio POROCESA de la Universidad Nacional y estuvo a cargo del especialista en pruebas funcionales.

Se utilizó una banda sin fin marca Quintron, el analizador de VO2000 y un monitor de frecuencia cardíaca marca Polar TM, modelo A1. Para obtener el consumo máximo de oxígeno se realizaron los siguientes pasos con cada uno de los sujetos:

- 1- Se tomó el peso corporal y se introdujo en el programa VO2000 de Medgraphics Inc, 1998, junto con los datos nombre, edad y sexo.
- 2- Se colocó la banda transmisora marca Polar en el pecho del sujeto y una boquilla esterilizada, parte del VO2000, dentro de la boca para la recolección de los gases oxígeno y dióxido de carbono.
- 3- El sujeto inició la actividad en la banda caminando o trotando a 4 mph (6,4 km/h) y con un porcentaje de inclinación de 0 grados, durante este tiempo el analizador de gases recolectó la información en períodos de 15 segundos.
- 4- Cada 2 minutos se procedió a elevar la intensidad del ejercicio de la siguiente manera y hasta el momento en que el sujeto indicó cuando no podía continuar más con la actividad:

Tiempo (min)	% inclinación	Velocidad (km/h)
0-2	0	6,4
2-4	2	8,0
4-6	4	9,6
6-8	6	11,2
8-10	8	12,8
10-12	10	13,6
12-14	12	15,2
Etc...	Etc...	Etc...

5-Durante todo este tiempo los datos de consumo de oxígeno y frecuencia cardíaca se estuvieron registrando en el programa VO2000 de Medgraphics y con estos datos se obtuvo la ecuación de regresión lineal para cada sujeto

ANEXO K
CALCULO DEL GASTO
ENERGETICO EN
ENTRENAMIENTO Y PARTIDO

Cálculo del gasto energético en entrenamiento y en partido.

Categoría 15 años

Sujeto 1: Defensa.

Peso: 55,8

$$VO^2 \text{ml/kg/min} = 0,31 * FC - 23,3$$

GASTO ENERGETICO EN ENTRENAMIENTO

Trabajo	Tiempo	Frecuencia Cardíaca	VO ² ml/kg/min	VO ² en litros	Kcal
Calentamiento	15	182	33,12	27,72	134
1 trabajo	10	190	35,6	19,86	090
2 trabajo	05	152	23,82	06.64	032
3 trabajo	10	183	33,43	18.65	090
4 trabajo	10	176	31,26	17,44	084
5 trabajo	10	212	42,42	23,67	114
6 trabajo	10	170	29,4	16.4	079
7 trabajo	10	190	35,6	19,86	090
8 trabajo	10	185	34,05	19,00	092
Colectivo	20	180	32,50	36,27	175
Total y prom	110	182	33,12	203	980

ECUACION DE REGRESION LINEAL VO₂ vs. FC

$$VO^2 \text{ml/kg/min} = 0,31 * FC - 23,3 = 0,31 * 182 - 23,3 = 33,12 \text{ ml/kg/min} * 110 \text{ min} * 55,8 \text{ kg}$$
$$VO^2 \text{ ml} = 203290 \text{ ml } O_2 = 203,29 \text{ l } O_2 * 4,82 \text{ kcal/l } O_2 = 979,8 \text{ kcal}$$

RELACION DE LA EQUIVALENCIA METABOLICA PARA ESTE ENTRENAMIENTO.

$$980 \text{ kcal} / 110 \text{ min} = 8,9 \text{ kcal/min} \quad \text{gasto energético en reposo} = 1,14 \text{ kcal/min}$$

$$METs = 8,9 \text{ kcal/min} / 1,14 \text{ kcal/min} = 7,8 \text{ METS}$$

GASTO ENERGETICO Y EQUIVALENCIA METABOLICA EN EL PARTIDO

Sujeto 1. FC promedio 1 tiempo: 165

FC promedio 2 tiempo: 176

Duración del 1 tiempo: 48

Duración del 2 tiempo: 48

$$VO^2 \text{ ml/kg/min} = 0,31 * FC - 23,3$$

$$(27,85 \text{ ml/kg/min} * 55,8 \text{ kg} * 48 \text{ min } 1 \text{ tiempo}) / 1000 \text{ ml}$$

$$+ (31,26 \text{ ml/kg/min} * 55,8 \text{ kg} * 48 \text{ min } 2 \text{ tiempo}) / 1000 \text{ ml}$$

158,31 Litros de oxígeno en el partido * 4,82 kcal/l = 763 kcal en 96 min de partido

$$8,5 \text{ Kcal/min partido} = 7,4 \text{ METs}$$

1.14 Kcal/min GER

Categoría 15 años
Sujeto 2: Mediocampista.
Peso: 58,2
VO²ml/kg/min= 0,37*FC-18,6

GASTO ENERGETICO EN ENTRENAMIENTO

Trabajo	Tiempo	Frecuencia Cardíaca	VO ² ml/Kg./min	VO ² en litros	Kcal
Calentamiento	15	115	23,95	20,90	101
1 trabajo	10	141	33,57	19,50	094
2 trabajo	05	129	29,13	08,47	038
3 trabajo	10	150	36,9	21,47	104
4 trabajo	10	142	33,94	19,75	095
5 trabajo	10	152	37,64	21,90	103
6 trabajo	10	160	40,60	23,63	114
7 trabajo	10	140	33,20	19,32	092
8 trabajo	10	150	36,90	21,48	101
Colectivo	20	175	46,15	53,71	239
	110	145.	35,05	224,39	1081

VO² ml/kg/min= 0,37*FC-18,6 = 0.37*145-18,6=35,05 ml/kg/min*110 min*58,2 kg
VO² ml=224390 ml O₂=224,39 l O₂*4,82 kcal/lO₂= 1081 kcal

RELACION DE LA EQUIVALENCIA METABOLICA PARA ESTE ENTRENAMIENTO.

1081 kcal/110 min=9,8 kcal/min gasto energético en reposo=1,02kcal/min
METs= 9,8 kcal/ min / 1,02 kcal/min= 9,6 METS

GASTO ENERGETICO Y EQUIVALENCIA METABOLICA EN EL PARTIDO

Sujeto 2. FC promedio 1 tiempo:169 FC promedio 2 tiempo:170
Duración del 1 tiempo: 48 Duración del 2 tiempo:48

VO² ml/kg/min=0.37*FC-18.6
(43,93 ml/kg/min*58,2kg*48min 1 tiempo)/1000 ml
+ (44,30ml/kg/min*58,2kg*48min 2 tiempo)/1000 ml
247 Litros de oxígeno en el partido*4,82 kcal/l= 1190 kcal en 96 min. partido

12,4 kcal partido = 12 METs
1,02 kcal GER

Categoría 15 años
Sujeto 3: Delantero.
Peso: 61,4 kg
 $VO^2 \text{ml/kg/min} = 0,44 * FC - 27,7$

GASTO ENERGETICO EN ENTRENAMIENTO

Trabajo	Tiempo	Frecuencia Cardiac	$VO^2 \text{ml/kg/min}$	VO^2 en litros	Kcal
Calentamiento	15	120	25,10	23,1	111
1 trabajo	10	141	34,34	21,08	102
2 trabajo	05	153	39,62	12,16	057
3 trabajo	10	152	39,18	24,05	106
4 trabajo	10	165	44,90	27,57	133
5 trabajo	10	158	41,82	25,68	124
6 trabajo	10	160	42,70	26,20	121
7 trabajo	10	140	33,90	20,81	100
8 trabajo	10	150	38,30	23,52	113
Colectivo	20	176	49,74	61,00	294
Tiempo total	110	151	38,74	262	1261

$VO^2 \text{ml/kg/min} = 0,44 * FC - 27,7 = 0,44 * 151 - 27,7 = 38,74 \text{ ml/kg/min} * 110 \text{ min} * 61,4 \text{ kg}$
 $VO^2 \text{ml} = 261650 \text{ ml } O^2 = 26,65 \text{ l } O^2 * 4,82 \text{ kcal/l } O^2 = 1261 \text{ kcal}$

RELACION DE LA EQUIVALENCIA METABOLICA PARA ESTE ENTRENAMIENTO.

1261 kcal/110 min = 11.4 kcal/min gasto energético en reposo = 1,0 kcal/min
 METs = 11,4 kcal/ min / 1,0 kcal/min = 11,4 METS

GASTO ENERGETICO Y EQUIVALENCIA METABOLICA EN EL PARTIDO

Sujeto 3. FC promedio 1 tiempo: 165 FC promedio 2 tiempo: 162
 Duración del 1 tiempo: 48 Duración del 2 tiempo: 48

$VO^2 \text{l/kg/min} = 0.44 * FC - 27.7$
 $(44.9 \text{ ml/kg/min} * 61,4 \text{ kg} * 48 \text{ min } 1 \text{ tiempo}) / 1000$
 $+ (43.6 \text{ ml/kg/min} * 61,4 \text{ kg} * 48 \text{ min } 2 \text{ tiempo}) / 1000$
 260 Litros de oxígeno en el partido * 4,82 kcal/l = 1253 kcal en 96 min de partido

13,05 kcal partido = 13,05 METs
 1,0 kcal/min GER

Categoría 18 años
Sujeto 4: Defensa.
Peso: 68,6 kg
 $VO^2 \text{ml/kg/min} = 0,27 * FC - 17,0$

Trabajo	Tiempo	Frecuencia Cardíaca	$VO^2 \text{ml/kg/min}$	$VO^2 \text{en litros}$	Kcal
Calentamiento	15	120	15,4	15,84	054
Fartlek	20	180	31,6	43,35	206
Descanso	05	173	29,7	10,2	049
Conducción del balón	25	177	30,79	52,8	219
1 contra 1	15	175	30,25	31,1	125
Recuperación	05	120	20,26	06,95	029
Colectivo	15	170	28,9	29,74	123
Tiempo total	100	153 promedio	24,31	167	803

$VO^2 \text{ ml/kg/min} = 0,27 * FC - 17 = 0,27 * 153 - 17 = 24,31 \text{ ml/kg/min} * 100 \text{ min} * 68,6 \text{ kg}$
 $VO^2 \text{ ml} = 166766 \text{ ml } O^2 = 166,77 \text{ l } O^2 * 4,82 \text{ kcal/l } O^2 = 803 \text{ kcal}$

RELACION DE LA EQUIVALENCIA METABOLICA PARA ESTE ENTRENAMIENTO.

$803 \text{ kcal} / 100 \text{ min} = 8,03 \text{ kcal/min}$ gasto energético en reposo = $1,03 \text{ kcal/min}$
 $METS = 11,4 \text{ kcal/min} / 1,0 \text{ kcal/min} = 7,8 \text{ METS}$

GASTO ENERGETICO Y EQUIVALENCIA METABOLICA EN EL PARTIDO

Sujeto 4. FC promedio 1 tiempo: 167 FC promedio 2 tiempo: 163
 Duración del 1 tiempo: 49 min Duración del 2 tiempo: 50 min

Sujeto 4

Peso: 68.6

$VO^2 \text{ml/kg/min} = 0.27 * FC - 17.0$

$(28,09 \text{ml/kg/min} * 68,6 \text{kg} * 49 \text{min } 1 \text{ tiempo}) / 1000 \text{ ml}$

$+ (27,01 \text{ml/kg/min} * 68,6 \text{kg} * 50 \text{min } 2 \text{ tiempo}) / 1000 \text{ ml}$

187 Litros de oxígeno en el partido * 4,82 kcal/l = 901 kcal en 99 min de partido

9,1 kcal/min partido = 8,8 METs

1,03 kcal/min GER

Categoría 18 años
Sujeto 5: Mediocampista.
Peso: 55,8 kg
 $VO^2 \text{ml/kg/min} = 0,33 * FC - 2,4$

Trabajo	Tiempo Minutos	Frecuencia Cardíaca	$VO^2 \text{ml/kg/min}$	VO^2 en litros	Kcal
Calentamiento	15	115	27,6	23,10	114
Fartlek	20	177	56,01	62,5	301
Descanso	05	125	38,85	10,83	062
Conducción del balón	25	154	48,42	67,54	315
1 contra 1	15	168	53,04	44,39	210
Recuperación	05	135	42,15	11,75	063
Colectivo	15	147	46,11	38,59	166
Tiempo total	100	146	45,78	255,45	1231

$VO^2 \text{ ml/kg/min} = 0,33 * FC - 2,4 = 0,33 * 146 - 2,4 = 45,78 \text{ ml/kg/min} * 100 \text{ min} * 55,8 \text{ kg}$
 $VO^2 \text{ ml} = 255450 \text{ ml } O^2 = 255,45 \text{ l } O^2 * 4,82 \text{ kcal/l } O^2 = 1231 \text{ kcal}$

RELACION DE LA EQUIVALENCIA METABOLICA PARA ESTE ENTRENAMIENTO.

$1231 \text{ kcal} / 100 \text{ min} = 12,31 \text{ kcal/min}$ gasto energético en reposo = $1,29 \text{ kcal/min}$
 $METS = 12,31 \text{ kcal/min} / 1,29 \text{ kcal/min} = 9,5 \text{ METS}$

GASTO ENERGETICO Y EQUIVALENCIA METABOLICA EN EL PARTIDO

Sujeto 5. FC promedio 1 tiempo: 174 FC promedio 2 tiempo: 166
 Duración del 1 tiempo: 49 min Duración del 2 tiempo: 50 min

$VO^2 \text{ml/kg/min} = 0,33 * FC - 2,4$
 $(55,02 \text{ml/kg/min} * 55,8 \text{kg} * 49 \text{min } 1 \text{ tiempo}) / 1000 \text{ ml}$
 $+ (54,78 \text{ml/kg/min} * 55,8 \text{kg} * 50 \text{min } 2 \text{ tiempo}) / 1000 \text{ ml}$
 303 Litros de oxígeno en el partido * $4,82 \text{ kcal/l} = 1460 \text{ kcal}$ en 99 min de partido

$14,74 \text{ kcal/min de partido} = 11,4 \text{ METs}$
 $1,29 \text{ kcal/min GER}$

Categoría 18 años
Sujeto 6: Delantero.
Peso: 67,4 kg
 $VO^2 \text{ml/kg/min} = 0,24 * FC - 1,73$

Trabajo	Tiempo	Frecuencia Cardíaca	$VO^2 \text{ml/kg/min}$	VO^2 en litros	Kcal
Calentamiento	15	115	25,87	26,15	126
Fartlek	20	182	41,95	56,5	272
Descanso	05	173	39,79	13,4	064
Conducción del balón	25	175	40,27	67,85	377
1 contra 1	15	163	37,39	37,80	182
Recuperación	05	145	33,07	11,14	094
Colectivo	15	175	40,27	40,7	196
Tiempo total	100	161 promedio	36,91	249	1318

$VO^2 \text{ ml/kg/min} = 0,24 * FC - 1,73 = 0,24 * 161 - 1,73 = 36.94 \text{ ml/kg/min} * 110 \text{ min} * 67,4 \text{ kg}$
 $VO^2 \text{ ml} = 273650 \text{ ml } O^2 = 273,65 \text{ l } O^2 * 4.82 \text{ kcal/l } O^2 = 1318 \text{ kcal}$

RELACION DE LA EQUIVALENCIA METABOLICA PARA ESTE ENTRENAMIENTO.

$1318 \text{ kcal} / 100 \text{ min} = 13,18 \text{ kcal/min}$ gasto energético en reposo = $0,98 \text{ kcal/min}$
 $METS = 13,18 \text{ kcal/min} / 0,98 \text{ kcal/min} = 13 \text{ METS}$

GASTO ENERGETICO Y EQUIVALENCIA METABOLICA EN EL PARTIDO

Sujeto 6. FC promedio 1 tiempo: 174 FC promedio 2 tiempo: 163
 Duración del 1 tiempo: 49 min Duración del 2 tiempo: 50 min

$(40,03 \text{ ml/kg/min} * 67,4 \text{ kg} * 49 \text{ min } 1 \text{ tiempo}) / 1000 \text{ ml}$
 $+ (37,39 \text{ ml/kg/min} * 67,4 \text{ kg} * 50 \text{ min } 2 \text{ tiempo}) / 1000 \text{ ml}$
 258 Litros de oxígeno en el partido * $4,82 \text{ kcal/l} = 1243 \text{ kcal} / 99 \text{ min de partido}$

$12,55 \text{ kcal partido} = 13 \text{ METs}$
 0,98 kcal GER

ANEXO L

ANALISIS DE DATOS

Variable	Digitación	Análisis	Presentación
Gasto Energético Diario (GED)	--- ---- kcal Numerico	Para cada individuo se calculará el GED para cada tipo de día (entrenamiento, descanso, partido), para lo que se requerirán los siguientes cálculos. GER /minuto = GERpromedio/1440 minutos (1 MET) VER EN ANEXO F "CLASIFICACION DE ACTIVIDADES)	Cuadro Gráfico de barras
Tiempo Actividades1 (TA1)	--- ---- minutos	GEactividades=GER/minuto*Tactividad minutos* METS (tomado de Ainsworth et al, 1998)	
Tiempo Actividades2 (TA2)	--- ---- minutos	$GED = \sum \{ (GER/minuto) (METS actividades1) (Tactividades1) + (GER/minuto) (METS actividades2) (Tactividades2) + \dots + (GER/minuto) (METS actividades5) (Tactividades5) + (GER/minuto) (METS otras actividades) (T otras actividades) \} + GE \text{ entrenando} + GE \text{ partido.}$	
Tiempo Actividades 3 (TA3)	--- ---- minutos		
Tiempo Actividades 4 (TA4)	--- ---- minutos	GE entrenando calculado por método de FC vs. VO ₂ GE partido será calculado para cada posición, por el método Frecuencia cardiaca vs. consumo de oxígeno.	
Tiempo Actividades 5 (TA5)	--- ---- minutos	Para cada grupo de edad (15 y 18 años) se obtendrá el GED promedio (± DE) del día partido, día de entrenamiento y día de descanso La prueba de t-student será utilizada para determinar diferencias en los GED promedio (día partido, día entrenando, día descanso) entre cada grupo de edad. P<0.05.	
Tiempo entrenando (TE)	--- ---- minutos		
Tiempo partido (TP)	--- ---- minutos		
Tiempo otras actividades (TO)	--- ---- minutos		
Variabilidad intra-individual en el GED		Variabilidad ANOVA p menor o igual a 0.05 para los tres tipos de días (descanso, juego, partido)	
Patrón de actividad	--- ---- minutos	Para cada grupo de edad (15 y 18 años) y para cada tipo de día (descanso, entrenamiento, partido) se calculan los minutos promedio y la DE para cada tipo de actividad	Cuadro Gráfico de barras horizontales

ANEXO M

Equivalentes metabólicos.

(Compendio de
Ainsworth et al, 1998.)

CLASIFICACION DE ACTIVIDADES
(basado en Compendio de Actividades de Ainsworth y colaboradores, 1998)

Descripción de las actividades Realizadas por los sujetos	Equivalente metabólico	Código asignado a esta actividad en el Compendio de Ainsworth et al, 1998 *
Acostado o durmiendo	0.9	07030
Sentado viajando en carro, sentado viendo una película o televisión	1.0	07020
Sentado (hablando, comiendo, juegos de mesa)	1.5	09010 / 09055 / 13030
De pie hablando, sentado estudiando, recibiendo clases	1.8	09050 / 09060 / 09065
Aseo personal en general, manejando moto, caminando despacio	2.5	13000 / 13020 / 13040 16030/ 17160
Guitarra grupo de rock	3.0	0125
Caminando hacia el colegio o trabajo Aseo de la casa	3.5	17190 05030
Estiramiento	4.0	02100
Hacer el jardín	5.0	08245
Rutina general de pesas	6.0	02050
Fútbol recreativo	7.0	15610
Subir escaleras	8.0	17130
Correr 6 mph	10.0	12050

* El compendio de Ainsworth et al., 1998, es un sistema de 468 códigos para clasificar las actividades físicas por su gasto energético. Este esquema emplea 5 dígitos para clasificar las actividades por su propósito (p.e. deportes, ocupaciones, autocuidado, etc), el tipo específico de actividades y su intensidad como un múltiplo de la TMB (METs). Este esquema se elaboró con base en estudios realizados por la sección de epidemiología del "Nacional Heart, Lung and Blood Institute (NHLBI) de Estados Unidos.

NOTA: Gasto energético en el partido y en el entrenamiento: se utilizó el gasto energético obtenido de 6 sujetos seleccionados al azar.

ANEXO N

ANALISIS DE VARIANZA Y PRUEBA DE TUKEY

ANOVA sujetos de 15 años (tomado de análisis de SPPSS)

Test of between subjects effects
Dependent variable: gastoenergía

source	Type III Sum of squares	df	Mean square	F	Sig.
Corrected model	16514472,5 a	10	1651447,253	17,87	0,000
Intercept	242359381	1	242359381	2622,59	0,000
Tipo	4225319,896	2	2112659,95	22,86	0,000
Persona	12289152,6	8	1536144,08	16,023	0,000
error	1478590,270	16	92411,89		
Total	260352444	27			
Corrected Total	-17993062,8	26			

A R squared=0.918 (adjusted R squared=0,866)

15 AÑOS Post-Hoc

Dependent variable:gastoenergía

Tuckey HSD.

(I) Tipo	(J) Tipo	Mean difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% confidence interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Entren.	Partido	-94,05	143,3	0,792	-463,8	275,72
	Descanso	788,19*	143,3	0,000	418,42	1157,96
Partido	Entren.	94,05	143,3	0,792	275,7	463,82
	Descanso	882,24*	143,3	0,000	512,47	1252,01
Descanso	Entrenam.	-788,19*	143,3	0,000	-1157,96	-418,42
	Partdio	-882,24*	143,3	0,000	-1252,01	-512,47

Based on observed means

*the mean difference is significant at the 0.5 level. ($p \leq 0.05$)

ANOVA: sujetos de 18 años (tomado de análisis de SPPSS)

Test of between subjects effects
Dependent variable: gastoenergía

source	Type III Sum of squares	df	Mean square	F	Sig.
Corrected model	16036568,6a	10	1603656,86	22,55	0,000
Intercept	241495819	1	242359381	3396,302	0,000
Tipo	4225319,896	2	142635,0889	20,06	0,000
Persona	11410807,1	8	2312880,748	32,527	0,000
error	1137688,483	16	71105,530		
Total	258670076	27			
Corrected Total	17174257,1	26			

A R squared=0.934 (adjusted R squared=0,892)

18 AÑOS Post-Hoc
Dependent variable:gastoenergía
Tuckey HSD.

(I) Tipo	(J) Tipo	Mean difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% confidence interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Entren.	Partido	-193,00	125,703	0,301	-517,35	131,36
	Descanso	765,49	125,703	0,000	441,14	1089,85
Partido	Entren.	193,00	125,703	0,301	-131,36	517,35
	Descanso	958,49	125,703	0,000	634,13	1282,84
Descanso	Entrenam.	765,49	125,703	0,000	-1089,82	-441,14
	Partdio	,958,49	125,703	0,000	-1282,84	-634,13

Based on observed means

*the mean difference is significative at the 0.5 level ($p \leq 0.05$)