

Monograph

Patrones de Actividad Física y Gasto Energético Diario Estimado en Estudiantes Tunecinos con Peso Normal y con Sobrepeso

Roy J Shephard⁴, Fayçal Zarrouk¹, Ezdine Bouhlel², Youssef Feki¹ y Mohamed Amri³

¹Institut Supérieur du Sport et de l'Education Physique du Kef, Tunisie.

²Institut Supérieur du Sport et de l'Education Physique de Gafsa, et Laboratoire de Physiologie, Faculté de Médecine Ibn El Jazzar, Sousse, Tunisie.

³Laboratoire de Physiologie de la Nutrition, Faculté des Sciences de Tunis, Tunisie, Médecine Ibn El Jazzar, Sousse, Tunisie.

⁴Faculty of Physical Education & Health, University of Toronto, Toronto, ON., Canada.

RESUMEN

El propósito del presente estudio fue evaluar la normalidad de los patrones de actividad física y del gasto energético en estudiantes de nivel primario con peso normal y con sobrepeso. El gasto energético diario total estimado a partir de la frecuencia cardíaca (TEE), el gasto activo de energía (AEE) y los patrones de actividad fueron valorados durante 3 días consecutivos de escuela en niños tunecinos sanos de clase media (46 varones, 44 niñas) con un promedio de edad (percentiles 28-75) de 9.2 años (8.8 - 9.9). La muestra representativa incluyó a 52 estudiantes con índice de masa corporal (BMI) normal y a 38 niños cuyo BMI excedía los límites de para la edad. El TEE, AEE y el nivel absoluto de actividad física (PAL) no fueron diferentes entre los niños con sobrepeso y aquellos con BMI normal [mediana (percentiles 25-75) 9.20 (8.20-9.84) vs. 8.88 (7.42-9.76) MJ/d; 3.56 (2.59-4.22) vs. 3.85 (2.77-4.78) MJ/d y 1.74 (1.54-2.04) vs. 1.89 (1.66-2.15) respectivamente]. Las intensidades de las actividades físicas (PAI) fueron expresadas como porcentaje de la frecuencia cardíaca de reserva individual (%HRR). El valor de la mediana para el PAI medido durante un día entero (PAI₂₄) y para la parte del día en que los niños se mantuvieron despiertos (PAI_w) fue menor en los niños con sobrepeso que en aquellos individuos de peso normal [16.3 (14.2-18.9) vs. 20.6 (17.9-22.3) %HRR, $p < 0.001$] y 24.8 (21.6-28.9) vs. 26.2 (24.5-30.8) %HRR, $p < 0.01$], respectivamente. Los niños con sobrepeso dedicaron la mayor parte de su día a actividades sedentarias [385 (336-468) vs 297 (235-468) min/d, $p < 0.001$], y la menor parte del tiempo a actividades físicas moderadas [381(321-457) vs. 460 (380-534) min/d, $p < 0.01$]. Sin embargo, debido al mayor costo energético de una tarea dada, el gasto total y activo diario de energía no difirió de aquellos con BMI normal.

Palabras Clave: monitoreo de la frecuencia cardíaca, patrones de actividad, gasto energético, exceso de peso, obesidad

INTRODUCCION

En la gran mayoría de los países industrializados, la prevalencia de obesidad está creciendo rápidamente (Saris et al.,

2003). Sin embargo, la obesidad pediátrica es poco reconocida como una de las epidemias de más rápido crecimiento entre segmentos urbanos ricos de muchas naciones en desarrollo (Gaha et al., 2002). Existe una importante controversia acerca de las posibles diferencias en el gasto energético diario entre niños con sobrepeso y niños con peso normal. Sin embargo, tanto los estudios transversales como los estudios longitudinales, respaldan la hipótesis de que una cantidad inadecuada de actividad física es un factor de riesgo para la acumulación de grasa corporal (Maffei et al., 1995; Saris et al., 2003). La mayor comprensión acerca de los patrones de actividad física y del gasto energético en niños con peso normal y con sobrepeso, podría de alguna manera colaborar en esfuerzos para reducir la prevalencia de obesidad infantil tanto en los países desarrollados como en los países en vías de desarrollo (Molnar and Livingstone, 2000; Peterson et al., 2006, Shephard, 2004).

La mayoría de los estudios acerca de la actividad física en niños están basados en cuestionarios, datos de podómetros o acelerómetros (Oppert, 2006, Sallis and Saelens, 2000; Westerterp and Plasqui, 2004). Sin embargo, ninguna metodología es la mejor para todas las situaciones (Welk et al., 2000). Los datos obtenidos con la utilización de cuestionarios tienen validez limitada en niños, principalmente en un contexto intercultural dado que el instrumento evaluado debe reflejar el lenguaje y las costumbres locales. Los acelerómetros son frecuentemente utilizados en niños (Rowlands, 2007) y pueden ser aplicados en muestras grandes (Ness et al., 2007). La frecuencia cardiaca (HR) y los sensores de movimiento son también herramientas prometedoras, al poder estimar cada una el tiempo invertido en actividades de diferente intensidad (Rowlands, 2007; Gavarry et al., 2003) y el gasto energético total (EE) (Strath et al., 2001). El monitoreo continuo de la frecuencia cardiaca ha sido utilizado en numerosos estudios llevados a cabo en sociedades desarrolladas (Armstrong et al., 2000; Ceesay et al., 1989; Maffei et al., 1995; Molnar and Livingstone, 2000). Sin embargo, queda poco claro si las diferencias en los niveles de actividad entre niños con peso normal y niños con sobrepeso están relacionadas con la duración de las actividades físicas de intensidad moderada o vigorosa (Sallis and Saelens, 2000). La mayoría de los niños realizan actividad de alta intensidad de manera muy esporádica (Bailey et al., 1995; Rowlands et al., 2008). Por consiguiente tal actividad tiene muy poca influencia en el gasto energético diario (Westerterp and Plasqui, 2004). No obstante, periodos cortos de actividad física de alta intensidad podrían estimular el metabolismo total, contribuyendo a un balance energético apropiado (Bailey et al., 1995; Hoos et al., 2004; Westerterp and Plasqui, 2004).

En el presente estudio se ha utilizado el monitoreo continuo de frecuencia cardiaca para valorar los patrones de actividad física y los gastos energéticos en niños tunecinos de escuela primaria con peso normal y con sobrepeso. Nuestras hipótesis fueron: (1) que los niños con peso normal serían más activos que aquellos con sobrepeso pero que (2) las diferencias en los patrones de actividad física derivarían en un gasto energético total similar en los dos grupos de niños.

MÉTODOS

Sujetos

Nuestros sujetos fueron niños norafricanos de entre 8-11 años seleccionados en una escuela primaria en Túnez. Podrían ser considerados estudiantes característicos pertenecientes a familias de ingreso medio en este país. La asistencia en las escuelas tunecinas es entre las 8 a.m. y las 4 p.m.; a partir de entonces, los estudiantes son libres de contraer actividades elegidas por ellos mismos o por sus padres. Se obtuvo el consentimiento informado de los padres de los niños de acuerdo con las condiciones aprobadas por el Comité de Ética para la Investigación con Humanos de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Túnez. Todos los potenciales sujetos pasaron por un examen médico. Se excluyeron a 26 niños a causa de enfermedades agudas o crónicas, consumo de medicamentos o monitoreo incompleto de la frecuencia cardiaca, quedando 46 varones y 44 niñas. Los individuos con sobrepeso fueron identificados mediante la utilización del criterio internacional (Cole et al., 2000) [sobrepeso \geq al percentil 85 de BMI para la edad y el sexo]; 24 niños y 28 niñas fueron clasificados como con peso normal [promedio BMI, rango = 16.5 (15.7 - 18.1)] y 22 varones y 16 niñas fueron clasificados como con sobrepeso [BMI = 21.4 (20.6 - 22.8)], con 3 varones y 4 niñas de este grupo siendo clasificados como obesos [BMI = 24.3 (23.4 - 27.4)].

Protocolo

Simple techniques appropriate to a developing society included anthropometric measurements, and field estimates of resting energy expenditure (REE), total daily energy expenditure (TEE), physical activity level (PAL), physical activity intensities (PAI), and maximal oxygen intake (VO_2 max). Data were collected in March, when typical ambient conditions were a temperature of 8-18° C, and a relative humidity of 75 %.

Algunas de las técnicas de evaluación utilizadas comúnmente en sociedades desarrolladas incluyen la toma de medidas antropométricas y los tests de campo para la valoración del gasto energético de reposo (REE), gasto energético diario total

(TEE), los niveles de actividad física (PAL), la intensidad de la actividad física (PAI), y el consumo máximo de oxígeno (VO_2 máx). Los datos fueron recolectados durante el mes de Marzo cuando las condiciones ambientales características son una temperatura de 8-18 C° y una humedad relativa del 75 %.

En la primera visita a la escuela se explicaron los protocolos de evaluación, se obtuvo el consentimiento para participar y se llevó a cabo la toma de medidas antropométricas. La frecuencia cardíaca (HR) fue monitoreada continuamente durante 3 días de escuela consecutivos (Lunes a Miércoles) en el mes de Marzo, utilizando el monitor Sport-Tester (Polar Instruments, S610i, Kempele, Finland) y utilizando la técnica sugerida por Armstrong et al. (2000). Las mediciones de las HR fueron promediadas cada 60s. El intervalo de tiempo fue verificado teniendo una computadora portátil en actividad durante los 3 días. Los sujetos fueron visitados cada mañana y cada noche para verificar el funcionamiento de los monitores. Los registros con más de 3 cortes de 30 minutos de duración durante un día, o cortes acumulativos de más de 2 horas durante la noche, fueron rechazados. Los individuos con que exhibieron registros de datos inusuales estuvieron entre los 26 excluidos de nuestra muestra original. Los datos fueron analizados usando el programa "Polar Precision Performance" (3.03.011 version, Electro Oy, Kempele, Finland). Se aceptó como la frecuencia cardíaca de reposo (RHR) la lectura estable registrada en 10 minutos mientras el individuo se encontraba durmiendo. El consumo máximo de oxígeno (VO_2 máx) y la frecuencia cardíaca máxima (MHR) se estimaron utilizando el test de ir y volver en 20 metros (Léger et al., 1984). El test fue interrumpido cuando los sujetos no pudieron mantener la velocidad requerida. Los tests fueron rechazados si la HR máx no alcanzaba el criterio propuesto por Rowland (1993).

Características Físicas y Composición Corporal

La masa corporal fue medida con una precisión de 0.1 kg, utilizando una balanza digital portátil, calibrada con pesos estándar. La talla de pie fue medida con una precisión de 0.5 mm, utilizando un estadiómetro de pared. El índice de masa corporal (BMI) fue calculado como el peso/talla² (kg·m⁻²). La masa libre de grasa (FFM), masa grasa (FM) y el porcentaje de grasa corporal (BF %), fueron determinadas utilizando un sistema de bioimpedancia a 50 Hz (BIA 101; RJL Systems, Detroit, MI), sin control específico de hidratación. El agua corporal total (TBW) fue calculada como:

$$TBW = (a * Ht^2) / Z + b * M + c$$

Donde *Ht* y *M* son talla y la masa corporal respectivamente, *Z* es la impedancia bioeléctrica, *b* y *c* constantes relativas a la edad y el sexo. Los fabricantes reclaman un error estándar de un 4% para esta ecuación.

Estimaciones del Gasto Energético y de los Patrones de Actividad Física

El gasto energético de reposo (REE) fue estimado a partir de la masa corporal, la talla, la edad y el sexo de acuerdo con la ecuación de Molnar (1995) tanto para niños obesos como no obesos:

$$\text{REE para niños} = 50.9 \text{ masa corporal (kg)} + 2530 \text{ talla (m)} - 50.3 \text{ edad (años)} + 26.9 \text{ (kJ/24 hr)} \text{ y REE para niñas} = 51.2 \text{ masa corporal (kg)} + 2450 \text{ talla (m)} - 207.5 \text{ edad (años)} + 1629.8 \text{ (kJ/24 hr)}$$

El gasto energético total diario (TEE) fue estimado a partir de mediciones continuas de la frecuencia cardíaca (HR). La frecuencia cardíaca promedio con el sujeto despierto durante el día fue convertida al correspondiente porcentaje de frecuencia cardíaca de reserva (HRR), utilizando la ecuación de Hilloscorpi et al. (2003):

$$\% \text{ HRR} = 100 \times [(\text{HR despierto} - \text{HR de reposo}) / (\text{HR máxima} - \text{HR de reposo})].$$

Aceptando la equivalencia aproximada entre el % de HR de reserva y el % del VO_2 máx, el TEE (MJ/día) fue entonces estimado como:

$$TEE = AEE + REE$$

Donde AEE es el gasto de energía activo = duración del registro de la frecuencia cardíaca con el sujeto despierto (min) x VO_2 máx (ml.kg⁻¹.min⁻¹) x masa corporal (kg) x %HRR x equivalente energético, y REE está dado por gasto energético de reposo estimado x (S/1440), donde S es el número de minutos de sueño por día.

El nivel diario de actividad física promedio (PAL, sin unidad) fue calculado a partir del cociente TEE/RMR, como fue sugerido por FAO/WHO/UNU (James & Schofield 1992). Las intensidades relativas de las actividades físicas realizadas a lo largo del día fueron clasificadas en base al uso individual de la frecuencia cardíaca de reserva (Maffeis et al., 1996): sedentario (<30%HRR), moderado (30-50%HRR), vigoroso (50-70%HRR) y alta intensidad (> 70%HRR).

Análisis Estadísticos

Los análisis estadísticos fueron llevados a cabo utilizando el programa SPSS versión 13.0 para Windows (SPSS Inc, Chicago). La significancia estadística fue establecida a $p < 0.05$. La normalidad de la distribución de los datos fue verificada, utilizando el test de Kolmogorov-Smirnov. Dado que los valores de la masa corporal estaba sesgados, se utilizó un test no paramétrico (Mann - Whitney U) para comparar a los niños con peso normal y con los niños sobrepeso. Los datos se presentan como mediana (percentiles 25 -75). Se establecieron correlaciones entre la composición corporal y otras variables utilizando pruebas de correlación no paramétricas (test de Kendall).

	Grupo Total (n=90)	BMI normal (n = 52)	Límite Excedido de BMI para la edad (n = 38)
Edad (años)	9.20 (8.80-9.90)	9.30 (8.80-9.90)	9.20 (8.8-9.9)
Altura (m)	1.38 (1.32-1.42)	1.37 (1.32-1.41)	1.39 (1.34-1.43)
Masa corporal (BM) (kg)	35.0 (29.8-40.3)	30.5 (28.0-35.0)	42.0(37.8-46.0) ***
Índice de masa corporal (BMI) (kg·m⁻²)	18.5 (16.3-21.0)	16.5(15.7-18.1)	21.4 (20.6-22.8) ***
Grasa corporal (BF) (%)	20.4 (17.6-26.4)	18.2 (16.5-19.9)	27.3 (23.2-30.6) ***
Masa libre de grasa (FFM) (kg)	27.0 (24.4-30.7)	25.3(23.1-28.3) ± 3.1	30.8 (27.8-33.8) ***
Masa grasa (FM) (kg)	7.8 (5.2-10.3)	5.5(4.7-6.6)	11.7 (8.8-13.4) ***
VO₂max (ml·kg⁻¹·min⁻¹)	47.0 (44 .5-48.7)	47.6 (46.1-49.9) ± 2.8	46.1 (43.4-47.2) ***
HRmax (latidos·min⁻¹)	204 (198-211)	205(198-211)	203 (199-210)

Tabla 1. Características físicas de los sujetos [mediana (25 -75)]. VO₂máx = estimación del consumo máximo de oxígeno a través del test de ir y volver. *** diferencia significativa ($p < 0.001$) en comparación con el grupo de BMI normal.

RESULTADOS

Las características físicas de los sujetos se encuentran resumidas en la Tabla 1. Como se esperaba, los niños que excedieron en promedio los límites del BMI tuvieron, no sólo más grasa corporal, sino también más tejido magro que los niños con masa corporal normal ($p < 0.001$).

Los valores absolutos para el gasto energético total (TEE, MJ/día) y para el gasto de energía durante la parte del día en que los sujetos estuvieron despiertos (AEE, MJ/día) no difirieron entre los niños con peso normal y los niños con sobrepeso (Tabla 2). Sin embargo cuando el TEE fue expresado por kg de masa corporal o por kg de masa libre de grasa, los valores fueron significativamente mayores en niños con peso normal que en aquellos que excedieron los límites específicos del BMI para la edad ($p < 0.001$, Tabla 2).

Los valores del BMI, grasa corporal (ya sea expresado como un porcentaje de la masa corporal o como kg de grasa) y de la masa libre de grasa (FFM) mostraron una correlación positiva baja pero significativa con el TEE (Tabla 3). En contraste, cuando la intensidad de la actividad fue expresada como porcentaje de la HRR, los valores para el día entero (PAI₂₄) y para la parte del día despierto mostraron fuertes correlaciones inversas con la masa corporal, el BMI, la grasa corporal (%), la FM y la FFM (Tabla 3).

Los porcentajes de tiempo destinados a la realización de actividades físicas durante la mayor parte del día despierto (actividades vigorosas y de alta intensidad) no difirieron significativamente entre los niños con peso normal y los niños con sobrepeso, pero los niños con sobrepeso destinaron más tiempo a actividades sedentarias, y menos tiempo a actividades físicas de intensidad moderada ($p < 0.01$) (Tabla 4).

DISCUSION

Este estudio confirma nuestra hipótesis inicial, en la cual niños con peso normal dedican mayor tiempo en actividades de intensidad y menos tiempo en propósitos sedentarios en comparación con aquellos que están niños que tienen sobrepeso, pero el gran costo energético de cualquier actividad que realizan los niños con sobrepeso deriva en que ambos grupos tengan un gasto energético total similar.

Diferencias Intergrupales en los Patrones de Actividad Física y en el Gasto Energético

En comparación con los niños con sobrepeso, los individuos con BMI normal exhibieron una mayor PAI a lo largo de todo el día (PAI_{24}) y durante la parte del día en que se mantuvieron despiertos (PAI_w), invirtiendo una gran proporción de su día a la realización de actividades físicas de intensidad moderada. En concordancia con nuestros hallazgos, los registros de la frecuencia cardiaca realizados en el estudio de Maffei et al (1996) muestran que los niños con sobrepeso asignan una gran parte del día a la realización de actividades sedentarias y de baja intensidad ($PAI < 30\%HRR$). Por otro lado, no encontramos diferencias significativas entre los grupos respecto de la cantidad de actividad física realizada a intensidades vigorosas y alta; sin embargo, dichas actividades ocuparon solamente una pequeña parte del día en ambos grupos, por lo que esto contribuyó en una pequeña proporción al gasto total de energía (Molnar and Livingstone, 2000).

En el presente estudio el gasto energético total no difirió de manera significativa entre los niños con peso normal y los niños con sobrepeso. Bailey et al. (1995) han indicado que la realización de períodos muy cortos de actividad física muy intensa interespaciados con períodos de actividad física de intensidad baja y moderada puede tener un impacto significativo sobre el TEE. La falta de diferencia en el TEE entre los grupos que se observó en el presente estudio puede explicarse por el argumento de Bailey. En estudios realizados en Europa y Norte America, se han hallado que el gasto energético total de los niños es similar al observado para los estudiantes tunecinos; utilizando el método de la frecuencia cardiaca, Maffei et al. (1996) hallaron una tendencia hacia el aumento del EE en niños italianos obesos (9.46 ± 1.40 vs. 7.51 ± 1.67 MJ), mientras que DeLany et al. (1995), utilizando el método de DLW, reportó un promedio de EE mayor en niños magros que en niños americanos obesos (9.29 ± 1.39 vs 7.96 ± 1.28 MJ).

	Grupo total (n=90)	BMI normal (n = 52)	Límite excedido de BMI para la edad (n = 38)
TEE (MJ)	9.16 (7.92-9.79)	8.88(7.41-9.76)	9.20 (8.20-9.84)
TEE/kg de BM ($\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$)	258 (221-298)	277 (248.08-310.69)	222 (187.6-258.9) ***
TEE/kg de FFM ($\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$)	328 (282-369)	343 (301-385)	296 (251-353) ***
AEE (MJ)	3.73 (2.75-4.68)	3.85 (2.77-4.78)	3.56 (2.56-4.21)
AEE (%TEE)	41.9 (34.1-48.1)	44.1 (35.5-49.9)	38.4 (30.8-44.9) *
AEE / kg de BM ($\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$)	103 (76-143)	123 (91.9-155.26)	84(56.7-114.7) ***
AEE /kg de FFM ($\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$)	138 (95-178)	155 (107.3-191.7)	112 (74.9-157.8) **
PAL	1.81 (1.60-2.11)	1.89 (1.66-2.14)	1.73 (1.53-2.03) 0.29
PAI_{24} (%HRR)	18.6 (16.2-21.4)	20.6 (17.8-22.3)	16.3 (14.1-18.9) ***
PAI_w (%HRR)	25.8 (23.4-29.6)	26.2 (24.5-30.7)	24.8 (21.5-28.9) **

Tabla 2. Gasto de energía y actividad física de los sujetos [mediana (25-75)]. TEE = gasto energético total, AEE = gasto energético activo, PAL = cociente entre el gasto energético total y el gasto energético de reposo. PAI_{24} = promedio de actividad física durante todo el día, PAI_w = promedio de la intensidad de la actividad física sobre la parte del día en que los sujetos estuvieron despiertos, BM = masa corporal; HRR= frecuencia cardiaca de reserva. *, ** y *** indican diferencias significativas ($p < 0.05$, 0.01 y 0.001 , respectivamente) en comparación con los niños con BMI normal.

	TEE (MJ)	PAI ₂₄ (%HRR)	PAI _w (%HRR)
Índice de masa corporal(BMI) (kg·m ⁻²)	0.198 *	-0.386 ***	-0.263 **
Grasa corporal (BF) (%)	0.179 *	-0.313 ***	-0.191 **
Masa corporal(BM) (kg)	0.208 **	-0.451 ***	-0.276 **
Masa grasa (FM) (kg)	0.193 *	-0.391 ***	-0.235 **
Masa libre de grasa (FFM) (kg)	0.198 **	-0.415 ***	-0.265 **

Tabla 3. Correlación (*r*) entre el gasto energético total (TEE), la intensidad de la actividad física en 24 horas (PAI₂₄) y la intensidad de la actividad física en la parte del día en que los sujetos se mantuvieron despiertos (PAI_w) y las distintas variables antropométricas; datos combinados para sujetos con peso normal y con sobrepeso. *, ** y *** indican *p* < 0.05, 0.01 y 0.001 respectivamente. HRR = frecuencia cardiaca de reserva.

Paradoja de la Igualdad en el Gasto Energético Absoluto

A pesar de las diferencias en la actividad física que se observaron en el presente estudio, los valores absolutos para el gasto energético total y activo fueron similares en los niños con peso normal y los niños con sobrepeso. Nuestros resultados estuvieron en concordancia con los obtenidos por Maffei et al. (1996) (PAL of 1.72 ± 0.25 vs 1.61 ± 0.28). Dichos hallazgos se debieron en gran parte al impacto de la gran masa corporal en relación con el costo energético absoluto de cualquier tipo de actividad (Hoos et al., 2004; Maffei et al., 1993). Grund et al. (2000) señalaron que el tamaño corporal y la actividad física son ambos determinantes importantes en el gasto diario de energía. Si el gasto energético es expresado en relación a los kg de masa corporal o de masa libre de grasa (Tabla 2), los efectos del tamaño corporal son eliminados en gran medida, y los costos de energía de actividades tales como caminar y de correr se tornan comparables en ambos grupos (DeLany et al., 1995; Garby and Lammert, 1994). Por lo tanto los niños con peso normal mostraron 9.3 un gasto energético 9.3% mayor que los niños con sobrepeso. Esta es una de las tantas diferencias observadas por Garby and Lammert, 1994, posiblemente reflejando el mayor promedio de actividad física en niños normales en una sociedad en desarrollo. De acuerdo con Welsman y Armstrong (2000), cuando los índices estándar no se corrigen por el tamaño corporal, estos dan valores artificialmente altos para individuos pequeños y valores bajos para individuos de mayor tamaño. Esto es altamente relevante cuando se comparan individuos con peso bajo y peso normal.

Importancia de la Actividad Física en el Control de la Obesidad.

Los datos obtenidos en el presente estudio demostraron la capacidad de los métodos simples de campo para observar diferencias en el gasto energético en relación con la composición corporal de los individuos. También respaldan la noción de que la acumulación de grasa corporal en niños pertenecientes a sociedades en vías de desarrollo está asociado a un nivel bajo de actividad física habitual, al igual que lo que ocurre en las naciones industrializadas. De esta manera, una excesiva masa corporal para la edad debería ser prevenida fomentando a los niños a reducir las actividades sedentarias y facilitando un incremento en la actividad física. Asimismo, parece que, al menos en niños tunecinos, la actividad física de intensidad moderada hace una mayor contribución para la prevención de obesidad que las actividades de mayor intensidad, probablemente debido a que la misma ocupa una gran fracción del día del niño, y de esta manera contribuye aún más al gasto total diario de energía. Debido a que, en individuos con sobrepeso, el costo de movimiento se encuentra incrementado, el gasto energético total diario de estos individuos parece ser similar al de los niños más delgados. Sin embargo, los niños con sobrepeso deben lograr un gasto energético mayor que los niños con peso normal (o al menos desarrollar un déficit energético) para que su contenido de grasa corporal se normalice.

Advertencias y Limitaciones del Estudio

¿En qué proporción la aparente igualdad del gasto energético en niños con peso normal y con sobrepeso refleja problemas en el método de la frecuencia cardiaca para la valoración de niños obesos? Utilizando el método FLEX HR, Ceesay et al. (1989) hallaron un error sistemático de solamente el $1.2 \pm 6.2\%$ en relación con el método de calorimetría corporal total. Sin embargo, utilizando el método de agua doblemente marcada (DLW) en un pequeño grupo de niños obesos, Maffei et al. (1995) observaron una subestimación del 6.2% para el gasto energético a través del método de la HR. Esta discrepancia necesita ser confirmada con un grupo mayor de sujetos. El método de monitoreo de la frecuencia cardiaca es relativamente más económico en relación con el método de agua doblemente marcada, y parece ser una técnica muy útil para evaluar el TEE y la PAL en situaciones de bajos recursos (Kurpad et al., 2006). Dentro de las ventajas se incluye la aceptabilidad social y la habilidad de examinar el tiempo empleado en actividades específicas de ejercicio (Beghin et al., 2000; Ceesay et al., 1989). Treuth et al. (1998) han señalado que la combinación de registros de la HR y la actividad diaria permiten la

determinación de EE no solo en forma grupal, sino también en forma individual. Hiilloscorpi et al. (2003) han señalado que el error inter individual en la estimación del EE se minimiza si se utiliza la HRR en lugar de la HR, como se realizó en el presente estudio. Sin embargo, pocos estudios investigaron la significancia fisiológica de la HR de reserva en niños obesos.

La estimación de la frecuencia cardíaca es vulnerable a los efectos de la temperatura ambiental. Kriemler et al. (2002) halló que el aumento de la HR en un clima cálido podría explicar el 8.8 (3.5) % del EE aparente durante las actividades al aire libre, conduciendo a una sobreestimación global del 2.9 (2.7) % en el EE durante las horas del día despierto y a una sobreestimación del 1.9 (1.8)% en 24 hs. Dichos efectos de la temperatura podrían haber sido ligeramente mayores en aquellos con sobrepeso. Sin embargo, nuestras observaciones fueron llevadas a cabo con un clima templado, y nuestras comparaciones se basan en estadísticas agrupadas, por lo que tenemos una razonable confianza en nuestras estimaciones del gasto energético total diario y su distribución a lo largo del día.

	Dormido	Actividad Sedentaria (PAI<30)	Actividades de Intensidad Moderada (PAI30-50)	Actividades Vigorosas (PAI50-70)	Actividades de Alta Intensidad (PAI>70)
Grupo total (n = 90)	588 (539-629)	329 (261-378)	416 (336-490)	71 (37-113)	21 (14-27)
BMI normal (n = 52)	577 (533-613)	297 (226-374)	460 (388-574)	89 (57-125)	15 (11-23)
BMI excedido para la edad (n = 38)	591 (557-618)	385 (328-456)	381 (328-436)	66 (49-88)	20 (12-26)
Porcentaje de actividad física espontánea (%)					
BMI normal (n=52)		34.1	54.4	9.4	2.1
BMI excedido para la edad (n = 38)		45.7 ***	43.8 ***	8.1	2.4

Tabla 4. Tiempo (min/día) asignado a actividad física de diferentes intensidades [PAI, promedio (25-75)]. *** $p < 0.001$ comparado con BMI normal.

El cálculo de la HRR depende de la estimación del $VO_{2\text{máx}}$ a través del test de ir y volver. La validez de este método ha sido cuestionada en para sujetos obesos. Sin embargo, nosotros rechazamos aquellos tests que no alcancen la frecuencia cardíaca anticipada, y nuestro método para expresar el $VO_{2\text{máx}}$ tiene en cuenta la masa corporal del sujeto.

Un segundo factor en importancia en nuestros cálculos, fue la estimación del índice metabólico de reposo. Para esto se utilizó la ecuación de Molnar (Molnar et al., 1995). Las diferencias étnicas en la composición corporal entre niños tunecinos y aquellos evaluados por Molnar et al. (1995) podrían sesgar las estimaciones realizadas en poblaciones de sociedades en desarrollo. Sin embargo, parece no ser una razón prioritaria el porqué dichos errores debieran afectar las estimaciones realizadas en niños con peso normal y en niños con sobrepeso de manera diferencial. Existe también un 6- 7 % de variación de la frecuencia cardíaca en reposo entre los sujetos (Garby and Lammert, 1994), posiblemente debido a diferencias inter individuales en la masa muscular y en el tamaño interno de órganos tales como cerebro, hígado, riñones, corazón y bazo (DeLany et al., 1995; Garby and Lammert, 1994; Molnar and Shutz, 1997). Sin embargo, DeLany et al (1995) encontraron diferencias no sistemáticas en el metabolismo de reposo entre niños delgados y obesos; aceptando sus conclusiones, las estimaciones basadas en la edad, el sexo, la talla y la masa corporal no deberían ser tomadas parcialmente al realizar comparaciones intergrupales.

Finalmente, nuestras observaciones fueron realizadas solamente durante días de escuela. Este procedimiento podría ser criticado debido a la falta de un día de fin de semana. Se requieren estudios adicionales que comparen los patrones de actividad de los fines de semana entre niños con sobrepeso y niños con peso normal.

Las correlaciones entre nuestras estimaciones del gasto energético y la composición corporal respaldan la validez construida de nuestros datos (Grund et al., 2000). Al igual que en el presente estudio, Grund, et al. (2000) hallaron una substancial correlación entre el AEE y la masa libre de grasa ($r = 0.81$). La correlación negativa entre el porcentaje de grasa corporal y la actividad física habitual ha sido también reportada anteriormente (Abbott and Davies, 2004).

CONCLUSION

Nuestra muestra tunecina demostró que la utilidad de los datos metabólicos puede ser recolectada mediante simples técnicas de campo. El estudio confirma nuestra hipótesis de que, en comparación con los niños con peso normal, los niños con sobrepeso tienen una PAI más baja durante ambas partes del día, el día entero (PAI₂₄) y la parte del día en que se mantuvieron despiertos (PAI_w). Sin embargo, debido a que el costo energético de la actividad física es mayor en aquellos niños con sobrepeso, no se observan diferencias en los valores absolutos del TEE o AEE. En relación con los niños que tienen sobrepeso, los niños con peso normal invierten mayor tiempo en actividades de moderada intensidad y menor tiempo en propósitos sedentarios. Un estudio longitudinal a gran escala, aplicando la técnica de medición de la frecuencia cardíaca que hemos adoptado en este estudio, en diversos momentos del año tanto en días de la semana como en días del fin de semana; podría detectar posibles efectos circadianos, circaseptanos, y estacionales en la sociedad tunecina y podría ayudar a establecer la causa de las relaciones que observamos. Sin embargo, hallazgos preliminares sugieren que las mejores tácticas para contrarrestar la acumulación de grasa podría ser la indicación de realizar actividad física de intensidad moderada en lugar de actividades intensas y evitar los comportamientos sedentarios.

Puntos claves

- La intensidad de la actividad física durante un día entero (PAI₂₄) y para la parte del día en que los sujetos se mantuvieron despiertos (PAI_w) fueron más bajas en los niños con sobrepeso que en aquellos individuos con peso normal.
- Sin embargo, debido a que el costo de energía de la actividad es mayor en aquellos que tienen sobrepeso, ellos no difieren en el gasto total de energía ó en el gasto activo de energía.
- Los niños con peso normal invierten mayor tiempo en actividades moderadas y menos tiempo en propósitos sedentarios a diferencia de los niños con sobrepeso.

Agradecimientos

Este estudio fue apoyado por el Ministerio de Educación, Investigación y Tecnología de Túnez. Agradecemos a los padres y a los directores de escuela por su valiosa ayuda.

REFERENCIAS

1. Abbott, R.A. and Davies, P.S (2004). Habitual physical activity and physical activity intensity: their relation to body composition in 5.0-10.5-y-old children. *European Journal of Clinical Nutrition* 58(2), 285-291
2. Armstrong, N., Welsman, J.R. and Kirby, B.J (2000). Longitudinal changes in 11-13-year-olds physical activity. *Acta Paediatrica* 89, 775-780
3. Bailey, R.C., Olson, J., Pepper, S.L., Porszasz, J., Barstow, T.J. and Cooper, D.M (1995). The level and tempo of childrens physical activities: an observational study. *Medicine & Science in Sports& Exercise* 27(7), 1033-1041
4. Beghin, L., Budniok, T., Vaksman, G., Boussard-Delbecque, L., Michaud, L., Turck, D. and Gottrand, F (2000). Simplification of the method of assessing daily and nightly energy expenditure in children, using heart rate monitoring calibrated against open circuit indirect calorimetry. *Clinical Nutrition* 19(6), 425-435
5. Ceesay, S.M., Pentice, A.M., Day, K.C., Murgatroyd, P.R., Goldberg, G.R., Scott, W. and Spurr, G.B (1989). The use of heart rate monitoring in the estimation of energy expenditure: a validation study using indirect whole-body calorimetry. *British Journal of Nutrition* 61, 175-186
6. Cole, T.J., Bellizzi, M.C., Flegal, K.M. and Dietz W. H (2000). Establishing a standard definition for childhood obesity and obesity world-wide: international survey. *British Medical Journal* 320, 1240
7. DeLany, J.P., Harsha, D.W., Kime, J.C., Kumler, J., Melancon, L. and Bray, G.A (1995). Energy expenditure in lean and obese prepubertal children. *Obesity Research* 1, 67-72
8. Gaha, R., Ghannem, H., Harrabi, I., Ben Abdelaziz, A., Lazreg, F. and Hadj, F.A (2002). Overweight and obesity among urban school children in Sousse, Tunisia. *Archives de Pédiatrie* 9(6), 566-571
9. Garby, L. and Lammert, O (1994). Between-subjects variation in energy expenditure: estimation of the effect of variation in organ size. *European Journal of Clinical Nutrition* 48, 376-378
10. Gavarry, O., Giacomoni, M., Bernard, T., Seymat, M. and Falgairette, G (2003). Habitual physical activity in children and adolescents during school and free days. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 35(3), 525-531
11. Hiilloscorpi, H.K., Pasanen, M.E., Fogelholm, M.G., Laukkanen, R.M. and Manttari, A.T (2003). Use of heart rate to predict energy expenditure from low to high activity levels. *International Journal of Sports Medicine* 24(5), 332-336
12. Hoos, M.B., Kuipers, H., Gerver, W.J. and Westerterp, K.R (2004). Physical activity pattern of children assessed by triaxial

- accelerometry. *European Journal of Clinical Nutrition* 58,1425-1428
13. James, W.P.T. and Schofield, E.C (1992). Les besoins énergétiques de l'homme : Manuel à l'usage des planificateurs et des nutritionnistes. *Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture: Economica, Paris: 33-37*
 14. Janz, K.F., Golden, J.C., Hansen, J.R. and Mahoney, L.T (1992). Heart rate monitoring of physical activity in children and adolescents: the Muscatine Study. *Pediatrics* 89, 256-261
 15. Kriemler, S., Hebestreit, H., and Bar-Or O (2002). Temperature-related overestimation of energy expenditure, based on heart-rate monitoring in obese boys. *European Journal of Applied Physiology* 87(3), 245-250
 16. Kurpad, A.V., Raj, R., Maruthy, K.N. and Vaz, M (2006). A simple method of measuring total daily energy expenditure and physical activity level from the heart rate in adult men. *European Journal of Clinical Nutrition* 60(1), 2-40
 17. Maffeis, C., Pinelli, L., Zaffanello, M., Schena, F., Iacumin, P. and Schutz, Y (1995). Daily energy expenditure in free-living conditions in obese and non-obese children: comparison of doubly labelled water (2H₂(18)O) method and heart-rate monitoring. *International Journal of Obesity Related Metabolism Disorders* 19, 671-677
 18. Maffeis, C., Schutz, Y., Schena, F., Zaffanello, M., and Pinelli, L (1993). Energy expenditure during walking and running in obese and non obese prepubertal children. *Journal of Pediatrics* 123, 193-199
 19. Maffeis, C., Zaffanello, M., Pinelli, L. and Schutz, Y (1996). Total energy expenditure and patterns of activity in 8-10-year-old obese and non obese children. *Journal of Pediatrics Gastroenterology Nutrition* 223, 256-261
 20. Molnar, D., Jeges, S., Erhardt, E. and Schutz, Y (1995). Measured and predicted resting metabolic rate in obese and nonobese adolescents. *Journal of Pediatrics* 127, 571-577
 21. Molnar, D. and Livingstone, B (2000). Physical activity in relation to overweight and obesity in children and adolescents. *European Journal of Pediatrics* 1159, 45-55
 22. Molnar, D. and Schutz, Y (1997). The effect of obesity, age, puberty and gender on resting metabolic rate in children and adolescents. *European Journal of Pediatrics* 156, 376-381
 23. Ness, A.R., Leary, S.D., Mattocks, C., Blair, S.N., Reilly, J.J., Wells, J., Ingle, S., Tilling, K., Smith, G.D. and Riddoch, C (2007). Objectively measured physical activity and fat mass in a large cohort of children. *PLoS Medicine* 4(3), 97
 24. Oppert, J.M (2006). Méthodes d'évaluation de l'activité physique habituelle et obésité. *Science & Sports* 21, 80-84
 25. Peterson, J.J., Lowe, J.B., Peterson, N.A. and Janz, K.F (2006). The relationship between active living and health-related quality of life: income as a moderator. *Health Education* 21, 146-156
 26. Rowlands, A.V (2007). Accelerometer assessment of physical activity in children: an update. *Pediatric Exercise Science* 19(3), 252-266
 27. Rowlands, A.V., Pilgrim, E.L. and Eston, R.G (2008). Patterns of habitual activity across weekdays and weekend days in 9-11-year-old children. *Preventive Medicine* 46(4), 317-324
 28. Rowland, T.W (1993). Does peak VO₂ reflect VO₂max in children? Evidence from supramaximal testing. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 25, 689-693
 29. Sallis, J.F. and Saelens, B.E (2000). Assessment of physical activity by self-report: status, limitations and future directions. *Research Quarterly Exercise Sports* 71, 1-14
 30. Saris, W.H, Blair, S.N., Van Baak, M.A, Eaton, S.B., Davies, P.S., Di Pietro, L., Fogelholm, M., Rissanen, A., Schoeller, D., Swinburn, B., Tremblay, A., Westerterp, K.R. and Wyatt, H (2003). How much physical activity is enough to prevent unhealthy weight gain? Outcome of the IASO 1st Stockholm Conference and consensus statement. *Obesity Review* 4, 101-114
 31. Shephard, R.J (2004). Role of the physician in childhood obesity. *Clinical Journal of Sports Medicine* 114, 161-168
 32. Strath, S.J., Bassett, D.R., Swartz, A.M. and Thomson, D.L (2001). Simultaneous heart rate-motion sensor technique to estimate energy expenditure. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 33(12), 2118-2123
 33. Treuth, M.S., Adolph, A.L. and Butte, N.F (1998). Energy expenditure in children predicted from heart rate and activity calibrated against respiration calorimetry. *American Journal of Physiology* 275, E12-8
 34. Welk, G.J., Corbin, C.B. and Dale, D (2000). Measurement issues in the assessment of physical activity in children. *Research Quarterly Exercise Sports* 71(2), S59-73
 35. Westerterp, K.R. and Plasqui, G (2004). Physical activity and human energy expenditure. *Current Opinion Clinical Nutrition Metabolism Care* 77, 607-613

Cita Original

Fayçal Zarrouk, Ezdine Bouhleb, Youssef Feki, Mohamed Amri and Roy J. Shephard. Physical Activity Patterns and Estimated Daily Energy Expenditures in Normal and Overweight Tunisian Schoolchildren. *Journal of Sports Science and Medicine* (2009), 8:83-88.