

Monograph

Revisión de la Literatura sobre el Modo de Caminar y la Obesidad de Clase III

Catherine G Ling¹, Sandra S Brotherton² y Sheila O Smith¹

¹College of Nursing, Medical University of South Carolina, Charleston, Estados Unidos.

²College of Health Professions, Medical University of South Carolina, Charleston, Estados Unidos.

RESUMEN

La actividad física es un componente muy importante en la prevención de enfermedades y promoción de la salud. Caminar es una forma popular y conveniente de realizar actividad física y es necesaria para la vida diaria. Cuando un individuo tiene sobrepeso, se producen cambios en el modo de caminar (ciclo de movimientos de los miembros inferiores al caminar). El deterioro de este componente básico de la vida diaria puede transformarse en una barrera para la pérdida de peso y producir invalidez. Las investigaciones publicadas sugieren que los cambios en el modo de caminar aumentan a medida que aumenta el BMI. Por lo tanto, los individuos con obesidad Clase III [Índice de Masa Corporal (BMI)>40] tienen mayor probabilidad de padecer problemas de movilidad asociados con la forma de caminar que las personas que tienen un BMI menor. Estas desviaciones en la forma de caminar pueden afectar la capacidad de realizar actividad física. Sin embargo en la literatura publicada en la actualidad hay vacíos de información, acerca del efecto que tiene la obesidad sobre algunos componentes de la forma de caminar en esta población. Un mejor conocimiento del impacto de la obesidad en el modo de caminar permitirá identificar a aquellos que sufren invalidez y ayudará a desarrollar intervenciones de ejercicios diseñados para remediar los deterioros subyacentes y mejorar el rendimiento funcional.

Palabras Clave: obesidad mórbida, caminata, actividad física

INTRODUCCION

Las iniciativas destinadas a promover la salud y el manejo del peso de todos los individuos obesos, recomiendan caminar como la mejor forma de realizar ejercicio. Aunque la caminata es una forma libre, agradable y segura de realizar ejercicio, en los individuos con obesidad severa, el modo de caminar (ciclo de movimientos de los miembros inferiores del cuerpo o caminata) está comprometido. Cada paso que se realiza durante el ciclo de caminata, involucra una interacción compleja entre las variables de equilibrio, movimiento, gasto de energía, fuerzas medioambientales externas y otras fuerzas fisiológicas interiores del individuo (1). Cuando esta interacción es sometida a variaciones en cualquiera de estas variables, debe adaptarse y compensarse de manera dinámica con el individuo o el ambiente. Los fenómenos estructurales y metabólicos asociados con la obesidad Clase III, presentan desafíos que deben ser entendidos porque la actividad física rutinaria es un elemento crítico tanto en la pérdida de peso como en el mantenimiento de la misma (2, 3). Esta revisión analiza las investigaciones publicadas en la actualidad sobre la forma de caminar de las personas con obesidad Clase III, para comprender mejor los patrones de formas de caminar que poseen estos individuos.

OBESIDAD CLASE III

Las personas con obesidad de Clase III tienen un índice de masa corporal (BMI) igual o mayor a 40, lo que es equivalente a tener por lo menos 100 libras por encima del peso corporal recomendado para la talla (4). El BMI se calcula como peso (kg) / talla (m²). La obesidad Clase III también ha sido denominada obesidad mórbida o severa. El peso adicional se distribuye a través de la acumulación de tejido adiposo a lo largo del cuerpo, lo que no sólo altera la carga que se lleva, si no que también la estructura del propio cuerpo. Por ejemplo, la mayor masa localizada en la pelvis, reduce el intervalo de movimiento de las caderas. El tejido adiposo adicional distribuido en el tronco altera el centro de equilibrio. Es razonable suponer, que el grado de adaptación de la forma de caminar está directamente relacionado con la cantidad de peso extra que se lleva. Esa suposición se basa, en parte, en evidencia encontrada, que afirma que los riesgos de morbilidad y mortalidad asociados al peso están directamente relacionados con el grado de obesidad (5, 6). Antes de analizar la bibliografía actual sobre la forma de caminar y a la obesidad de Clase III, haremos una breve descripción global de la forma de caminar.

ELEMENTOS BASICOS DE LA FORMA DE CAMINAR

La marcha está compuesta por tres componentes relacionados entre sí: los objetivos fisiológicos, las tareas funcionales y las fases del ciclo de caminata.

Si bien hay otros factores que influyen en el modo de caminar, como los factores medioambientales y la fuerza muscular, es necesario comprender los componentes del ciclo de caminata para evaluar la locomoción bípeda en las personas con obesidad Clase III.

Hay cuatro objetivos fisiológicos que regulan el modo de caminar. Ellos son la propulsión (movimiento), equilibrio, minimización del impacto a la estructura corporal y minimización del gasto de energía en todas estas actividades (1). Estos objetivos se traducen en la fuerza, velocidad y grado de movimiento durante la caminata (7). El modo de caminar también debe acomodarse a los cambios medioambientales para estabilizar y proteger las estructuras corporales mientras propulsa al individuo con el menor costo energético posible y a la velocidad seleccionada de manera consciente o inconsciente.

Junto con estos objetivos fisiológicos, el modo de caminar debe cumplir tres tareas funcionales específicas. Estas son la aceptación de peso, traslado del peso en una sola pierna (apoyo en una sola pierna - SLS) y el movimiento de una pierna hacia adelante (avance de la pierna impulsada - SLA) (8). La aceptación del peso involucra la distribución de la masa corporal en los miembros inferiores para lograr estabilidad. El SLS consiste en centrar la masa corporal total en una pierna, mientras que SLA hace referencia al movimiento de la pierna que no está soportando peso. Estas tareas funcionales se llevan a cabo en el movimiento a través de las fases del ciclo de caminata que se sintetizan en la Tabla 1 (1, 8, 9).

Fase	IC Contacto inicial	LR Respuesta de carga	MSt Posición media	TSt Posición Final	PSw Pre Impulso	ISW Impulso Inicial	MSw Impulso Media	TSw Impulso final
	Posición S				Impulso			
Tarea	Reconocimiento del peso	Reconocimiento del peso	SLS	SLS	SLA	SLA	SLA	SLA
Objetivo	Estabilidad, movimiento y distribución de la fuerza	Igual a IC	Mantener la estabilidad y el impulso	Igual a MSt	Mover hacia delante la pierna atrasada	Igual a PSw	Igual a PSw	Igual a PSw
Acción	El Talón se posiciona mientras el peso todavía está sobre la otra pierna	El peso se traslada desde el talón a toda la pierna	La pierna opuesta aporta el impulso mientras que el tronco pasa a través del pie	El tronco pasa a través de la pierna estable	El talón de atrás se estira, la rodilla de atrás se flexiona y el peso cambia hacia la pierna pasiva.	Aumenta la flexión en la rodilla activa, el muslo se mueve hacia delante y el pie activo despeja el terreno.	La pantorrilla se extiende y el pie permanece en el terreno.	La pierna se extiende hasta apoyar el talón.

Tabla 1. Componentes de un ciclo de caminata normal.

Desde una perspectiva de la movilidad y del ciclo de caminata, el cuerpo está dividido en dos secciones: Un componente activo (caderas y piernas) y un componente pasajero (pelvis y tronco) (1). Si bien la pelvis y tronco no son tan activos como la rodilla, en la realización de un paso, como componentes pasajeros, ellos contribuyen con la carga y con el costo fisiológico. La unidad pasajera contiene la mayoría de la carga que debe moverse; y debe absorber el impacto, contribuir a la estabilidad y ayudar a determinar el gasto de energía (1).

El modo de caminar se mide directa e indirectamente de varias maneras. En esta revisión nos centraremos en los parámetros cinéticos, cinemáticos y temporo-espaciales. Estos parámetros cuantifican la fuerza, velocidad y grado de movimiento y abarcan los objetivos fisiológicos de la caminata. La cinética hace referencia a las fuerzas, masas y aceleración, mientras que la cinemática se refiere a la posición y movimiento de la articulación (9, 10). Las medidas temporo-espaciales evalúan la aptitud del modo de caminar, de la misma manera que las medidas de presión arterial reflejan la aptitud del sistema cardiovascular (11). Las medidas temporo-espaciales cuantifican las variables del modo de caminar en lo que se refiere a tiempo y espacio. Las variables medidas con mayor frecuencia son velocidad, cadencia, longitud del paso, longitud de zancada, ancho de la posición y duración de las fases de posición e impulso. La velocidad hace referencia a la distancia recorrida por unidad de tiempo. La cadencia se refiere al número de pasos realizados por unidad de tiempo. La longitud del paso se refiere a la distancia de ubicación entre el pie derecho y el izquierdo. La zancada se refiere al movimiento de un pie a través del ciclo completo; la longitud entre la primera y segunda ubicación del mismo pie (1). La fase de impulso se refiere al porcentaje del ciclo de caminata donde una pierna específica está en movimiento y la fase de posición se refiere al porcentaje del ciclo de caminata donde la pierna está en contacto con la tierra.

Aunque las personas cambian voluntaria e involuntariamente su modo de caminar, se han establecido valores normativos para estos parámetros en adultos. Por ejemplo, las personas sin problemas, pasan en promedio 50% del ciclo de caminata en la fase de posición y 50% en la fase de impulso (1).

Cuando hay alteraciones, como por ejemplo una menor propiocepción o debilidad muscular, se producen cambios en el equilibrio entre las fases (1). Si bien los principios y componentes no cambian, varían la duración del ciclo de caminata y la distancia de caminata. La obesidad de clase III plantea desafíos y alteraciones de la estructura corporal que afectan el modo de caminar.

METODOLOGIA DE LA REVISION

Se realizó una búsqueda en las publicaciones utilizando el sistema de títulos MeSH con palabras como obesidad, obesidad mórbida y modo de caminar mediante un análisis de palabras claves que incluían el término caminata, en las bases de

datos PubMed, CINAHL, Ovid Medline y Ovid Medline InProcess. Además, también se realizó una búsqueda manual. Las búsquedas se limitaron a las publicaciones en idioma inglés. Se analizó la literatura de revisión y de resúmenes y sus bibliografías fueron analizadas para obtener fuentes primarias. De los 35 artículos identificados, 26 fueron excluidos del análisis debido a redundancia, (múltiples informes en el mismo grupo de estudio), medición subjetiva de los componentes del modo de caminar, o porque no incluían visiblemente a participantes con un BMI ≥ 40 (Figura 1).

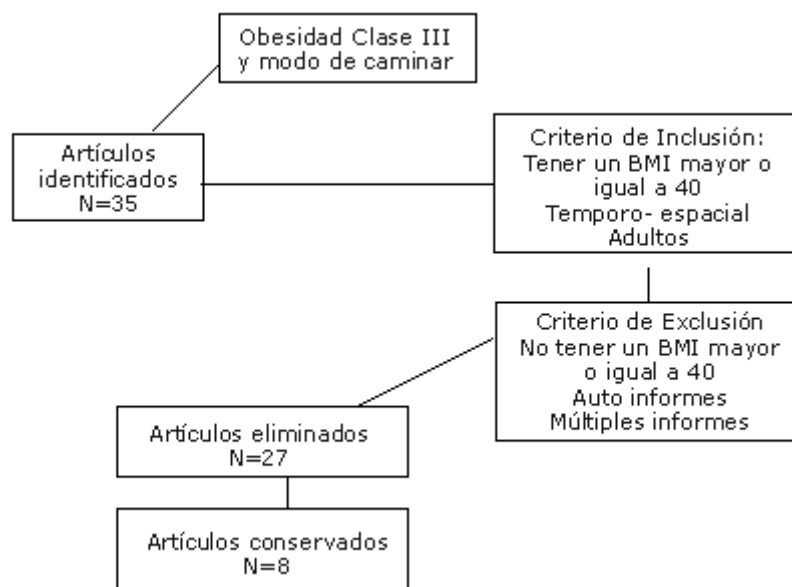


Figura 1. Esquema de búsqueda.

Los auto-informes sobre caminatas fueron específicamente excluidos. Se tomaron como criterio para la inclusión en la revisión las muestras de poblaciones de adultos con evidencia de que algunos participantes tuvieran un BMI ≥ 40 y las mediciones temporo-espaciales. Los componentes temporo-espaciales del modo de caminar fueron considerados dentro del criterio de inclusión porque los mismos proporcionan una medida global de la aptitud fisiológica del modo de caminar. Además, los mismos son fácilmente reproducibles en el ámbito público y médico, lo que permite que el conocimiento obtenido a partir de las revisiones, sea transferido con mayor facilidad para la valoración de la aptitud en dichos ámbitos.

Cada artículo fue colocado en una categoría según el nivel de evidencia, utilizando la escala de puntuación de Polit y Beck que se presenta sintetizada en la Tabla 2 (12). Esta escala clasifica la evidencia en una escala del 1 al 7 donde el Nivel 1 se asigna a las revisiones sistemáticas de estudios aleatorizados con controles y el Nivel 7 se asigna a la opinión de expertos. Cada artículo se estudia específicamente para los datos con respecto a los componentes activo y pasajero (tronco y pelvis) del modo de caminar. La información del componente pasajero se incluye debido a que estas áreas soportan una carga mayor en los casos de obesidad de Clase III. En la Tabla 3 se presentan los resultados de este análisis.

Nivel	Descripción
1	Revisión sistemática de RCT y estudios no aleatorizados
2	Estudios RCT o estudios no aleatorizados únicos
3	Revisión sistemática de estudios de correlación/observacionales
4	Estudios de correlación/observacional único
5	Revisión sistemática de estudios fisiológicos descriptivos/cualitativos
6	Estudio fisiológico descriptivo/cualitativo único
7	Opinión de expertos; individual o comité

Tabla 2. Niveles de evidencia.

Fuente	Nivel de evidencia	Muestra	Resultados Cinéticos*	Resultados cinemáticos*	Resultados Temporoespaciales*	Resultados del componente pasajero
(16)	6	n=34 BMI \ddagger =40	§	§	V• = ↓ C• = ↓ StrL• = ↓ SL• = ↓ SW• = ↓	Ninguno
(17)	4	Cohorte de Obesos n=39 BMI \ddagger = 42,3 Cohorte de sujetos delgados n = 18 BMI \ddagger = 22,7	Torque de rodilla = ↑ Torque de tobillo = ↑	Flexión de rodilla = ↓ Flexión plantar de tobillo = ↑	V = ↓ C = ↓ SL = ↓ Impulso % = ↓ Posición % = ↑	Ninguno
(18)	4	n=200 intervalo de BMI 27- >35	§	§	V = ↓	Ninguno
(15)	4	n=79 Cohorte de Obesos BMI \ddagger = 37,1 Cohorte de sujetos delgados BMI \ddagger = 22,1	§	ROM de las piernas (sentadilla/estirar /doblar) = ↓	V = ↓	Ninguno†
(13)	4	n=12 BMI \ddagger = 38	§	Flexión de cadera = ↓ Flexión de rodilla = similar Flexión plantar de tobillo = ↑	V = ↓ C = ↓ StrL = ↓ SW = ↑ Impulso% = ↓ Posición % = ↑	Inclinación de la pelvis
(19)	6	n = 25 BMI \ddagger = 45,5	§	§	V = ↓	Ninguno
(14)	4	n= 20 Cohorte de obesos BMI \ddagger = 35,5 Cohorte de sujetos delgados BMI \ddagger = 22,0	GFR• ↑	No se observaron diferencias significativas	V = ↓ C = ↓ SW = ↑ Impulso% = ↓ Posición % = ↑	
(20)	4	n=53 Intervalo de BMI 19-50	Flexión plantar = ↑ Torque de tobillo = ↑	Progresión del pie = ↓ ROM de la cadera = ↓ ROM de la rodilla = ↓ ROM del tobillo = ↓	V = ↓ C = ↓ StrL = ↓ Impulso% = ↓ Posición % = ↑	Ninguno

Tabla 3. Análisis de la Obesidad Clase III y del modo de caminar: Revisión de la Literatura. *Todos los resultados se informan para las observaciones de obesidad de clase III, dado que están relacionados con hallazgos con menores BMI. §, NA; -, Los componentes no fueron determinados, no fueron informados o no es posible interpretarlos como exclusivos de las personas con obesidad; ‡, Media; †, Actividades de flexibilidad centradas en la pelvis y el tronco; GFR□; Reacción de fuerza contra el suelo; V, velocidad; C, cadencia; StrL, Longitud de la zancada; SL, Longitud del paso; SW, Amplitud del paso.

EL MODO DE CAMINAR Y LA OBESIDAD DE CLASE III

Todos los estudios en revisión poseían un diseño no experimental, lo que no es sorprendente, dada la naturaleza de la información que se busca. Esta literatura consistió en varios estudios únicos con poblaciones relativamente pequeñas. Un estudio con un n>100 arrojó la menor cantidad de datos sobre el modo de caminar. La fuerza de estos estudios es la consistencia de sus resultados, que en conjunto dan un panorama global del modo de caminar de los individuos con

RESULTADOS DE LA CINÉTICA Y DE LA CINEMÁTICA

Las medidas cinéticas, frecuentemente fueron las menos informadas, estando presentes en sólo 38% de los estudios revisados. Esto no significa que no haya bibliografía donde se hayan realizado mediciones cinéticas del modo de caminar en esta población, si no que tales estudios no se encontraron dentro de los criterios de inclusión de esta revisión. Los resultados de la cinética indican que las personas con formas extremas de obesidad, ejercen mayores fuerzas que sus colegas delgados. Los resultados de la cinemática indicaron que, en la mayoría de estudios se observó que las personas con obesidad tenían un menor recorrido de movimiento (ROM) en la cadera y rodilla, y una mayor flexión plantar del tobillo en comparación con los grupos de sujetos delgados. Dos estudios no encontraron una diferencia cinemática significativa entre los participantes obesos y delgados (13, 14). Sin embargo, estos estudios tenían menores valores medios de BMI por lo que la falta de diferencias significativas puede ser atribuida al efecto asociado al peso, por la inclusión de personas con un menor BMI y del pequeño tamaño de la muestra. El estudio con la muestra de mayor tamaño, aportó los datos cinemáticos más débiles dado que el ROM fue informado solamente en base a la realización de la tarea funcional (15).

RESULTADOS TEMPORO-ESPACIALES

Los resultados temporo-espaciales de estos estudios son consistentes. Se observó que las personas con obesidad, entre los que se incluían a aquellos con obesidad Clase III, tenían menor velocidad, cadencia, longitud de paso y de zancada que las cohortes de sujetos delgados (13-20). Se observaron aumentos en la amplitud del paso y de la posición (13, 14, 16). El porcentaje del ciclo de caminata transcurrido en la fase de posición aumentó y el de la fase de impulso disminuyó (13, 14, 16, 17, 20). Se piensa que estos cambios son adaptaciones del modo de caminar que permiten alcanzar la movilidad y el equilibrio al distribuir la fuerza máxima. Estas alteraciones en el modo de caminar también sirven para minimizar el costo energético (21-23). También se han observado personas con obesidad con menor fuerza muscular (18, 24). A pesar del potencial de formación de músculo que tiene el movimiento con mayor masa (similar al entrenamiento de la fuerza), la musculatura de los miembros inferiores se fatiga con mayor facilidad (24, 25). Estos cambios pueden explicar la mayor duración del período de posición del ciclo de caminata asociado con la obesidad de Clase III. La posición requiere menos actividad muscular que el impulso; por lo tanto, un individuo que pasa más tiempo en la fase de posición del ciclo de caminata, gastará menos energía y no aumentará la eficacia muscular a través del entrenamiento (9, 26).

EL COMPONENTE PASAJERO

No hay ninguna información acerca de si el tronco o la cadera representan una contribución o un desafío como componente formal, en alguno de estos estudios. El papel del componente pasajero en el modo de caminar en la obesidad de Clase III es significativo. La carga de éste componente altera el costo energético de la caminata y la estabilidad tanto en la posición estática y como de la posición dinámica. La adaptación del tronco y de la pelvis ha sido analizada sólo en dos estudios (13, 15). Las personas con obesidad de Clase III tienen el centro de gravedad por delante de la línea media, lo que produce una inclinación hacia delante de la cintura pelviana (27). Otros cambios en la columna asociados con esta postura incluyen curvaturas exageradas de las regiones cervicales, lumbares y torácicas y una inclinación hacia adelante de la cabeza (27). Estos cambios posturales ayudan a mantener la estabilidad, pero perjudican la capacidad de realizar tareas funcionales como estar de pie y estirarse en comparación con aquellos que poseen un menor BMI (28-30).

APOYO DE RESULTADOS PROVENIENTES DE OTRAS FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

La biomecánica del modo de caminar en las personas con obesidad Clase III es diferente a la de las personas con menores

valores de BMI (BMI de 20-25) (20). Estudios con cohortes de obesos que no incluyen explícitamente a los de la Clase III confirman muchos de los resultados encontradas en esta revisión. Se observó disminución de la flexibilidad en las caderas y rodillas de niños obesos (21). En los artículos de síntesis y en estudios de caminata y obesidad con menores BMI se observó que las personas con obesidad caminan con velocidades más lentas. Ellos tienen posiciones estáticas más amplias y pasan un porcentaje de tiempo mayor en la fase de posición (13, 16, 17, 24, 31, 32). El impacto sobre el modo de caminar parece aumentar con el aumento en el IMC (16, 19, 20).

COMPARACION DEL MODO DE CAMINAR

La bibliografía de la caminata relacionada a la obesidad de Clase III muestra un patrón de caminata claramente diferente para esta población, en comparación con las personas con un BMI menor.

Saber que la diferencia existe es sólo parte del asunto. Esta información debe ser analizada en un contexto comparativo. Como mencionamos antes, los valores de referencia han sido establecidos para las características temporo-espaciales del modo de caminar en la población general. Una comparación entre los valores de la población general y aquellos asociados con el sobrepeso u obesidad con menor BMI, con la obesidad de Clase III y dos condiciones asociadas con un modo de caminar patológico (ACV y la enfermedad de Parkinson) pueden ser utilizados para estudiar las características temporo-espaciales.

Esta comparación se presenta en la Tabla 4 (11, 16, 21, 22, 24, 32, 34, 43-46). Los valores temporo-espaciales del modo de caminar en la obesidad de Clase III se asemejan más estrechamente a los observados en la enfermedad de Parkinson y ACV que en los valores de referencia. Los valores para el sobrepeso y la obesidad con BMI más bajos, tienen valores intermedios entre la población general y la obesidad de Clase III, lo que fortalece la evidencia que la variación en el modo de caminar es específica de la categoría de peso. El análisis de las características del modo de caminar plantea el interrogante de ¿cómo son las variables funcionales del modo de caminar en esta población?. Si bien está fuera del alcance de este artículo, el próximo paso lógico sería el estudio de las variables funcionales del modo de caminar en la obesidad de Clase III.

Variables Temporo-espaciales	Intervalos de valores de referencia	Sobrepeso/ Obesidad de Clase I	Obesidad de Clase III	Enfermedad de Parkinson	ACV
Longitud de la zancada (m)	1,3 - 1,6	0,9-1,1	0,8-1,3	0,9-1,2	0,7
Amplitud de la posición (cm)	7,0-9,0 < 1/2 amplitud de la pelvis	30%	5,0-20,7	5,0-9,0	15-19
Cadencia (pasos/min)	110-120	97-123	60-108	101 - 129	38-111
Velocidad (m/seg)	1,2-1,6	1,0-1,1	0,5-1,1	1,0-1,2	0,2-1,1

Tabla 4. Comparación entre las diferentes variables que describen el modo de caminar. ACV= Accidente cerebro-vascular.

AREAS PARA LAS FUTURAS EXPLORACIONES

La literatura repasada aporta una visión sobre el modo de caminar de las personas con obesidad de Clase III, pero la misma es principalmente observacional o descriptiva. Si bien aporta un claro panorama de las características del modo de caminar, la literatura presenta varias líneas para investigaciones futuras que pueden tener una influencia positiva en la práctica médica. Estas áreas incluyen el examen integrado de los componentes pasajeros y motores, la necesidad de contar con especificidad en la clasificación de la obesidad y la rehabilitación.

La combinación del análisis de la locomoción y los componentes secundarios del tronco y carga pelviana, del movimiento y de la alineación, puede aportar un cuadro más completo de los mecanismos compensatorios utilizados por esta población para lograr movilidad. Dicho estudio también sentaría las bases para las investigaciones sobre las intervenciones para abordar la rehabilitación, actividad física y las prácticas médicas más adecuadas.

Es necesario que las prácticas médicas y las prácticas públicas sean diferentes según la clasificación del BMI. Si bien los aumentos en la morbilidad y mortalidad asociadas a la obesidad tienen una relación directa con el BMI, la suposición lógica acerca de que existe la misma relación entre el modo de caminar y el BMI, requiere evidencia adicional (6). Establecer específicamente el grado de obesidad de los participantes en la investigación, aportará evidencia específica de la población a médicos y a profesionales del ámbito público. La evidencia específica del BMI permitirá plantear intervenciones a medida.

Esas intervenciones diseñadas a medida pueden ser abordadas en forma de rehabilitación en lugar de entrenamiento físico. Se ha demostrado que la rehabilitación y las intervenciones de actividad diseñadas a medida tienen un impacto positivo en el dolor, en el funcionamiento y en los resultados de los niveles de actividad física (33-35). La síntesis de estos principios con el análisis del modo de caminar en las poblaciones con obesidad de Clase III puede ser utilizada para diseñar intervenciones para mejorar la capacidad y el rendimiento en la actividad física.

Estas intervenciones son fundamentales porque la actividad física es un componente crítico en el manejo de la obesidad a largo plazo (36-38).

CONCLUSION

Caminar es un componente importante en el funcionamiento y en la actividad de la vida diaria, un tratamiento para enfermedades crónicas como la diabetes y la obesidad y un modo de promoción de la salud y prevención de enfermedades (2, 39, 40).

Caminar con obesidad de Clase III es una actividad única y desafiante, debido a la mayor carga y a los cambios estructurales corporales asociados a la obesidad. Estos desafíos aumentan a medida que aumenta el BMI por lo que las personas con obesidad de Clase III tienen un riesgo elevado de presentar alteraciones significativas en el modo de caminar.

Adicionalmente, los cambios en el centro de gravedad asociados con la obesidad aumentan potencialmente el riesgo de inestabilidad durante el movimiento. Las investigaciones e intervenciones médicas futuras deberían analizar estos fenómenos en esta población, para maximizar la actividad física en las personas más vulnerables a la morbilidad y mortalidad asociadas con un IMC elevado y severo (6, 41, 42).

Dirección para Envío de Correspondencia

Catherine Ling, 1463 Kings Lane Palo Alto, CA 94303, USA. Tel.: (843) 701-2508 [begin_of_the_skype_highlighting](#) (843) 701-2508 [end_of_the_skype_highlighting](#), correo electrónico: lingcg@muscc.edu

REFERENCIAS

1. Perry J (1992). Gait analysis: normal and pathological function. *Thorofare, NJ: SLACK Incorporated*
2. National Institutes of Health (2000). The practical guide: Identification, evaluation and treatment of overweight and obesity in adults. *National Institutes of Health*
3. Wing R, Phelan S (2005). Long-term weight loss maintenance. *J Clin Nutr;82 (Supplement): 222S-5S*
4. National Heart Lung Blood Institute (2007). Body mass index table. [cited 2008 July 14]; Available from: http://www.nhlbi.nih.gov/guidelines/obesity/bmi_tbl.pdf.
5. Flegal K., Graubard B., Williamson D., Gail M (2005). Excess deaths associated with underweight, overweight and obesity. *JAMA 293(15):1861-7*
6. Fontaine K., Redden D., Wang C., Westfall A., Allison D (2003). Years of life lost due to obesity. *JAMA 289(2):187-93*
7. Saibene F., Minetti A (2003). Biomechanics and physiological aspects of legged locomotion in humans. *Eur J Appl Physiol 88:297-316*
8. The Pathokinesiology Service and the Physical Therapy Department (2001). Gait: Observational gait analysis. *Downey, CA: Rancho Los Amigos National Rehabilitation Center*
9. Nordin M., Frankel V (2001). Basic biomechanics of the musculoskeletal system. *Third ed. Philadelphia: Lippicott, Williams & Wilkins*
10. Whittle M (2007). Gait analysis: An introduction. *Edinburgh: Elsevier*
11. Kirtley C (2006). Clinical gait analysis: Theory and practice. *Edinburgh: Elsevier Churchill Livingstone*

12. Polit D., Beck C (2008). Nursing research: Generating and assessing evidence for nursing practice. *Eighth ed. Philadelphia: Wolters Kluwer*
13. Spyropoulos P., Pisciotto J., Pavlou K., Cairns M., Simon S (1991). Biomechanical gait analysis in obese men. *Arch Phys Med Rehab 72:1065-70*
14. Browning R., Kram R (2007). Effects of obesity on the biomechanics of walking at different speeds. *Med Sci Spor Exer 39(9):1632-41*
15. Larsson U., Mattsson E (2001). Functional limitations linked to high body mass index, age and current pain in obese women. *Intl J Obesity 25:893-9*
16. De Souza S. A., Faintuch J., Valezi A. C., Sant Anna A. F., Gama-Rodrigues J. J., de Batista Fonseca I. C., Souza R. B., Senhorini R. C (2005). Gait cinematic analysis in morbidly obese patients. *Obes Surg 15(9):1238-42*
17. DeVita P., Hortobagyi T (2003). Obesity is not associated with increased knee joint torque and power during level walking. *J Biomech 36 (9):1355-62*
18. Hulens M., Vansant G., Classens A., Lysens R., Muls E (2003). Predictors of 6-minute walk test results in lean, obese and morbidly obese women. *Scan J Med Sci Spor 13:98-105*
19. Tompkins J., Bosch P., Chenowith R., Tiede J., Swain J (2008). Changes in functional walking distance and health-related quality of life after gastric bypass surgery. *Phys Ther 88(8):928-35*
20. Vismara L., Romei M., Galli M., Montesano A., Baccalaro G., Crivellini M., Grugni G (2007). Clinical implications of gait analysis in the rehabilitation of adult patients with "Prader-Willi" Syndrome vs matched obese patients and healthy subjects. *J NeuroEng Rehab 4(14):1-7*
21. Nantel J., Brochu M., Prince F (2006). Locomotor strategies in obese and non-obese children. *Obes 14(10):1789-94*
22. Browning R., Modica J., Kram R., Goswami A (2007). The effects of adding mass to the legs on the energetics and biomechanics of walking. *Med Sci Spor Exer 39(3):515-25*
23. Wearing S., Hennig E., Byrne N., Steele J., Hills A (2006). Musculoskeletal disorders associated with obesity: a biomechanical perspective. *Obes 7:239-50*
24. Wearing S., Hennig E., Byrne N., Steele J., Hills A (2006). The biomechanics of restricted movement in adult obesity. *Obes Rev 7(1):13-24*
25. Tipton C., Sawka M., Tate C., Terjung R. editors (2006). ACSMs Advanced Exercise Physiology. *Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins*
26. Cappellini G., Ivanenko Y., Poppele R., Lacquaniti F (2006). Motor patterns in human walking and running. *J Neurophys 95:3426-37*
27. De Souza S., Faintuch J., Valezi A., Sant Anna A., Gama-Rodrigues J., Fonseca I., de Melo R (2005). Postural changes in morbidly obese patients. *Obes Surg 15:1013-6*
28. Berrigan F., Simoneau M., Tremblay A., Hue O., Teasdale N (2006). Influence of obesity on accurate and rapid arm movement performed from a standing posture. *Intl J Obesity 30:1750-7*
29. Sibella F., Galli M., Romei M., Montesano A., Crivellini M (2003). Biomechanical analysis of sit-to-stand movement in normal and obese subjects. *Clin Biomech 18:745-50*
30. Teasdale N., Hue O., Marcotte J., Berrigan F., Simoneau M., Dore J., Marceau P., Marceau S., Tremblay A (2007). Reducing weight increases postural stability in obese and morbid obese men. *Intl J Obesity 31:153-60*
31. Hills A. P., Hennig E. M., Byrne N. M., Steele J. R (2002). The biomechanics of adiposity--structural and functional limitations of obesity and implications for movement. *Obes Rev 3(1):35- 43*
32. Lai P., Leung A., Li A., Zhange M (2008). Three dimensional gait analysis of obese adults. *Clin Biomech 2008;doi:10.1016/j.clinbiomech.2008.02.004*
33. Messier S., Loeser R., Miller G., Morgan T., Rejeski W., Sevick M., Ettinger W., Pahor M., Williamson J (2004). Exercise and dietary weight loss on overweight and obese older adults with knee osteoarthritis. *Arthritis Rheum 50(5):1501-10*
34. Brach J., VanSwearingen J., FitzGerald S., Stori K., Kriska A (2004). The relationship among physical activity, obesity, and physical function in community-dwelling older women. *Prev Med 39:74-80*
35. Toole T., Thorn J. E., Panton L. B., Kingsley D., Haymes E. M (2007). Effects of a 12-month pedometer walking program on gait, body mass index, and lower extremity function in obese women. *Percept Motor Skill Feb;104(1):212-20*
36. Wing R., Hill J (2001). Successful weight loss maintenance. *Annu Rev Nutr 21:323-41*
37. Wadden T., Butryn M., Byrne K (2004). Efficacy of lifestyle modification for long-term weight control. *Obes Res 12(Supplement):151S-62S*
38. Kushner R., Bessesen D. editors (2007). Treatment of the obese patient. *Totowa, NJ: Humana Press, Inc.*
39. Haskell W., Lee I., Pate R., Powell K., Blair S., Franklin B., Macera C., Heath G., Thompson P (2007). Physical activity and public health: updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Med Sci Spor Exer 39(8):1423-34*
40. American Diabetes Association (2008). Standards of medical care in diabetes - 2008. *Diabetes Care 31(1):S12-S54*
41. Takahashi A (2007). Obesity and considerations in the bariatric surgery patient. *Clin Podiatr Med Surg 24:191-222*
42. McTigue K., Larson J., Valoski A., Burke G., Kotchen J., Lewis C., Stefanick M., Van Horn L., Kuller L (2006). Mortality and cardiac and vascular outcomes in extremely obese women. *JAMA 296(1):79-86*
43. Morris M., Iansek R., McGinley J., Matyas T., Huxham F (2005). Three-dimensional gait biomechanics in Parkinsons disease: evidence for a centrally mediated amplitude regulation disorder. *Mov Disorders 20(1):40-50*
44. Vieregge P., Stolze H., Klein C., Heberlein I (1997). Gait quantitation in Parkinsons disease - locomotor disability and correlation to clinical rating scales. *J Neural Transm 104:237-48*
45. Kim C., Eng J (2004). Magnitude and pattern of 3D kinematic and kinetic gait profiles in persons with stroke: relationship to walking speed. *Gait Posture 20:140-6*
46. Balasubramanian C., Neptune R., Kautz S (2009). Variability in spatiotemporal step characteristics and its relationship to walking

performance post-stroke. *Gait Posture* 29: 408-14

Cita Original

Ling C. G., Brotherton S. S., Smith S. O. Review of the Literature Regarding Gait and Class III Obesity. *JEPonline*; 12 (5): 51-61, 2009.