

Prueba de caminata de 6 minutos en residentes nativos de gran altitud

Aportación original
Vol. 61
Núm. 2

Six minute walk test in young native high altitude residents

Carla Ximena Murillo-Jáuregui^{1a}, Luis Efrén Santos-Martínez^{2b}, Juan José López-Mamani^{3c}, María Catherine Romero-Pozo^{1d}, Ivonee Clorinda Contreras-Tapia^{1e}, Martha Teresa Aguilar-Valerio^{1f}

Resumen

Introducción: la prueba de caminata de 6 minutos es de amplio uso y evalúa la capacidad funcional para realizar ejercicio submáximo, se desconoce su comportamiento en residentes jóvenes sanos nativos de gran altitud.

Objetivo: describir el comportamiento de la prueba de caminata de 6 minutos en residentes jóvenes sanos nativos de gran altitud.

Material y métodos: estudio de diseño transversal analítico. Se estudiaron sujetos consecutivos nacidos y residentes de las ciudades de La Paz y El Alto (Bolivia), de ambos géneros, sin enfermedad cardiopulmonar o limitación física. Se acotaron variables de altitud, hematológicas, demográficas y espirometría simple. Las diferencias fueron calculadas con la prueba *t* para grupos independientes o dependientes según la comparación. Una $p < 0.05$ fue considerada significativa.

Resultados: se estudiaron 110 sujetos, a una altitud de 3673 ± 250 metros sobre el nivel del mar, edad 24 ± 5 años, 67 (60.90%) fueron mujeres. La hemoglobina fue de 15.20 ± 2.46 g/dL, previo a la prueba, en 37 (33.63%) sujetos, la saturación parcial de oxígeno fue $< 92\%$ ($90.92 \pm 0.92\%$), su correlación con metros caminados $r = -0.244$, $p < 0.010$. Metros caminados totales: 581 ± 35 (627.3 ± 52.88 nivel del mar); con las fórmulas de referencia de Enright PL: 542 ± 75 , y de Osse AR: 459 ± 104 , ambas obtenidas a < 1000 msnm. Los signos vitales estuvieron dentro de límites normales.

Conclusión: la capacidad de realizar ejercicio submáximo estimada con la prueba de caminata de 6 minutos en la gran altitud es menor que la referida a nivel del mar. Las fórmulas de referencia infraestimaron los metros caminados en la gran altitud.

Abstract

Background: The 6-minute walk test is widely used and evaluates the functional capacity to perform sub-maximal exercise, its behavior in healthy young native high-altitude resident is unknown.

Objective: To describe the behavior of the 6-minute walk test in healthy young native high-altitude resident.

Material and methods: Analytical cross-sectional design. Consecutive subjects born and residents of the cities of La Paz and El Alto (Bolivia), both genders, without cardiopulmonary disease or physical limitation were studied. Their altitude, hematological, demographic and simple spirometry variables were informed. The differences were calculated with the *t*-test for independent or dependent groups according to the type of comparison. A $p < 0.05$ was considered significant.

Results: 110 subjects were studied, at an altitude of 3673 ± 250 meters above sea level, age 24 ± 5 years old, 67 (60.90%) were women. The hemoglobin was 15.20 ± 2.46 g/dL. Prior to the test in 37 (33.63%) subjects the partial oxygen saturation was $< 92\%$ ($90.92 \pm 0.92\%$), its correlation with meters walked, $r = -0.244$, $p < 0.010$. Total meters walked: 581 ± 35 (627.3 ± 52.88 sea level); with the reference equations from Enright PL: 542 ± 75 and Osse AR: 459 ± 104 , both obtained at < 1000 meters above sea level. Vital signs were within normal limits.

Conclusion: Sub-maximal exercise capacity estimated with the six-minute walk test at high altitude is lower than that reported at sea level. Reference equations underestimated the meters walked at high altitude.

¹Instituto Boliviano de Biología de Altura, Unidad de Fisiología y Fisiopatología Respiratoria. La Paz, Bolivia

²Secretaría de Salud, Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez, Departamento de Cuidados Intensivos Posquirúrgicos Cardiovasculares. Ciudad de México, México

³Servicio Departamental de Salud (SEDES), Centro de Salud de Referencia Ambulatoria. La Paz, Bolivia

ORCID: [0000-0003-2303-2139^a](https://orcid.org/0000-0003-2303-2139), [0000-0002-2866-3047^b](https://orcid.org/0000-0002-2866-3047), [0000-0001-7549-4891^c](https://orcid.org/0000-0001-7549-4891), [0000-0003-4428-014X^d](https://orcid.org/0000-0003-4428-014X), [0000-0001-7884-9790^e](https://orcid.org/0000-0001-7884-9790), [0000-0002-0950-0357^f](https://orcid.org/0000-0002-0950-0357)

Palabras clave

Altitud
Ejercicio Físico
Circulación Pulmonar
Caminata
Adaptación

Keywords


Altitude
Exercise
Pulmonary Circulation
Walking
Adaptation

Fecha de recibido: 18/07/2022

Fecha de aceptado: 06/09/2022

Comunicación con:

Luis Efrén Santos Martínez

 luis.santos@cardiologia.org.mx

 55 4881 5135

Cómo citar este artículo: Murillo-Jáuregui CX, Santos-Martínez LE, López-Mamani JJ, Romero-Pozo MC, Contreras-Tapia IC, Aguilar-Valerio MT. Prueba de caminata de 6 minutos en residentes nativos de gran altitud. Rev Med Inst Mex Seguro Soc. 2023;61(2):181-8.

Introducción

Usualmente, el ser humano no vive en reposo, sus actividades de la vida diaria las realiza a niveles submáximos de ejercicio, como es el caminar. Para estimar de forma objetiva la capacidad para realizar ejercicio se cuentan con pruebas que van desde subir escaleras hasta realizar la prueba de ejercicio cardiopulmonar (PECP).^{1,2,3} Entre estos métodos se encuentra la prueba de caminata de 6 minutos (PC6M).

La PC6M evalúa, a través de la distancia caminada, la capacidad funcional para realizar ejercicio submáximo y la coordinación de los sistemas corporales durante el ejercicio.^{3,4,5} A diferencia de una PECP, la PC6M puede estimar la capacidad funcional de forma fácil, segura y a bajo costo.⁵ Debido a que se realiza al propio ritmo del sujeto, no requiere equipo específico o entrenamiento previo.^{3,4,5,6,7}

La PC6M ha incrementado su utilidad dada su buena correlación con la PECP,^{6,7} además ha demostrado ser buen predictor de la clase funcional,⁸ morbilidad, mortalidad y calidad de vida.^{7,9,10} Su uso se ha extendido para medir la respuesta a intervenciones médico-quirúrgicas en sujetos con enfermedades cardiopulmonares.^{10,11,12,13}

En la gran altitud no hay información del comportamiento de la PC6M. La gran altitud está categorizada entre 2500 y 3500 metros sobre el nivel del mar (msnm),¹⁴ donde los sujetos no aclimatados sienten los efectos al hacer ejercicio, como disnea y fatiga, y cursan con alteraciones del intercambio gaseoso, aun aclimatados y en situación de reposo.^{15,16}

En el mejor de nuestro conocimiento, en referencia a la altitud, solo hemos encontrado en la literatura dos trabajos de PC6M a 2240 msnm y presión barométrica (PBar) de 587 mmHg;^{17,18} esta altura está clasificada como de moderada altitud: 1500 - 2500 msnm, en la que los efectos del ejercicio no son percibidos y las alteraciones del intercambio gaseoso pueden documentarse desde la posición de reposo, aunque de menor magnitud que la observada en la gran altitud.¹⁹

En este trabajo describiremos el comportamiento hemodinámico de la PC6M en residentes jóvenes sanos nativos de la gran altitud, así como su comparación con las distancias caminadas (ejercicio submáximo) obtenidas de acuerdo con dos ecuaciones de referencia: la de Enright *et al.*²⁰ y de Osses *et al.*,²¹ que son poblaciones establecidas a menos de 1000 msnm.

Material y métodos

El estudio se realizó en la Unidad de Fisiología y Fisiopatología Respiratoria del Instituto Boliviano de Biología de

Altura (IBBA), de la ciudad de La Paz, Bolivia. La ciudad de La Paz se encuentra a una gran altitud de 3600 metros sobre el nivel del mar (msnm), con una presión barométrica de 495 - 500 mmHg.^{19,20}

Diseño

Transversal analítico. Se estudiaron pacientes consecutivos que acudieron a la Unidad de Fisiología y Fisiopatología Respiratoria para participar en el estudio.

Sujetos

Se admitieron sujetos consecutivos de ambos sexos, de 18 a 50 años de edad, nacidos y residentes de las ciudades de La Paz y de El Alto, Bolivia, cuya altitud es de 4100 msnm y PBar de 485 a 490 mmHg, sin antecedentes previos de haber realizado una PC6M o estar en alguna actividad de acondicionamiento físico, ni antecedentes de hábito tabaquico, obesidad o hipertensión arterial sistémica; sin evidencia clínica de enfermedad pulmonar, cardíaca o limitación neuro-músculo-esquelética.

Saturación parcial de oxígeno y presión arterial sistémica

Las mediciones de la saturación parcial de oxígeno (SpO₂) y de la frecuencia cardíaca (FC) se obtuvieron mediante el oxímetro de pulso *ChoiceMMed*, modelo MD300C11. Mientras que la presión arterial sistémica a través de un baumanómetro anaeroide convencional y brazaleté estándar (14 x 48 cm) con estetoscopio *3M Littmann Classic III*.

Pista de prueba de caminata de 6 minutos

Todas las pruebas fueron realizadas de acuerdo con las recomendaciones de las guías de actuación de la Sociedad Americana del Tórax (ATS, por sus siglas en inglés).³ El área de prueba se encuentra en interiores del IBBA, y cuenta con 30 metros de largo, libres, rectos, planos y de superficie dura, con marcas de colores para señalar el inicio y final de la pista.

Ecuaciones de referencia de Enright *et al.*²⁰

Mujer: DC6M = (2.11 x talla, cm) - (2.29 x peso, kg) - (5.78 x edad) + 667 m.
Donde DC6M: Distancia caminada en 6 minutos.

Hombre: $DC6M = (7.57 \times \text{talla, cm}) - (5.02 \times \text{peso, kg}) - (1.76 \times \text{edad}) + 309 \text{ m}$.
Donde DC6M: Distancia caminada en 6 minutos.

Ecuaciones de referencia de Osses et al.²¹

Mujer: $DR6, \text{ metros} = 457 - 3.46 \times \text{edad (años)} + 2.61 \times \text{talla (cm)} - 1.57 \times \text{peso (kg)} \pm 53 \text{ (EE)}$.

Donde DR6: Distancia recorrida en la PC6M; EE: Error estándar de la estimación.

Hombre: $DR6, \text{ metros} = 530 - 3.31 \times \text{edad (años)} + 2.36 \times \text{talla (cm)} - 1.49 \times \text{peso (kg)} \pm 58 \text{ (EE)}$.

Donde DR6: Distancia recorrida en la PC6M; EE: Error estándar de la estimación.

Espirometría forzada curva flujo/volumen

Las pruebas de espirometría se realizaron en el equipo espirómetro de turbina portátil Carefusion MicroLoop - Viasys, para medir volúmenes y capacidades pulmonares. El equipo es calibrado diariamente, previo a la jornada de trabajo. El patrón espirométrico sugestivo de normalidad, restricción u obstrucción pulmonar fue estimado de acuerdo con la fuerza de tarea de la Sociedad Americana del Tórax/ Sociedad Europea Respiratoria^{22,23} (ATS/ERS, por sus siglas en inglés) para la estandarización de la espirometría.

Hemograma

La determinación de hemoglobina (HB) se realizó con el método de la cianmetahemoglobina por espectrofotometría y el hematocrito (HTO) con el método de microcentrifugación.

Intervención

Se seleccionó al sujeto y se le pidió se presentara a la prueba con ropa apropiada para realizar ejercicio y zapatos confortables. Se permitió un alimento ligero por la mañana, se recomendó no realizar algún ejercicio hasta dos horas antes de la prueba y se le realizó la espirometría simple.

El día de la prueba se midió, pesó, calculó su índice de masa corporal (IMC, Kg/m^2), se obtuvo su consentimiento informado y se le explicó la técnica de la PC6M. Se le mantuvo en posición sedente 20 minutos antes de la prueba y se registraron sus valores basales de la SpO_2 , frecuencia cardíaca y presión arterial sistémica (PAS). Se procedió a explicar en qué consiste la escala de disnea de Borg y se registró el valor basal.

Se le leyó textualmente lo siguiente: *“El objetivo de esta prueba es caminar tanto como le sea posible durante 6 minutos. Usted va a caminar de ida y de regreso en este pasillo de una marca (se señaló la marca puesta en el suelo de la pista) a la siguiente, sin detenerse, debe dar la vuelta rápidamente para continuar con su caminata tantas veces como le sea posible durante seis minutos, yo le avisaré cada minuto que pase y después, al minuto 6, le pediré que se detenga donde se encuentre, y yo iré por usted. Le está permitido caminar más lento, detenerse y descansar si es necesario, pero por favor vuelva a caminar tan pronto como le sea posible. Yo le voy a mostrar cómo lo debe hacer, por favor observe cómo doy la vuelta sin detenerme y sin dudar.”*

Una vez se le mostró cómo darle la vuelta a las marcas desde la línea de inicio, se continuó leyendo la explicación: *“Recuerde que el objetivo es caminar tanto como le sea posible durante 6 minutos, pero no corra o trote. Cuando el tiempo haya transcurrido le pediré que se detenga y yo iré por usted. ¿Tiene alguna duda?”*

Al final se capturaron las variables post-PC6M y se interrogaron posibles efectos secundarios por los mismos observadores.^{3,4,5}

Análisis estadístico

Las variables nominales y ordinales se informaron con frecuencias y porcentajes, las numéricas con promedios y desviaciones estándar. La normalidad de los datos se establecieron con la prueba de Kolmogorov-Smirnov. La diferencia entre sexos de las variables de altitud, demográficas y hematológicas se calcularon mediante la prueba *t* para grupos independientes. La diferencia entre las variables basales y finales de la PC6M se realizó mediante la prueba *t* para grupos dependientes. Se calculó la correlación de Pearson entre las variables de la PC6M. Se aceptó una $p < 0.05$ como significativa.

Tamaño muestral

Para determinar el tamaño muestral se utilizó el trabajo de Casanova et al.⁴ y la fórmula para la estimación descriptiva de una sola media, el número de sujetos estimada fue de 93.

Aspectos éticos

Se adquirió la autorización del estudio por el Comité de Investigación y de Ética del Instituto Boliviano de Biología

de Altura (IBBA). Se obtuvo el consentimiento informado de cada participante.

Resultados

Se estudiaron 110 sujetos, con predominio de 67 (60.9%) mujeres. Del lugar de residencia, 89 (80.9%) sujetos residieron, en promedio, a 3572 ± 154 msnm en la ciudad de La Paz y 21 (19.1%) a 4100 msnm en la ciudad de El Alto. La ciudad de La Paz no es uniforme en su altitud. Se incluyeron sujetos de los 7 macrodistritos, los cuales están situados: 1. Centro: 3640; 2. San Antonio: 3270; 3. Sur: 3486; 4. Max Paredes: 3477; 5. Cotahuma: 3776; 6. Periférica: 3474, y 7. Mallasa: 3021 msnm, respectivamente, además de la ciudad de El Alto: 4100 msnm.

Sus variables demográficas se muestran en el cuadro I, donde se puede observar que la altitud, la PBar y la temperatura del medio ambiente el día de la caminata fueron similares para ambos géneros, así como la edad; sin embargo, hubo incremento significativo del peso y talla en el caso de los hombres ($p < 0.05$). Los valores en los sexos se igualaron al ajustarse estas diferencias en el índice de masa corporal. Así, los valores de HB también fueron similares por sexo, sin embargo, el HTO fue menor en las mujeres.

Se observaron correlaciones significativas de moderadas a leves entre IMC, Kg/m² con edad ($r = 0.359$, $p = 0.0001$), y del HTO con edad ($r = 0.245$, $p = 0.010$), peso ($r = 0.328$, $p = 0.0001$) y talla ($r = 0.527$, $p = 0.0001$).

El comportamiento de las variables basales y finales de la PC6M se acotaron en el cuadro II. Las variables hemodinámicas muestran el efecto del esfuerzo del ejercicio submáximo del sujeto en la PC6M con incremento de la FC y de la PAS, $p < 0.05$; repercusión mínima en la sensación de

disnea de acuerdo a la escala de Borg, y disminución de la SpO₂, $p < 0.05$ al final de la prueba; además se muestran los valores de la distancia recorrida en 6 minutos en este grupo de sujetos de la gran altitud.

La SpO₂ medida en condiciones basales en 37 (33.63%) sujetos estuvo en $< 92\%$ ($90.92 \pm 0.92\%$) y en 72 (66.37%) estuvo $> 93\%$ ($94.82 \pm 1.50\%$). Al final de la prueba, el comportamiento de la SpO₂ fue: en 8 (7.27%) no hubo cambio; en 73 (66.36%) disminuyó en $5.04 \pm 4.23\%$; y en 29 (26.36%) aumentó $2.76 \pm 1.64\%$. La SpO₂ tuvo correlación leve con los metros caminados, $r = -0.244$, $p < 0.010$ y con la PBar, $r = 0.194$, $p = 0.043$. Ninguno de los sujetos se detuvo durante la prueba o refirió algún signo o síntoma.

La distancia recorrida (metros caminados) informados en este trabajo por Murillo-Jauregui CX, *et al.*, total (mujeres vs. hombres) respectivamente fueron: 581 ± 35 (573 ± 34 vs. 593 ± 32 , $p = 0.004$); los obtenidos con la fórmula de referencia de Enright *et al.*,²⁰ fueron: 542 ± 75 (530 ± 52 vs. 549 ± 87 , $p = 0.189$) metros y con la de Osses *et al.*,²¹ 459 ± 104

Cuadro II Comportamiento de las variables basales y finales de la prueba de caminata de 6 minutos en la gran altitud

	Basal (n = 110)	Final (n = 110)	p*
FC, lat/min	77 ± 13	124 ± 23	0.0001
PAS-s, mmHg	107 ± 9	127 ± 10	0.0001
PAS-d, mmHg	77 ± 5	84 ± 7	0.0001
SpO ₂ , %	93.48 ± 2.27	90.86 ± 4.54	0.0001
Escala de Borg	0	1 ± 0.5	-
Metros caminados	-	581 ± 35	-

FC: Frecuencia cardiaca; lat/min: latidos/minuto; SpO₂: Saturación parcial de oxígeno; %: Porcentaje; Min: minutos; PAS: Presión arterial sistémica; s: sistólica; d: diastólica; mmHg: Milímetros de mercurio

*Prueba t para grupos dependientes (basal frente a final), $p < 0.05$

Cuadro I Parámetros de altitud, demográficos y hematológicos

	Total (n = 110)	Mujer (n = 67)	Hombre (n = 43)	p*
Altitud, msnm	3673 ± 250	3696 ± 243	3635 ± 259	0.216
PBar, mmHg	493 ± 1.18	493 ± 1.30	493 ± 1	0.542
Temperatura, °C	12.40 ± 2.03	12.55 ± 4.14	12.16 ± 3.89	0.623
Edad, años	24 ± 5	23 ± 5	25 ± 6	0.093
Peso, Kg	59.48 ± 15.40	54.69 ± 8.51	66.95 ± 20.20	0.0001
Talla, mts	1.62 ± 8.24	1.57 ± 5.30	1.69 ± 5.75	0.0001
IMC, Kg/m ²	22.53 ± 2.43	22.19 ± 2.39	23.05 ± 2.43	0.072
HB, g/dL	15.20 ± 2.46	14.96 ± 1.55	15.55 ± 3.42	0.221
HTO, %	47.14 ± 3.72	45.31 ± 2.56	49.98 ± 3.47	0.0001

IMC: Índice de masa corporal; msnm: Metros sobre el nivel del mar; PBar: Presión barométrica; HB: Hemoglobina; HTO: Hematocrito; Temperatura: Temperatura del medio ambiente el día de la prueba

*Prueba t para grupos independientes, $p < 0.05$

(398 ± 65 vs. 555 ± 77, $p = 0.0001$) metros. Las diferencias estadísticas entre los grupos totales de las comparaciones fueron: Murillo vs. Enright: $p = 0.0001$; Enright vs. Osses: $p = 0.0001$ y Murillo vs. Osses: $p = 0.0001$. Ambas fórmulas de referencia, Enright *et al.*²⁰ y Osses *et al.*²¹ infraestimaron los valores obtenidos en este trabajo; a su vez y similar a lo obtenido en éste trabajo, con estas fórmulas también se documentó que las mujeres tuvieron menos distancia caminada que los hombres en la PC6M.

De acuerdo con la espirometría forzada curva flujo/volumen, el comportamiento de las variables en el grupo total fue: la relación volumen espiratorio forzado en el primer segundo (VEF1)/capacidad vital forzada (CVF) 99.77 ± 3.31 %; la relación VEF1 90 ± 7 %, y la CVF 85.16 ± 1.18 %. El grupo tuvo flujos espiratorios en límites normales. La correlación entre la relación VEF1/CVF fue: con IMC, Kg/m², $r = 0.434$, $p > 0.0001$; y con peso $r = 0.309$, $p < 0.008$.

Discusión

En el mejor de nuestro conocimiento este trabajo es la primera comunicación de la PC6M en jóvenes sanos residentes de la gran altitud. Como en otras poblaciones^{17,18,20,21,24,25} de diferentes altitudes, los de la alta altitud también realizan sus actividades diarias a través de ejercicio submáximo, como el caminar. Por lo que en este trabajo mostramos el comportamiento de la capacidad de realizar ejercicio submáximo (distancia caminada) y su repercusión hemodinámica, como un posible valor de la adaptación de los sujetos sanos jóvenes de la gran altitud.

De acuerdo al efecto que la altitud puede tener en el ejercicio ésta se ha categorizado en: 1. Moderada altitud: 1500 - 2500 (no se sienten efectos en ejercicio); 2. Alta altitud (gran altitud): 2500 - 3500 (se sienten efectos en ejercicio); 3. Muy alta altitud: 3500 - 5800 (se sienten efectos aun en reposo); y 4. Extremadamente alta altitud: > 5800 (la vida permanente parecería imposible).^{14,16}

El medio ambiente de la gran altitud se caracteriza por reducción progresiva de la PBar y de la presión inspirada de oxígeno (hipoxia hipobarica), además de otros, como la reducción progresiva de la densidad del aire, humedad y la disminución de la temperatura ambiental como las observadas en las ciudades de La Paz y El Alto, Bolivia.²⁶ La mayoría de los sujetos que son nativos y residentes de grandes altitudes se han adaptado a través de la evolución de miles de años.

Esta adaptación ha incluido cambios morfológicos y funcionales del corazón, circulación pulmonar, intercambio gaseoso, respuesta de elevación eritrocitaria y mayor

capilaridad, con la finalidad de tener un mejor transporte de oxígeno y más tolerancia al ejercicio.^{15,16,27,28}

Para mostrar el comportamiento del ejercicio submáximo (distancia caminada) a través de la PC6M a diferentes altitudes se muestran diversas poblaciones que van desde los 7 (nivel del mar) hasta los 3673 msnm (gran altitud). En el cuadro III, se muestra que solo 3 poblaciones fueron jóvenes de acuerdo a la edad, la de Zou H, *et al.*, de Wenzhou, China (7 msnm), edades de 18 a 30 años; Shrestha SK, *et al.*,²⁴ de Kathmandu, Nepal (1400 msnm) con edades de 28.93 ± 13.18 años; y la de Santos-Martinez LE, *et al.*,¹⁷ de la Ciudad de México (2240 msnm) con edades de 36 ± 11 años. En el cuadro I se acota que la población aquí estudiada fueron jóvenes < 30 años de edad, con IMC, Kg/m² y función respiratoria en límites normales.

En estas 3 poblaciones la capacidad para realizar ejercicio submáximo (metros caminados totales) respectivamente fueron: a nivel del mar (7 msnm, Wenzhou, China)²⁵ 627.3 ± 52.88; Kathmandu, Nepal (1400 msnm)²⁴ 488.86 ± 86.03; y la Ciudad de México (2240 msnm)¹⁷ 437.65 ± 48.84; los de La Paz y El Alto, Bolivia aquí presentados: 581 ± 35 metros. Además, similar a nuestro estudio, podemos observar en el mismo cuadro, que las mujeres caminan menos que los hombres consistentemente en todos estos trabajos.^{17,18,20,21,24,25} Los metros caminados en la gran altitud parecen reflejar esta adaptación al caminar tanto como lo harían pobladores a menor altitud como los jóvenes chinos "Han"²⁵ a nivel del mar.

En las 3 poblaciones restantes^{18,20,21} del cuadro III, rebasan la década de los 50 años y esto podría ser una limitante para efectos de comparación y resultados, sin embargo, fueron incluidas porque fueron utilizadas para crear sus fórmulas de referencia y porque a excepción de la edad y de la altitud, compartieron criterios de inclusión como en el presente trabajo y poder construir la figura 1.

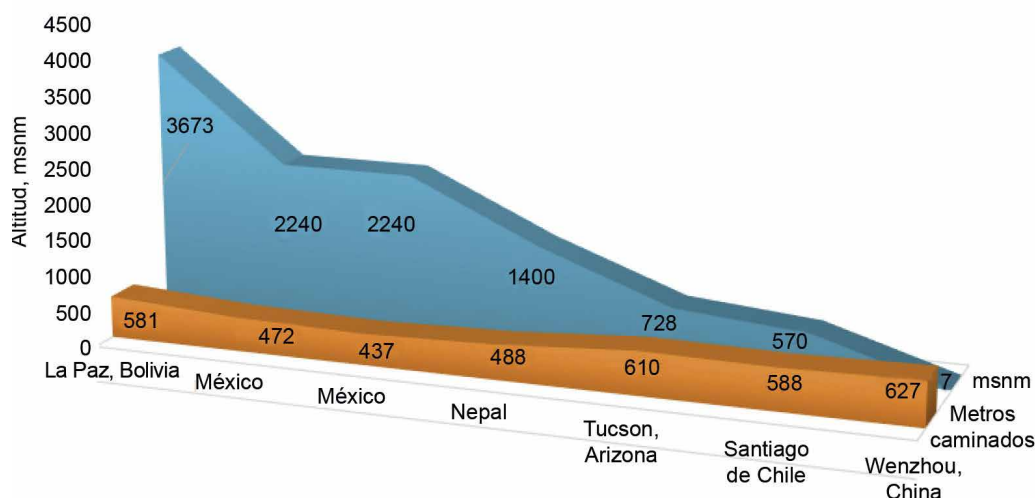
Al relacionar la altura frente a metros caminados (figura 1), se puede observar, que de acuerdo a la altitud de residencia (msnm) la distancia recorrida en 6 minutos es menor conforme la altura es mayor. Sin embargo, los sujetos de la ciudad de La Paz Bolivia, la distancia caminada en 6 minutos es mayor que en las otras ciudades graficadas, excepto en los jóvenes "Han" de Wenzhou, China situados a nivel del mar (7 msnm)^{17,18,20,21,24,25}, que podría ser indicativo que el proceso de adaptación no se ha completado aun, como podría ocurrir con otros sistemas del organismo: Corazón, circulación pulmonar, intercambio gaseoso y hematológicos^{15,16,27,28}.

Se conoce que la principal limitación para el desarrollo de ejercicio en la altitud es la hipoxemia. Es resultado de

Cuadro III Comportamiento de las variables informadas en diferentes poblaciones y altitudes relacionadas a la prueba de caminata de 6 minutos

Altitud, msnm	Lugar	Edad, años	Metros caminados, total	Metros caminados, género	Referencia
7	Wenzhou, Provincia de Zhejiang, China	18-30	627.3 ± 52.88	M: 607.4 ± 51 H: 646.9 ± 47	Zou H <i>et al.</i> ²⁵
570	Santiago de Chile, Chile	M: 56 ± 16 H: 52 ± 17	588 ± 93	M: 576 ± 87 H: 644 ± 84	Osses AR <i>et al.</i> ²¹
728	Tucson, Arizona, EUA	M: 62 (45-79) H: 59.5(43.1-77)	-	M: 494 (310, 664) H: 576 (399, 778)	Enright PL <i>et al.</i> ²⁰
1,400	Kathmandu, Nepal	28.93 ± 13.18	488.86 ± 86.03	M: 445.13 ± 78.27 H: 508.88 ± 82.11	Shrestha SK <i>et al.</i> ²⁴
2240	Ciudad de México, México	36 ± 11	437.65 ± 48.84	M: 426 ± 48.55 H: 453 ± 45.35	Santos LE <i>et al.</i> ¹⁷
2240	Ciudad de México, México	20-70	-	M: 463 ± 55 H: 481.51 ± 51	Luna Padrón E <i>et al.</i> ¹⁸

Borg: Escala de Borg; EUA: Estados Unidos de America; H: Hombre; M: Mujer; Metros: Distancia caminada; msnm: Metros sobre el nivel del mar

Figura 1 Descripción gráfica de la distancias recorridas en poblaciones con diversas altitudes^{17,18, 20,21, 24,25}

Representación gráfica de la altitud y de los metros caminados. Conforme se incrementa la altitud los metros caminados disminuyen, excepto para la ciudad de La Paz y El Alto, donde es mayor; msnm: metros sobre el nivel del mar

Fuente: Datos originales del presente trabajo y de datos de artículos de referencias^{17,18, 20,21, 24,25}

la disminución de la presión inspirada de oxígeno, PBar y menor consumo máximo de oxígeno en aproximadamente 6 a 7% por 1000 metros de incremento en la altitud.²⁹ ¿Porqué esta población presentada pudo hacer mayor ejercicio submáximo que otras poblaciones a menor altitud? No parece relacionarse a factores externos o hábitos locales. Del conocimiento reciente, la explicación más plausible es la genética, aunque para esta población específica no hay aún referencias de estudios de genética. De lo extrapolado de otras poblaciones a mayor altitud (> 4500 msnm), como en los Sherpas del Himalaya (Tibet)³⁰

que están altamente adaptados a vivir en la hipoxia hipobárica de la altitud. Su enorme capacidad para realizar sus actividades a grandes alturas (a diferencia de la capacidad de un residente a nivel del mar que asciende a esas altitudes), está facilitada por la selección genética en el gen PPARA que le permite tener alta adaptación metabólica, mejoría en la energía muscular, protección contra el estrés oxidativo y mayor producción de ácido láctico que en poblaciones a nivel del mar. Se requieren estudios de genética en poblaciones de la gran altitud para comprender mejor este tópico.

La falta de adaptación a la altura conlleva a incrementos desmedidos de la hemoglobina y el hematocrito que se traduce en el "Mal de Montaña Crónico". Los niveles hematológicos aquí presentados (HB promedio de 15.20 ± 2.46 g/dL) concuerdan con otras referencias en condiciones de normalidad para esa altitud.^{15,16,27,28}

A pesar de valores normales de hemoglobina (transporte de oxígeno), el comportamiento del intercambio gaseoso estimado a través de la saturación parcial de oxígeno en condición basal en 37 (33.63%) sujetos estuvo por debajo de 92% y al final del ejercicio submáximo en 73 (66.36%) la SpO₂ disminuyó en $5.04 \pm 4.23\%$; que en condiciones de menor altitud o a nivel del mar la SpO₂ no debería disminuir o se aceptaría tener una disminución < 3%. Con esta respuesta podríamos considerar que aun en esta población estudiada a esta gran altitud, el grado de adaptación podría no ser del todo óptima, o que este comportamiento de la SpO₂ podría ser considerado como "normal" en la gran altitud. Estas consideraciones requieren ser evaluadas con estudios prospectivos.

La sensación de disnea se informó de nula (0)¹⁸ hasta 2 (ligera)²¹ para el esfuerzo submáximo de la PC6M realizado en todos estos trabajos a diferentes altitudes^{17,18,20,21,24,25} incluido el nuestro.

El comportamiento de las variables hemodinámicas de la condición basal al final de la PC6M de acuerdo a la altitud de las poblaciones fue:

Frecuencia cardiaca (latidos/minuto) y presión arterial sistémica (mmHg): Wenzhou, China (7 msnm),²⁵ FC basal: 74.9 ± 7.95 , FC final: 115.7 ± 23.43 ; PAS sistólica/diastólica: basal: $112.5 \pm 7.86/71.7 \pm 7.60$, final: $129.5 \pm 11.9/80.7 \pm 8.06$;

Kathmandu, Nepal (1400 msnm)²⁴ FC basal: 94.89 ± 16.49 , FC final: 110.38 ± 22.22 ; PAS sistólica/diastólica: basal: $112.56 \pm 11.05/76.78 \pm 9.39$, final: $120.31 \pm 15.04/79.06 \pm 8.52$;

Ciudad de México (2240 msnm),¹⁷ FC basal: 73 ± 10 , FC final: 86 ± 15 ; PAS sistólica/diastólica: basal: $110 \pm 13/72 \pm 9$, final: $114 \pm 17/82 \pm 9$;

La Paz y El Alto (3673 msnm) FC basal: 77 ± 13 , FC final: 124 ± 23 . PAS sistólica/diastólica: basal: $107 \pm 9/77 \pm 5$, final: $127 \pm 10/84 \pm 7$.

La respuesta de la FC al final de la prueba es mayor (que a menor altitud) en la gran altitud posiblemente debido a las condiciones de hipoxia hipobarica del medio ambiente, aunque aun no hay acuerdo en si la FC disminuye o aumenta en el ejercicio en la altitud.²⁹ Los valores observados en la PAS son altamente reproducibles con independencia de la altura.

- Limitaciones: Es un estudio realizado con sujetos de dos ciudades aledañas de la gran altitud, sus resultados son solo aplicables a la altitud mencionada, así como al grupo de edad que corresponde a jóvenes sanos de 20 a 30 años, función pulmonar e índice de masa corporal en límites normales.

Conclusiones

La prueba de caminata de 6 minutos es factible de realizar en la gran altitud.

Los sujetos jóvenes sanos nativos de la gran altitud realizaron mayor ejercicio submáximo que los sujetos que habitan a menor altura excepto a nivel del mar.

La frecuencia cardiaca al final de la prueba de caminata fue mayor que en poblaciones a menor altitud; sin diferencias en la presión arterial sistémica.

La respuesta de la saturación parcial de oxígeno y la distancia caminada sugiere que el proceso de adaptación de los jóvenes sanos nativos de la gran altitud no es aun del todo óptima.

Las fórmulas de referencia a menor altitud (< 1000 msnm) infraestimaron los valores de la distancia caminada para ambos géneros en la gran altitud.

Declaración de conflicto de interés: los autores han completado y enviado la forma traducida al español de la declaración de conflictos potenciales de interés del Comité Internacional de Editores de Revistas Médicas, y no fue reportado alguno que tuviera relación con este artículo.

Referencias

1. Enright PL. The six-minute walk test. *Respir Care*. 2003;48(8):783-5.
2. Weisman IM, Zeballos RJ. An integrated approach to the interpretation of cardiopulmonary exercise testing. *Clin Chest Med*. 1994;15(2):421-45.

3. Crapo RO, Casaburi R, Coates AL, Enright PL, MacIntyre NR, McKay RT, et al. ATS statement: guidelines for the six-minute walk test. *Am J Respir Crit Care Med*. 2002;166:111-7.
4. Casanova C, Celli BR, Barria P, Casas A, Cote C, de Torres JP, et al. The 6-min walk distance in healthy subjects: Reference standards from seven countries. *Eur Respir J*. 2011;37:150-56. doi: 10.1183/09031936.00194909.

5. Agarwala P, Salzman SH. Six-minute walk test. *Chest*. 2020; 157(3):603-11. doi: 10.1016/j.chest.2019.10.014.
6. Solway S, Brooks D, Lacasse Y, Thomas S. A qualitative systematic overview of the measurement properties of functional walk tests used in the cardiorespiratory domain. *Chest*. 2001; 119(1):256-70. doi: 10.1378/chest.119.1.256.
7. Miyamoto S, Nagaya N, Satoh T, Kyotani S, Sakamiki F, Fujita M, et al. Clinical correlates and prognostic significance of six-minute walk test in patients with primary pulmonary hypertension. Comparison with cardiopulmonary exercise testing. *Am J Respir Crit Care Med*. 2000;161:487-92. doi: 10.1164/ajrccm.161.2.9906015.
8. Du H, Wonggom P, Tongpeth J, Clark RA. Six-minute walk test for assessing physical functional capacity in chronic heart failure. *Curr Heart Fail Rep*. 2017;14:158-66. doi: 10.1007/s11897-017-0330-3.
9. Farber HW, Miller DP, McGoon MD, Frost AE, Benton WW, Benza RL. Predicting outcomes in pulmonary arterial hypertension based on the 6-minute walk distance. *J Heart Lung Transplant*. 2015; 34:362-68. doi: 10.1016/j.healun.2014.08.020.
10. Ramírez-Cardona L, Valenzuela-Cazes A. Aplicación del test de 6 minutos en personas con obesidad, en un programa de actividad física. *Rev Salud Pública*. 2014;16(4):516-21.
11. Savarese G, Paolillo S, Costanzo P, D'Amore C, Cecere M, Losco T, et al. Do changes of 6-minute walk distance predict clinical events in patients with pulmonary arterial hypertension? A meta-analysis of 22 randomized trials. *J Am Coll Cardiol*. 2012;60:1192-201. doi: 10.1016/j.jacc.2012.01.083.
12. Junquera-Bañares S, Ramírez-Real L, Camuñas-Segovia J, Martín García-Almenta M, Llanos-Egüez K, Álvarez-Hernández J. Evaluación de la calidad de vida, pérdida de peso y evolución de comorbilidades a los 6 años de la cirugía bariátrica. *Endocrinol Diabetes Nutr*. 2021;68:501-08. doi: 10.1016/j.endien.2021.11.010.
13. Maniscalco M, Zedda A, Giardiello C, Faraone S, Cerbone MR, Cristiano S, et al. Effect of bariatric surgery on the six-minute walk test in severe uncomplicated obesity. *Obes Surg*. 2006;16:836-41. doi: 10.1381/09608920677822331.
14. Martin D, Windsor J. From mountain to bedside: understanding the clinical relevance of human acclimatization to high-altitude hypoxia. *Postgrad Med J*. 2008;84(998):622-27. doi: 10.1136/pgmj.2008.068296
15. Murillo JC, Salinas SC, López MJJ, Villena CM. Función ventricular derecha en residentes nativos a gran altura. *J Health Med Sci*. 2020;6(2):113-22.
16. Santos-Martínez LE, Gómez-Tejeda RA, Murillo-Jauregui CX, Hoyos-Paladines RA, Poyares-Jardim CV, Orozco-Levi M. Exposición crónica a la altitud. Características clínicas y diagnóstico. *Arch Cardiol Mex*. 2021;91(4): 500-7. doi: 10.24875/ACM.20000447.
17. Santos-Martínez LE, Flores-Morales MYD, Ordoñez-Reyna A, Arroyo-González JJ, Quevedo-Paredes J. Variabilidad intrasujeto de la prueba de caminata de 6 minutos. *Rev Med Inst Mex Seguro Soc*. 2022;60(1):26-32.
18. Luna Padrón E, Domínguez Flores ME, Rodríguez Pérez A, Gómez Hernández J. Estandarización de la prueba de caminata de 6 minutos en sujetos mexicanos sanos. *Rev Inst Nal Enf Resp Mex*. 2000;13(4):205-10.
19. Santos-Martínez LE, Arias-Jimenez A, Quevedo-Paredes J, Gómez-López L, Ordoñez-Reyna A, Moreno-Ruiz LA. Caracterización del intercambio gaseoso en la ciudad de México. *Rev Med Inst Mex Seguro Soc*. 2021;59(6):473-81.
20. Enright PL, Sherrill DL. Reference equations for the six-minute walk in healthy adults. *Am J Respir Crit Care Med*. 1998; 158:1384-87. doi: 10.1164/ajrccm.158.5.9710086
21. Osses AR, Yáñez VJ, Barria PP, Palacios MS, Dreyse DJ, Díaz PO, et al. Prueba de caminata en seis minutos en sujetos chilenos sanos de 20 a 80 años. *Rev Med Chile*. 2010; 138:1124-1130.
22. Graham BL, Steenbruggen I, Miller MR, Barjaktarevic IZ, Cooper BG, Hall GL, et al. Standardization of Spirometry 2019 Update. An Official American Thoracic Society and European Respiratory Society Technical Statement. *Am J Respir Crit Care Med*. 2019;200(8):e70-e88. doi: 10.1164/rccm.201908-1590ST.
23. Pérez-Padilla R, Valdivia G, Muiño A, López MV, Márquez MN, Montes de Oca M, et al. Spirometric reference values in 5 large Latin American cities for subjects aged 40 years or over. *Arch Bronconeumol*. 2006;42(7):317-25. doi: 10.1016/s1579-2129(06)60540-5.
24. Shrestha SK, Srivastava B. Six minute walk distance and reference equations in normal healthy subjects of nepal. *Kathmandu Univ Med J*. 2015;50(2):97-101. doi: 10.3126/kumj.v13i2.16780.
25. Zou H, Zhang J, Chen X, Wang Y, Lin W, Lin J. Reference equations for the six-minute walk distance in the healthy Chinese Han population, aged 18–30 years. *BMC Pulmonary Medicine*. 2017;17:119-29. doi: 10.1186/s12890-017-0461-z.
26. Singh G, Mukherjee S, Trivedi S, Joshi A, Kaur A, Sahoo S. Observational study to compare the effect of altitude on cardiopulmonary reserves of different individuals staying more than 6 weeks at 10,000 ft and 15,000 ft. *Med J Armed Forces India*. 2021;77(4):419-25. doi: 10.1016/j.mjafi.2021.07.002.
27. Stuber T, Scherrer U. Circulatory adaptation to long-term high altitude exposure in Aymaras and Caucasians. *Prog Cardiovasc Dis*. 2010;52:534-39. doi: 10.1016/j.pcad.2010.02.009.
28. Penalzoza D. Efectos de la exposición a grandes alturas en la circulación pulmonar. *Rev Esp Cardiol*. 2012;65(12):1075-78. doi: 10.1016/j.recesp.2012.06.027.
29. Mallet RT, Burtscher J, Richalet JP, Millet GP, Burtscher M. Impact of High Altitude on Cardiovascular Health: Current Perspectives. *Vasc Health Risk Manag*. 2021;17:317-35. doi: 10.2147/VHRM.S294121.
30. Horscroft JA, Kotwica AO, Laner V, West JA, Hennis PJ, Levett DZH, et al. Metabolic basis to Sherpa altitude adaptation. *Proc Natl Acad Sci, USA*. 2017;114(24):6382-87. doi: 10.1073/pnas.1700527114.