

## Relación entre talla y longitud del paso en niños de Educación Primaria

Relationship between height and step length in children of Primary Education

José Luis Aguilar Reguero<sup>1</sup>, Pablo Subires Gómez<sup>1</sup>, Arnaldo José González Suárez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Alumnos Facultad Ciencias Educación de la UMA. Grado de educación Primaria, Mención de Educación Física, Málaga, España.

<sup>2</sup>Universidad Quality Leadership University, Ciudad de Panamá, Panamá.

### Detalles del artículo:

Número de palabras: 7.135; Tablas: 4; Figuras: 3; Referencias: 26

Recibido: julio 2020; Aceptado: agosto 2020; Publicado: septiembre 2020

Conflicto de interés: El autor declara que no existen conflictos de interés.

Correspondencia del autor: José Luis Aguilar Reguero, joseluis102308@gmail.com

### Resumen

El objetivo de esta investigación fue determinar si había relación entre la altura y la longitud del paso en una muestra de niños sanos de Educación Primaria (de 1º a 6º). La muestra la compusieron ciento treinta y ocho estudiantes (n= 138) de 6 a 12 años (61 niños y 77 niñas) del colegio C.E.I.P. Los Morales (Málaga-España) durante el curso 2017/2018. Se utilizó una adaptación del test ten metres fast walk test y del Körper koordinations test für kinder. Se calcularon estadísticas descriptivas para todas las medidas realizadas de la marcha de los niños. Las variables por curso (edad) resultaron ser significativas. En el caso del sexo, no hay diferencias estadísticamente significativas entre las variables consideradas entre los dos sexos. Los resultados indican que la longitud del paso de los niños en edad escolar equivale al  $37 \pm 4\%$  de su altura.

**Palabras clave:** marcha, walk test, evaluación, escolares.

### Abstract

The aim of this research was to determine if there was a relationship between height and stride length in a sample of healthy children of Primary Education (from 1st to 6th grade). The sample was composed by one hundred and thirty eight students (n= 138) from 6 to 12 years old (61 boys and 77 girls) from the C.E.I.P. Los Morales school (Málaga-Spain) during the 2017/2018 academic course. An adaptation of the ten metres fast walk test and the Körper koordinations test für kinder was used. Descriptive statistics were calculated for all the measurements made of the children's stride. The variables by grade (age) turned out to be significant. In the case of sex, there were no statistically significant differences between the variables considered between the two sexes. The results indicated that the stride length of school-age children is equivalent to  $37 \pm 4\%$  of their height.

**Key words:** walking, walk test, evaluation, school-children.

## INTRODUCCION

Wickstrom (1990) definió la marcha como un movimiento producido por el apoyo consecutivo y alterno de los pies sobre una superficie sin que exista una fase de vuelo. Uno de los pies siempre está estático, apoyado en el suelo y el otro pie avanzando, en el aire, mediante un movimiento dinámico (López-Terradas, 2008). La extremidad se convierte en estática cuando el talón apoya en el suelo, luego apoya la parte interna del pie hasta llegar al dedo hallux y en dinámica, cuando el hallux del pie deja de estar apoyado. Martín Casas; Meneses Monroy; Beneit Montesinos; y Atín Arratibel, (2014) indican que “la marcha es una actividad altamente compleja, por la dificultad para mantener el equilibrio que implica, lo cual requiere la consideración de una gran cantidad de informaciones relativas al propio cuerpo y al ambiente.” (p 45). Gracias a ello esta le da a la persona autonomía en sus desplazamientos y la capacidad de conquistar su entorno (Rigal, 1987). La marcha depende, en gran medida, de la velocidad de maduración del niño que no podrá desenvolverse en posición bípeda, hasta no haber conseguido desarrollar la suficiente fuerza muscular, los reflejos anti gravitatorios adecuados y los mecanismos de equilibrio mínimamente eficaces (Wickstrom, 1990). En este sentido Forssberg (1985) indicó que la marcha autónoma no se realiza exclusivamente por los cambios en el patrón locomotor, sino que depende de la maduración del sistema de equilibrio al anotar que los niños no realizan la marcha voluntaria hasta que el equilibrio no se desarrolle adecuadamente.

Hay diferentes teorías sobre el desarrollo de la marcha infantil. Una de ellas refiere el paso de control subcortical al cortical en el que la maduración y sus factores cognitivos pueden ser limitadores del logro de la marcha (Zelazo, 1983). La teoría de control neural (Forssberg, 1985) se basa en que las redes neuronales innatas controladas a nivel medular generan patrones locomotores mientras estos cambian con la maduración del mecanismo central de control. Posee dos fases; el aprendizaje de la postura de tres a seis meses después del comienzo de la locomoción independiente y el ajuste de la marcha (7-8 años) cuando el control del desplazamiento del centro de gravedad y el patrón de activación muscular adulto son completos tras varios años de experiencia. Por último, las teorías referentes a la integración del ámbito perceptivo y el movimiento (Thelen, 1995) defienden que las informaciones sensoriales pueden generar desde etapas tempranas, cambios en la estrategia motora. La exploración juega un papel determinante junto con las experiencias acumuladas. La marcha requiere un complejo proceso de aprendizaje donde interactúan la percepción a través de los receptores sensitivos con los receptores interno y propioceptivos. Por ello, desde el comienzo de la marcha, los niños varían su estrategia en función de sus propias características y las del entorno. Apenas hay estudios de la marcha con niños sanos. Debido a ello y atendiendo a Lythgo, Wilson & Galea (2009) existe un conocimiento limitado de las características de la marcha de niños sanos en edad escolar. Esto, en parte, se ha debido a las limitaciones de la tecnología aplicada a estos estudios. Además, la mayoría involucraron pequeños tamaños de muestra y un número limitado de ensayos. Se excluían medidas de simetría (Dusing & Thorpe; 2007), se centraron en caminar sólo descalzos (Dusing & Thorpe; 2007; Holm et al.2009) y se realizaron a velocidades arbitrarias (Holm et al.2009).

Aunque la literatura ha defendido que los niños exhiben un patrón de marcha maduro a los 3 años (Sutherland, Olshen; Biden & Wyatt, 1988) y con una maduración completa a los

siete (Holm; Tvetter; Fredriksen; Vøllestad, 2009), hay evidencias que sugieren que la maduración ocurre más tarde (Ganley & Powers, 2009). Los autores indican que al tener en cuenta la antropometría específica en esta edad, los niños producían un menor momento pico-flexor plantar y absorción / generación de energía, en el tobillo, durante la postura, que los adultos caminando a la misma velocidad. Esto llevó a la conclusión de que los niños de siete años pueden carecer de madurez neuromuscular para generar un patrón de marcha similar a un adulto en la articulación del tobillo. De ahí que se considere vital la experiencia en la habilidad. Esta es, durante años, un factor en la mejora de la marcha madura (Martín et al., 2014). Actualmente se debate sobre cuando se alcanza la maduración de la marcha sin alcanzarse un consenso claro porque parece que hay factores externos que afectan a la maduración. Incluso a los 13 años, ya que se puede ver afectada, por ejemplo, por la obesidad (Hills & Parker, 1992; Lythgo et al. 2009; Wilson, Lythgo & Maschette, 2004). Estos autores observaron que la marcha en los niños obesos presenta menor cadencia y velocidad, un período de apoyo o contacto más largo, mayor área de contacto y mayor asimetría en la longitud de paso. Por lo tanto, es difícil evaluar el nivel de desviación de la marcha sin un conjunto de datos normativos. Sin embargo, también es posible que estas diferencias puedan ser resultado de un deterioro o retraso en el desarrollo.

La evaluación de la marcha es hoy posible gracias a potentes programas informatizados de laboratorio (LEGSYS, NedAMH/IBV) con aplicaciones de software y plataformas dinamométricas (Dinascan/IBV P600), por potentes microprocesadores (Stride analyzer) o, con pasillos de marcha electrónicos (GAITRide) que permiten evaluar de forma precisa las características de la forma de andar. Miden aspectos como la velocidad, cadencia, porcentaje de pausa y movimiento, análisis del ciclo de movimiento, la variabilidad del paso, ángulos sagitales rodilla y tobillo, movimiento superior-inferior / medio-lateral de cadera, apoyo simple o doble etc. Estos sistemas tienen como contrapartida que son muy costosos y suelen estar fuera del alcance de investigadores noveles o estudiantes de grado o postgrado. Otra opción novedosa, algo más asequible para la medición de parámetros de la marcha humana es el uso de Unidades de Medición Inercial (IMU) que en contraste con los laboratorios de marcha especializados permiten mayor facilidad de uso, tamaño y un menor costo. Además, puede ser empleado fuera del laboratorio (Bahillo; Arambarri; Angulo; Onieva; Elejoste; Perallos, 2014; Patterso; Johnston; O'Mahony, N.; O'Mahony, S.; Nolan & Caulfield, 2016; Vargas; Caicedo; Salinasa, Sierra & Rodríguez; 2017).

El presente estudio forma parte de un trabajo de fin de grado, y no hubo posibilidad de adquirir o conseguir prestado, alguno de los sistemas de evaluación mencionados. Se encontraron en la literatura, test básicos de fácil ejecución que no requieren soporte informático o tecnológico y que se barajaron como opción para evaluar algunos parámetros de la marcha en niños de Educación Primaria. Sin embargo, ante la falta de un test específico sencillo para medir la longitud de paso, se realizó una adaptación del test Körper koordinations test für kinder (KTK) con el test 10-metre fast walk test (10mFWT) y en vez de medir la velocidad del sujeto, se midió la amplitud del paso en los diez metros que propone dicho test, pasando a realizar un test que denominamos 6-metre walk test (6 MWT). El objetivo de esta investigación fue determinar si hay relación entre la altura y la longitud del paso en una muestra de niños sanos de Educación Primaria (de 1° a 6°).

## MATERIAL Y MÉTODOS

El tutor académico de la asignatura prácticum III.2 de la Facultad de Ciencias de la Educación de la UMA dio el visto bueno a la realización de este trabajo de fin de grado. El tutor profesional de prácticum III.2 del colegio informó y solicitó permiso a la dirección del Centro Educativo con la que posteriormente hubo una reunión explicativa. Los alumnos del centro fueron informados sobre el estudio y se les entregó un formulario de consentimiento parental con información para llevar a casa

### Muestra

La muestra estuvo conformada por 138 escolares pertenecientes al colegio Los Morales (Málaga, España) de 1º a 6º curso de Educación Primaria, de los cuales el 44% eran niños (61 niños) y el 56% eran niñas (77 niñas). El número de niños que participaron por cada curso se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Número de participantes por cada curso

Curso	n	Niños	Niñas
1	22	10	12
2	29	12	17
3	21	11	10
4	22	8	14
5	22	10	12
6	22	10	12
Total	138	61	77

La selección de participantes de 1º a 6º de Educación Primaria fue realizada de forma aleatoria. Los criterios de exclusión de los participantes incluyeron la falta de consentimiento de los padres y a aquellos que tuviesen algún tipo de desorden neurológico, musculo - esquelético o alguna lesión en el tren inferior los 6 meses previos al ensayo.

### Materiales e instrumentos

Los instrumentos de medición utilizados fueron un tallímetro (PHR de DETECTO, USA - Missouri) que se utilizó para medir la talla de los sujetos. La Tanita BC-418 (TANITA Corporation of America, Inc. 2625 South Clearbrook Drive Arlington Heights, IL 60005 USA) cuyo uso fue medir la masa corporal de los sujetos de dicho test. Se utilizó una cinta métrica para medir la distancia cadera / rodilla a suelo y para medir la distancia de los pasos. Los materiales utilizados incluían el polvo de talco para marcar la zona de las pisadas y, por último, cinta adhesiva aislante para marcar las diferentes zonas y subáreas del espacio del test.

### Procedimiento

Se realizó un ensayo de medición, con cada curso, con una semana de anticipación a la fecha de los test definitivos, para probar los instrumentos y familiarizar a los alumnos antes de las mediciones finales. En la familiarización, realizada durante las clases de educación física de

cada grupo, los alumnos hicieron un ensayo de la prueba (sin recogida de datos de su longitud del paso) aunque si se tomaron los de su talla total, peso e índice de masa corporal (IMC). La talla se midió con el tallímetro (PHR de DETECTO). Es un instrumento fácil de configurar y de usar. Puede ir colocado contra la pared o bien completamente libre debido a su gran placa de piso. El rango de altura es de 11.5 cm - 205 cm siendo visible a ambos lados de la barra de altura. Se colocó pegado a la pared para dar sensación de seguridad o apoyo a los alumnos. Posteriormente se tomó el peso e IMC con la Tanita BC-418 siguiendo el protocolo establecido por el fabricante y finalmente cada alumno realizó cuatro ensayos para familiarizarse con líneas y distancias.

Luego, con cinta métrica flexible, se tomó la talla de los segmentos inferiores (cadera - suelo y rodilla - suelo) o método de "acortamiento verdadero total" (colocar una cinta métrica desde la parte anterior espina ilíaca superior al maléolo medial del mismo lado). Una semana más tarde, el día de la evaluación, hicieron dos ensayos, recogiendo los datos de la distancia de los pasos de cada niño. El proceso seguido para la recogida de datos consistía en medir con una cinta métrica las huellas dejadas con polvo de talco en el suelo, de talón a talón, en la fase intermedia de la zona habilitada para la ejecución de la marcha (Figura 1).

### **Protocolo del 6 metre walk test (6-mWT) para medir la amplitud de zancada**

Este test se realiza específicamente para este estudio y se obtiene de la combinación de otros dos; la batería KTK (Kiphard & Schilling; 1974, 2007) y el test 10-metres fast walk test (10mFWT). La primera cuenta con cuatro test: caminar hacia atrás, saltar lateralmente, saltar a una sola pierna y desplazamientos sobre soportes. A pesar de no medir directamente la marcha, las cuatro pruebas constan de cuatro variables; tiempo, errores, precisión y amplitud del paso. Se optó por la prueba de amplitud de paso, como herramienta de medida en nuestro trabajo. La segunda es un test que se utiliza para evaluar la velocidad de zancada que tiene una persona en 10 metros. Algunos estudios han utilizado una combinación de estos tipos de test, buscando tener datos más amplios de la movilidad funcional de los niños (Lieberstein, Weingarten, Vialu, Itzkowitz, Doyle, Covino, & Kaplan, 2018). Así pues, se realizó una modificación de este, para utilizar la longitud de paso como herramienta de medida en vez de la velocidad utilizando un test que se denominó 6 mWT.

Para diseñar el espacio del test, se tomó la idea de López-Elvira, López-Plaza, López-Valenciano y Alonso-Montero (2017) de colocar unas marcas después del inicio del test y antes del final del mismo para evitar que la aceleración inicial y la desaceleración final de la marcha afectase a la medida normal. Todos los niños lo realizaron con calcetines para evitar el error de medida al utilizar zapatos. La modificación realizada en el test del presente estudio fue la siguiente (Figura 1): se marcó, con cinta blanca el inicio de la prueba o línea de comienzo a andar (L1), se puso una marca cuatro metros más adelante o línea de comienzo (L2) de cinta marrón. A los diez metros se volvió a marcar con cinta marrón de nuevo o línea de fin de medida (L3), dejando seis metros útiles para las mediciones del test (Lindemann; Najafi; Zijlstra; Hauer; Muche; Becker, et al., 2008; Miff; Childress; Gard; Meier; Hansen, 2005). Por último, a los catorce metros se colocó otra línea blanca o línea de desaceleración o final de test (L4). Las cintas blancas señalaban el espacio de medición y conteo y las marrones el espacio de comienzo y fin, pero sin medición.

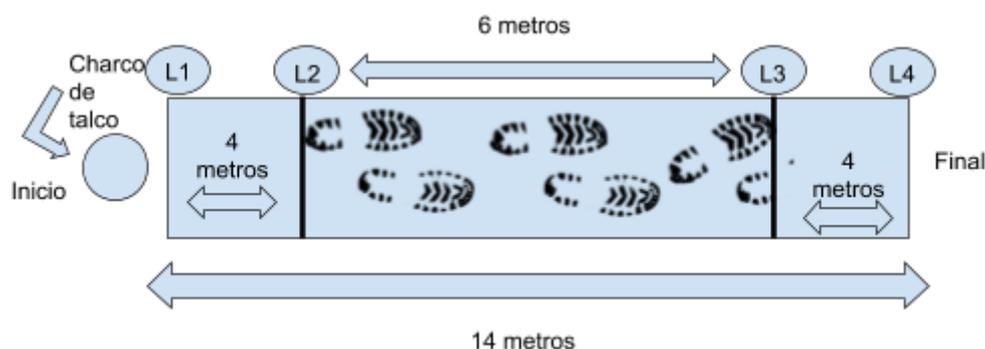


Figura 1. Zonas y distancias con líneas de medida de la longitud del paso

Antes de la línea de salida (L1), se espolvoreó la superficie con polvo de talco en cantidad suficiente para que los niños al pisar la adsorbieran en sus calcetines y dejaran huellas al caminar a lo largo del recorrido del espacio de medida. Las huellas de las que se obtuvieron los resultados fueron cinco intermedias que se encontraban dentro de los seis metros centrales que había entre la marca L2 y la marca L3. En la Figura 1, se puede observar el diagrama del recorrido de catorce metros, que comienza a la izquierda y termina a la derecha. Cada franja de cuatro metros que separa el inicio y el final, representan los momentos de aceleración y desaceleración de la marcha, que no se emplean con propósitos de medición. La cantidad de pasos (en la imagen cinco pasos) que se halla en los seis metros del centro son los pasos válidos que se utilizarán en dicho test. Cada vez que terminaba un alumno, se limpiaba el polvo de talco de la superficie, previo al siguiente test.

Antes de los ensayos, los participantes recibieron las siguientes instrucciones:

1º- “Camina con un paso y velocidad que sea normal o cómoda para ti, es decir, tu paso natural”.

2º- “Comienza a andar desde la línea blanca 1 y camina con normalidad hasta la línea final blanca 2”.

### **Análisis Estadístico**

Se calcularon estadísticas descriptivas para todas las medidas realizadas de la marcha de los niños. La normalidad de los conjuntos de datos se evaluó mediante la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnoff. Se estimó la relación entre las variables a través del coeficiente de correlación momento-producto de Pearson. Se realizó un análisis de la varianza multivariado, empleando como variables independientes los cursos y el sexo, y como variables dependientes el resto de variables medidas. Se aplicaron pruebas post-hoc en el caso de encontrar diferencias estadísticamente significativas en el vector de medias evaluado. A menos que se indique lo contrario, todas las pruebas de hipótesis se realizaron empleando un valor de probabilidad de 0,05. Todas las estadísticas se calcularon empleando el software estadístico SPSS (versión 25) para Windows.

## RESULTADOS

En la Tabla 2 se muestran los resultados generales para todas las mediciones que se hicieron en este estudio, para cada uno de los cursos y por sexo. Se muestran siete variables: altura, peso, IMC, longitud de piernas (LP), longitud rodilla-tobillo (LRT), longitud de paso (LDP) y porcentaje de longitud de paso con respecto a la altura (%LPDA). La prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnoff realizada, indica que todos los datos se ajustan a una distribución normal ( $p > 0,05$ ).

En la tabla 2 se observa que, en general, todas las variables aumentan conforme pasan los cursos, excepto el IMC que lo hace en menor medida así como el porcentaje de longitud de paso con respecto a la altura, que se mantiene más o menos estable con el paso de los años o cursos. Este está entre el 35% (cuarto curso) y 40% (segundo curso). La media general (masculino y femenino) de todos los cursos es 37%. El menor %LPDA se presenta en el cuarto curso en ambos sexos (35% en niños y 36% en niñas). Los mayores %LPDA se presenta en segundo curso en ambos sexos (39% en niños y 40% en niñas). El menor valor lo presentan los niños del cuarto curso (35%) y el mayor las niñas del segundo curso (40%). En el caso de los valores de LDP el menor valor está en 44 cm (primer curso masculino) y el mayor valor en 57 cm (sexto curso femenino). La media general de todos los cursos es de 51 cm.

Tabla 2. Resultados generales de las medidas realizadas por curso y por sexo.

Curso	Sexo	Altura	Peso	IMC	LP	LRT	LDP	%LPDA
1°	Niños	124 ± 6	25 ± 2	16,4 ± 0,4	59 ± 4	31 ± 2	44 ± 6	36 ± 4
	Niñas	123 ± 6	25 ± 3	16,4 ± 0,8	62 ± 5	32 ± 4	45 ± 4	36 ± 2
	Total	123 ± 6	25 ± 2	16,4 ± 0,7	61 ± 5	32 ± 3	44 ± 5	36 ± 3
2°	Niños	128 ± 7	28 ± 3	16,9 ± 0,6	67 ± 6	37 ± 7	50 ± 8	39 ± 6
	Niñas	130 ± 8	29 ± 4	16,9 ± 0,8	67 ± 6	37 ± 7	52 ± 7	40 ± 4
	Total	129 ± 8	28 ± 3	16,9 ± 0,7	67 ± 6	37 ± 6	51 ± 7	40 ± 5
3°	Niños	134 ± 5	33 ± 2	18,2 ± 0,5	68 ± 5	35 ± 4	50 ± 6	37 ± 5
	Niñas	136 ± 5	33 ± 3	17,6 ± 0,5	68 ± 11	40 ± 3	50 ± 5	37 ± 4
	Total	135 ± 5	33 ± 2	17,9 ± 0,6	68 ± 8	38 ± 4	50 ± 5	37 ± 5
4°	Niños	140 ± 7	36 ± 3	18,6 ± 0,4	71 ± 9	39 ± 3	49 ± 6	35 ± 4
	Niñas	140 ± 6	36 ± 2	18,4 ± 0,9	72 ± 7	39 ± 4	50 ± 6	36 ± 5
	Total	140 ± 6	36 ± 3	18,5 ± 0,8	71 ± 7	39 ± 4	50 ± 6	35 ± 4
5°	Niños	144 ± 12	40 ± 4	19,3 ± 2	71 ± 5	38 ± 3	55 ± 8	38 ± 6
	Niñas	144 ± 6	40 ± 3	18,9 ± 0,7	73 ± 6	38 ± 2	55 ± 6	38 ± 4
	Total	144 ± 9	40 ± 3	19,1 ± 2	72 ± 6	38 ± 3	55 ± 7	38 ± 5
6°	Niños	150 ± 7	44 ± 2	19,7 ± 1	79 ± 4	41 ± 7	54 ± 3	36 ± 2
	Niñas	153 ± 7	46 ± 4	19,5 ± 1	82 ± 4	43 ± 5	57 ± 3	37 ± 2
	Total	152 ± 7	45 ± 3	19,6 ± 1	81 ± 4	42 ± 6	56 ± 3	37 ± 2
Total	Niños	136 ± 12	34 ± 7	18,1 ± 2	69 ± 8	37 ± 6	50 ± 7	37 ± 5
	Niñas	137 ± 12	34 ± 7	17,9 ± 1	70 ± 9	38 ± 6	51 ± 6	38 ± 4
	Total	137 ± 12	34 ± 7	17,9 ± 2	70 ± 8	38 ± 6	51 ± 7	37 ± 4
K-S	<i>p</i>	0,6011	0,1093	0,8462	0,9769	0,3362	0,9615	0,0961

Nota: los valores se expresan como valores medio y su desviación estándar ( $X \pm s$ ). IMC, índice de masa corporal; LP, longitud de piernas en cm; LRT, longitud rodilla-tobillo; LDP, longitud de paso; %LPDA, porcentaje de

longitud de paso con respecto a la altura; K-S, Prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnoff; p, valor de probabilidad.

En la figura 2 se aprecian valores de altura, peso e IMC por curso y sexo. Para la altura se encuentra un valor máximo en 153 cm (niñas de sexto curso), el valor mínimo en 123cm (niñas de primer curso) y la media general (niños y niñas) en 137 cm. La diferencia entre los cursos es similar siendo la mayor la que ocurre de quinto a sexto curso y la menor de cuarto a quinto. Para el peso se observa que el valor máximo se encuentra en 46 kg (niñas de sexto curso), el valor mínimo en 25 kg (niños y niñas de primer curso) y la media general (niños y niñas) en 34 kg. La mayor diferencia de peso ocurre entre segundo y tercer curso y quinto y sexto curso. La menor de primero a segundo y de tercero a cuarto. Finalmente, en lo relativo al IMC el porcentaje máximo es 19,7% (niños de sexto curso), el porcentaje mínimo es 16,4% (niños y niñas de primer curso) y la media general (niños y niñas) en 17,9%. La menor diferencia esta entre primer y segundo curso y la mayor entre segundo y tercer curso.

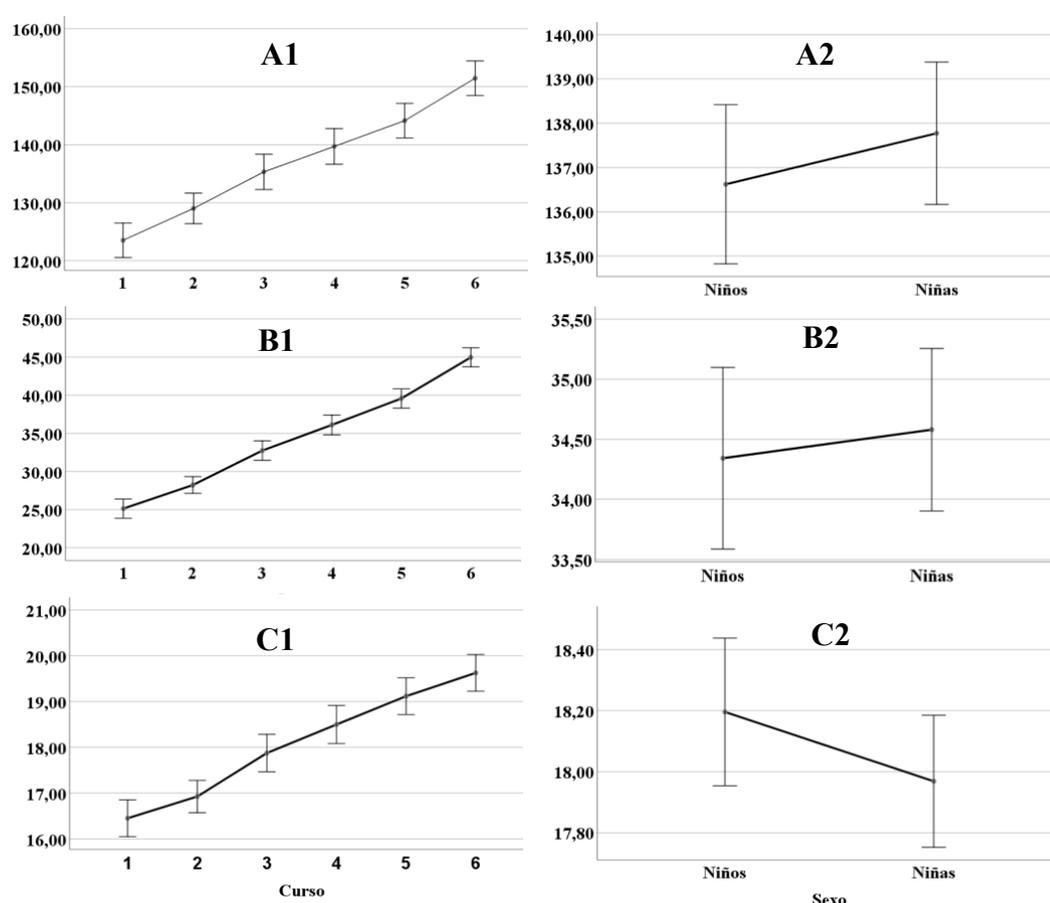


Figura 2. Gráfico de los valores medios por curso (1) y por sexo (2), para altura (A, en cm); peso (B, en kg) e índice de masa corporal (C, en kg m-2). Las barras verticales representan los intervalos de confianza al 95%.

La figura 3 muestra la LP (A, en cm); la LRT (B, en cm); la LDP (C, en cm) y la %LDPA (D). En los valores de longitud de piernas en cm (LP), el valor máximo fue 82 cm (niñas de sexto curso), el mínimo en 59 cm (niños de primer curso) y la media general (niños y niñas) en 70 cm. En relación a la longitud rodilla-tobillo (LRT), el valor máximo fue 43 cm (niñas de sexto curso), el valor mínimo en 31 cm (niños de primer curso) y la media general (niños y

niñas) en 38cm. Respecto a la longitud de paso (LDP), apreciamos que el valor máximo si sitúa en 57 cm (niñas de sexto curso), el valor mínimo en 44 cm (niños de primer curso) y la media general (niños y niñas) en 51 cm. Atendiendo a los valores de porcentaje de la longitud de paso respecto a la altura (%LDP), apreciamos que el valor máximo se encuentra a un 40% (segundo de quinto curso), el valor mínimo en un 35% (niños de cuarto curso) y la media general (niños y niñas) en 37%

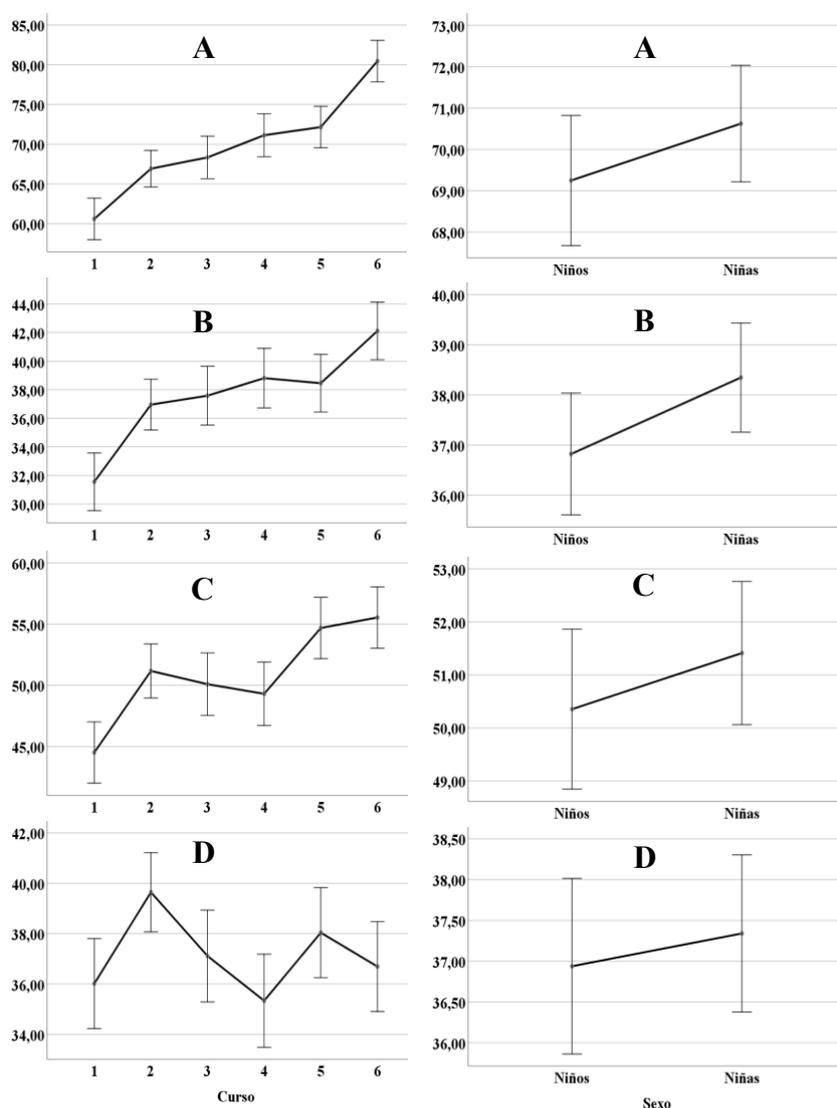


Figura 3. Gráficos por curso (1) y sexo (2) de longitud de piernas (A, en cm); longitud de rodilla-tobillo (B, en cm); longitud de paso (C, en cm) y longitud de paso con respecto a la altura (D, en porcentaje). Las líneas verticales representan los intervalos de confianza al 95%.

En la tabla 3 se presenta la significación entre las variables. Las pruebas de normalidad univariada realizada al conjunto de variables indicó que se distribuyen normalmente ( $p > 0,05$ , ver Tabla 1). La prueba de Box realizada para probar la igualdad de matrices de covarianzas ( $M=1236,7$ ,  $p < 0,001$ ), mostró diferencias significativas en las mencionadas matrices, lo cual viola uno de los supuestos del MANOVA. Por esta razón, se empleó el estadístico de Traza de Pillai, que es robusto a la falta homocedasticidad multivariada. De acuerdo a los resultados del MANOVA, sólo el curso (y en consecuencia la edad) resultó ser significativo, por lo cual, al menos una de las variables es diferente entre los distintos cursos. En el caso del sexo, no hay diferencias estadísticamente significativas entre las variables consideradas entre los dos sexos.

Tabla 3. Análisis de correlación de Pearson de las variables consideradas en el estudio.

		Peso	IMC	LP	LRT	LDP	%LDPA
Altura	r	,942**	,426**	,805**	,644**	,495**	-,144
	p	,000	,000	,000	,000	,000	,091
Peso	r	1	,696**	,784**	,607**	,463**	-,140
	p		,000	,000	,000	,000	,101
IMC	r		1	,408**	,295**	,230**	-,040
	p			,000	,000	,007	,641
LP	r			1	,717**	,477**	-,024
	p				,000	,000	,780
LRT	r				1	,398**	,001
	p					,000	,993
LDP	r					1	,786**
	p						,000

\*\*La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral). En todos los casos N = 138. IMC, índice de masa corporal ( $\text{kg m}^{-2}$ ); LP, longitud de piernas (cm); LRT, longitud rodilla-tobillo (cm); LDP, longitud de paso (cm); %LDPA, porcentaje de longitud de paso con respecto a la altura.

La tabla 4 presenta los resultados del análisis de la varianza multivariado destacando que las variables por curso (edad) resultaron ser significativas siendo no significativas por sexo.

Tabla 4. Resultados del análisis de la varianza multivariado, empleando como variables independientes el número de curso y el sexo (MANOVA)

Efecto		Valor	F	GLH	GLE	p
Intersección	Traza de Pillai	1,000	743563,455 <sub>b</sub>	7,000	120,000	,000
	Lambda de Wilks	,000	743563,455 <sub>b</sub>	7,000	120,000	,000
	Traza de Hotelling	43374,535	743563,455 <sub>b</sub>	7,000	120,000	,000
	Raíz mayor de Roy	43374,535	743563,455 <sub>b</sub>	7,000	120,000	,000
Curso	Traza de Pillai	1,612	8,425	35,000	620,000	,000
	Lambda de Wilks	,044	15,899	35,000	507,224	,000
	Traza de Hotelling	9,232	31,231	35,000	592,000	,000
	Raíz mayor de Roy	8,029	142,227	7,000	124,000	,000
Sexo	Traza de Pillai	,064	1,180 <sub>b</sub>	7,000	120,000	,319
	Lambda de Wilks	,936	1,180 <sub>b</sub>	7,000	120,000	,319
	Traza de Hotelling	,069	1,180 <sub>b</sub>	7,000	120,000	,319
	Raíz mayor de Roy	,069	1,180 <sub>b</sub>	7,000	120,000	,319
Curso * Sexo	Traza de Pillai	,181	,666	35,000	620,000	,931
	Lambda de Wilks	,830	,656	35,000	507,224	,937
	Traza de Hotelling	,192	,648	35,000	592,000	,943
	Raíz mayor de Roy	,077	1,369	7,000	124,000	,224

a. Diseño : Intersección + Curso + Sexo + Curso \* sexo

b. Estadístico exacto

c. Grados de libertad de la hipótesis

d. Grados de libertad del error

## DISCUSIÓN

Se encontraron diferencias significativas por curso sobre todo en las variables de LDP y %LDPA, pero no por sexo. No se encontraron test prácticos de aplicación fácil que midiesen la LDP. Esto imposibilita la comparación de resultados con otras pruebas o test. En este sentido, hay otras pruebas de fácil ejecución que son utilizadas para evaluar algunos parámetros de la marcha. La prueba Timed Up and Go (TUG) de fácil ejecución y de bajo coste se diseñó originalmente como una herramienta de evaluación para la movilidad funcional, control o equilibrio dinámico en personas, después de un accidente cerebrovascular, ancianos que corrían el riesgo de caerse, pero también en niños con desarrollo típico o, con patologías varias y discapacidades del desarrollo (Podsiadlo & Richardson, 1991). Es habitual que sean modificados algunos aspectos de los mismos para adaptarlos a los diferentes tipos de muestra. Así TUG para aplicarlo en niños, se ha ajustado usando una silla con o sin brazos y respaldo. La literatura (Verbecque et al. 2016) sobre las propiedades psicométricas del TUG en niños apoya que la prueba tiene muy buena confiabilidad, fiabilidad test-retest y se correlaciona de moderado a fuertemente con la función motora gruesa. Su vinculación a la marcha está en que el rendimiento está relacionado con los parámetros espaciotemporales de la misma. Mide equilibrio, capacidad para caminar y el cambio de peso, pero no se adaptaba a lo que en este estudio se pretendía medir que era la longitud del paso.

El test 6-minute walk test (6minWT) es una prueba simple y útil del rendimiento de la marcha en niños de 5 a 13 años. Se utiliza como parte de un examen completo para determinar la función motora en niños y las posibles necesidades de tratamiento o intervención. Podría ser una buena opción hacerla en el exterior con dispositivos baratos como acelerómetros o GPS que podrían medir tiempo, frecuencia y longitud del paso. Pero una prueba de esta duración con los medios tecnológicos de los que se disponía no era practicable y se podría correr el riesgo, al tener esa duración, de que los niños más pequeños no puedan mantener un paso uniforme en seis minutos de trabajo.

Una de las pocas pruebas que se centran en la motricidad gruesa (coordinación) de niños normales sin problemas motores, así como, niños con problemas mentales o motores es la Körper koordinations test für kinder (Prueba de coordinación corporal para niños), denominada KTK por Kiphard y Schilling (1974, 2007). Cuenta con cuatro test: caminar hacia atrás, saltar lateralmente, saltar a una sola pierna y desplazamientos sobre soportes. A pesar de no medir directamente la marcha, las cuatro pruebas constan de cuatro variables; tiempo, errores, precisión y amplitud del paso. Se optó por esta última prueba como herramienta de medida en nuestro trabajo. Para Vandorpe, Vandendriessche, Lefevre, Pion, Vaeyens, Matthys, Philippaerts & Lenoir, (2010) KTK demostró ser un instrumento valioso para la evaluación de la coordinación motora gruesa de todos niños en Flandes, pero no es específico para medir la LDP.

Finalmente, el test 10-metres fast walk test (10mFWT) es un test que se utiliza para evaluar la velocidad de zancada que tiene una persona en 10 metros. Normalmente, se utiliza con sujetos (adultos o niños) que presentan alguna patología a la hora de caminar (Thompson, Beath, Bell, Jacobson, Phair, Salbach, & Wright, 2008). Representa la distancia mínima requerida para la deambulacion funcional. Ha demostrado excelente fiabilidad test-retest en adultos con lesión cerebral traumática y alta confiabilidad entre evaluadores con participantes sanos. Como lo que se pretendía medir era la longitud en vez de la velocidad, este test fue combinado con la última variable del Test KTK.

El objetivo principal de este trabajo fue ver la relación existente entre la talla y longitud de paso de los niños de los diferentes cursos que conforman la etapa educativa de Educación Primaria. No se encontró bibliografía que relacionase directamente estos dos parámetros, pero algunos datos obtenidos concuerdan con los de Dusing & Thorpe (2007) que indican que, los datos no normalizados de varias medidas, incluidas la longitud de paso, aumentan con la edad. Asimismo, sus parámetros de la marcha para los niños de 5 a 10 años muestran conformidad con el trabajo de Lythgo et al. (2009). Diversos trabajos indican que un número limitado de ensayos (sólo dos intentos) pueden reducir la confiabilidad de los datos (por ello al menos cuatro ensayos deben realizarse para obtener datos normativos (Holm, Tveter, Fredriksen & Vøllestad, 2009). Este aspecto que se tuvo en cuenta en nuestro trabajo. Además, se observó que los niños tenían dificultad de ajustar su paso natural con una zona previa de tan sólo 2 m. Por ello se amplió esta zona a una de 4 m (en figura 1, de L1 a L2).

Algunos estudios muestran que la simetría del paso es invariable con el aumento de la edad. La marcha es altamente simétrica en niños sanos y adultos jóvenes, aspecto que coincide con los datos obtenidos en este estudio. Esto parece ser una cualidad de la marcha humana, pero puede cambiar con enfermedades u obesidad. También para Martín et al. (2014) la integración de los parámetros corporales y el desarrollo de ajustes posturales anticipatorios necesitan de al

menos ocho años de experiencia en la marcha para desarrollarse y, la experiencia de actividades de locomoción tiene un papel determinante en el control del movimiento de los miembros inferiores y del equilibrio hasta, al menos, los 10 años de edad ¿Cómo podría afectar al paso de un niño de seis años esta falta de experiencia?

Los resultados de este trabajo indican que no hay un incremento del porcentaje que representa el paso con respecto a la altura de los niños conforme avanzan los cursos. Así se puede ver como el %LDPA en cuarto curso es menor que en los tres primeros. Es decir, no hay un incremento lineal que asegure que cuanto mayor sea la edad de la persona, mayor será su %LDPA, como ocurre con otros parámetros condicionales en estas edades. Esto indica que, efectivamente no hay relación directa entre LDP y la edad. Los valores de LDP, como se aprecian en la tabla 1, están entre el 35 y el 39% de la altura de los niños siendo el valor general de toda primaria el 37.25%, el masculino en  $37,08 \pm 4,94$  y el femenino de  $37,40 \pm 3,87$ . Por lo tanto no hubo diferencias significativas entre sexos en ninguna de las siete variables y si por cursos. En lo relativo a peso, altura e IMC no hay diferencias significativas puesto que van aumentando con la edad. Atendiendo a LP, encontramos una diferencia ascendente muy clara en los niños de quinto (72 cm) a sexto curso (81 cm) ya que de media la encontramos entre 61-72 cm.

En cuanto a LRT, encontramos que existe una gran diferencia en el incremento de la talla de esta zona del cuerpo por parte de los sujetos de primero (32 cm) a segundo curso (37 cm), que luego es estable en los cursos intermedios (con una media de 37-38 cm cada curso) y de quinto a sexto curso vuelve a ocurrir lo mismo con una subida a 42 cm. En relación a LDP, apreciamos un reseñable aumento del primer (44 cm) al segundo curso (51 cm), que luego desciende de segundo (51 cm) a cuarto curso (50 cm) y vuelve a ascender de cuarto (50 cm) a sexto curso (56 cm). Finalmente, en lo relativo al %LDPA, hallamos diferencias significativas con un ascenso de primero (36%) a segundo curso (40%), una bajada hasta cuarto curso (35%) que asciende, de nuevo, hasta quinto curso (38%) para volver a descender en el último curso (37%).

Hay un gran salto cuantitativo (cm) de primer a segundo curso que no vuelve a repetirse hasta quinto y sexto curso. El valor alcanzado en segundo curso en niños, niñas y en la general, no es superado hasta quinto curso, es decir los valores de tercer y cuarto curso son más bajos que los de segundo curso. Sin embargo, la altura crece continuamente en niños y niñas curso tras curso. Si la altura aumenta y no lo hace el %LDPA quiere decir que este no depende de la altura global y si posiblemente de factores antropométricos, biomecánicos e incluso de maduración. No se han podido encontrar otros estudios que hayan tratado este aspecto para poder comparar resultados. La evolución de la marcha es un proceso que debe considerarse de vital importancia y debería medirse de manera más regular durante el período educativo determinando cualquier fallo a nivel motor, perceptivo y cognitivo que pueda provocar una pausa en el desarrollo de la marcha de los niños.

Ha habido varios limitantes en este estudio. Falta de tecnología válida y fiable o una mayor muestra. Hubiese sido importante determinar el nivel de desviación de la marcha que resulta de factores tales como niveles reducidos de actividad física, obesidad, retraso en el desarrollo motor, enfermedades y lesiones. Sin embargo, en una prueba de tan solo 6 metros de distancia se hace complicado que estos valores tengan influencia sobre la misma. Entendemos que hubiese sido posible en una prueba de campo de más duración o con programas de software

potentes. El haber medido el tiempo de duración del test, hubiese dado también la posibilidad de obtener la frecuencia de paso.

## CONCLUSIONES

La variación de los dos test utilizados para aplicar el test 6 mWT, ha resultado ser de ayuda para el propósito propuesto. Gracias a las modificaciones realizadas a este test se pudo establecer como son los valores en % de la relación existente entre la talla de un alumno de Primaria y su LDP durante la marcha. Los resultados de este estudio indican que las alumnas tienen una LDP ligeramente mayor en relación a su altura que los alumnos hasta cuarto curso y posteriormente es superada por los niños. No hay diferencias significativas por sexo en ninguna de las variables, aunque si las hay por curso sobre todo en las variables de LDP (C1) y %LDPA (D1).

## REFERENCIAS

- Bahillo, A., Arambarri, A., Angulo, I., Onieva, E., Elejoste, P., Perallos, A. (2014). Implementing a Pedestrian Tracker Using Low-Cost Bluetooth Inertial Sensors. In: Hervás R., Lee S., Nugent C., Bravo J. (eds). *Ubiquitous Computing and Ambient Intelligence. Personalisation and User Adapted Services*. UCAM 2014. Lecture Notes in Computer Science, vol (8867). Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-13102-3\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-13102-3_1)
- Dusing, S. C., Thorpe, D. E. (2007). A normative sample of temporal and spatial gait parameters in children using the GAITRite1 electronic walkway. *Gait Posture*, vol (25), 135–139. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2006.06.003>
- Forssberg, H. (1985). Ontogeny of human locomotor control I. Infant stepping, supported locomotion, and transition to independent locomotion. *Experimental Brain Research*, vol (57), 480-493. <https://doi.org/10.1007/bf00237835>
- Ganley, K. J., Powers, C. M. (2005). Gait kinematics of 7-year-old children: a comparison to adults using age-specific anthropometric data. *Gait Posture*, vol (21), 141–145. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2004.01.007>
- Hills, A.P., Parker, A, W. (1992). Locomotor characteristics of obese children. *Child Care Health Develop*, vol (18), 29–34. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2214.1992.tb00338.x>
- Holm, I., Tveter, A.T, Fredriksen, P. M., Vøllestad, N. (2009). A normative sample of gait and hopping on one leg parameters in children 7–12 years of age. *Gait Posture*, vol (29), 317–321. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2008.09.016>
- Kiphard, E. J. & Schilling, F. (1974). *Körperkoordinationstest für Kinder*. Beltz Test GmbH.
- Kiphard, E. J. & Schilling, F. (2007). *Körperkoordinationstest für Kinder*. 2. Beltz Test GmbH.
- Lieberstein, M., Weingarten, G., Vialu, C., Itzkowitz, A., Doyle, M., Covino, F. & Kaplan, S. L. (2018). Thirty-Second Walk Test. *Pediatric Physical Therapy*, vol (30), 18-25. <https://doi.org/10.1097/pep.0000000000000464>
- Lindemann, U., Najafi, B., Zijlstra, W., Hauer, K, Muche, R., Becker, C., et al. (2008). Distance to achieve steady state walking speed in frail elderly persons. *Gait Posture*, vol (27), 91–96.- López-Elvira, J., López-Plaza, D., López-Valenciano, A. y Alonso-Montero, C. (2017). Influencia del calzado en el movimiento del pie durante la marcha y la carrera en niños y niñas de 6 y 7 años. *Retos*, vol (31), 128-132. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2007.02.005>
- López-Terradas, J.M. (2008). Alteraciones de la marcha. *Protocolos Diagnóstico-Terapéuticos de la AEP: Neurología Pediátrica*. 113-117. <https://www.aeped.es/sites/default/files/documentos/16-altmarcha.pdf>
- Lythgo, N., Wilson, C., Galea, M. (2009). Basic gait and symmetry measures for primary school-aged children and young adults whilst walking barefoot and with shoes. *Gait & Posture*, vol(30), 502–506. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2009.07.119>
- Martín Casas, P., Meneses Monroy, A., Beneit Montesinos, J. V. y Atín Arratibel, M. A. (2014). El Desarrollo de la Marcha Infantil como Proceso de Aprendizaje [Children Gait Development as a Learning Process]. *Acción Psicológica*, vol (11), 45-54. <https://doi.org/10.5944/ap.11.1.13866>

- Miff, S. C., Childress, D. S., Gard, S. A., Meier, M. R., Hansen, A. H. (2005). Temporal symmetries during gait initiation and termination in nondisabled ambulators and in people with unilateral transtibial limb loss. *J Rehabil Res Dev*, vol(42), 175–182. <https://doi.org/10.1682/jrrd.2004.03.0038>
- Patterson, M.R., Johnston, W., O'Mahony, N. O'Mahony, S., Nolan, E. & Caulfield, B. (2016). Validation of Temporal Gait Metrics from three IMU Locations to the Gold Standard Force Plate. *IEEE 38th Annual International Conference of the Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)*. <https://doi.org/10.1109/embc.2016.7590790>
- Podsiadlo, D. & Richardson, S. (1991). The timed “Up & Go”: a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *J Am Geriatr Soc*. vol (39), 142-148. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.1991.tb01616.x>
- Rigal, R. (1987). *Motricidad humana. Fundamentos y aplicaciones pedagógicas*. Pila Teleña
- Sutherland, D. H., Olshen, R., Biden, E. N., Wyatt, M. P. (1988). *The development of mature walking*. Mac Keith Press.
- Thelen, E. (1995). Motor development. A new synthesis. *American Psychologist*, vol (50), 79-95. <https://doi.org/10.1037/0003-066x.50.2.79>
- Thompson, P., Beath, T., Bell, J., Jacobson, G., Phair, T., Salbach, N. M., Wright, F. V. (2008). Test–retest reliability of the 10-metre fast walk test and 6-minute walk test in ambulatory school-aged children with cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology* 2008, vol (50), 370–376. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.2008.02048.x>
- Vandorpe, B., Vandendriessche, J., Lefevre, J., Pion, J., Vaeyens, R., Matthys, S., Philippaerts, R. & Lenoir, M. (2010). The KörperkoordinationsTest für Kinder: reference values and suitability for 6-12-year-old children in Flanders. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, vol(21), 378–388. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2009.01067.x>
- Vargas, L., Caicedo, P., Salinas, S. A., Sierra, W. & Rodríguez, L. (2017). Protocolo de Evaluación de un Sistema para Medición de Parámetros de Tiempo de la Marcha Humana. Congreso Iberdiscap 22, 23 y 24 noviembre Conference Paper · November 2017
- Verbecque, E., Vereeck, L., Boudewyns, A., Van de Heyning, P. Halleman, A. (2016). A Modified Version of the Time Up and Go Test for Children Who Are Preschoolers. *Pediatr Phys Ther*, vol (28), 409–415. <https://doi.org/10.1097/PEP.0000000000000293>
- Wickstrom, R. (1990). *Patrones motores básicos*. Alianza.
- Wilson, C., Lythgo, N., Maschette, W. (2004). Body mass index, motor impairment and gait characteristics in primary aged children: a pilot study. In: Australian Association for Exercise and Sports Science inaugural national conference. Brisbane, Australia: Queensland University of Technology.
- Zelazo, P. R. (1983). The development of walking: New findings and old assumptions. *Journal of Motor Behavior*, vol (15), 99-137. <https://doi.org/10.1080/00222895.1983.10735292>