



Propiocepción cervical y parámetros espaciotemporales de la marcha en adultos con dolor de cuello crónico

Cervical proprioception and spatiotemporal gait parameters in adults with chronic neck pain

Autores

Claudia María Sánchez-Huamash ¹
Sergio David Bravo-Cucci ¹
José Luis Carrión-Bazán ¹
Melissa Raquel Aranda-Sánchez ¹
Karol Narazas-Molina ¹
Adela Mora-Marín ²
Cristhian Trujillo-Chavez ¹

¹ Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (Perú)

² Universidad Latina de Costa Rica (Costa Rica)

Autor de correspondencia:
Claudia María Sánchez Huamash
pcctcsan@upc.edu.pe

Como citar en APA

Sánchez-Huamash, C. M., Bravo-Cucci, S. D., Carrión-Bazán, J. L., Aranda-Sánchez, M. R., Narazas-Molina, K., Mora-Marín, A., & Trujillo-Chavez, C. (2025). Propiocepción cervical y parámetros espaciotemporales de la marcha en adultos con dolor de cuello crónico. *Retos*, 69, 1386-1400. <https://doi.org/10.47197/retos.v69.116308>

Resumen

Objetivo: Evaluar la asociación entre la propiocepción cervical y los parámetros espaciotemporales de la marcha en adultos con dolor de cuello crónico.

Métodos: Estudio transversal analítico cuya muestra estuvo conformada por 37 adultos con dolor cervical crónico. La propiocepción cervical se midió con la prueba de error de posición articular. Los parámetros espaciotemporales de la marcha fueron la velocidad y asimetría de la marcha, longitud de zancada y cadencia, se midieron con el *Project Automation Framework* (PAF) de la marcha del sistema de captura de movimiento *Qualisys® Track Manager* (QTM).

Resultados: El 73% de los participantes fueron mujeres y la mediana de la edad fue 32 años (rango intercuartílico de 26 a 47). El error de posicionamiento articular general tuvo una media $11,1 \pm 2,9$ grados y el 97,3% tenía la propiocepción de cuello alterada. La velocidad de la marcha tuvo una media de $1,1 \pm 0,1$ m/s, la asimetría de la marcha una mediana de 3,4 (rango intercuartílico de 2 a 6,9), la longitud de la zancada fue de $1,3 \pm 0,1$ metros y la cadencia de $98,9 \pm 8,5$ pasos por minuto. No se encontró asociación entre la propiocepción cervical con la velocidad, asimetría, longitud de zancada ni cadencia ($p > 0,05$).

Discusión: Aunque hay pocos estudios similares, sus resultados difieren, posiblemente debido a variaciones en los instrumentos utilizados, el diseño metodológico y las características de la población.

Conclusiones: Este estudio sugiere que la propiocepción cervical no se asocia con los parámetros espaciotemporales de la marcha como la velocidad, asimetría, longitud de la zancada y cadencia en adultos con dolor cervical crónico.

Palabras clave

Adulto; dolor crónico; dolor de cuello; marcha; propiocepción.

Abstract

Objective: To evaluate the association between cervical proprioception and spatiotemporal gait parameters in adults with chronic neck pain.

Methods: This was an analytical cross-sectional study with a sample of 37 adults with chronic neck pain. Cervical proprioception was measured using the Joint Position Error Test. Spatiotemporal gait parameters, including gait velocity and asymmetry, stride length, and cadence, were measured using the Project Automation Framework (PAF) of the Qualisys® Track Manager (QTM) motion capture system.

Results: Seventy-three percent of participants were women, and the median age was 32 years (interquartile range, 26 to 47). The overall joint positioning error mean was 11.1 ± 2.9 degrees, and 97.3% had impaired neck proprioception. Gait speed had a mean of 1.1 ± 0.1 m/s, gait asymmetry had a median of 3.4 (interquartile range: 2 to 6.9), stride length was 1.3 ± 0.1 meters, and cadence was 98.9 ± 8.5 steps per minute. No association was found between cervical proprioception and speed, asymmetry, stride length, or cadence ($p > 0.05$).

Discussion: Although there are few similar studies, their results differ, possibly due to variations in the instruments used, methodological design, and population characteristics.

Conclusions: This study suggests that cervical proprioception is not associated with spatiotemporal gait parameters such as speed, asymmetry, stride length, and cadence in adults with chronic neck pain.

Keywords

Adult; chronic pain; neck pain; gait; proprioception.

Introducción

El dolor de cuello es una condición musculoesquelética prevalente y de alta carga de discapacidad a nivel global (Kazeminasab et al., 2022). Se estima que más de 203 millones de personas padecen dolor de cuello y que este representa 244 años vividos con discapacidad por cada 100 000 habitantes. Para el 2050, se espera que el número de casos aumente, sobre todo en países de bajos y medianos ingresos, así como la carga de la enfermedad en todo el mundo (GBD 2021 Neck Pain Collaborators, 2024, p. 205). Por otro lado, el dolor cervical crónico es aquel que dura o recurre durante más de 3 meses (Rahman et al., 2023; Steingrimsdóttir et al., 2017; Treede et al., 2019), en países como España su prevalencia ha oscilado entre el 23,64% y 12,3% entre el 2006 y 2020 (Huerta et al., 2025), mientras que Perú su prevalencia fue del 12,4% en el 2020 y 27,8% en el 2022 (Nakazato et al., 2024).

El dolor crónico puede conllevar a tener limitaciones en actividades laborales, sociales, recreativas y de autocuidado (Dahlhamer et al., 2018). Una revisión sistemática indica que el dolor crónico de cuello puede afectar de manera negativa la velocidad de la marcha bajo diversas condiciones como lo son una marcha a velocidad preferida, con y sin la ejecución de una tarea dual, o una marcha a velocidad rápida sin la realización de una tarea dual. Asimismo, existe un compromiso de la cadencia en una marcha a velocidad preferida sin tarea dual (Burton et al., 2023). Otros estudios también han reportado que la velocidad (Kirmizi et al., 2019; Kirmizi et al., 2020), longitud del paso, cadencia (Kirmizi et al., 2020) y simetría (Kirmizi et al., 2019) de la marcha están afectadas en personas con dolor de cuello crónico.

La propiocepción se describe como la sensación de la posición y el movimiento del cuerpo sin ayuda visual (Prochazka, 2021; Proske & Gandevia, 2012; Tuthill & Azim, 2018), por lo cual se considera importante para el control de la postura y el movimiento (Peng et al., 2021; Prochazka, 2021). Ésta se altera cuando existen lesiones articulares o de tejidos blandos (Laskowski et al., 2000), por tanto, es uno de los principales problemas en los pacientes con dolor de cuello (Peng et al., 2021; Särkilahti et al., 2024). Existen diferentes pruebas para evaluar la propiocepción en pacientes con dolor de cuello crónico, una de ellas, es la prueba de error de la posición articular, la oscilación postural, la respuesta de inclinación de la cabeza y la torsión del cuello en seguimiento ocular suave. Por otro lado, los estudios indican que los ejercicios dirigidos a mejorar la propiocepción cervical y coordinación muscular son eficaces para disminuir el dolor en personas con dolor de cuello (Peng et al., 2021).

Se necesitan más estudios para comprender mejor cómo el dolor de cuello altera la marcha (Burton et al., 2023). Existe insuficiente información sobre la asociación entre la propiocepción cervical y los parámetros espaciotemporales de la marcha en adultos con dolor de cuello crónico (Ayan et al., 2023). En un estudio en personas con este dolor, se encontró que al usar vibración en los músculos del cuello para mejorar la propiocepción, el balanceo postural disminuyó y la velocidad de la marcha aumentó (Wannaprom et al., 2018). Por otro lado, una investigación en adultos mayores con dolor de cuello crónico reportó menor longitud de zancada y cadencia así como una mayor asimetría durante la marcha con movimientos de cabeza (Madsalae et al., 2024). Por lo que, el objetivo del presente estudio fue evaluar la asociación entre la propiocepción cervical y los parámetros espaciotemporales de la marcha en adultos con dolor de cuello crónico. Se planteó como hipótesis que, en adultos con dolor de cuello crónico, a peor propiocepción cervical, menor velocidad y mayor asimetría de la marcha, así como, menor longitud de la zancada y cadencia.

Método

Diseño de estudio y lugar de estudio

El diseño de estudio fue de tipo transversal analítico, con enfoque cuantitativo, y se desarrolló de enero a marzo del 2025 en el Laboratorio de Ciencias del Movimiento de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), Lima - Perú.

Población

La población estuvo conformada por adultos con dolor cervical crónico. Para minimizar el sesgo de selección, se aplicaron criterios de inclusión y exclusión predefinidos de manera uniforme a todos los participantes. Los criterios de inclusión fueron edad de 18 a 59 años, de ambos sexos (autodeterminado de



forma binaria), con dolor de cuello crónico (dolor en los últimos 6 meses, que dura o recurre durante más de 3 meses y que se presenta por lo menos 1 vez por semana). Se excluyó las personas que presentasen dolor de cuello como producto de un traumatismo o alteraciones estructurales y quienes tuvieran algún trastorno neurológico u otro trastorno musculoesquelético que afecte la marcha. Adicionalmente, para minimizar el sesgo de información (medición), se excluyó a quienes usasen ayudas biomecánicas para caminar. El criterio de eliminación fue la presencia de datos faltantes en alguna de las variables.

Muestra y muestreo

El cálculo del tamaño de muestra se realizó en el programa Epidat 4.2 con la opción para estimar un coeficiente de correlación. Se consideró un coeficiente de correlación moderado de 0,4 (Akoglu, 2018; Papageorgiou, 2022), un nivel de confianza del 95%, una potencia de 80% y una cola; con lo cual, el tamaño de muestra requerido fue de 37 participantes. El muestreo fue no probabilístico consecutivo, ingresaron todos los sujetos elegibles conforme se presentaron de manera secuencial hasta completar el tamaño muestral.

Variables

Las variables dependientes fueron los parámetros espaciotemporales de la marcha; las variables dependientes principales, la velocidad y asimetría de la marcha, mientras que las variables dependientes secundarias, la longitud de la zancada y cadencia. La variable independiente fue la propiocepción cervical (general, en flexión, extensión, rotación derecha y rotación izquierda). Las covariables fueron el sexo, edad, índice de masa corporal y discapacidad cervical.

Instrumentos

Las variables fueron recolectadas mediante instrumentos validados, confiables y previamente estandarizados, con el objetivo de minimizar el sesgo de información.

Índice de discapacidad del Cuello

El índice midió la discapacidad cervical, es unidimensional y tiene 10 preguntas (Fairbank et al., 1980; Vernon & Mior, 1991). Cada una de las secciones tiene 6 opciones de respuesta que representan 6 niveles de capacidad funcional y se puntúa del 0 al 5. A mayor puntaje mayor la discapacidad por dolor cervical, el mínimo puntaje es 0 y el máximo es 50; éste se expresa en términos porcentuales respecto al máximo de preguntas que aplican ser respondidas. Las categorías finales son: sin discapacidad, discapacidad leve, moderada, severa y completa (Andrade Ortega et al., 2010; Vernon & Mior, 1991).

El cuestionario ha demostrado una buena consistencia interna y confiabilidad test-retest, no tener efecto piso ni efecto techo, además tiene una adecuada correlación con otras escalas de dolor y discapacidad. La diferencia mínima clínicamente relevante y el cambio mínimo detectable es del 15% (7,5 puntos) (Saltychev et al., 2024). El instrumento en versión español también ha reportado buenas características psicométricas (Andrade Ortega et al., 2010).

Balanza y tallímetro

Se usó una balanza electrónica calibrada para medir el peso (Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Salud, 2004) y un tallímetro fijo de madera para medir la talla (Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Salud, 2012). A partir de dichas mediciones se calculó el índice de masa corporal ($IMC = \text{peso (en kg)} / \text{altura}^2 \text{ (en m}^2\text{)}$) y se categorizó el estado nutricional en bajo peso, peso normal, sobrepeso, obesidad tipo I, tipo II y tipo III (Weir & Jan, 2025).

Project Automation Framework (PAF) de la marcha del sistema de captura de movimiento Qualisys® Track Manager (QTM)

El sistema de captura de movimiento Qualisys® se ha usado como prueba de referencia respecto a otros sistemas (Ruiz-Malagón et al., 2023; Yoshimoto & Shinya, 2022), y se ha identificado su concordancia con otros programas para medir parámetros de marcha (Jaén-Carrillo et al., 2023; Lockhart et al., 2014) y carrera (Jaén-Carrillo et al., 2023). Consta de ocho cámaras infrarrojas (Serie Arqus A9), tres plataformas de fuerza (marca AMTI® Optima modelo BMS400600) y el módulo Project Automation Framework (PAF) de la Marcha del Sistema de Captura de Movimiento Qualisys® Track Manager (QTM) (Qualisys

AB, 2022b, 2022a). Adicionalmente, usa el set de marcadores para miembros inferiores Istituti Ortopedici Rizzoli (IOR), 26 marcadores para la captura estática y 20 marcadores para la captura de la marcha (Qualisys AB, 2022b, 2022a).

El sistema genera un reporte sobre la marcha, con parámetros como la velocidad, longitud de la zancada y cadencia, duración en porcentaje de la fase de balanceo del miembro inferior derecho y miembro inferior izquierdo (Qualisys AB, 2022b, 2022a), donde a partir de las dos últimas, se calculó la asimetría de la marcha.

El índice de asimetría de la marcha (IAM) se calculó multiplicando 100 por el valor absoluto del logaritmo natural del número obtenido al dividir la duración en porcentaje de la fase de balanceo más corta (DFBC) entre la duración en porcentaje de la fase de balanceo más larga (DFBL). El valor resultante es adimensional; un valor de cero indica simetría completa, mientras que valores más altos reflejan un mayor grado de asimetría (Kirmizi et al., 2019; Madsalae et al., 2024).

$$IAM = 100 \times \left| \ln \frac{DFBC}{DFBL} \right|$$

Prueba de error de posición articular

Esta prueba midió la propiocepción cervical. El paciente en posición sedente se coloca un puntero láser para registrar la posición durante la prueba. A una distancia de 90 cm, se ubica un objetivo circular de tal forma que la posición neutra de la cabeza del paciente apunte al centro (AlDahas et al., 2023; de Vries et al., 2015; Peng et al., 2021; Roren et al., 2009). Se piden movimientos de cuello y que regrese a la posición inicial. La diferencia entre la posición final e inicial del láser se mide en centímetros (error) (AlDahas et al., 2023; de Vries et al., 2015; Roren et al., 2009), posteriormente se convierte a ángulos mediante la fórmula $\theta = \tan^{-1}(OP/OH)$, donde OP es el error en centímetros y OH es la distancia entre el haz luminoso y la posición de referencia inicial (90 cm) (Roren et al., 2009). Se considera un error de posición articular anormal, es decir una propiocepción alterada, cuando el ángulo es mayor a 4,5° (Roren et al., 2009).

La prueba ha demostrado suficiente confiabilidad y validez para las personas con y sin dolor crónico de cuello. Por lo que, se sugiere su uso para ámbitos clínicos y de investigación (AlDahas et al., 2023, 2024). Presenta buenas características psicométricas cuando se aplica en posición sedente y de pie, además, sus valores se correlacionan adecuadamente con otros dispositivos basados en IMUs (Inertial Measurement Units) (AlDahas et al., 2023; Wibault et al., 2013).

Procedimientos de recolección de datos

Después de contar con la aprobación del Subcomité de Ética de la Facultad de Ciencias de la Salud de la UPC, los investigadores difundieron por WhatsApp una invitación virtual dirigida a personas con dolor cervical, la cual contenía un cuestionario virtual en Google Forms que incluía el consentimiento informado, los criterios de selección y preguntas relacionadas sobre su edad, sexo, discapacidad cervical, así como su número de celular.

A los que aceptaron participar del estudio, cumplían los criterios de selección y completaron las preguntas, se les escribió a su celular para programar una cita de evaluación del peso, talla, marcha y propiocepción cervical. Posteriormente, se evaluó a los participantes que tenían disponibilidad de tiempo para ir al Laboratorio de Ciencias del Movimiento de la UPC.

Primero, se midió el peso. Se indicó al participante que, vista un short y polo, se retire las zapatillas y objetos en la cabeza que interfieran con la medición. Posteriormente, se le solicitó subir al centro de la balanza, que permaneciera erguido y sin moverse. Se esperó unos segundos hasta que el número que aparece en la pantalla se mantuviera fijo (Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Salud, 2004).

Segundo, se midió la talla. Se indicó al participante que se colocara en el centro de la base del tallímetro, erguido, con la parte posterior del cuerpo en contacto con el tablero del tallímetro. Se aseguró con una mano la posición correcta de la cabeza, de manera tal, que la línea imaginaria desde el borde superior del conducto auditivo externo hacia la base de la órbita formara un ángulo de 90° con el tablero del tallímetro. Con la otra mano, se deslizó el tope móvil del tallímetro hasta hacer contacto con la superficie

superior de la cabeza y, finalmente, se tomó el valor de la medición (Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Salud, 2012).

Tercero, se indicó a los participantes que se coloquen sus zapatillas para evaluar la marcha, después se les colocó el set de marcadores para miembros inferiores Istituti Ortopedici Rizzoli (IOR) (Qualisys AB, 2022b, 2022a). Previo a la prueba se calibró el sistema (cámaras y plataformas de fuerza) usando un kit de varillas (Qualisys AB, 2022b, 2022a) y se generó una carpeta por cada participante usando el módulo Project Automation Framework (PAF) de la Marcha (Qualisys AB, 2022b, 2022a).

Se les pidió que se pararan con cada pie sobre una plataforma de fuerza para la captura estática, luego que caminen 3 veces sobre un área de tránsito donde se encuentran las plataformas de fuerza, dirigiendo su atención hacia delante. Posteriormente, se enviaron los datos al programa Visual 3D para la construcción de un modelo biomecánico, donde se generó un reporte sobre parámetros de la marcha para cada participante (Qualisys AB, 2022b, 2022a).

Por último, se evaluó la propiocepción cervical. El participante se sentó erguido en una silla con respaldar, con las caderas y rodillas aproximadamente a 90° de flexión. Para identificar el punto de inicio, el objetivo circular se ajustó para que su centro se alineara con la posición de referencia de la cabeza del participante (luz del láser) (AlDahas et al., 2023; de Vries et al., 2015; Peng et al., 2021; Roren et al., 2009). Posteriormente, se le pidió al participante que realizara tres repeticiones por cada movimiento activo del cuello (flexión, extensión, rotaciones) (de Vries et al., 2015) a un ritmo en que sintiera cómodo. Primero, desde la posición inicial hasta completar el rango completo, para después volver a la posición inicial con la mayor precisión posible y que indicara verbalmente cuando estuviera seguro de haber regresado a dicha posición. No se le proporcionó alguna indicación verbal o visual al participante durante la prueba (AlDahas et al., 2023; Peng et al., 2021; Roren et al., 2009). Finalmente, se calculó el promedio del error en centímetros por cada movimiento y se convirtió el error en grados para conocer la propiocepción del cuello.

Aspectos éticos

El protocolo de investigación fue aprobado por el Subcomité de Ética de la Facultad de Ciencias de la Salud de la UPC (FCS-SCEI/655-10-24). Previo a la evaluación, se aplicó el consentimiento informado a cada participante, en el cual se les dio a conocer sobre los posibles riesgos durante su participación en el estudio. Estos riesgos no pusieron en riesgo la integridad de las personas y el beneficio que obtuvieron los participantes fue contar con un estimado de su estado funcional mediante la evaluación con un equipo especializado. Además, se aseguró la confidencialidad de los datos, ya que, solo los investigadores tuvieron acceso a los identificadores personales y la información se guardó de forma encriptada.

Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó en el programa STATA® 18. Stata 18 (StataCorp-Texas). Las variables cualitativas se resumieron como frecuencias y porcentajes mientras que las variables cuantitativas como media y desviación estándar, o mediana y rango intercuartílico. La evaluación de la distribución de las variables cuantitativas se realizó con el estadístico Shapiro Wilk y el nivel de significancia que se consideró fue $\leq 0,05$. No hubo datos faltantes en ninguna variable.

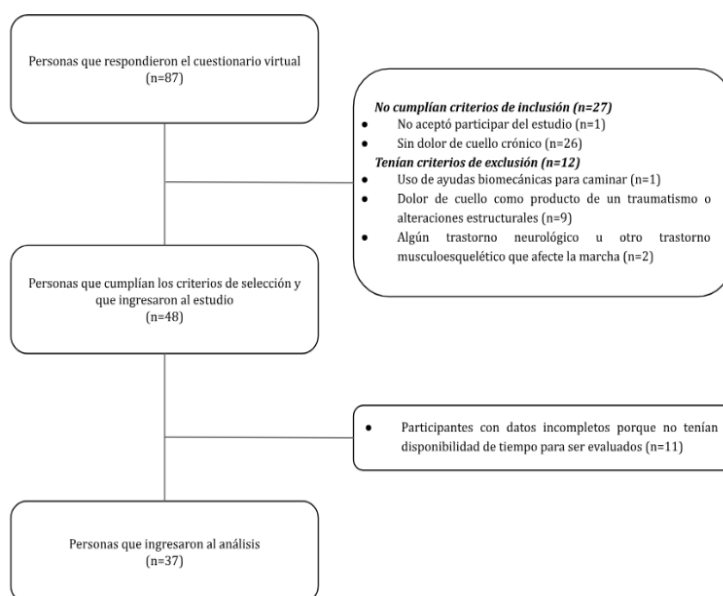
La correlación entre la propiocepción cervical (general, en flexión, extensión, rotación derecha y rotación izquierda) y los parámetros espaciotemporales de la marcha (velocidad y asimetría de la marcha, longitud de la zancada y cadencia) se realizó a través la correlación de Pearson o Spearman. Se evaluó la relación entre dichas variables mediante una regresión lineal simple y múltiple incorporando como confusores teóricos al sexo (Rowe et al., 2021; Senden et al., 2012), edad (Patterson et al., 2012; Senden et al., 2012), índice de masa corporal (Abualait & Ahsan, 2022; Kim et al., 2021) y discapacidad cervical (Kirmızı et al., 2020), con el fin de reducir el sesgo de confusión.

Adicionalmente, en la regresión lineal, se realizó un análisis de sensibilidad excluyendo valores extremos (dos en la variable propiocepción en la rotación derecha de cuello), así como un análisis por subgrupos según sexo, grupo etario, grado de discapacidad cervical y estado nutricional.

Resultados

Ochenta y siete personas respondieron el cuestionario virtual, 39 no cumplieron los criterios de selección y 11 personas tuvieron datos incompletos porque no fueron evaluados debido a su falta de disponibilidad de tiempo; por tanto, ingresaron al análisis 37 participantes (Figura 1).

Figura 1. Flujograma de participantes



El 73% de los participantes fueron mujeres y la mediana de la edad fue 32 años (rango intercuartílico de 26 a 47). El 83,8% presentó algún grado de discapacidad cervical, predominando la categoría leve, y el 37,8% tuvo un estado nutricional normal (tabla 1). En las mujeres, el peso promedio fue de $65,3 \pm 12,3$ kg, la talla de $1,60 \pm 0,10$ m y el índice de masa corporal de $27,1 \pm 5,3$ kg/m². El 37% presentó un estado nutricional normal y otro 37% tenía sobrepeso. Por otro lado, en los varones, el peso, la talla y el índice de masa corporal promedios fueron de $80,9 \pm 11,3$ kg, $1,70 \pm 0,1$ m y $27,9 \pm 4,3$ kg/m², respectivamente. El 40% presentó estado nutricional normal y otro 40% sobrepeso.

Tabla 1. Características sociodemográficas y de salud de las personas con dolor cervical crónico

Características		N = 37	
		n	%
Sexo	Femenino	27	73,0
	Masculino	10	27,0
Edad, años*		32	26 a 47
Grupo etario	Jóvenes (18 a 29 años)	15	40,5
	Adultos (30 a 59 años)	22	59,5
Discapacidad cervical, porcentaje*		17,8	11,1 a 24,4
Grado de discapacidad cervical	Sin discapacidad (0 a 8%)	6	16,2
	Discapacidad leve (10 a 28%)	26	70,3
	Discapacidad moderada (30 a 48%)	4	10,8
	Discapacidad severa (50 a 68%)	1	2,7
Peso, kg†		69,5	13,8
Talla, m†		1,6	0,09
Índice de masa corporal, kg/m2†		27,3	5,0
Estado nutricional	Normal (18,5 a 24,9 kg/m2)	14	37,8
	Sobrepeso (25,0 a 29,9 kg/m2)	14	37,8
	Obesidad I (30,0 a 34,9 kg/m2)	6	16,2
	Obesidad II (35,0 a 39,9 kg/m2)	2	5,4
	Obesidad III (más de 39,9 kg/m2)	1	2,7

* Mediana y rango intercuartílico.

† Media $\pm$ desviación estándar.

Por otro lado, en la tabla 2 se observó que el error de posicionamiento articular global tuvo una media de $11,1 \pm 2,9$ grados y que, el 97,3% tenía la propiocepción de cuello alterada en todos los rangos de movimiento (flexión 89,2%, extensión 94,6%, rotación a la derecha 97,3% y rotación a la izquierda 97,3%).

Tabla 2. Propiocepción del cuello en las personas con dolor cervical crónico

Propiocepción del cuello		N = 37	
		n	%
Error de posicionamiento articular general, grados†		11,1	2,9
Propiocepción general	Normal ($\leq 4,5^\circ$)	1	2,7
	Alterada ($> 4,5^\circ$)	36	97,3
Error de posicionamiento articular en la flexión, grados†		9,6	4,1
Propiocepción en la flexión	Normal ($\leq 4,5^\circ$)	4	10,8
	Alterada ($> 4,5^\circ$)	33	89,2
Error de posicionamiento articular en la extensión, grados†		11,5	5,1
Propiocepción en la extensión	Normal ($\leq 4,5^\circ$)	2	5,4
	Alterada ($> 4,5^\circ$)	35	94,6
Error de posicionamiento articular en la rotación derecha, grados†		11,2	4,0
Propiocepción en la rotación derecha	Normal ($\leq 4,5^\circ$)	1	2,7
	Alterada ($> 4,5^\circ$)	36	97,3
Error de posicionamiento articular en la rotación izquierda, grados†		12,0	4,6
Propiocepción en la rotación izquierda	Normal ($\leq 4,5^\circ$)	1	2,7
	Alterada ($> 4,5^\circ$)	36	97,3

† Media $\pm$ desviación estándar.

La velocidad de la marcha tuvo una media de $1,1 \pm 0,1$ m/s y la asimetría de la marcha una mediana de 3,4 (rango intercuartílico de 2 a 6,9) (tabla 3) y una media de $4,4 \pm 3,3$. La media de la duración de la fase de balanceo fue de $35,4 \pm 1,9$ % en el miembro inferior derecho y de $35,9 \pm 1,7$ % en el izquierdo.

Tabla 3. Parámetros espaciotemporales de la marcha en las personas con dolor cervical crónico

Marcha	N = 37	
	Media	DE
Velocidad, m/s	1,1	0,1
Asimetría de la marcha*	3,4	2 a 6,9
Longitud de la zancada, metros	1,3	0,1
Cadencia, pasos por minuto	98,9	8,5

DE = desviación estándar.

* Mediana y rango intercuartílico.

No se evidenció una correlación entre la propiocepción cervical con la velocidad de la marcha, longitud de la zancada y cadencia ($p > 0,05$ en todos los movimientos), pero sí entre la propiocepción en extensión del cuello con la asimetría de la marcha ($\rho = 0,34$, $p = 0,038$) (tabla 4).

Tabla 4. Correlación entre la propiocepción del cuello y los parámetros espaciotemporales de la marcha en las personas con dolor cervical crónico

Propiocepción cervical	Velocidad, m/s†		Asimetría de la marcha*		Longitud de la zancada, metros†		Cadencia, pasos por minuto†	
	r	p	rho	p	r	p	r	p
General	-0,16	0,354	0,14	0,400	-0,13	0,453	-0,13	0,444
Flexión	-0,01	0,962	-0,02	0,903	-0,14	0,399	0,08	0,633
Extensión	-0,06	0,724	0,34	0,038	-0,03	0,866	-0,09	0,617
Rotación derecha	-0,17	0,302	0,26	0,121	0,12	0,493	-0,28	0,089
Rotación izquierda	-0,17	0,305	-0,12	0,473	-0,27	0,112	-0,06	0,715

† r de Pearson.

* rho de Spearman.

Por otro lado, no se encontró asociación en la regresión lineal ni múltiple entre la propiocepción cervical con la velocidad de la marcha, asimetría, longitud de la zancada ni cadencia ($p > 0,05$ en todos los movimientos), (tabla 5). Adicionalmente, en el análisis de sensibilidad y por subgrupos tampoco se encontró asociación entre la propiocepción cervical y algún parámetro espaciotemporal de la marcha ($p > 0,05$).



Tabla 5. Asociación entre la propiocepción del cuello y los parámetros espaciotemporales de la marcha en las personas con dolor cervical crónico

Propiocepción cervical	Velocidad, m/s				Asimetría de la marcha				Longitud de la zancada, metros				Cadencia, pasos por minuto			
	Regresión lineal Simple		Regresión lineal Múltiple*		Regresión lineal Simple		Regresión lineal Múltiple*		Regresión lineal Simple		Regresión lineal Múltiple*		Regresión lineal Simple		Regresión lineal Múltiple*	
	β	IC 95%	β	IC 95%	β	IC 95%	β	IC 95%	β	IC 95%	β	IC 95%	β	IC 95%	β	IC 95%
General	-0,006	-0,018 a 0,007	-0,006	-0,019 a 0,008	0,147	-0,231 a 0,525	0,140	-0,242 a 0,523	-0,003	-0,010 a 0,004	-	-0,010 a 0,003	0,378	-1,368 a 0,612	-	-1,330 a 0,662
Flexión	-	-0,009 a 0,0002	-	-0,010 a 0,010	-	-0,273 a 0,267	-	-0,321 a 0,241	-0,002	-0,007 a 0,003	-	-0,007 a 0,002	0,167	-0,537 a 0,871	0,186	-0,542 a 0,915
Extensión	-0,001	-0,009 a 0,006	-0,002	-0,009 a 0,006	0,151	-0,064 a 0,366	0,151	-0,067 a 0,369	-	-0,005 a 0,004	-	-0,005 a 0,001	-0,720	-0,720 a 0,433	-	-0,701 a 0,467
Rotación derecha	-0,005	-0,014 a 0,004	-0,004	-0,014 a 0,005	0,153	-0,119 a 0,425	0,171	-0,104 a 0,445	0,002	-0,003 a 0,007	-0,004	-0,004 a 0,006	-	-1,295 a 0,097	-	-1,239 a 1,172
Rotación izquierda	-0,004	-0,012 a 0,004	-0,004	-0,012 a 0,005	-	-0,300 a 0,184	-	-0,306 a 0,197	-0,004	-0,008 a 0,001	-	-0,007 a 0,002	-	-0,748 a 0,115	-	-0,799 a 0,508

* Regresión lineal múltiple incorporando confusores teóricos, sexo, edad, índice de masa corporal y discapacidad cervical.

Discusión

En este estudio se evaluó la asociación entre la propiocepción cervical y los parámetros espaciotemporales de la marcha en adultos con dolor de cuello crónico; sin embargo, no se halló una asociación entre la propiocepción cervical global, en flexión, extensión y rotaciones con la velocidad y asimetría de la marcha, tampoco con la longitud de la zancada ni cadencia ($p > 0,05$). Por otro lado, el 97,3% tenía alterada la propiocepción de cuello, la velocidad de la marcha promedio fue $1,1 \pm 0,1$ m/s, la asimetría tuvo una media de $4,4 \pm 3,3$, además, el promedio de la longitud de la zancada y cadencia, fue $1,3 \pm 0,1$ metros y $98,9 \pm 8,5$ pasos por minuto, respectivamente.

Casi todos los adultos con dolor de cuello crónico presentaron una propiocepción alterada, en concordancia con lo reportado en estudios previos (Peng et al., 2021; Särkilahti et al., 2024; Stanton et al., 2016). Esta función sensorial es fundamental para el control postural y del movimiento (Peng et al., 2021; Prochazka, 2021); su alteración se ha asociado con cambios en la plasticidad neural, reclutamiento muscular cervical y la cinemática cervical (Qu et al., 2022). En este contexto, la difusión propioceptiva podría asociarse con parámetros espaciotemporales de la marcha.

En este estudio el promedio de la velocidad y cadencia en la marcha fue menor al reportado en adultos sanos, cuyo valor es alrededor 1,4 m/s (Andrews et al., 2023; Rössler et al., 2024) y 114 pasos por minuto, respectivamente (Rössler et al., 2024). Estos resultados van acorde a otros estudios que indicaron que el dolor de cuello crónico puede afectar la velocidad (Burton et al., 2023; Kirmizi et al., 2019; Kirmizi et al., 2020) y cadencia de la marcha (Burton et al., 2023; Kirmizi et al., 2020). La longitud de la zancada encontrada fue similar al de otro estudio en personas con dolor de cuello crónico (Kirmizi et al., 2020), pero estos valores fueron inferiores al valor normativo de 1,5 metros (Rössler et al., 2024). Por último, una mayor asimetría se asocia con una marcha menos eficiente; no obstante, el promedio de asimetría observado fue superior al reportado en adultos sanos (Rössler et al., 2024), y similar al descrito en otro estudio (Kirmizi et al., 2019).

Es importante contar con valores adecuados en los parámetros espaciotemporales. Primero, la velocidad de la marcha es un buen predictor de mortalidad (Rosmaninho et al., 2021; Veronese et al., 2018; Zhang et al., 2025), enfermedades cardiovasculares (Veronese et al., 2018) y estatus cognitivo en adultos mayores (Peel et al., 2019); además, se ha visto que una mayor velocidad de la marcha está relacionada con un mejoramiento a nivel económico sanitario, ya que, se asocia con costos de atención médica significativamente más bajos (Wohlrab et al., 2022). Segundo, tener una cadencia de 100 pasos por minuto es una adecuada estrategia para aumentar los niveles de actividad física a intensidad moderada (Slaght et al., 2017; Tudor-Locke et al., 2018). Tercero, la longitud de la zancada predice eventos clínicos adversos (Bytyçi & Henein, 2021) y se correlaciona con la propulsión durante el despegue del talón (McGrath et al., 2019). Tanto la cadencia como la longitud de la zancada son determinantes para la velocidad de la marcha (Murray et al., 1966), modificar la relación entre ellas podría ser útil para el reentrenamiento (Marzieh M. Ardestani et al., 2016) y variabilidad de la marcha (Danion et al., 2003). Cuarto,



la simetría de la marcha es un indicador importante para medir alteraciones funcionales, realizar seguimiento y evaluar el efecto de las intervenciones (Viteckova et al., 2018), además, una asimetría en la marcha puede predisponer al desarrollo de otros problemas musculoesqueléticos (Cabral, 2018). Por lo que, se debe analizar la marcha para prevenir lesiones e identificar asimetrías (Kumar et al., 2025).

No se encontró asociación entre la propiocepción cervical y la asimetría de la marcha en adultos con dolor cervical crónico. Esto difiere con un estudio en población similar que estimó que ante una mayor asimetría de la marcha existe una peor propiocepción cervical en flexión, extensión e inclinación derecha (Ayan et al., 2023). Además, en adultos mayores con dolor de cuello crónico la asimetría de la marcha fue menor cuando no se movilizó la cabeza que cuando se movilizó la cabeza verticalmente, pero no hubo diferencias comparado con el movimiento horizontal de la cabeza (Madsalae et al., 2024).

Estas diferencias podrían explicarse porque los instrumentos fueron distintos, en esta investigación se usó el Sistema de Captura de Movimiento Qualisys® Track Manager, en los otros estudios se usaron dispositivos portátiles ubicados en la columna lumbar (BTS GWalk®) (Ayan et al., 2023) o en seis partes del cuerpo (Instrumented Long Walk - IWalk®) (Madsalae et al., 2024), que permiten que la persona se mueva libremente sin la necesidad de condiciones de laboratorio. Además, existen limitaciones para la medición de la simetría de la marcha, ya que presenta diferentes definiciones, formas de medición y no existen datos normativos (Viteckova et al., 2018). El primer estudio no indicó cuál era la definición de asimetría de la marcha, mientras que el segundo, usó la misma definición que este trabajo. Por otro lado, el segundo estudio tuvo un diseño metodológico distinto, se movilizó la cabeza al caminar, lo que pudo producirse una entrada aferente anormal (Treleaven, 2008), no solo del sistema propioceptivo, sino también del sistema visual y vestibular (70), afectando la simetría de la marcha, considerando también que la población no fue adulta sino adulta mayor.

Tampoco se encontró asociación entre la propiocepción cervical y la velocidad de la marcha. Los resultados también difieren de otros estudios que han evaluado el efecto de estímulos propioceptivos en la velocidad de la marcha. Se ha reportado que una estimulación con vibración en las personas con dolor cervical crónico aumentó la velocidad de su marcha y disminuyó el balance postural, caso contrario en las personas sin dolor cervical (Wannaprom et al., 2018). Además, adultos mayores con dolor de cuello crónico presentaron menor velocidad durante la marcha con movimiento horizontal y vertical de la cabeza, comparado con aquellos cuya marcha no involucra el movimiento de la cabeza (Madsalae et al., 2024).

Las diferencias en los resultados podrían deberse a que los otros estudios usaron diferentes instrumentos como un crónometro digital (Wannaprom et al., 2018) o el Instrumented Long Walk - IWalk® (Madsalae et al., 2024). Además, el diseño de este estudio fue transversal, evaluó la propiocepción y su relación con la velocidad; sin embargo, los otros estudios tuvieron un diseño experimental cuyos estímulos propioceptivos pudieron conllevar a una entrada aferente anormal, perturbando la integración sensorial del cuello, conduciendo como estrategia compensatoria la alteración de la velocidad (65), inclusive de forma diferenciada según características de la población como tener o no dolor cervical crónico. Por otro lado, al mover el cuello, no solo se afectó el sistema propioceptivo sino también el sistema visual y vestibular (70), repercutiendo en la velocidad de la marcha, sobre todo por ser adultos mayores.

No se encontró relación entre la propiocepción cervical y las variables dependientes secundarias longitud de la zancada y cadencia. Un estudio en adultos mayores con dolor de cuello crónico indicó que la longitud de zancada y cadencia durante la marcha disminuyó con movimiento horizontal y vertical de la cabeza, comparado con aquellos cuya marcha no involucró el movimiento de la cabeza (Madsalae et al., 2024). Sin embargo, dicho estudio presentó distinta metodología, ya que el diseño fue experimental e implicó realizar movimientos de cuello, la población era adulta mayor y se usó otro instrumento, Instrumented Long Walk - IWalk® (Madsalae et al., 2024).

La información sobre la relación entre la propiocepción cervical y parámetros de la marcha, como velocidad, asimetría, cadencia y longitud de zancada, en adultos con dolor de cuello crónico es limitada. Otras razones podrían explicar los resultados de este estudio. El control del movimiento se logra integrando información sensorial de los sistemas visual y vestibular y propioceptivo (Badakva et al., 2023); por lo que, el déficit propioceptivo cervical podría haberse compensado por el sistema vestibular y visual, incluso el sistema somatosensorial de las extremidades inferiores podría haber influenciado en el movimiento, como lo han demostrado otros estudios (Riskowski et al., 2005; Tramonti et al., 2024). Por otro

lado, solo una persona presentó una propiocepción cervical normal, por tanto, la falta de variabilidad en la propiocepción pudo haber limitado la capacidad del análisis estadístico para detectar asociaciones con los parámetros espaciotemporales de la marcha. La marcha se evaluó dentro de un ambiente controlado y los participantes sabían que estaban siendo evaluados, por lo que, la marcha pudo haberse alterado (McCambridge et al., 2014). La evaluación de la propiocepción se realizó en condiciones estáticas o cuasi-estáticas, mientras que la marcha representa una actividad dinámica que requiere múltiples niveles de control motor (Mirelman et al., 2018). Otras variables han podido afectar la asociación entre las variables, como la intensidad del dolor (Alshehri et al., 2025; Raizah et al., 2023; Subbarayalu & Ameer, 2017).

Los resultados de este estudio hay que interpretarlos con cautela. Primero, por el diseño de estudio transversal, no se pueden establecer asociaciones causales entre la propiocepción y la marcha. Segundo, el potencial sesgo de selección, dado que el muestreo fue no probabilístico, es decir no todos tuvieron la misma oportunidad de ser parte del estudio; por lo que, la muestra puede no haber sido representativa de la población, limitando la validez externa de los resultados y su generalización a poblaciones con características distintas. Tercero, es posible que los participantes hayan modificado su forma de caminar al saber que estaban siendo evaluados, lo cual podría haber influido en la asociación entre la propiocepción y la marcha. Cuarto, podrían existir variables confusoras no contempladas en el estudio que hayan afectado dicha asociación. Quinto, la potencia estadística fue baja (alrededor del 20%), por lo que existe una alta probabilidad de no haber encontrado asociación entre las variables, cuando en realidad sí existe.

Conclusiones

Este estudio concluye que no se encontró asociación entre la propiocepción cervical y los parámetros espaciotemporales de la marcha como la velocidad, asimetría, longitud de la zancada y cadencia en adultos con dolor de cuello crónico. El dolor de cuello crónico es una condición frecuente que afecta la calidad de vida de muchos adultos. Estudios han demostrado que esta condición puede alterar la propiocepción y la marcha. Sin embargo, la asociación entre la propiocepción y los parámetros espaciotemporales de la marcha en estos pacientes no ha sido exhaustivamente investigada. Comprender esta asociación es crucial, ya que la marcha es una actividad fundamental en la vida diaria y su alteración podría aumentar el riesgo de caídas y lesiones. Los resultados de este estudio no solo beneficiarían la movilidad, independencia y calidad de vida de los pacientes, sino que también permitirían a los profesionales de la salud diseñar evaluaciones y tratamientos más eficaces y adaptados a las necesidades específicas de esta población. Se recomienda realizar más investigaciones que evalúen la asociación entre dichas variables, tanto en poblaciones similares como con diferentes edades y niveles de discapacidad. Los estudios deben tener mayor tamaño de muestra y controlar mejor las posibles variables confusoras. Además, se debe evaluar el efecto de las intervenciones en propiocepción cervical en parámetros funcionales como la marcha y equilibrio.

Financiación

Esta investigación contó con financiamiento de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima-Perú.

Referencias

- Abualait, T., & Ahsan, M. (2022). Comparison of gender, age, and body mass index for spatiotemporal parameters of bilateral gait pattern. *F1000Research*, 10, 266. <https://doi.org/10.12688/f1000research.51700.2>
- Akoglu, H. (2018). User's guide to correlation coefficients. *Turkish Journal of Emergency Medicine*, 18(3), 91-93. <https://doi.org/10.1016/j.tjem.2018.08.001>
- AlDahas, A., Devecchi, V., Deane, J. A., & Falla, D. (2023). Measurement properties of cervical joint position error in people with and without chronic neck pain. *PloS One*, 18(10), e0292798. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0292798>



- AlDahas, A., Heneghan, N. R., Althobaiti, S., Deane, J. A., Rushton, A., & Falla, D. (2024). Measurement properties of cervical joint position error in people with and without neck pain: A systematic review and narrative synthesis. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 25, 44. <https://doi.org/10.1186/s12891-023-07111-4>
- Alshehri, S. H. S., Reddy, R. S., AlMohiza, M. A., Alshahrani, M. S., Alkhamis, B. A., Alnakhli, H. H., Koura, G. M., Gautam, A. P., Mukherjee, D., Alqhtani, R. S., Al Adal, S. Y., Alyami, A. M., & Alyazedi, F. M. (2025). Influence of cervical muscle strength and pain severity on functional balance and limits of stability in elderly individuals with chronic nonspecific neck pain: A cross-sectional study. *BMC Geriatrics*, 25(1), 18. <https://doi.org/10.1186/s12877-024-05670-2>
- Andrade Ortega, J. A., Delgado Martínez, A. D., & Almécija Ruiz, R. (2010). Validation of the Spanish version of the Neck Disability Index. *Spine*, 35(4), E114-118. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e3181afea5d>
- Andrews, A. W., Vallabhajosula, S., Boise, S., & Bohannon, R. W. (2023). Normal gait speed varies by age and sex but not by geographical region: A systematic review. *Journal of Physiotherapy*, 69(1), 47-52. <https://doi.org/10.1016/j.jphys.2022.11.005>
- Ayan, H., Kara, B., & Erbayraktar, R. (2023). Investigation of Gait Symmetry, Cervical Proprioception and Functionality in Individuals with Chronic Idiopathic Neck Pain. *Annals of the Rheumatic Diseases*, 82(Suppl 1), 1933-1933. <https://doi.org/10.1136/annrheumdis-2023-eular.3020>
- Badakva, A. M., M, B. A., Miller, N. V., B, M. H., Zobova, L. N., & H, 3. J. (2023). Integration of Vestibular, Visual and Proprioceptive Inputs in the Cerebral Cortex during Movement Control. *Fiziologîa Čeloveka*, 49(2), Article 2. <https://doi.org/10.31857/S0131164622600422>
- Burton, W., Ma, Y., Manor, B., Hausdorff, J. M., Kowalski, M. H., Bain, P. A., & Wayne, P. M. (2023). The impact of neck pain on gait health: A systematic review and meta-analysis. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 24(1), 618. <https://doi.org/10.1186/s12891-023-06721-2>
- Bytyçi, I., & Henein, M. Y. (2021). Stride Length Predicts Adverse Clinical Events in Older Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Clinical Medicine*, 10(12), 2670. <https://doi.org/10.3390/jcm10122670>
- Cabral, S. (2018). Gait Symmetry Measures and Their Relevance to Gait Retraining. En *Handbook of Human Motion* (Vol. 1, pp. 429-447). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-14418-4_201
- Dahlhamer, J., Lucas, J., Zelaya, C., Nahin, R., Mackey, S., DeBar, L., Kerns, R., Von Korff, M., Porter, L., & Helmick, C. (2018). Prevalence of Chronic Pain and High-Impact Chronic Pain Among Adults—United States, 2016. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 67(36), 1001-1006. <https://doi.org/10.15585/mmwr.mm6736a2>
- Danion, F., Varraine, E., Bonnard, M., & Pailhous, J. (2003). Stride variability in human gait: The effect of stride frequency and stride length. *Gait & Posture*, 18(1), 69-77. [https://doi.org/10.1016/s0966-6362\(03\)00030-4](https://doi.org/10.1016/s0966-6362(03)00030-4)
- de Vries, J., Ischebeck, B. K., Voogt, L. P., van der Geest, J. N., Janssen, M., Frens, M. A., & Kleinrensink, G. J. (2015). Joint position sense error in people with neck pain: A systematic review. *Manual Therapy*, 20(6), 736-744. <https://doi.org/10.1016/j.math.2015.04.015>
- Fairbank, J. C., Couper, J., Davies, J. B., & O'Brien, J. P. (1980). The Oswestry low back pain disability questionnaire. *Physiotherapy*, 66(8), 271-273.
- GBD 2021 Neck Pain Collaborators. (2024). Global, regional, and national burden of neck pain, 1990-2020, and projections to 2050: A systematic analysis of the Global Burden of Disease Study 2021. *The Lancet. Rheumatology*, 6(3), e142-e155. [https://doi.org/10.1016/S2665-9913\(23\)00321-1](https://doi.org/10.1016/S2665-9913(23)00321-1)
- Huerta, M. Á., Salazar, A., & Moral-Munoz, J. A. (2025). Trends in chronic neck and low back pain prevalence in Spain (2006-2020): Differences by sex, age, and social class. *Eur Spine J*, 34(4), 1331-1340. <https://doi.org/10.1007/s00586-025-08676-5>
- Jaén-Carrillo, D., García-Pinillos, F., Chicano-Gutiérrez, J. M., Pérez-Castilla, A., Soto-Hermoso, V., Molina-Molina, A., & Ruiz-Alias, S. A. (2023). Level of Agreement between the MotionMetrix System and an Optoelectronic Motion Capture System for Walking and Running Gait Measurements. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 23(10), 4576. <https://doi.org/10.3390/s23104576>
- Kazeminasab, S., Nejadghaderi, S. A., Amiri, P., Pourfathi, H., Araj-Khodaei, M., Sullman, M. J. M., Kolahi, A.-A., & Safiri, S. (2022). Neck pain: Global epidemiology, trends and risk factors. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 23, 26. <https://doi.org/10.1186/s12891-021-04957-4>



- Kim, D., Lewis, C. L., & Gill, S. V. (2021). Effects of obesity and foot arch height on gait mechanics: A cross-sectional study. *PLOS ONE*, 16(11), e0260398. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0260398>
- Kirmizi, M., Simsek, I. E., Elvan, A., Akcali, O., & Angin, S. (2019). Gait speed and gait asymmetry in individuals with chronic idiopathic neck pain. *Musculoskeletal Science & Practice*, 41, 23-27. <https://doi.org/10.1016/j.msksp.2019.03.001>
- Kırmızı, M., Şimşek, İ. E., Elvan, A., Akçalı, Ö., & Angın, S. (2020). Investigating spatiotemporal gait parameters and gait stability in individuals with chronic idiopathic neck pain. *Journal of Exercise Therapy and Rehabilitation*, 6(3), Article 3.
- Kumar, R., Bogia, P., Singh, V., & Reddy, T. O. (2025). The running gait analysis technology: A comprehensive systematic literature review. *Journal of Orthopaedics*, 62, 75-83. <https://doi.org/10.1016/j.jor.2024.10.013>
- Laskowski, E. R., Newcomer-Aney, K., & Smith, J. (2000). Proprioception. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*, 11(2), 323-340, vi.
- Lockhart, T. E., Soangra, R., Chung, C., Frames, C., Fino, P., & Zhang, J. (2014). Development of automated gait assessment algorithm using three inertial sensors and its reliability. *Biomedical Sciences Instrumentation*, 50, 297-306.
- Madsalae, T., Thongprong, T., Chaikeeree, N., & Boonsinsukh, R. (2024). Changes in gait performances during walking with head movements in older adults with chronic neck pain. *Frontiers in Medicine*, 11, 1324375. <https://doi.org/10.3389/fmed.2024.1324375>
- Marzieh M. Ardestani, Christopher Ferrigno, Mehran Moazen, & Markus A. Wimmer. (2016). From normal to fast walking: Impact of cadence and stride length on lower extremity joint moments. *Gait & Posture*, 46, 118-125. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2016.02.005>
- McCambridge, J., Witton, J., & Elbourne, D. R. (2014). Systematic review of the Hawthorne effect: New concepts are needed to study research participation effects. *Journal of Clinical Epidemiology*, 67(3), 267-277. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2013.08.015>
- McGrath, R. L., Ziegler, M. L., Pires-Fernandes, M., Knarr, B. A., Higginson, J. S., & Sergi, F. (2019). The effect of stride length on lower extremity joint kinetics at various gait speeds. *PLOS ONE*, 14(2), e0200862. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200862>
- Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Salud. (2004). *La medición de la talla y el peso. Guía para el personal de la salud del primer nivel de atención*. Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Salud. <https://www.gob.pe/institucion/ins/noticias/1132261-ministerio-de-salud-aprueba-guia-de-actividad-fisica-segun-curso-de-vida>
- Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Salud. (2012). *Guía técnica para la valoración nutricional antropométrica de la persona adulta*. Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Salud. <https://www.gob.pe/institucion/minsa/informes-publicaciones/314114-guia-tecnica-para-la-valoracion-nutricional-antropometrica-de-la-persona-adulta>
- Mirelman, A., Shema, S., Maidan, I., & Hausdorff, J. M. (2018). Chapter 7—Gait. En B. L. Day & S. R. Lord (Eds.), *Handbook of Clinical Neurology* (Vol. 159, pp. 119-134). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63916-5.00007-0>
- Murray, M. P., Kory, R. C., Clarkson, B. H., & Sepic, S. B. (1966). Comparison of free and fast speed walking patterns of normal men. *American Journal of Physical Medicine*, 45(1), 8-23.
- Nakazato, T., Quezada, P., Gutiérrez, C., & Romaní, F. (2024). Chronic Neck Pain Prevalence Before and After COVID-19 Restrictions and Its Relationship With Digital Device Screen Viewing: A Population Study. *Annals of Rehabilitation Medicine*, 48(2), 124-134. <https://doi.org/10.5535/arm.230030>
- Papageorgiou, S. N. (2022). On correlation coefficients and their interpretation. *Journal of Orthodontics*, 49(3), 359-361. <https://doi.org/10.1177/14653125221076142>
- Patterson, K. K., Nadkarni, N. K., Black, S. E., & McIlroy, W. E. (2012). Gait symmetry and velocity differ in their relationship to age. *Gait & Posture*, 35(4), 590-594. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2011.11.030>
- Peel, N. M., Alapatt, L. J., Jones, L. V., & Hubbard, R. E. (2019). The Association Between Gait Speed and Cognitive Status in Community-Dwelling Older People: A Systematic Review and Meta-analysis. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, 74(6), 943-948. <https://doi.org/10.1093/gerona/gly140>



- Peng, B., Yang, L., Li, Y., Liu, T., & Liu, Y. (2021). Cervical Proprioception Impairment in Neck Pain-Pathophysiology, Clinical Evaluation, and Management: A Narrative Review. *Pain and Therapy*, 10(1), 143-164. <https://doi.org/10.1007/s40122-020-00230-z>
- Prochazka, A. (2021). Proprioception: Clinical relevance and neurophysiology. *Current Opinion in Physiology*, 23, 100440. <https://doi.org/10.1016/j.cophys.2021.05.003>
- Proske, U., & Gandevia, S. C. (2012). The Proprioceptive Senses: Their Roles in Signaling Body Shape, Body Position and Movement, and Muscle Force. *Physiological Reviews*, 92(4), 1651-1697. <https://doi.org/10.1152/physrev.00048.2011>
- Qu, N., Tian, H., De Martino, E., & Zhang, B. (2022). Neck Pain: Do We Know Enough About the Sensorimotor Control System? *Frontiers in Computational Neuroscience*, 16, 946514. <https://doi.org/10.3389/fncom.2022.946514>
- Qualisys AB. (2022a). *Qualisys Gait module*. <https://www.qualisys.com/analysis/gait/#features>
- Qualisys AB. (2022b). *Qualisys Track Manager User Manual*. <https://docs.qualisys.com/qtm/>
- Rahman, S., Kidwai, A., Rakhamimova, E., Elias, M., Caldwell, W., & Bergese, S. D. (2023). Clinical Diagnosis and Treatment of Chronic Pain. *Diagnostics*, 13(24), 3689. <https://doi.org/10.3390/diagnostics13243689>
- Raizah, A., Reddy, R. S., Alshahrani, M. S., Gautam, A. P., Alkhamis, B. A., Kakaraparthi, V. N., Ahmad, I., Kandakurti, P. K., & AlMohiza, M. A. (2023). A Cross-Sectional Study on Mediating Effect of Chronic Pain on the Relationship between Cervical Proprioception and Functional Balance in Elderly Individuals with Chronic Neck Pain: Mediation Analysis Study. *Journal of Clinical Medicine*, 12(9), 3140. <https://doi.org/10.3390/jcm12093140>
- Riskowski, J. L., Mikesky, A. E., Bahamonde, R. E., Alvey, T. V., & Burr, D. B. (2005). Proprioception, gait kinematics, and rate of loading during walking: Are they related? *Journal of Musculoskeletal & Neuronal Interactions*, 5(4), 379-387.
- Roren, A., Mayoux-Benhamou, M.-A., Fayad, F., Poiraudau, S., Lantz, D., & Revel, M. (2009). Comparison of visual and ultrasound based techniques to measure head repositioning in healthy and neck-pain subjects. *Manual Therapy*, 14(3), 270-277. <https://doi.org/10.1016/j.math.2008.03.002>
- Rosmaninho, I., Ribeirinho-Soares, P., & Nunes, J. P. L. (2021). Walking Speed and Mortality: An Updated Systematic Review. *Southern Medical Journal*, 114(11), 697-702. <https://doi.org/10.14423/SMJ.0000000000001318>
- Rössler, R., Wagner, J., Knaier, R., Rommers, N., Kressig, R. W., Schmidt-Trucksäss, A., & Hinrichs, T. (2024). Spatiotemporal gait characteristics across the adult lifespan: Reference values from a healthy population - Analysis of the COMLETE cohort study. *Gait & Posture*, 109, 101-108. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2024.01.005>
- Rowe, E., Beauchamp, M. K., & Astephens Wilson, J. (2021). Age and sex differences in normative gait patterns. *Gait & Posture*, 88, 109-115. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2021.05.014>
- Ruiz-Malagón, E. J., García-Pinillos, F., Molina-Molina, A., Soto-Hermoso, V. M., & Ruiz-Alias, S. A. (2023). RunScribe Sacral Gait Lab™ Validation for Measuring Pelvic Kinematics during Human Locomotion at Different Speeds. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 23(5), 2604. <https://doi.org/10.3390/s23052604>
- Saltychev, M., Pylkäs, K., Karklins, A., & Juhola, J. (2024). Psychometric properties of neck disability index—A systematic review and meta-analysis. *Disability and Rehabilitation*, 1-17. <https://doi.org/10.1080/09638288.2024.2304644>
- Särkilahti, N., Hirvonen, M., Lavapuro, J., Takatalo, J., Löyttyniemi, E., & Tenovuo, O. (2024). Sensorimotor tests in patients with neck pain and its associated disorders: A systematic review and meta-analysis. *Scientific Reports*, 14(1), 12764. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-63545-3>
- Senden, R., Meijer, K., Heyligers, I. C., Savelberg, H. H. C. M., & Grimm, B. (2012). Importance of correcting for individual differences in the clinical diagnosis of gait disorders. *Physiotherapy*, 98(4), 320-324. <https://doi.org/10.1016/j.physio.2011.06.002>
- Slaght, J., Sénéchal, M., Hrubeniuk, T. J., Mayo, A., & Bouchard, D. R. (2017). Walking Cadence to Exercise at Moderate Intensity for Adults: A Systematic Review. *Journal of Sports Medicine (Hindawi Publishing Corporation)*, 2017, 4641203. <https://doi.org/10.1155/2017/4641203>
- Stanton, T. R., Leake, H. B., Chalmers, K. J., & Moseley, G. L. (2016). Evidence of Impaired Proprioception in Chronic, Idiopathic Neck Pain: Systematic Review and Meta-Analysis. *Physical Therapy*, 96(6), 876-887. <https://doi.org/10.2522/ptj.20150241>



- Steingrimsdóttir, Ó. A., Landmark, T., Macfarlane, G. J., & Nielsen, C. S. (2017). Defining chronic pain in epidemiological studies: A systematic review and meta-analysis. *Pain*, 158(11), 2092-2107. <https://doi.org/10.1097/j.pain.0000000000001009>
- Subbarayalu, A. V., & Ameer, M. A. (2017). Relationships among head posture, pain intensity, disability and deep cervical flexor muscle performance in subjects with postural neck pain. *Journal of Taibah University Medical Sciences*, 12(6), 541-547. <https://doi.org/10.1016/j.jtumed.2017.07.001>
- Tramonti, C., Griguoli, F., Di Martino, S., Lamola, G., Falossi, F., Palattella, G., Raffaetà, G., Chisari, C., & Parchi, P. (2024). The Effect of Proprioceptive Insoles on Gait Kinematics in Healthy Participants. *JPO: Journal of Prosthetics and Orthotics*, 36(4), 273. <https://doi.org/10.1097/JPO.0000000000000500>
- Treede, R.-D., Rief, W., Barke, A., Aziz, Q., Bennett, M. I., Benoliel, R., Cohen, M., Evers, S., Finnerup, N. B., First, M. B., Giamberardino, M. A., Kaasa, S., Korwisi, B., Kosek, E., Lavand'homme, P., Nicholas, M., Perrot, S., Scholz, J., Schug, S., ... Wang, S.-J. (2019). Chronic pain as a symptom or a disease: The IASP Classification of Chronic Pain for the International Classification of Diseases (ICD-11). *Pain*, 160(1), 19-27. <https://doi.org/10.1097/j.pain.0000000000001384>
- Treleaven, J. (2008). Sensorimotor disturbances in neck disorders affecting postural stability, head and eye movement control. *Manual Therapy*, 13(1), 2-11. <https://doi.org/10.1016/j.math.2007.06.003>
- Tudor-Locke, C., Han, H., Aguiar, E. J., Barreira, T. V., Jr, J. M. S., Kang, M., & Rowe, D. A. (2018). How fast is fast enough? Walking cadence (steps/min) as a practical estimate of intensity in adults: a narrative review. *Br J Sports Med*, 52, 776-788. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-097628>
- Tuthill, J. C., & Azim, E. (2018). Proprioception. *Current Biology*, 28(5), R194-R203. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2018.01.064>
- Vernon, H., & Mior, S. (1991). The Neck Disability Index: A study of reliability and validity. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, 14(7), 409-415.
- Veronese, N., Stubbs, B., Volpato, S., Zuliani, G., Maggi, S., Cesari, M., Lipnicki, D. M., Smith, L., Schofield, P., Firth, J., Vancampfort, D., Koyanagi, A., Pilotto, A., & Cereda, E. (2018). Association Between Gait Speed With Mortality, Cardiovascular Disease and Cancer: A Systematic Review and Meta-analysis of Prospective Cohort Studies. *Journal of the American Medical Directors Association*, 19(11), 981-988.e7. <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2018.06.007>
- Viteckova, S., Kutilek, P., Svoboda, Z., Krupicka, R., Kauler, J., & Szabo, Z. (2018). Gait symmetry measures: A review of current and prospective methods. *Biomedical Signal Processing and Control*, 42, 89-100. <https://doi.org/10.1016/j.bspc.2018.01.013>
- Wannaprom, N., Treleaven, J., Jull, G., & Uthairkhum, S. (2018). Neck muscle vibration produces diverse responses in balance and gait speed between individuals with and without neck pain. *Musculoskeletal Science & Practice*, 35, 25-29. <https://doi.org/10.1016/j.msksp.2018.02.001>
- Weir, C. B., & Jan, A. (2025). BMI Classification Percentile And Cut Off Points. En *StatPearls*. StatPearls Publishing. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK541070/>
- Wibault, J., Vaillant, J., Vuillerme, N., Dederig, Å., & Peolsson, A. (2013). Using the cervical range of motion (CROM) device to assess head repositioning accuracy in individuals with cervical radiculopathy in comparison to neck- healthy individuals. *Manual Therapy*, 18(5), 403-409. <https://doi.org/10.1016/j.math.2013.02.004>
- Wohlrab, M., Klenk, J., Delgado-Ortiz, L., Chambers, M., Rochester, L., Zuchowski, M., Schwab, M., Becker, C., & Jaeger, S. U. (2022). The value of walking: A systematic review on mobility and healthcare costs. *European Review of Aging and Physical Activity*, 19(1), 31. <https://doi.org/10.1186/s11556-022-00310-3>
- Yoshimoto, K., & Shinya, M. (2022). Use of the Azure Kinect to measure foot clearance during obstacle crossing: A validation study. *PloS One*, 17(3), e0265215. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0265215>
- Zhang, F., Wang, H., Bai, Y., Huang, L., Zhong, Y., & Li, Y. (2025). Gait Speed and All-Cause Mortality in Whole-Spectrum Chronic Kidney Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis Included 6217 Participants. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*, 16(1), e13739. <https://doi.org/10.1002/jcsm.13739>



Datos de los/as autores/as y traductor/a:

Claudia María Sánchez-Huamash
Sergio David Bravo-Cucci
José Luis Carrión-Bazán
Melissa Raquel Aranda-Sánchez
Karol Narazas-Molina
Adela Mora-Marín
Cristhian Trujillo-Chavez

pctfcsan@upc.edu.pe
pctfsbra@upc.edu.pe
pctfjcar@upc.edu.pe
pctfmara@upc.edu.pe
pctfknar@upc.edu.pe
adela.mora@ulatina.net
u202019140@upc.edu.pe

Autora
Autor
Autor
Autora
Autora
Autora
Autor