

EDITORIAL / *Editorial*

IMPORTANCIA DE LA CONFIGURACIÓN DE LA CAÍDA EN LA ETIOLOGÍA DE LAS FRACTURAS DE CADERA

Haraldo Claus Hermberg*

Servicio de Endocrinología y Metabolismo, Hospital Alemán. Buenos Aires, Argentina

La fractura de cadera representa una falla estructural que ocurre toda vez que una fuerza que actúa sobre ella supera su capacidad estructural, lo que sucede cuando la *fuerza aplicada/fortaleza cadera* es >1 .¹ En esta relación, a pesar de que numerador y denominador son de naturaleza distinta, ambos cooperan en forma interrelacionada en la etiología de la fractura. Por tal motivo, si bien este editorial se focalizará en describir los aspectos relevantes biomecánicos y clínicos que caracterizan el numerador, es necesario puntualizar que la fortaleza de la cadera depende de la masa ósea y su distribución espacial, arquitectura y geometría.^{2,3} Esto implica que su fortaleza es direccional y, por lo tanto, su estructura es más vulnerable cuando la fuerza se aplica en determinada dirección.⁴ Con respecto a la génesis de la fuerza involucrada en la etiología biomecánica de la fractura de cadera, la epidemiología nos revela que una caída es la responsable en el 90-95% de las veces.⁵ Las caídas son causa de numerosos tipos de lesiones, entre ellas las fracturas en un 10-15%, de las cuales las fracturas de cadera representan solo 1-2%.^{6,7}

Un análisis más detallado indica que las caídas laterales tienen un riesgo de fractura

de cadera 30 veces mayor que las caídas en otras direcciones.^{6,7} Una mayor especificación de este último dato nos dice que no se trata de cualquier caída, pues muchas personas sufren caídas trocantéricas sin consecuencias, incluidas las anteriores a la caída índice de los pacientes que sufrieron una fractura. Desde un punto de vista clínico es, pues, de enorme importancia entender conceptos biomecánicos fundamentales de las caídas y de su relación con la estructura de la cadera para interpretar mejor los factores de riesgo y la prevención de la fractura de cadera.

Mecánicamente, la caída representa una energía cinética que, al transferirse a una estructura, genera fuerza y deformación según su rigidez estructural, que vincula ambas magnitudes. Esta interrelación se ilustra por la fórmula: $m.v^2/2 = k.x^2/2$, ecuación que vincula la energía cinética de la caída ($m.v^2/2$), con la energía potencial que absorbe la estructura mecánicamente suficiente ($k.x^2/2$), donde m es la masa (kg), v es la velocidad de caída (metro/segundo), k es la rigidez estructural (newton/metro) y x el desplazamiento (metro). La fuerza del impacto en la estructura es $F=k.x$. De esta relación entre la energía cinética del impacto y la energía potencial que absorbe la

*E-mail: haraldoclaushermberg@gmail.com



estructura se deriva la importancia de conocer la rigidez estructural para estimar la fuerza del impacto. Dejando sentados estos conceptos mecánicos generales, se puede avanzar en responder a la pregunta biomecánica de mayor interés: ¿de qué factores depende la fuerza máxima sobre la cadera en una caída lateral? Complejos estudios experimentales y computacionales basados en análisis de elementos finitos destacan los siguientes: 1) la velocidad de impacto, 2) la masa efectiva de la pelvis (pelvis y estructuras conexas) y 3) la rigidez efectiva de la pelvis (la rigidez serial de la almohadilla que recubre el trocánter, fémur y articulaciones, ligamentos y músculos del complejo pélvico).⁸

La caída presenta una secuencia cronológica de tres fases, que se relacionan de modo tal que las conductas, posturas, movimientos de una fase inciden en alguna medida en la siguiente y son determinantes de los factores biomecánicos enunciados previamente.⁹ La *fase de inestabilidad* previa al descenso está directamente relacionada con la causa de la caída. En adultos mayores, el 41% de las caídas se inician por una ineficaz corrección de un traslado del centro de gravedad corporal por actividades comunes como caminar, levantarse de una silla, simplemente estar parado, al girar, incluso con el uso de un andador y tropezar, muchas veces sin mediar un obstáculo, sino por no levantar suficientemente el miembro.¹⁰ Los parámetros más importantes de la *fase de descenso* y de *aterrizaje* son las estrategias de movimientos preimpacto que determinan la dirección de caída, la orientación del impacto y la intensidad del impacto sobre la cadera.¹¹ En cuanto a la dirección de la caída y la orientación del impacto es muy ilustrativo el análisis de videos “el método más objetivo para registrar los acontecimientos durante las caídas”. El análisis de 2377 caídas experimentadas por 646 residentes de ambos sexos de dos geriátricos reveló que las 30 caídas seguidas de una fractura de cadera (1,26%) tenían una dirección

distinta de aquellas que no tuvieron la misma consecuencia.¹² La dirección de caída lateral y de impacto lateral fue dominante en quienes se fracturaron. No hubo diferencias en quienes el inicio de la caída fue lateral o frontal, pues hubo en estos últimos una tendencia de rotación lateral durante el descenso. La fractura fue 5,5 veces más frecuente en quienes cayeron lateralmente. Precisamente en 29 de 30 pacientes, el impacto ocurrió sobre el aspecto posterolateral de la cadera. El peor escenario de aterrizaje es sobre el aspecto lateral de la pelvis con el tronco y miembros levantados y rigidez de todas las articulaciones. Se especula que se trata de una estrategia destinada a evitar un impacto de la cabeza. Se estima que, en cambio, una caída libre con el cuerpo relajado, sin contraer los músculos ni fijar las articulaciones, disminuye un 56% la fuerza del impacto sobre la cadera.¹³ Mecánicamente, esto se explica por un aumento de la superficie del impacto y un efecto amortiguador de músculos, ligamentos y articulaciones; en definitiva por una disminución de la rigidez efectiva.¹³ Si bien hay discordancia al respecto, parece que la extensión del miembro superior no tiene gran beneficio para disminuir la probabilidad de fractura en la población de adultos mayores, ya sea porque no se realiza con la velocidad suficiente para anticiparse al impacto del trocánter o por insuficiente efecto amortiguador, secundario a la sarcopenia.¹²

Todo lo expuesto cobra especial significado cuando se considera que hay estudios que concluyen que un impacto pleno por caída sobre la cadera puede generar suficiente energía capaz de fracturar no solo la cadera de un adulto mayor, sino también la de una persona joven.^{14,15} Por consiguiente, como se enunció al principio, no cualquier caída lateral es causa de una fractura, dada la escasa frecuencia de estas, aun en caídas laterales.

La incidencia de fracturas de cadera aumenta en forma exponencial con la edad y alcanza valores preocupantes para clínicos

y sanitaristas en los adultos mayores, que es la población especialmente considerada en el presente editorial.

Los adultos jóvenes se fracturan muy raramente debido a que poseen condiciones neuromusculares capaces de adoptar configuraciones de caída biomecánicamente más eficientes para evitarlas.^{1,14} Las características más relevantes de estas son que, al percibir la pérdida del equilibrio, intentan dar un paso que puede ser en distintas direcciones.^{14,16} Si esta maniobra no logra recuperar la vertical, ante la inevitable caída, suelen girar el cuerpo hacia adelante y caer impactando con ambas manos primero, configuración que no implica riesgo alguno de fractura de cadera, o bien caer lateralmente impactando la rodilla y la mano extendida antes que la pelvis. El efecto de estas maniobras reduce la fuerza del impacto sobre la cadera, en virtud de disminuir la velocidad de caída y absorber energía (amortiguar) en un miembro superior en condiciones fisiológicas de hacerlo.

De todo lo referido precedentemente queda claro que la caída es un importantísimo factor etiológico de una fractura de cadera. Desde un punto de vista teórico sería plausible intentar entrenar a la población de adultos mayores para que adopten actitudes, postu-

ras, giros, u otras maniobras específicas para cada una de las fases de la caída.^{17,18} En la práctica, sin embargo, tanto la evaluación como las intervenciones están enfocados en la fase de inestabilidad,¹⁶ pues en la de descenso como en la de impacto esto solo es accesible en forma experimental. Lo más importante es que la persona no se caiga. En *The Study of Osteoporotic Fractures*, el subgrupo que más se cayó (1,75 caídas/año) tenía un riesgo relativo de fractura de cadera de 1,80 con respecto a los que no se habían caído.¹⁹ Se han diseñado distintos programas de ejercicio destinados a tal fin, con una disminución de 17-30% de caídas, siendo el componente destinado al entrenamiento del equilibrio estático y dinámico el de mayor eficacia.^{16,20} Desde un punto de vista clínico y mecanicista es interesante que este significativo efecto en la prevención de caídas se asocia con mejoras en el tiempo de reacción y recuperación del equilibrio y no a un aumento de los parámetros de fuerza muscular.¹⁶

Conflicto de intereses: el autor declara no tener conflicto de intereses.

Recibido: febrero 2024

Aceptado: marzo 2024

Referencias

1. Nasiri Sarvi M, Luo Y. Sideways fall – induced impact force and its effect on hip fracture risk: a review. *Osteoporos Int* 2017;28:2759-80. doi:10.1007/s00198-017-4138-5.
2. van der Meulen MC, Jepsen KJ, Mikic B. Understanding bone strength: size isn't everything. *Bone* 2001;29:101-104.
3. Hernández CJ, Keaveny TM. A biomechanical perspective on bone quality. *Bone* 2006;39:1173-81.
4. Pinilla TP, Boardman KC, Bouxsein ML, Myers ER, Hayes WC. Impact Direction from a Fall Influences the Failure Load of the Proximal Femur as Much as Age-Related Bone Loss. *Calcif Tissue Int* 1996;58:231-5.
5. Parkkari J, Kannus P, Palvanen M, et al. Majority of hip fractures occur as a result of a fall and impact on the greater trochanter of the femur: a prospective controlled study with 206 consecutive patients. *Calcif Tissue Int* 1999;65:183-7.



6. Berry SD, Miller RR. Falls: Epidemiology, Pathophysiology, and Relationship to Fracture. *Curr Osteoporos Rep* 2008;6:149-54.
7. Nevitt MC, Cummings SR. Type of fall and risk of hip and wrist fractures: the study of osteoporotic fractures. The Study of Osteoporotic Fractures Research Group. *J Am Geriatr Soc* 1993;41:226-34.
8. Robinovitch SN, Hayes WC, McMahon TA. Prediction of femoral impact forces in falls on the hip. *J Biomech Eng* 1991;113:36674.
9. Hayes WC, Myers ER, Robinovitch SN, Van Den Kroonenberg A, Courtney AC, McMahon. Etiology and prevention of age-related hip fractures. *Bone* 1996;18:S77-S86.
10. Robinovitch SN, Feldman F, Yang Y, et al. Video capture of the circumstances of falls in elderly people residing in long-term care: an observational study. *Lancet* 2013;381:47-54.
11. Nasiri Sarvi M, Luo Y, Sun P, Ouyang J. Experimental validation of subject-specific dynamics model for predicting impact force in sideways fall. *J Biomed Sci Eng* 2014; 7:40518.
12. Yijian Yang Y, Vicki Komisar V, Shishov N, et al. The Effect of Fall Biomechanics on Risk for Hip Fracture in Older Adults: A Cohort Study of Video-Captured Falls in Long-Term Care. *J Bone Miner Res* 2020;35:19142.
13. Lo J, Ashton-Miller JA. Effect of Pre-Impact Movement Strategies on the Impact Forces Resulting from a Lateral Fall. *J Biomech* 2008;41(9):196977.
14. Feldman F, Robinovitch SN. Reducing hip fracture risk during sideways falls: Evidence in young adults of the protective effects of impact to the hands and stepping. *J Biomech* 2007;40:2612-8.
15. Cummings SR, Nevitt MC. Non skeletal determinants of Fractures: The Potential Importance of the mechanics of Falls. *Osteoporos Int* 1994(Suppl 1):67-70
16. Okubo Y, Schoene D, Lord SR. Step training improves reaction time, gait and balance and reduces falls in older people: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med* 2017;51:586-93. doi:10.1136/bjsports-2015-095452
17. Robinovitch SN, Inkster L, Maurer J, Warnick B. Strategies for Avoiding Hip Impact During Sideways Falls. *J Bone Miner Res* 2003;18:1267-73.
18. Groen BE, Smulders E, de Kam D, Duysens J, Weerdesteyn V. Martial arts fall training to prevent hip fractures in the elderly. *Osteoporos Int* 2010;21(2):215-21. DOI 10.1007/s00198-009-0934-x
19. Schwartz AV, Nevitt MC, Byron W, Brown BW Jr, Kelsey JL. Increased Falling as a Risk Factor for Fracture among Older Women: The Study of Osteoporotic Fractures. *Am J Epidemiology* 2005;161:180-5.
20. Montero-Odasso M, van der Velde N, Martin FC, et al. World guidelines for falls prevention and management for older adults: a global initiative. *Age Ageing* 2022; 51:1-36.