

Monograph

Rol de la Fatiga en la Propiocepción del Tobillo

Burke Gurney¹, James Milani¹ y Marybeth E Pedersen¹¹Physical Therapy Department, University of New Mexico, Albuquerque, NM 87131.

RESUMEN

La propiocepción comprende actividades sensoriales de varias fuentes las cuales incluyen la piel, cápsula y ligamentos de las articulaciones y los husos musculares. No está claro en que grado cada componente contribuye a la propiocepción. Si los husos musculares juegan un papel central como se cree en la actualidad, entonces la fatiga muscular podría producir una reducción en la propiocepción. El objetivo de este estudio fue examinar el rol de la fatiga en la alteración de la sensibilidad de la articulación del tobillo. A ochenta y cinco sujetos (edad media=39.2±12.5, rango=19-77 años) sin lesiones se les pidió que reconocieran una posición predeterminada de flexión plantar tanto con como sin la realización de ejercicios hasta el agotamiento. El orden de con ejercicio/sin ejercicio fue asignado aleatoriamente. El puntaje registrado durante tres pruebas, tanto en condiciones de agotamiento como en condiciones de no agotamiento fue calculado como el promedio de las desviaciones de los valores absolutos a partir de la posición objetivo y estos datos fueron analizados como medidas repetidas. No hubo diferencias significativas en la capacidad de los sujetos para reconocer el reposicionamiento de su tobillo con fatiga (media=4.18±1.57 °) y sin fatiga (media=3.67±1.21 °), (F=1.66, p=0.20). La fatiga muscular no parece jugar un papel importante en el reposicionamiento del tobillo. En el presente estudio es discutida la inconsistencia de estos resultados con otros hallazgos usando protocolos similares para el hombro y la rodilla.

Palabras Clave: propiocepción, fatiga, tobillo

INTRODUCCION

La propiocepción es descrita como la conciencia de la postura que se tiene, movimiento y cambios en el equilibrio y el conocimiento de la posición, peso y resistencia de los objetos en relación al cuerpo. Se deriva de un complejo conjunto de información que llega hasta el cerebro de varias fuentes entre las cuales se incluyen los husos musculares, las cápsulas articulares, los ligamentos articulares, la piel, las almohadillas de grasa y posiblemente los cartílagos articulares y/o el hueso subcondral. La contribución individual de cada componente no se comprende completamente, aunque históricamente se creyó que la cápsula articular y los ligamentos son los que más contribuyen a la propiocepción (1, 2).

Si es cierto que la cápsula articular y los ligamentos son quienes hacen la contribución principal a la propiocepción, puede esperarse que la persona con lesiones en sus cápsulas articulares o ligamentos pueden tener un déficit en su propiocepción. Varios estudios parecen respaldar esta suposición (3-5), mientras que otros no (6-7).

Si la cápsula articular y los ligamentos no son quienes hacen el principal aporte a la propiocepción, entonces otras estructuras tienen que jugar un rol más importante que los previamente nombrados. En 1976, se mostraba que los husos musculares contribuían significativamente al sentido de posición en las articulaciones de las falanges distales del dedo medio (8). Estudios hechos en la rodilla por Skinner et al. en 1986 (9) y en el hombro por Voight et al. en 1996 (10) demostraron que las articulaciones humanas mostraban una pérdida significativa de la propiocepción que era secundaria a

la fatiga muscular. Trabajando bajo el supuesto de que los husos musculares eran el único receptor propioceptivo que se vería afectado por la fatiga, los autores concluyeron que el huso muscular jugaba un papel más importante en la propiocepción de la articulación de lo que previamente se creía. Sin embargo, ninguna investigación ha estudiado el rol del huso muscular en la propiocepción del tobillo.

Usualmente se creía que la gran proporción de lesiones concurrentes en la articulación del tobillo era el resultado del daño de la cápsula articular y/o de los ligamentos incluyendo los mecanorreceptores. Sin embargo, también se estableció que el daño puede ocurrir en los músculos peroneales durante lesiones repetidas del tobillo (11). De hecho, el debilitamiento de los músculos peroneales ocurre en pacientes con inestabilidad crónica del tobillo (12). Por lo tanto, parece haber una conexión entre el funcionamiento de los músculos peroneales y la lesión de tobillo. Entonces, la recurrencia en las lesiones de tobillo puede ser en parte causa de la pérdida en la propiocepción de los músculos peroneales y de los otros músculos del tobillo.

Si los husos musculares juegan un papel importante en la propiocepción de la articulación, y la fatiga afecta preferentemente a los husos musculares como lo han sugerido Voight (10) y Skinner (9), entonces la fatiga puede tener un efecto en la capacidad propioceptiva del tobillo. Nuestro estudio fue diseñado para examinar el rol que juega la fatiga en la alteración de la propiocepción del tobillo.

MÉTODOS

Diseño del estudio

El orden de los sujetos fue asignado al azar tanto para el grupo experimental (con ejercicio) como para el grupo control (sin ejercicio). Los sujetos no retornaron antes de las 48 horas después de la primera prueba para participar en la otra mitad del estudio.

Sujetos

85 sujetos entre 19-77 años de edad (media=39.2±12.5) de los cuales 28 eran hombres y 57 mujeres participaron en el estudio. Completaron la forma de consentimiento aprobada por el Comité de Revisión para la Investigación con Sujetos Humanos. Los sujetos no tenían historia de desordenes neuromusculares, artritis, esguince de tobillo o fracturas. Los sujetos fueron seleccionados por muestreo de conveniencia.

Instrumentación

Un dinamómetro isocinético Cybex II (Lumex Inc, Ronkonkoma, NY) fue usado para todas las mediciones de ejercicio y posiciones. La calibración del torque y la posición fue realizada semanalmente de acuerdo a las instrucciones del fabricante.

Procedimientos

Se midió la talla y el peso de los sujetos y se les preguntó acerca de cualquier condición patológica que pudiera excluirlos del estudio. La historia clínica del tobillo de los pacientes y otras patologías fueron usadas como criterios de exclusión, ningún examen fue realizado con los sujetos.

Los sujetos se colocaron en el dinamómetro isocinético Cybex en posición de pronación con la rodilla completamente extendida sobre la tabla UBXT con su pie colgando del extremo aproximadamente a la altura media de la tibia. El pie hábil, fue colocado en posición de flexión/dorsiflexión plantar (PF/DF) sobre una placa para el pie alineando el eje de la articulación talo-crural con el eje del dinamómetro Cybex, de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

Cuando participaban en la sesión sin ejercicio, los sujetos tenían sus tobillos colocados en una posición pasiva predeterminada (20° de PF). Se les informó a los sujetos antes de la prueba que esta posición era la que debían alcanzar y que debían recordar como se sentía y que deberían lograrla después. Los sujetos se mantenían en esta posición hasta que expresaban que podían recordarla (usualmente eran 5 segundos), moviendo luego a la posición neutral (0° PF), y tomando nuevamente de forma pasiva la posición objetivo (20° PF). Esto se repitió un total de tres veces. En ningún momento se les permitió a los sujetos mirarse el pie mientras este estaba en la posición objetivo. Luego de esto los sujetos permanecían en el dinamómetro Cybex en posición de pronación por exactamente 10 minutos (aproximadamente la cantidad de tiempo que llevaba la sesión) con su pie en una posición de reposo confortable.

Al final de los diez minutos, los sujetos eran pasivamente reposicionados en la misma posición objetivo (20° PF) y luego eran colocados nuevamente en la posición neutral de forma pasiva. El reposicionamiento tomaba alrededor de 5 segundos. Luego los sujetos realizaban un movimiento pasivo a 5°/s a través del rango de la posición neutral a la flexión plantar por un examinador que no podía ver las lecturas digitales del Cybex. Se les pidió a los sujetos que informaran al examinador para parar cuando ellos creían que la posición objetivo había sido alcanzada. Se les permitió a los sujetos pedirle al examinador que volvieran atrás en la posición si creían que se había pasado de la posición deseada. Un segundo examinador registro las lecturas digitales de esta posición. Los sujetos realizaron luego un movimiento pasivo hasta la posición neutral y el procedimiento fue repetido dos veces más.

La sesión con ejercicio fue idéntica a la sin ejercicio excepto que después de que los sujetos eran pasivamente posicionados en la posición objetivo tres veces, completaban cuatro series de 43 repeticiones de dorsoflexión plantar isocinética concéntrica a 90°/s. Este número de series y repeticiones fue elegido debido a que en estudios piloto se observó que creaba una reducción del 50% en el torque pico, tanto en los músculos dorsiflexores como en los músculos flexores plantares. El torque fue registrado durante el ejercicio. A los sujetos se les dio 30 segundos entre series para recuperarse. Al final de la cuarta serie, nuevamente se les dio 30 segundos de descanso. Se seleccionaron 30 segundos ya que era consistente con la cantidad de tiempo necesaria para permitir al músculo recuperarse, ya que esta fatiga podría haber interferido con la sensibilidad de la articulación para reposicionarse. Luego de esto, los sujetos eran pasivamente colocados en la posición objetivo una vez, más de manera tal que alcanzaran la posición dentro de los 30 segundos del período de recuperación, luego de esto los sujetos realizaban un movimiento pasivo hacia la posición neutral, y nuevamente se los llevaba a través de la flexión plantar de manera idéntica a lo que había sido realizado en la sesión sin ejercicio. Todos los valores fueron registrados como la posición reportada por el sujeto en grados. El puntaje era calculado como el promedio del valor absoluto de las tres diferencias entre la posición reportada y la posición de 20° de PF. Este puntaje fue calculado tanto para la sesión con ejercicio como para la sesión sin ejercicio.

Análisis Estadísticos

Los análisis estadísticos fueron llevados a cabo utilizando el análisis de varianza ANOVA para mediciones repetidas (SPSS 6.1, Chicago, IL). Los resultados de las evaluaciones revelaron que el método de evaluación era confiable. Se calculó el coeficiente de correlación intraclase que se halló era aceptable (ICC=0.93).

La variable dependiente (DV) fue calculada tomando el valor absoluto de la diferencia en grados con la posición objetivo para las tres repeticiones. Estos valores fueron promediados para ambos niveles de la variable independiente (con ejercicio y sin ejercicio) y tratados como mediciones repetidas. Se llevaron a cabo correlaciones bivariadas entre el porcentaje de fatiga de los flexores plantares y el error de posición como así también entre el porcentaje de fatiga de los dorso flexores y el error de posición. El orden fue también examinado para asegurar que el orden de la sesión con ejercicio y sin ejercicio no fuera un factor.

RESULTADOS

Todos los sujetos se fatigaron hasta el punto en que su torque pico decreció hasta al menos el 50% en la dorsoflexión (media=62.5±12.2 %), y 26 de los 85 experimentaron al menos 50 % de fatiga en los flexores plantares (media=41.5±23.4 %).

No hubo diferencias significativas entre grupos de individuos de acuerdo al orden en que fueron tratados. El grupo que recibió la sesión con ejercicio primero tubo valores medios de puntaje similares (media=3.94±1.36° con ejercicio, media=3.83±1.32° sin ejercicio) comparado con el grupo que recibió la sesión sin ejercicio primero (media=4.61±1.76° con ejercicio, media=3.60±1.16° sin ejercicio), (F=0.21, p=0.65).

No se hallaron diferencias significativas en las medias de los valores de los puntajes absolutos entre el ejercicio en condiciones de fatiga (media=4.18±1.57°) versus las series en las que no se realizaba ejercicio (media=3.67±1.21°), (F=1.66, p=0.20) (Figura 1). Cuando se consideraron solo los sujetos que alcanzaban el mínimo de fatiga indicado por la reducción del 50% en el torque pico de los flexores plantares (n=26), la diferencia media entre la sesión con ejercicio (media=3.4±1.28°) y sin ejercicio (media=3.5±0.95°) se volvía aun menor, (F =0.03, p=0.86) (Figura 1). La correlación entre el % de fatiga de la flexión plantar y el error de posición fue de -0.2643 (p=0.19) y la correlación entre el % de fatiga de la dorsoflexión y el error de posición fue de -0.0980 (p=0.494). Usando p=0.05, el análisis de la potencia de los resultados produjo una potencia estadística de 74.2 % (media=4.18±1.57°, media=3.67±1.21°).

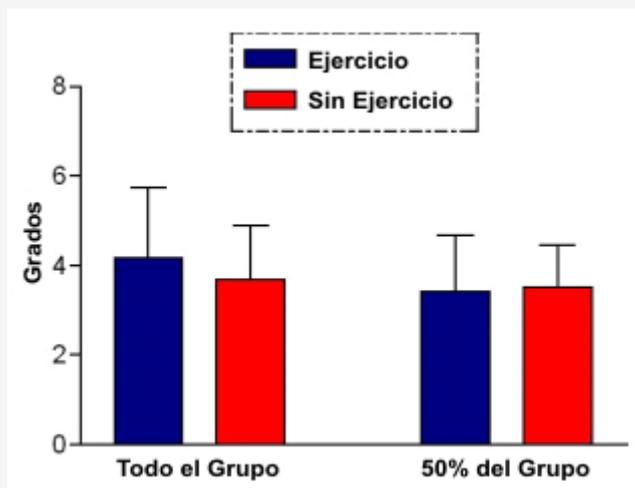


Figura 1. Diferencia en grados entre la posición objetivo y la posición elegida por los sujetos con y sin ejercicio en la población total (n=85) (izquierda), y aquellos sujetos que llegaron la fatiga mínima indicada por la reducción del 50% en el torque pico en los músculos dorsoflexores y flexores plantares (n=26) (derecha).

DISCUSION

Los hallazgos acerca de que la fatiga no altera la propiocepción son inconsistentes con protocolos similares usados por Skinner en la rodilla (9) y Voight en el hombro (10). Hay varias posibles explicaciones de estas inconsistencias.

Primero, los protocolos de ambos estudios, rodilla y hombro, eran diferentes al utilizado en nuestro estudio. Mientras que en el estudio de Skinner (9) se observó solamente el reposicionamiento pasivo de la rodilla, en el estudio de Voight (10) se observó tanto el reposicionamiento pasivo como el activo del hombro. No queda claro a partir de los datos publicados si los autores combinaron los puntajes del reposicionamiento pasivo y activo cuando calculaban la significancia. En nuestro protocolo, excluimos deliberadamente el reposicionamiento activo porque creíamos que la fatiga extrema podría obstaculizar la capacidad de los sujetos para reposicionar el pie adecuadamente inclusive cuando el sistema propioceptivo estaba intacto, posiblemente debido a fatiga neuromotora severa.

Segundo, aunque parece razonable asumir que los valores absolutos eran usados para calcular los puntajes de reposicionamiento en los dos estudios, esto no fue debidamente aclarado. Si se utilizaron simplemente valores promediados, entonces una persona que se reposicionaba 10º sobre 110º seguido por dos pruebas 5º debajo de 110º, por ejemplo, terminaría con un promedio de exactamente 110º y aparecería “mejor” que una persona que tubo tres pruebas cerca de 2º. Cuando calculamos nuestros hallazgos usando valores que no eran absolutos, alcanzamos la significancia. Sin embargo, creímos que esto no era clínicamente significativo.

Hay varias posibles explicaciones para describir por que no hubo diferencias significativas entre los puntajes de fatiga y sin fatiga en este estudio. Primero, la potencia estadística para este estudio tuvo un nivel moderado. Asimismo, hubo una gran cantidad de variabilidad respecto de la capacidad de los sujetos para posicionar su tobillo en un ángulo similar entre dos pruebas (pero independiente de la fatiga). Esta gran cantidad de variabilidad puede haber eclipsado las pequeñas diferencias asociadas con la fatiga. Esto puede interpretarse como que habría niveles insuficientes de fatiga para mostrar una diferencia entre las pruebas con ejercicio y sin ejercicio. Sin embargo, si este era el caso, uno esperaría que hubiera habido una mayor diferencia en la sub-población de personas que mostraran una mayor declinación en el torque pico. Aquí sucedió lo contrario. Personas que mostraban una declinación del 50% o mayor en el torque pico tuvieron una diferencia menor en la sensibilidad para reposicionar la articulación con y sin ejercicio. Sin embargo, en nuestro estudio parece haber una asociación trivial entre la fatiga y la sensibilidad de reposicionamiento.

Otra posible explicación para nuestros hallazgos es que el huso muscular en el tobillo no se fatiga de la misma manera que su contraparte motora. Si este es el caso, inclusive en el caso de que ocurra significativa fatiga neuromotora, el sistema aferente podría permanecer intacto. Los hallazgos significativos de Voight (10) y Skinner (9) pueden haberse debido a variables de confusión, tales como un contraestímulo provocado por el dolor muscular o una simple sobrecarga sensorial. Puede haber sucedido también que el tobillo tuviera un sistema aferente resistente a la fatiga que asegure la

invulnerabilidad de las respuestas correctas a largo plazo. Esto explicaría porque los sujetos tenían intacta la entrada o input propioceptivo de los husos musculares inclusive en presencia de fatiga muscular.

Otra posible explicación es la posibilidad de que a pesar de que los dorsiflexores y los flexores plantares mostraron una fatiga significativa (50% o mayor declinación del torque pico en DF para todos los sujetos, y 50% o mayor declinación del torque pico en 26 sujetos), los grupos musculares, tales como los evertores no se fatiguen completamente, y fueran capaces de transmitir suficiente información propioceptiva para compensar la fatiga muscular. Sin embargo, esto parece improbable ya que los evertores son activados durante la flexión plantar y por lo tanto se fatigaran con períodos de ejercicio máximo repetidos de flexión plantar tal como fue realizado en nuestro protocolo.

Por último, existe la posibilidad de que el tobillo difiera de la rodilla y del hombro en que el tobillo es más dependiente de componentes propioceptivos ligamentosos y capsulares (y otros). Los estudios realizados por Lentell (4), Garn (3) y Bullock-Saxton (5) mostraron que los individuos con lesiones crónicas de tobillo demostraban tener déficits en varios índices de medidas propioceptivas. Asimismo, el estudio realizado por Konradsen et al. (7) mostró que el sentido de posición pasivo era desmejorado con la articulación del tobillo anestesiada. El echo de que Konradsen no hallara diferencias en el balanceo de una pierna estando la persona parada sobre la otra, puede ser explicado por la contribución del sistema vestibular y el sistema óptico (como mediciones de la postura en una sola pierna echa con los ojos abiertos) compensando la pérdida de la retroalimentación ligamentosa y capsular.

Hubo varias causas metodológicas que podrían haber comprometido la validez externa de este estudio. Primero, el ejercicio para fatigar los músculos fue de cadena abierta. Normalmente, la fatiga del tobillo se produce con ejercicios de cadena cerrada. El autor argumento que hubiera sido extremadamente difícil fatigar consistente y objetivamente el tobillo con ejercicios de cadena cerrada. Además, los autores no pudieron encontrar una manera de medir el grado de fatiga o el torque producido durante los ejercicios de cadena cerrada. El dinamómetro Cybex ofrecía una manera consistente y reproducible de fatigar el tobillo, la cual era fácilmente mensurable.

Segundo, se podría argumentar que la inversión/eversión del tobillo habría sido más representativa del mecanismo de lesión de esguince del tobillo. Sin embargo los autores razonaron que la flexión plantar es un componente del mecanismo de lesión en el esguince de tobillo y que por lo tanto había que estudiar este punto. Asimismo, los autores afirmaron que evaluar una articulación que se mueve predominantemente en un solo eje podría producir datos más reproducibles que la evaluación de los movimientos en tres planos que se produce durante la inversión/eversión. Estudios piloto probaron que esto era correcto. Los coeficientes de correlación intraclase con el tobillo fueron consistentemente más bajos con el tobillo en inversión/eversión (ICC=0.77) cuando eran comparados con la DF/PF (ICC=0.93) del tobillo.

Por último, los sujetos estaban libres de lesiones en el tobillo. Los autores argumentaron que la utilización de sujetos con tobillos lesionados habría introducido una variable que habría sido difícil de controlar tanto en la identificación del tejido lesionado como en la cuantificación del grado de la lesión.

Conclusión

Los detalles de la propiocepción son aun desconocidos. Es sabido que la propiocepción es necesaria para las actividades funcionales normales y la pérdida de la misma impide que se alcance una coordinación correcta y predispone a lesiones y a lesiones concurrentes. Los husos musculares pueden proveer un componente principal de la propiocepción articular, pero parece, de acuerdo a los resultados de este estudio, que la propiocepción del tobillo, cuando este no está cargado, no es alterada por la fatiga de los músculos dorsoflexores y flexores plantares.

Agradecimientos

Los autores quisieran agradecer a Rob Robergs, Ph.D. por el uso del laboratorio y el equipo y por su revisión del manuscrito, Jeff Kloer, P.T., O.C.S. por sus ideas y tiempo, y a Candente Schau, Ph.D. por su ayuda en los análisis estadísticos.

Dirección para el envío de correspondencia

Burke Gurney, M.A., P.T. University of New Mexico Physical Therapy Department HSSB #204B Albuquerque, NM 8131-5661.

REFERENCIAS

1. Andrew BL, Dodt E (1955). The deployment of sensory nerve endings at the knee joint of the cat. *Acta Physiol Scan*; 28:287-296
2. Freeman MAR, Wyke B (1967). Articular reflexes at the ankle joint: an electromyographic study of normal and abnormal influences of ankle-joint mechanoreceptors upon reflex activity in the leg muscles. *Brit J Surg*; 54(12):990-1001
3. Garn SN, Newton RA (1988). Kinesthetic Awareness in Subjects with Multiple Ankle Sprains. *J Ortho Sports Phys Ther*; 68(11):1667-1671
4. Lentell G, Baas B, Lopez D, McGuire L, Sarrels M, Snyder P (1995). The contributions of proprioceptive deficits, muscle function, and anatomic laxity to functional instability of the ankle. *J Ortho Sports Phys Ther*; 21(4):206-215
5. Bullock-Saxton JE (1995). Sensory changes associated with severe ankle sprain. *Scand J Rehab Med*; 27:161-167
6. De Carlo M, Talbot R (1986). Evaluation of ankle joint proprioception following injections of the anterior talofibular ligament. *J Ortho Sports Phys Ther*; 8(2):70-76
7. Konradsen L, Ravn JB, Sorensen AI (1993). Proprioception at the ankle: The effect of anaesthetic blockade of ligament receptors. *J Bone Joint Surg(Br)*; 75-B:433-436
8. Gandevia SC, McCloskey DI (1976). Joint sense muscle sense, and their combination as position sense, measured at the distal interphalangeal joint of the middle finger. *J Physiol (Lond)*; 260:387-407
9. Skinner HB, Wyatt MP, Hodgdon JA, Conard DW, Barrack RL (1986). Effect of fatigue on joint position of the knee. *J Ortho Research*; 4:112-118
10. Voight M, Hardin JA, Blackburn TA, Tippet S, Canner GC (1996). The effects of muscle fatigue on and the relationship of arm dominance to shoulder proprioception. *J Ortho Sports Phys Ther*; 23(6):348-355
11. Stoff MD, Greene AF (1982). Common peroneal nerve palsy following ankle injury: A report of two cases. *Phys Ther*; 62(1):1463-1464
12. Tropp H (1986). Pronator muscle weakness in functional instability of the ankle joint. *Inter J of Sports Med* 7(5):291-294

Cita Original

Gurney Burke, James Milani and Marybeth Elizabeth Pedersen. Role of Fatigue on Proprioception of the Ankle. *JepOnline*, Vol. 3 (1), 2000.