



Facultad de Ciencias de la Salud

BENEFICIOS DE LA PRÁCTICA DE SLACKLINE EN PERSONAS SANAS.

Revisión Bibliográfica

Estudiante: Sgarbi, Ivo

Legajo: 23.702

Directora: Molina, Lucrecia

Trabajo Final de Integración para acceder al título de Licenciatura en Kinesiología y Fisiatría.

2025

INDICE

Resumen	3
Abstract	3
Introducción	4
Estado del arte	5
Marco teórico	10
Slackline	10
Slackline pedagógico / iniciante	11
Trickline/ Cinta de trucos	11
Longline/ Cinta larga	12
Highline/Cinta en altura	12
Clasificación etaria	14
Infancia/Pubertad (6 a 15 años)	14
Adolescencia /adultos jóvenes (16 a 40 años)	14
Adultos mayores(+60 años)	15
Concepto de personas sanas	16
Sistema nervioso central (SNC)	17
Sistema propioceptivo	18
Sistema vestibular y visual	19
Sistema cognitivo	21
Sistema metabólico	23
Prevención	24
Método	27
Estrategia de búsqueda	27
Criterios de elegibilidad	27
Procesamiento de la información	27
Resultados	29
Extracción de datos	29
Niños	30
Adolescentes/ Adultos jóvenes	30
Adultos mayores	32
Síntesis y conclusiones	42
Niños	43
Adolescentes / adultos jóvenes	43
Adultos mayores	44
Aportes y contribuciones de la investigación	44
Ámbitos preventivos	45
Limitaciones de la investigación	46
Líneas de investigación futuras	46
Referencias bibliográficas	48

Resumen

La presente revisión bibliográfica plantea la hipótesis de que la práctica de *slackline*, tanto de forma ocasional como prolongada, genera beneficios en personas de todas las edades y puede constituir una herramienta con potencial aplicación en el ámbito preventivo. La búsqueda se realizó en las bases de datos PubMed y Dialnet, obteniéndose un total de 17 estudios (15 ensayos clínicos y 2 revisiones sistemáticas con meta-análisis) que evaluaron los principales sistemas relacionados con el equilibrio (propioceptivo, visual y vestibular), la estructura del sistema nervioso central, y los sistemas cognitivo y metabólico. Los resultados evidenciaron que los efectos sobre el equilibrio son significativos durante la práctica de *slackline*, aunque con escasa o nula transferencia hacia tareas no entrenadas. Asimismo, se observaron modificaciones estructurales en distintas redes neuronales, mejoras en la orientación espacial y en los niveles de atención, y se comprobó que el gasto energético asociado a esta actividad cumple con las recomendaciones de la OMS para la prevención del sedentarismo.

Palabras clave: Slackline, beneficios, personas sanas.

Abstract

This literature review proposes the hypothesis that slackline practice, whether occasional or prolonged, provides benefits for individuals of all ages and may serve as a potential tool for preventive applications. The search was conducted in the PubMed and Dialnet databases, yielding 17 studies (15 clinical trials and 2 systematic reviews with meta-analyses) that evaluated the main systems involved in balance (proprioceptive, visual, and vestibular), the structure of the central nervous system, and the cognitive and metabolic systems. The results showed significant improvements in balance during slackline practice, though with limited or no transfer to untrained tasks. Structural changes were also observed in various neural networks,

along with improvements in spatial orientation and attention levels. Moreover, the energy expenditure associated with slackline meets WHO recommendations for sedentary behavior prevention.

Keywords: Slackline, benefits, healthy individuals.

Introducción

En el presente trabajo se plantearon las siguientes interrogantes: ¿Cuáles son los beneficios de la práctica de slackline y todas sus variantes, sobre el estado de salud en personas sanas? y ¿Se puede utilizar dicho entrenamiento de modo preventivo?, ¿Qué se conoce según los ensayos clínicos y revisiones sistemáticas realizadas hasta agosto de 2024?.

Para responder a estas preguntas, se plantearon a su vez ciertos objetivos generales y específicos:

Objetivos generales:

- Distinguir los beneficios del slackline en las distintas etapas de la vida: infancia, adolescencia/adultos jóvenes y adultos mayores.
- Describir los efectos de la práctica de slackline en todas sus variantes sobre los distintos sistemas del cuerpo en personas sanas.

Objetivos específicos:

- Describir las investigaciones realizadas hasta julio de 2025.
- Diferenciar sus efectos a corto y a largo plazo según los sistemas sobre los que influyen.
- Plantear ámbitos posibles para la aplicación preventiva del entrenamiento en slackline.

Hipótesis:

- La práctica de slackline tiene efectos beneficiosos sobre las personas sanas de todas las franjas etarias.

- La práctica de forma regular o eventual del equilibrio en slackline puede ser utilizada de forma preventiva en sesiones de entrenamiento.

Estado del arte

Las primeras investigaciones sobre slackline se centraron en la influencia de esta práctica en variables de rendimiento físico y motor. Se analizó su impacto en la fuerza (Granacher, 2010; Pfusterschmied, 2013), en el control postural en equilibrio estático y dinámico, en superficies estables e inestables, en el rendimiento del salto (Santos, 2013a) y en la actividad muscular mediante electromiografía (Keller, 2012).

En los últimos años, aunque el foco principal continúa siendo el estudio del equilibrio, se han incorporado nuevas líneas de investigación. Entre los cuales se realizaron estudios con neuroimágenes, como resonancia magnética (RM) para detectar cambios estructurales en el sistema nervioso central (Ueta, 2022; Koschutnig, 2024), el análisis del gasto energético (Rutkowski, 2022), la resistencia del core (Reyes-Ferrada, 2021) y los procesos de atención selectiva y concentración (Plaza, 2024).

Para todas las franjas etarias se han desarrollado estudios experimentales con grupos control, o con actividad aeróbica o recreativa para realizar la comparación con los grupos que realizaron slackline.

Para los niños de entre 6 y 15 años, los datos que obtuvieron Ferri-Marini et al. (2020) fueron mediante pruebas de equilibrio estático (Stork Stand Test -SST-) y dinámico (BASS test), mientras que Plaza & Gutiérrez (2024) utilizaron la prueba D2 Test, de atención selectiva y concentración mental. En ambos estudios, un grupo experimental (GE) realizó slackline durante 6 u 8 semanas y 3 o 2 días por semana respectivamente, mientras que el grupo control (GC) realizó otras actividades recreativas y deportivas que compartían a tiempo parcial con el grupo experimental.

En niños y niñas de entre 8 y 14 años los resultados de las pruebas de equilibrio estático y dinámico, presentaron similitudes entre ambos grupos, tanto en la mejora del equilibrio estático como en la no mejoría del equilibrio dinámico (Ferri-Marini, 2020). La diferencias fueron significativas en el tiempo total entre ambos grupos (siendo superior en el GE) en equilibrio sobre un pie. Mejorando todos los parámetros con ambos pies individualmente, con los brazos en akimbo y el talón levantado, el SSTopen (con ojos abiertos), SSTclosed (con ojos cerrados) y SSTac (con air cushion - bozu-).

Por otro lado, la atención selectiva y la concentración mental se evaluó en niños y niñas de entre 6 y 10 años (Plaza & Gutiérrez, 2024) en los cuales se obtuvieron mejores resultados en ambos grupos (BBT- de Body Balance Training- y FTA - de Free Time Activities-). Aunque fueron levemente superiores en el grupo que practicó slackline (BBT) mas no significativamente. Las puntuaciones que mayores cambios se observaron en el D2 Test fueron las respuestas totales (TR), los aciertos totales (TA), el total de efectividad (TOT) que son las TR menos las omisiones (O) y los errores (C) , y el índice de concentración (CON) que es la cantidad de TA menos C. De manera tal que el hecho de tener mayores aciertos (TA) disminuye proporcionalmente a los desaciertos (O y C).

En los últimos 5 años, sobre adultos jóvenes se han realizado diversos estudios. Entre ellos, un estudio descriptivo transversal comparó dos grupos, uno con experiencia en slackline (de 5.5 ± 2.2 años) y otro sin experiencia, la diferencia en resistencia del core y en equilibrio dinámico (Reyes-Ferrada, 2021). Los resultados de las evaluaciones mostraron mediante los McGill's tests para resistencia del core y el mSEBT (modified Star Excursion Balance Test) para el equilibrio dinámico, una correlación positiva entre los años de práctica y los resultados obtenidos en dichas pruebas. Las diferencias más significativas fueron: en la resistencia del core, en las pruebas de plancha (plank test) y plancha lateral izquierda (left side bridge) siendo 36.2% y 45.5% mayor respectivamente, en el grupo experimentado en slackline (SG). Y en las pruebas de equilibrio dinámico, las realizadas sobre base inestable, tanto con la pierna

dominante (pierna derecha de todos los participantes) como con la no dominante, el SG presentó 37.8% y 46.57% mejores resultados respectivamente.

De forma similar Ueta et al. (2023) evaluaron el equilibrio dinámico con el SEBT (Star Excursion Balance Test), aunque sumando pruebas en slackline (tiempo parado y distancia caminada), en el piso y sobre un disco inestable (en ambos midieron máximo tiempo parados con ojos cerrados), y la frecuencia cardíaca (FC) para evaluar la intensidad de los ejercicios. En este estudio cruzado aleatorizado se evaluó a los participantes antes y después de un entrenamiento agudo con slackline y con ejercicios aeróbicos. Mediante resonancia magnética se buscó identificar la presencia de cambios estructurales: en el “rs-FC” (resting-state Functional Connectivity) en las redes neuronales, en el volumen de materia gris (GMV) y en la microestructura de la materia blanca. Estos dos últimos parámetros no presentaron cambios, mientras que por el contrario, en el rs-FC se observaron cambios entre regiones cerebrales que pertenecen a distintas redes. También habiendo analizado la densidad de fibras (FD) y la sección transversal del haz de fibras (o fiber-bundle cross-section -FDC-) se observó una extensión en fibras comisurales hacia el área sensoriomotor primario del pie. Por último, lo que respecta a la FC, la media en slackline fue de 128 ± 17 latidos por minuto (lpm) y la máxima de 153 ± 16 lpm, mientras que en el entrenamiento aeróbico, la media fue de 116 ± 8 lpm y la máxima de 142 ± 5 lpm. Cuyos valores podemos asociar a un nivel de intensidad media, respecto a la edad de los participantes (entre 19 y 24 años).

Si se considera en análisis de la FC, podemos ver que la exigencia es mayor en la práctica de slackline con respecto al entrenamiento aeróbico, lo que se correlaciona con el gasto energético. En este sentido, Rutkowski et al. (2022) evaluaron el gasto energético medido en METs (Metabolic Equivalent of Task) y kcal (kilocalorías), sumado al monitoreo de la temperatura corporal, número de pasos, nivel y duración del ejercicio, duración del sueño y periodos de descanso, así como el equilibrio estático y dinámico con el mCTSIB (modified Clinical Test of the Sensory Interaction of Balance) y el Tandem walk test respectivamente. Un

grupo experimental (con slackline) realizó 5 sesiones de 15 min de duración, en cintas de 9m de longitud, 50 cm de altura y 2" pulgadas de ancho, mientras que el grupo control fue pasivo. Los resultados fueron semejantes al anterior artículo descrito. El gasto energético tuvo un promedio de 6.0 ± 0.7 METs (intensidad media-alta) y un consumo total de 552 kcal ($100 \pm 22,5$ por sesión). En lo que respecta al equilibrio, se encontraron significativas diferencias en la prueba de base inestable con ojos abiertos (FoamEO) de 333% entre grupos y 101% en el Tandem walk test. Mientras que en base estable o inestable con ojos cerrados no se hallaron diferencias. Los autores llegaron a la conclusión de que el entrenamiento en slackline cumple con las recomendaciones de la OMS para personas de entre 18 y 64 años para ser una persona activa por el gasto energético que conlleva la actividad. Además lo aprueban como complemento en programas de rehabilitación y prevención de lesiones.

Como se mencionó anteriormente, se están utilizando imágenes de resonancia para ver cambios estructurales del sistema nervioso. En el estudio de Koschutnig et al. (2024) se realizaron RM en dos grupos, uno control y uno de slackline. Previo al entrenamiento (o del descanso en caso del grupo control), luego del entrenamiento (cuyo plan consistió en 3 sesiones de 90 min, 1 vez a la semana durante 3 semanas) y como seguimiento (follow up), pasadas 3 semanas de terminado el entrenamiento. Resultando en cada grupo, 3 muestras de imágenes (pre-, post- y follow up). Aquí los autores evaluaron la plasticidad de la materia blanca mediante 3 métodos: análisis basado en pixels (FBA- Fixel Based Analysis), imágenes de dispersión y densidad de la orientación de las neuritas por análisis de vóxel (NODDI- Neurite Orientation Dispersion and Density Imaging) y el modelo basado en tensores (TBM- Tensor-Based Model). En el primero de ellos, pudieron observar que la sección transversal de fibras (FC) tuvo cambios más pronunciados y asociados con redes neuronales más amplias que la densidad de fibras transversales (FDC), además las diferencias más significativas se dieron el grupo de slackline entre las pruebas pre- y post-test (no así en el de seguimiento) por lo tanto se considera que son cambios a corto plazo en varias regiones. En el análisis de vóxel,

el NODDI presentó disminuciones generalizadas post-slack, principalmente en radiaciones talámicas (TR) anteriores y el tracto frontal oblicuo izquierdo o de Aslant (encargada del habla, el lenguaje y funciones ejecutivas). Finalmente en el TBM también se encontraron efectos a corto plazo ya que en la RM de seguimiento, los pocos cambios que se observaron en el post-slack no se mantuvieron. En lo que respecta al grupo control, no se presentaron cambios en la materia blanca de ninguna etapa del estudio.

En el grupo etario de los adultos mayores (mayores a 60 años) se redactó una revisión sistemática con meta-análisis por Glänzel et al. (2022) utilizando 4 ensayos controlados aleatorizados con alta calidad metodológica (valor 6/10 en la escala PEDro). Con una muestra total de 117 personas y un tiempo de entrenamiento (o descanso) de 3 semanas (Seeber and Zalpour, 2011) o 6 semanas (Donath, 2016b; Magon, 2016; Thomas & Kalcinski, 2016) de 2 o 3 días por semana. Y aunque las evaluaciones fueron heterogéneas entre los estudios, los autores agruparon los resultados expresados en desplazamiento del centro de gravedad (CoP-Center of Pressure) y tiempo parado en slackline. El desplazamiento del centro de gravedad fue analizado por dos estudios (Donath, 2016b; Seeber & Zalpour, 2011) en los cuales no encontraron diferencias entre los grupos control y de slackline. Tanto en posición bípeda como monopodal. Mientras que, el tiempo de equilibrio fue evaluada tanto en slackline (Donath, 2016b; Magon, 2016) como en una plataforma de equilibrio (Thomas & Kalcinski, 2016) dando resultados contundentes de mejoras en el control postural especialmente en tareas específicas aunque no sean transferibles a otras tareas (al igual que los resultados obtenidos en los adultos jóvenes). También se observó una mejora en la eficiencia del sistema sensoriomotor respondiendo con menor aceleración a las perturbaciones establecidas por la plataforma de equilibrio.

En conjunto, la evidencia disponible indica que el entrenamiento en slackline promueve beneficios en el control postural en distintas etapas de la vida, con efectos más consistentes en tareas específicas de equilibrio y posibles adaptaciones a nivel neurofisiológico y estructural.

Marco teórico

Slackline

El slackline es una actividad recreativa y deportiva, que consiste en una cinta plana o tubular de 2 a 5 cm de ancho, la cual es amarrada y tensada entre dos anclajes de distancias y alturas variables. Sus orígenes datan de las décadas de 1960-1970 en Estados Unidos, Francia, Austria y Suiza, practicada por escaladores siendo una adaptación al equilibrio en sogas y cables (Gabel, 2021). Su utilización en ámbitos de salud para procesos de prehabilitación (entrenamiento previo a una cirugía) y rehabilitación (posterior a la cirugía o a daño o lesión) data de 1970-80, siendo aplicada en escaladores, en esquiadores de slalom downhill y surfistas (Gabel, 2021). Y el desarrollo de estudios científicos sobre los efectos del slackline comenzaron a realizarse en el año 2010 por Granacher et al., quienes evaluaron su influencia en el balance y la promoción de la fuerza, ya que observaron su importancia en los programas con ejercicios preventivos de lesiones. A través del cual pudieron comprobar con este método de entrenamiento, el desarrollo en la fuerza de torsión en los músculos flexores del tobillo.

Su aplicación en los ámbitos educativo y de salud, está creciendo exponencialmente en todos los grupos etarios, en distintas partes del mundo. Y es por esta razón que nos preguntamos en la presente revisión sobre los beneficios que tiene dicha práctica en todas las personas sanas, sin importar su edad, sea utilizada de forma educativa como terapéutica, de forma ocasional/eventual o por tiempo prolongado.

Como se mencionó anteriormente, el slackline contiene múltiples variantes, las cuales se diferencian por diversos factores: principalmente según la altura, el largo, el nivel de tensión y ancho de las cintas, aunque también pueden variar los materiales de los que están hechos (nylon o poliéster) y los elementos de seguridad (como arnés y línea de vida) que se requieren para su práctica. A continuación se describen las principales variantes.

Slackline pedagógico / iniciante

Esta es la modalidad más practicada y popularizada, y a su vez, la más utilizada para las investigaciones científicas. Tiene un ancho de 50 mm (lo que permite mayor superficie de apoyo a los pies) y una longitud que puede variar de 2 a 15 m. Se caracteriza por tener alta tensión, disminuyendo el zag (caída) que se produce en el centro de la cinta con respecto a los anclajes, permitiendo que se pueda caminar en su totalidad a una baja altura (distancia de entre 20 y 50 cm del suelo). Pueden utilizarse elementos que inicialmente faciliten el equilibrio como barandas a los laterales o una soga que desliza en una cinta que va por encima de la que se camina (como se ve en la Figura 3 de Plaza & Gutiérrez, 2024).



Figura 3. (Plaza & Gutiérrez, 2024)

Trickline/ Cinta de trucos

Similar a la anterior, consiste en una cinta de 50mm, con una tensión muy alta (más que la modalidad pedagógica), aunque difiere en la altura y el largo, que pueden alcanzar los 2 m, y entre 20 y 30 m respectivamente. En el aspecto deportivo y competitivo, el trickline tiene más años de antigüedad que las otras disciplinas. Y a diferencia de las otras modalidades, aquí los

atletas pueden despegarse de la cinta (alcanzando los 2-3 m sobre la altura de la cinta) para realizar trucos acrobáticos en el aire, como giros en distintos planos y cambios de apoyos.

Longline/ Cinta larga

Es la disciplina que más se practica (al igual que el trickline) por personas experimentadas. Consiste en una cinta de 20mm o 25mm de ancho, con una tensión media/alta pero que tiene elevado zag por sus materiales (habitualmente mezcla de nylon y poliéster), con una gran diferencia entre la altura del anclaje y la altura en el centro de la cinta. Mientras más larga la cinta (siendo lo más habitual de 20 a 50 m de largo) mayor es la caída o zag. La altura de los anclajes puede ser de 1 m como también puede superar los 3 m y con respecto al suelo, varía de los 20 cm (en el centro) hasta la máxima altura utilizada en los anclajes.

Highline/Cinta en altura



En esta modalidad, se utilizan las cintas de longline (en sus características de ancho -20 o 25mm- y de tensión -media/alta-) con más altura, de manera tal que en ningún momento hay contacto con el suelo, aunque el atleta se asegura con arnés y cuerda de amarre (leash). La altura puede ir de 7 m hasta más de 100 m, permitiendo que a mayor altura se puedan montar cintas más largas.

En los últimos años se vienen generando cada vez más competencias de highline y aunque no es habitual que se use en ámbitos de investigación, se realizó un estudio simulando

la práctica de highline para evaluar el aspecto cognitivo y emocional (de Sampaio Barros, 2024).

Todas estas variantes, aunque globalmente sean similares (respecto a la base inestable en una superficie disminuida), tienen demandas físicas y mentales diferentes, sea por el nivel de tensión, cuya reducción aumenta el balanceo o inestabilidad, o por la altura y el largo, cuyos

factores en muchas ocasiones generan miedo o inseguridad. A su vez, se comprobó que la experiencia va modificando sus demandas metabólicas y sus estrategias de mantenimiento del equilibrio, ya que los atletas avanzados respecto a los iniciantes, presentaron menor gasto energético, menor desplazamiento del centro de gravedad y movimientos menos bruscos (Stein, 2022; Baláš, 2023).

El equilibrio es una función tanto estática como dinámica, por lo que podemos hablar de una fuerza activa (tónica postural) y una reactiva (que se presenta ante perturbaciones), cuyo balanceo en el slackline genera una mayor fuerza activa en musculatura tónica de miembros inferiores y columna vertebral, y mayor fuerza reactiva en miembros superiores. El slackline es entendido como un “péndulo invertido” con base en los pies y “donde los brazos y el tronco proveen influencia de fuerzas dinámicas pero desacopladas de las caderas y las piernas” (Gabel , 2021c, p.370) donde las oscilaciones se dan principalmente en el plano frontal , activando la respuesta muscular mediante movimientos medio-laterales .

Debe considerarse que en un programa de entrenamiento del equilibrio, cada elemento de inestabilidad tiene sus particularidades con respecto a los planos y ejes sobre los que intervienen, así como las articulaciones y la musculatura que mayor carga reciben. Cuando se está aprendiendo slackline, las estrategias para mantener el equilibrio van de ajustes generales en las caderas hacia los más finos regulando los codos y a su vez la eversión/inversión del tobillo se ve reducida por el apoyo en la cinta (Ringhof, 2018).

El slackline como herramienta para el desarrollo del equilibrio, se ha comparado con otros elementos que generan inestabilidad (como el bosu o la media esfera) por Pfusterschmied et al. (2013) y se ha comprobado una mayor activación del recto femoral mediante iEMG (electromiografía integrada) y mejor rango de movimiento (ROM) en las rodillas y las caderas, aunque los mismos autores también recomiendan comenzar el entrenamiento con los elementos de mayor estabilidad para luego progresar hacia el slackline.

Clasificación etaria

Tales respuestas a las perturbaciones del estado de equilibrio, van a variar según el grupo etario del que se trate ya que poseen distintas estrategias para el desarrollo y mantenimiento del equilibrio, así como las posibilidades de perfeccionamientos en los distintos sistemas. Al mismo tiempo, la edad de los practicantes nos va a permitir pensar distintos objetivos, plantear diferentes enfoques o ámbitos de aplicación y considerar precauciones respecto a la seguridad de los practicantes.

En este sentido, se decidió clasificar las distintas poblaciones etarias de la siguiente manera:

Infancia/Pubertad (6 a 15 años)

La edad mínima que se ha encontrado en los estudios es de 6 años (Plaza & Gutiérrez, 2024) y se ha agrupado con la pubertad (hasta los 15 años) ya que es en esta etapa donde mayor desarrollo de las capacidades físicas y habilidades coordinativas se consiguen. Según Riach C.L. et al. (1987) a los 7 años, los niños consiguen desarrollar estrategias posturales similares a la de los adultos.

Sin embargo, también se ha observado una diferencia en la evolución del mantenimiento del equilibrio, con mejores resultados en adultos jóvenes (24.6+-2.8 años) con respecto a niños de 7.8 (+- 0.6) años (Schärli, 2013) en los cuales se observó peor control postural anticipatorio, una menor integración entre los sistemas sensoriales y menor coordinación intersegmental con dificultad para lograr la estabilidad de la cabeza en el espacio (cuya condición está relacionada con una mayor estabilidad postural).

Adolescencia /adultos jóvenes (16 a 40 años)

Es a partir de los 16 años de edad, que los sistemas visual y vestibular alcanzan los niveles de los adultos (Schärli, 2013; Steindl, 2006). Razón por la cual como se mencionó anteriormente, en el estudio de Schärli et al. (2013) los adultos lograron una mayor estabilidad de la cabeza en el espacio y por ende, una mejor estabilidad postural en el slackline, con

respecto a los niños, ya que es en la cabeza donde se encuentran estos dos sistemas fundamentales del equilibrio.

Este mismo rango etario es el utilizado en un estudio que realizaron Santos et al. (2016) quienes observaron que durante la práctica de slackline la mayor actividad muscular es ejercida por el cuádriceps y los gastrocnemios, y que mejora la estabilidad del tobillo.

Adultos mayores(+60 años)

A partir de esta edad es que se retomaron los estudios experimentales (Magon., 2016) cuyas edades mínimas fueron de 61.8 ± 5.3 años. Mientras que la edad máxima fue registrada por Thomas y Kalicinski (2016) con una edad promedio de 67.1 ± 4.8 años.

En lo que respecta al equilibrio, hay una declinación característica del proceso de envejecimiento en el control postural que genera un aumento en el riesgo de caídas y con ellas aumento de la morbilidad y mortalidad (Thomas and Kalicinski, 2016; Glänzel, 2022). Las caídas son la segunda causa más frecuente de lesión en los adultos mayores (Rubega, 2021).

Pero este proceso no impide que la práctica de slackline genere beneficios, sino que requiere que se tomen otras medidas de seguridad. De hecho en una revisión sistemática con meta-análisis (Bakker, 2024) determinó que el entrenamiento de equilibrio trae mejores resultados neuronales en general, sin importar la edad o la duración del entrenamiento, aunque entre las distintas edades el cambio más importante estuvo en la excitabilidad espinal.



Donath L. et al., 2015.

Concepto de personas sanas

Un aspecto importante a considerar en esta revisión bibliográfica es que las intervenciones se hayan realizado en personas sanas, es decir, en personas con ausencia de enfermedades o alteraciones músculo-esqueléticas, neurológicas, cardiovasculares, entre otras. Esta consideración que se tuvo en los criterios de exclusión para la selección de estudios, nos permite pensar distintos ámbitos para su aplicación de forma preventiva en áreas más globales, aunque cabe destacar que la presencia de lesiones o enfermedades no es una condición excluyente para dicha práctica. Incluso, se ha utilizado dicho entrenamiento para evaluar progresos en patologías tan diversas como: dolor lumbar no específico (Gabel, 2021), rehabilitación de un ACV (Gabel, 2016), enfermedad de Parkinson (Santos, 2016b), niños con parálisis cerebral (González, 2020) y en rehabilitación de cuádriceps (Gabel, 2013).

En este sentido, los sistemas encargados del equilibrio (estático y dinámico) se deben encontrar indemnes, entre los cuales se encuentran principalmente el sistema vestibular, visual y propioceptivo, pero también al sistema cognitivo que integra y le otorga un sentido a la respuesta motora (Steindl, 2006).

Como se mencionó anteriormente, estos sistemas se van desarrollando evolutivamente en las primeras etapas de la vida de forma secuencial pero no lineal, de manera tal que el sistema propioceptivo alcanza primero su máximo desarrollo, aunque no en su totalidad, en la infancia, seguido por los sistemas visual y vestibular durante la adolescencia y finalmente el sistema cognitivo en la adultez, determinando una evolución que va de los reflejos al control cortical de forma sumatoria, ya que los reflejos son parte fundamental para el mantenimiento del equilibrio en todas las etapas de la vida. Pero la actividad cortical aunque se termine de desarrollar en la adultez, a diferencia de lo que se creía anteriormente, dicha actividad está presente incluso en la etapa fetal (Hadders-Algra, 2018). Sin embargo, en la vejez los mecanismos reflejos, así como las respuestas proactivas (estrategias posturales anticipatorias)

y reactivas (movimientos voluntarios), se ven alterados o disminuidos por el proceso de envejecimiento, lo que genera un déficit en el control postural (Thomas & Kalicinski, 2016).

A continuación se describen los diferentes sistemas y mecanismos que permiten la estabilidad postural y el mantenimiento del equilibrio dinámico.

Sistema nervioso central (SNC)

Los primeros mecanismos que utiliza el cuerpo para lograr un control antigravitatorio más eficiente son los reflejos posturales. Entre ellos se incluyen los reflejos miotático (de estiramiento u osteotendinoso) y tendinoso de Golgi que permiten el mantenimiento del tono y la postura, así como los de enderezamiento de la cabeza, del tronco y las extremidades.

La neuroplasticidad constituye un mecanismo fundamental en la adquisición de habilidades motoras. Y mediante el entrenamiento del equilibrio se han reportado adaptaciones a nivel espinal, en la vía corticoespinal, en áreas motoras corticales y en redes neuronales del cerebro (Bakker, 2024).

A nivel espinal se encontró dicha adaptación mediante entrenamiento con slackline en un estudio realizado por Keller et al. (2012), en el cual evaluaron la respuesta al reflejo de Hoffman (H-reflex) que no debe confundirse con el signo de Hoffman (signo patológico del sistema piramidal). El H-reflex es una medición neurofisiológica utilizada para evaluar la integridad del arco reflejo mediante la estimulación eléctrica a un nervio periférico. La disminución de sus valores se asocia al aumento de las demandas posturales. Y en este estudio, concluyeron que 4 semanas de entrenamiento con slackline mejora el control postural acompañado por las reducciones del reflejo de Hoffmann ya que los reflejos se encontraron significativamente disminuidos en el grupo intervención (cambios de 31-39%) comparado al grupo control (que obtuvo mejoras de entre 2-8%).

También se ha investigado la densidad de la materia gris (MG) la cual constituye un predictor en la estabilidad del equilibrio, independientemente de la edad de las personas (Boisgontier, 2016). Las redes neuronales de las vías motoras pueden ser indirectas: como las

áreas premotora y motora suplementaria que su menor actividad pueden marcar mejor automaticidad y performance para ciertas tareas de mayor demanda, mientras que las vías directas están encargadas por el área motora primaria y otras regiones como el cerebelo (Seidel-Marzi, 2021).

En esta área que es el SNC, convergen los distintos sistemas que de forma automática captan, integran y procesan la información del exterior para lograr el equilibrio de forma estable. Entre ellos tenemos: al sistema propioceptivo, visual y vestibular.

Sistema propioceptivo

Este sistema está integrado por receptores periféricos: de husos musculares, del órgano tendinoso de Golgi, de receptores articulares (corpúsculos de Ruffini, de Pacini y terminaciones libres) y cutáneos profundos. La información es transmitida a los centros de integración como son la médula espinal (arcos reflejos), la corteza somatosensorial, el cerebelo y los ganglios basales, para lograr mantener la postura, el equilibrio y la coordinación motora.

Esta comprende la sensación de movimiento (sinestesia) y de posición articular (Terra, 2019). Asimismo, este sistema resulta esencial en los movimientos de mayor complejidad, en los que la sinergia entre diferentes articulaciones y grupos musculares, permite coordinar acciones orientadas al equilibrio, y en este caso sobre el slackline. Esta sinergia en el plano frontal cuando se realiza slackline, se da con mayor énfasis en la carga-descarga de las caderas (Mildren, 2018), ya que los tobillos se encuentran limitados para efectuar los movimientos de eversión/inversión.

La práctica del slackline genera perturbaciones y oscilaciones multidireccionales que son amortiguados en mayor medida por el desplazamiento de las caderas, el tronco, la cabeza y los brazos sobre el eje. Una forma de evaluar y cuantificar cuán estable y controlado es el equilibrio, es midiendo la aceleración del CoM (del inglés *Center of Mass*, o centro de masa) y el momento angular (inercia de un cuerpo, que gira en relación con cierto punto). Los principiantes presentaron movimientos más amplios en las tres direcciones, mientras que los

practicantes experimentados mostraron un mayor movimiento en los codos, logrando mantener una posición más perpendicular en la alineación de los brazos, mayor estabilidad en la orientación de la cabeza y menor aceleración del CoM (Stein, 2022). Los movimientos de los brazos son iniciados por la pérdida del equilibrio y esto sirve para disminuir el momento angular del tronco y el tiempo de recuperación del equilibrio (Mildren, 2018), cuya respuesta de los miembros superiores se ve afectada o reducida en los adultos mayores, haciendo más inestable el tronco y propensión a sufrir caídas.

Schärli et al. (2013) observaron que, para permanecer más tiempo sobre la cinta, los niños de 8 años presentaban un mayor desplazamiento de la cabeza en relación con el espacio (*head-in-space*), mientras que los adultos mostraban un mayor desplazamiento de la cabeza respecto al tronco (*head-on-trunk*). En ambos grupos, la segunda desviación más registrada fue el desplazamiento del tronco respecto al espacio (*trunk-in-space*).

La importancia de la posición de la cabeza en el mantenimiento del equilibrio radica en que ahí se encuentran los otros dos sistemas fundamentales: el sistema vestibular y el visual.

Sistema vestibular y visual

Los sistemas vestibular y visual proveen información del propio movimiento y la orientación espacial. Y al igual que con el sistema propioceptivo se deben considerar los órganos receptores, sus vías de comunicación y los sistemas o estructuras de integración e intercomunicación.

En lo que respecta al sistema vestibular los órganos receptores son los canales semicirculares y los otolitos que se ubican en el sáculo y el utrículo, las vías de comunicación están compuestas por los nervios vestibulares, y los núcleos vestibulares del tronco encefálico y el cerebelo como estructuras de integración (Purves et al., 2018; Guyton & Hall, 2021). Por otro lado, el sistema visual capta la información a través de la córnea, el iris, conos y bastones, transmitida por los nervios oculares, e integrada en la corteza del lóbulo occipital (Bear et al., 2020; Kandel et al., 2021).

La estimulación del sistema vestibular resulta esencial para la percepción de los movimientos tanto rotacional (función del canal semicircular) como traslacional (función de los otolitos) y de las conexiones principalmente con las regiones hipocampales para desarrollar la memoria espacial (Dordevic, 2017).

Existe una dependencia vestibulo-hipocampal, en la cual las proyecciones vestibulares activan funcionalmente al hipocampo en lo que respecta a la orientación espacial (cuya relación luego se da con el lóbulo temporal) y el aprendizaje. Tras un mes de entrenamiento con slackline, los autores le atribuyen las mejoras en la orientación espacial y la habilidad de mantenerse en equilibrio al desarrollo del sistema vestibular (Dordevic, 2020), y aunque los cambios neuroanatómicos fueron mantenidos hasta luego de 2 meses sin entrenamiento, los efectos de equilibrio los perdieron en la etapa de seguimiento.

Una manera de estimular al sistema vestibular mediante el entrenamiento de equilibrio, es inhibiendo la información aferente del sistema visual. Cerrando los ojos aumenta la demanda de este sistema (al igual que en el sistema propioceptivo), y se ha observado una cierta mejoría en las pruebas de equilibrio en base inestable con ojos cerrados, respecto a las pruebas realizadas con ojos abiertos (Dordevic, 2017; Strang, 2011).

Con respecto al sistema visual, Assländer et al. (2015) sugieren que los entrenadores deben considerar esta influencia al trabajar el equilibrio, ya que encontraron una disminución en el balanceo del centro de masa al añadir señales visuales de posición y de velocidad a pruebas de inestabilidad, así como deben utilizar ejercicios con ojos cerrados para que ayuden a la evolución del control consciente del posicionamiento de las distintas partes del cuerpo.

Independientemente de la edad se observó que el entrenamiento con la ausencia de visión tuvo efecto en el equilibrio de amplios grupos etarios, pero que sorpresivamente los adultos mayores obtuvieron resultados parecidos a los adultos jóvenes y ligeramente mejores que los adolescentes (Nieto-Guisado, 2022).

Por el contrario, Rubega et al. (2021) al evaluar la postura dinámica durante una prueba de tarea dual, los más jóvenes parecieron no verse afectados al utilizar una estrategia basada en la fijación visual. En comparación con los ancianos, los cuales presentaron rigidez en la musculatura de las extremidades inferiores y del tronco.

Sin embargo, es difícil escindir y evaluar por separado cada uno de estos sistemas (junto al propioceptivo), ya que se encuentran estrechamente relacionados para garantizar el equilibrio corporal, en especial cuando se actúa sobre superficies inestables. En este sentido, la literatura señala que “la integración de señales visuales, vestibulares y somatosensoriales... son esenciales para las funciones cognitivas como la percepción del propio movimiento, la conciencia corporal, la navegación espacial y la memoria espacial” (Hötting, 2021, p. 2)

Sistema cognitivo

Ante las perturbaciones de la estabilidad, las respuestas están condicionadas no sólo por la parte autonómica, sino también por las funciones superiores de planificación y organización de movimiento. En este sentido, se documentaron efectos positivos en la perspectiva espacial (Hötting et al., 2021), en el control inhibitorio (Wen et al., 2023) y en la atención (Plaza & Gutiérrez, 2024).

Hötting et al. (2021) identificaron que una de las funciones cognitivas generales más estudiadas corresponde a las tareas visoespaciales. Dichas tareas evidenciaron una asociación positiva entre las habilidades de equilibrio avanzadas y las capacidades cognitivas espaciales, relación que no se encuentra mediada ni por el tiempo de práctica (dado que se compararon practicantes principiantes y avanzados de slackline) ni por el coeficiente intelectual general. No obstante, no se hallaron vínculos significativos con las funciones ejecutivas.

Respecto a estas últimas, Wen et al. (2023) señalan que comprenden tres procesos fundamentales: la inhibición, la memoria de trabajo y la flexibilidad cognitiva. Estos autores las definen de la siguiente manera: *“Inhibición: implica ser hábil para controlar la atención, el*

comportamiento, los pensamientos y/o las emociones para superar una tentación externa; memoria de trabajo: constructo psicológico para el almacenamiento temporal y la manipulación de información necesaria en tareas cognitivas complejas; flexibilidad cognitiva: también conocida como flexibilidad mental o shifting, es la capacidad de alternar entre modos de pensamiento y de considerar simultáneamente múltiples conceptos” (Wen, 2023, pp. 1-2).

En dicho estudio, los participantes evidenciaron un mejor control inhibitorio. Asimismo, al observarse mejoras en el estado de atención, se postuló que este factor podría optimizar el desempeño de las funciones ejecutivas. Para que el aprendizaje y la memoria resulten efectivos, es necesario focalizar la atención en un estímulo e inhibir aquellos que actúan como distractores (Terra, 2019).

La práctica de slackline demanda elevados niveles de concentración. Diversas investigaciones han demostrado que el entrenamiento específico de equilibrio produce mayores beneficios que la actividad física general (Plaza & Gutiérrez, 2024). La atención, entendida como foco y consciencia, se encuentra estrechamente vinculada con otras funciones cognitivas como la percepción, la memoria y la planificación de acciones motrices (Terra, 2019). En este marco, las actividades que exigen un alto grado de control postural favorecen el desarrollo de la atención concentrada.

Algunos proponen teorías neurocognitivas sobre las experiencias de flow (experiencia de “atención con alta relajación”), que conjeturan una capacidad limitada de los recursos atencionales disponibles y sugieren que ese flow debe resultar en la sincronización de redes neuronales de control en la atención selectiva (de Sampaio Barros, 2024).

En síntesis, el entrenamiento del equilibrio, al involucrar procesos de atención, control inhibitorio y habilidades visuoespaciales, se presenta como una estrategia prometedora para

potenciar funciones cognitivas superiores. Lo que puede verse reflejado en la mejora del rendimiento académico pero también en ámbitos deportivos, de prevención y rehabilitación.

Sistema metabólico

La actividad de este sistema está relacionado con el la función del SNA ya que regula varios de los parámetros corporales como la frecuencia cardíaca, la frecuencia respiratoria y las variaciones de temperatura, así como de la activación del eje hipotalámico-pituitario-adrenal (de Sampaio Barros, 2024), cuyos parámetros modifican directamente el gasto energético del organismo. Y frente a la exigencia que conlleva la práctica de slackline, el SNA es también afectado por la práctica de deportes extremos.

El gasto energético recomendado según las "Recomendaciones sobre la actividad física" de la OMS (Organización Mundial de la Salud) considerada "recomendación fuerte, con evidencia de certeza moderada" establece que para personas de entre 18 y 64 años sugiere que realicen ejercicio aeróbico de intensidad moderada 5 días a la semana durante 30 min o actividad de alta intensidad durante 15 min, 5 días a la semana. Considerando actividad de intensidad moderada al gasto energético equivalente entre 3-6 MET (Metabolic Equivalents of Task) y mayor a 6 MET para intensidad alta.

Considerando estas recomendaciones, Garber et al. (2011) encontraron una demanda de 4.8 a 7.1 MET para las pruebas de equilibrio con slackline en personas de entre 20 y 39 años. Y con similares resultados Baláš et al. (2023) compararon el gasto energético en practicantes de slackline con poca experiencia (mínimo de 1 año) y avanzados (5.4 ± 3 años de experiencia) y una edad media de 29.7 ± 9.6 años. En este caso se observó una demanda metabólica en los slackliners avanzados de 5.7 ± 0.95 y 3.9 ± 0.6 MET para las pruebas de WGS (caminata sobre slackline) y de 1LSS (equilibrio en un pie en slackline), respectivamente. Y con mayor gasto presentaron los menos experimentados 6.4 ± 1.2 y 5.0 ± 1.1 MET para las mismas pruebas.

Las caídas son frecuentes durante la práctica de slackline, lo que podría incrementar la demanda metabólica, explicando la variabilidad del 36–49% del $\dot{V}O_2$ - consumo de oxígeno-. Aunque esta demanda puede disminuir utilizando cintas con distinto ancho y tensión (Seidel-Marzi, 2021).

Habiendo visto con mayor detalle cada uno de los sistemas, cabe mencionar que si bien se describen de forma separada se encuentran interconectadas por diversas redes neuronales y se afectan unas a otras. De este modo, las múltiples aristas que tiene la práctica de slackline nos permite pensar maneras en las que puede utilizarse de manera terapéutica o educativa.

Prevención

Uno de los objetivos que se planteó en la presente revisión bibliográfica, es pensar ámbitos donde se pueda aplicar la práctica de slackline de forma preventiva en personas sanas. El aspecto preventivo es de suma importancia, por ejemplo para reducir el índice de lesiones en deportistas hasta en un 40%, especialmente en tobillos y rodillas (Hübscher, 2010; Emery, 2015) y el riesgo de caídas en adultos mayores, generando mayor autonomía funcional y mejorando su calidad de vida (Granacher, Gollhofer & Hortobágyi, 2013; Sherrington, 2019).

De esta manera, nos enfocamos en la prevención primaria, cuyos programas buscan alcanzar a la población de mayor riesgo para evitar la aparición de lesiones o enfermedades que le sean propias a cada franja etaria.

Los efectos positivos del entrenamiento del equilibrio en el impacto sobre el control postural estático y dinámico así como en la producción de fuerza de los miembros inferiores se han demostrado en niños, adolescentes, adultos jóvenes, adultos mayores y atletas de élite.(Granacher, 2010). Aunque también se ha visto que no todos los programas de propiocepción son efectivos (Nieto-Guisado, 2022).

Los programas preventivos de lesiones deben enfocarse en la promoción del equilibrio y la fuerza, ya que las mejoras de la propiocepción y el control motor están vinculados al desarrollo del sostén del equilibrio y la reducción de la fatiga (Granacher, 2010; Montull, 2023).

Los regímenes de entrenamiento de equilibrio pueden reducir la incidencia de ciertos tipos de lesiones deportivas entre adolescentes y adultos jóvenes durante la actividad deportiva (Hübscher, 2010; Pfusterschmied, 2013). Aunque se debe mencionar que el equilibrio estático presenta efectos más altos sobre las caídas y el miedo a las caídas, respecto al equilibrio dinámico (Monteiro, 2019).

De acuerdo con los marcos cognitivos, las interacciones sensoriomotoras con el entorno juegan un rol importante en el desarrollo y mantenimiento de habilidades cognitivas avanzadas (Hötting, 2021). Adoptando un abordaje holístico que combine entrenamiento estructurado y juegos libres, se puede optimizar el desarrollo atencional en niños (Plaza & Gutiérrez, 2024). Siendo que los síntomas de desatención también pueden generar problemas de comportamiento en las relaciones sociales de los individuos afectados por esa característica (Terra, 2019).

Sumado al aspecto social, en el ámbito educativo resultan fundamentales las prácticas corporales de aventura ya que incentivan el protagonismo, la autonomía y la resiliencia de los estudiantes. A diferencia de las actividades deportivas tradicionales, las prácticas de aventura son frecuentemente realizadas en espacios abiertos, parques y en la propia naturaleza, lo que proporciona a los alumnos una experiencia desafiante. Varias situaciones desafiantes de equilibrio deben ser aplicadas en estos entrenamientos (Abrão, 2025; Serrien, 2017).

No todos los elementos de inestabilidad producen un estímulo suficiente para mejorar el rendimiento deportivo o para prevenir las lesiones traumáticas de los miembros inferiores (Pfusterschmied, 2013).

. En slackline, los posibles efectos en prevención y rehabilitación pueden ser mayores en el complejo articular de rodillas y caderas comparado con otros dispositivos. Los cuádriceps

y gastrocnemios fueron mencionados como los músculos más ejercitados durante la práctica de slackline. Y según Santos et al. (2016) puede ser usado de forma profiláctica ya que esta expresa una clara tendencia a mejorar la estabilidad del tobillo. Aunque los cambios en dicha estabilidad no son suficientes para tener efectos preventivos según Granacher et al. (2010).

Sin embargo, las estrategias de equilibrio utilizadas con slackline no pudieron ser transferidas a tareas de equilibrio estático, cumpliendo con el principio de especificidad del entrenamiento. Esta pobre transferencia implica que el entrenamiento en slackline no debe ser usado de forma solitaria en aquellos sujetos que quieran mejorar el control postural en aspectos más generales (Serrien, 2017). Por lo tanto se recomienda comenzar un programa de inestabilidad con una superficie más estable (como el bosu) seguido de actividades de equilibrio más dinámicas como el slackline con y sin soportes (Pfusterschmied, 2013).

Método

Estrategia de búsqueda

En la presente revisión bibliográfica se realizó la búsqueda en las bases de datos PubMed y Dialnet. Se seleccionaron artículos publicados entre enero de 2010 y agosto de 2024. La búsqueda se realizó empleando las siguientes palabras clave: “slackline”, “cuerda floja”, “corda floixa”, “tightrope”, “highline”, “waterline”, “trickline” y “longline”. A su vez, se aplicaron filtros de tipos de estudio: ensayo controlado, revisión y revisión sistemática (“controlled trial”, “review” y “systematic review” respectivamente); de idiomas: en inglés, español y portugués; y de rango temporal como se mencionó anteriormente.

Criterios de elegibilidad

La selección de los artículos y los filtros aplicados responden a los criterios de inclusión y exclusión. Comprende por un lado, los criterios de inclusión cuyas condición son: que sean ensayos clínicos y revisiones sistemáticas (con o sin meta-análisis), que sea en población sana de amplias franjas etarias (de 6 a 80 años) y que las publicaciones sean en inglés, español o portugués. Por otro lado, los criterios de exclusión contrastan con los primeros, ya que no se consideraron los reportes de caso y estudios descriptivos, los ensayos clínicos y revisiones sistemáticas realizadas en población con patologías, y las publicaciones en otros idiomas.

Procesamiento de la información

Los estudios identificados fueron analizados considerando la población participante (grupo etario), los sistemas implicados (estructuras propias del equilibrio o del sistema nervioso central), los instrumentos de evaluación empleados (herramientas de medición) y los principales resultados obtenidos.

En relación con la edad de los participantes, los estudios se agruparon en tres categorías etarias: niños (6 a 15 años), adolescentes y adultos jóvenes (16 a 40 años), y adultos mayores (más de 60 años). Los sistemas abordados en las investigaciones fueron evaluados mediante distintos enfoques: funcional, a través de pruebas como el *Star Excursion Balance Test* (SEBT); anatómico, mediante estudios de resonancia magnética; y analítico, utilizando plataformas de fuerza y sensores de movimiento.

Resultados

Extracción de datos

En ambas fuentes consultadas, la única palabra clave en arrojar resultados fue “slackline”.

En Pubmed, se obtuvieron 55 resultados, de los cuales, al aplicar los filtros de tipos de estudio (ensayos clínicos, revisiones y revisiones sistemáticas), quedaron 21 resultados. Finalmente, teniendo en cuenta los criterios de exclusión quedaron 13 estudios seleccionados, ya que el resto fueron abordados sobre patologías y en uno de ellos, no se referencian las edades de las personas que participaron. Se encontraron dos revisiones sistemáticas con meta-análisis, de los cuales uno incluyó todos los grupos etarios y el otro, sólo a los adultos mayores. Y 11 ensayos clínicos donde fueron evaluados la población de niños en 2 de ellos, en 6 los adolescentes y adultos jóvenes, y en 3 los adultos mayores.

En el caso de Dialnet, se obtuvieron 12 resultados con la palabra “slackline” sin aplicar filtros, pero 8 de ellos fueron descartados ya que se encontraron estudios descriptivos, sobre patologías o encuestas, en idioma alemán o duplicado con la búsqueda en Pubmed. Por lo tanto 4 ensayos quedaron seleccionados, en los que se evaluó a niños en 2 de ellos y los otros 2 en adolescentes/ adultos.

En lo que respecta a la temporalidad de prácticas en las distintas franjas etarias, se realizaron investigaciones con períodos de entrenamiento de corto plazo (3 semanas o menos) sólo para el grupo de adolescentes y adultos jóvenes, y de mediano plazo (entre 4 y 12 semanas) para todas las edades. En sólo una revisión sistemática con meta-análisis se han integrado todas las franjas etarias (con intervenciones de entre 4 y 6 semanas).

En ambas fuentes se han encontrado varios estudios con más de una herramienta de medición, y según los grupos etarios, estas son las que se han evaluado:

Niños

Se ha investigado en estas edades, sobre equilibrio estático y dinámico (Donath, 2013; Trecroci, 2018; Ferri-Marini, 2020), actividad muscular (Donath, 2013), cambios de dirección , salto vertical y diversión (Trecroci, 2018) y atención selectiva (Plaza & Gutiérrez, 2024).

Con estudios experimentales que han durado entre 6 y 12 semanas, se han visto resultados favorables para la mejora del equilibrio estático sobre bases inestables (Ferri-Marini et al., 2020) y dinámico (Donath et al., 2013; Trecroci et al., 2018), incluso utilizando otros programas de entrenamiento de equilibrio, aunque con el slackline se asocie a un mayor disfrute percibido por parte de los participantes (Trecroci et al., 2018).

La disminución en la actividad muscular fue investigada por Donath et al. (2013), cuyas reducciones significativas se dieron en el músculo sóleo, y en menor medida en los gastrocnemios y tibial anterior.

En el aspecto cognitivo se incorporó la evaluación del Test D-2, mostrando que tanto el entrenamiento con slackline como el balance tradicional pueden favorecer la atención sostenida y la concentración, aunque con pequeñas pero mayores diferencias favorables para los que practicaron slackline (Plaza & Gutiérrez, 2024).

Por el contrario, se han evaluado pero sin resultados significativos, el desplazamiento del centro de masa (Donath et al., 2013), la transferencia o la mejora de los saltos (Donath et al., 2013; Trecroci et al., 2018), y por parte de Ferri-Marini et al. (2020) sin mejoras o muy poca del equilibrio dinámico utilizando el Bass test.

Adolescentes/ Adultos jóvenes

Las pruebas que les realizaron fueron de equilibrio estático y dinámico (Santos, 2016; Volery, 2017; Giboin, 2018; Reyes-Ferrada, 2021; Rutkowski, 2022), saltos (Santos, 2016; Volery, 2017; Giboin, Gruber & Kramer, 2018), resistencia del core (Reyes-Ferrada, 2021), actividad muscular (Pfusterschmieda, 2013; Santos, 2016), cinemática (Pfusterschmieda,

2013), gasto energético (Rutkowski, 2022) y morfología del sistema nervioso central con resonancias magnéticas (Ueta, 2022; Koschutnig, 2024).

En los últimos 5 años sólo se han realizado ensayos con entrenamientos de períodos cortos, de entre 60 y 270 min. En los que se ha observado a nivel funcional, que los slackliners experimentados mostraron mejor equilibrio dinámico y mayor resistencia de músculos flexores y laterales del core o zona media, comparado a personas inactivas (Reyes-Ferrada et al., 2021), y una mejora significativa tanto en la velocidad del “Tandem walk test” como en la velocidad de oscilación en superficies inestables (Rutkowski et al., 2022). Además se comprobó que el gasto energético al realizar slackline llega a ser de intensidad moderada-alta medida en METs (equivalente metabólico) con un valor de 6.0 (± 0.7) y con un gasto calórico de 85 kcal por sesión (Rutkowski et al., 2022).

A su vez, en el SNC se han observado mejoras notables en el fascículo arqueado (conecta áreas de Broca y de Wernicke), el fascículo longitudinal superior (atención visuoespacial), vía retículo-talámico (estado de conciencia y alerta) y el tracto corticoespinal (movimiento voluntario) y el fórceps mayor (conecta lóbulos occipitales). Así como una reducción generalizada de los parámetros de dispersión y densidad de la orientación de las neuritas (Koschutnig et al., 2024). También Ueta et al. (2022) encontraron cambios en la conectividad funcional (rs-FC) asociados a mejoras de rendimiento (completando el tiempo de equilibrio en slackline, parado y caminando).

Por otro lado, los estudios más antiguos fueron realizados con períodos de mediano plazo (entre 4 y 12 semanas) y se ha observado que las mejoras en el equilibrio son específicas a las tareas entrenadas, con limitada transferencia a tareas no entrenadas (Giboin, Gruber & Kramer, 2018; Santos et al., 2016). Una de estas tareas, fueron los saltos, que no mostraron cambios significativos según Santos et al. (2016) y Giboin, Gruber & Kramer (2018) pero si lo hicieron en los resultados obtenidos por Volery et al. (2017).

Sumado a esto, la actividad muscular que se registró fue mayor en cuádriceps y gastrocnemios (Pfusterschmied et al., 2013; Santos et al., 2016), acompañado con una reducción del movimiento de la articulación de la rodilla y una menor oscilación de la plataforma (Pfusterschmied et al., 2013). Y mejoras en fuerza máxima, así como mejoras en habilidades sensoriomotoras (Volery et al., 2017) y mayor velocidad angular en el complejo articular de tobillo/rodilla/cadera (Pfusterschmied et al., 2013).

Con 6 semanas de intervención se obtuvieron resultados en los cuales Santos et al. (2016) propusieron al slackline como complemento profiláctico para la estabilidad del tobillo.

Adultos mayores

En esta población se evaluó el equilibrio con y sin slackline (Donath, 2015; Thomas y Kalicinski, 2016; Magon, 2016) , con y sin perturbaciones (Thomas y Kalicinski, 2016), la fuerza en músculos del tobillo (Donath, 2015) y con resonancia magnética (Magon, 2016).

Si bien se observaron mejoras significativas en tiempo parado en el slackline, no se encontraron efectos relevantes para el desplazamiento del CoP total y medio-lateral (Donath et al., 2015; Glänzel et al., 2022). En slackline, Donath et al. (2015) no encontraron mejoras con posición de pie en tándem, pero sí lo han hecho Thomas & Kalicinski (2016) y Glänzel et al. (2022) en el control postural, el equilibrio dinámico, las respuestas reactivas, y el equilibrio en un pie sin perturbaciones y en tándem con perturbaciones.

Estas mejoras se vieron acompañadas por una menor activación de los músculos de las extremidades inferiores (basado en mejoras de las estrategias de equilibrio basadas en la cadera y el tobillo) y del tronco, así como de una reducción en la excitabilidad de los reflejos espinales (Donath et al., 2015; Glänzel et al., 2022). También la mejora del rendimiento se asoció a cambios en la conectividad estriatal, aunque sin cambios morfológicos relevantes (Magon et al., 2016), y tampoco se observaron efectos significativos en desarrollo de la fuerza de tobillo (Donath et al., 2015).

Por otro lado, también se han descrito niveles altos de autoconfianza, ausencia de temor a caídas entre los practicantes y una autopercepción positiva de su capacidad para mantener el equilibrio (Thomas & Kalicinski, 2016).

A continuación se presenta una tabla resumiendo la información más relevante de los estudios seleccionados en la presente revisión bibliográfica:

#	Referencia (año)	Población (edad)	Tamaño muestral	Grupos	Intervención	Evaluaciones realizadas	Herramientas de medición/ Pruebas	Resultados principales
1	Donath et al. (2017)	Combinado: niños, adultos jóvenes y adultos mayores (varios diseños)	204	META-ANÁLISIS= 8 ensayos	4 a 6 semanas con 16 ± 7 sesiones (8 a 28 sesiones)	Comparación general de efectos en equilibrio estático/dinámico; Tiempo de postura; Transferencia a tareas no entrenadas	Tiempo de equilibrio unipodal sobre slackline Postura unipodal sobre una plataforma de fuerza Velocidad media de oscilación de la plataforma y el desplazamiento del centro de presión (CoP)	Slackline produce mejoras específicas (tiempos de postura y tareas cercanas al entrenamiento); transferencia a tareas diferentes es limitada.
2	Donath et al. (2013)	Niños escolares (10.1 ± 0.4 años)	21	Grupo intervención (INT; n = 21) vs Grupo control (CON; n=13)	6 semanas/ 5 sesiones x sem/ 10 min x ses	Balanceo postural (CoP-Center of Pressure) Equilibrio en slackline monopedal y bipedal	Plataforma de fuerza en suelo rígido (eq. estático) y en una jaula (eq. dinámico); Vigas de equilibrio Slackline pedagógico (5m largo x 30 cm alto)	Sin cambios significativos en el desplazamiento del centro de masa (CoP) Mejora marcada en posturas específicas sobre slackline

						Salto CMJ (Counter movement Jump)	Plataforma de fuerza vertical	Poca o nula transferencia a salto (CMJ)
						Actividad muscular	EMG (Electromiograma) en músculos Soleo, Gastrocnemio y Tibial anterior	Cambios en actividad muscular (reducción significativa en M. Sóleo y en menor medida en Gastrocnemio y Tibial anterior)
3	Trecroci et al. (2018)	Preadolescentes (11.24 ± 0.35 años)	42	Entrenamiento de balance (BLT vs Slackline (SLT) vs Grupo control (CNT))	12 semanas / 2 sesiones x semana / 25 minutos x sesión	Equilibrio estático y dinámico	Sistema de evaluación de errores de equilibrio (BESS); prueba de equilibrio de excursión a la estrella (SEBT)	Ambos entrenamientos (balance y slackline) mejoran resultados en pruebas de equilibrio estático y dinámico de forma similar.
						Cambios de dirección y salto vertical	Sprints con giros 90° (S90), CMJ (salto)	Ambos entrenamientos (balance y slackline) mejoran el cambio de dirección. Pero sin mejoras en CMJ.
						Disfrute	PACES (Physical Activity Enjoyment Scale)	Slackline aumentó disfrute percibido
4	Ferri-Marini et al. (2020)	Niños escolares (10.8 ± 1.8 años)	18	Grupo experimental (EG) vs Grupo control (CG)	6 semanas / 3 sesiones x semana / 2 horas actividades deportivas	Equilibrio estático en superficies estables/inestables	Stork Stand Balance Test (SST) con ojos abiertos (SST open), ojos cerrados (SST closed) y en bosu (SSTac)	Mejora en todas las pruebas, pero más marcada en SST sobre base inestable (SSTac).
						Equilibrio dinámico en superficies	Bass test (BASS)	Sin mejoras o muy poca del equilibrio dinámico.

						estables/inestables		
5	Plaza & Gutiérrez (2024)	Niños escolares (7.8 ± 1.93 años)	20	Entrenamiento de equilibrio (BBT) vs Actividades en tiempo libre (FTA)	8 semanas/ 5 sesiones x sem/ 60 min x ses (2/5 ses con slack)	Atención	D-2 Test	Ambos grupos mejoraron sus medidas de atención. Con pequeña superioridad en BBT.
6	Pfusterschmidt et al. (2013)	Adultos jóvenes (24 ± 0.7 años)	24	Entrenamiento con slackline (SG) vs Grupo control (CG)	4 semanas/ 10 sesiones/ 90 min x ses	Perturbación medio-lateral	Plataforma de balanceo multi-axial	La actividad muscular preparatoria del músculo RF provoca una reducción del movimiento de la articulación de la rodilla y una menor oscilación de la plataforma.
						Cinemática articular de miembros inferiores	Sistema de análisis de movimiento con 8 cámaras y 16 marcadores reflectantes.	Mayor velocidad angular en tobillo/rodilla/cadera
						Actividad muscular	EMG en tibial anterior (TA), gastrocnemio medial (GA), recto femoral (RF), bíceps femoral (BF), glúteo medio (GM) y aductor largo (AL).	Distinta activación muscular (mayor RF)

7	Santos et al. (2016)	Adolescentes/adultos jóvenes (16 a 31 años)	25	Grupo experimental (EG; n= 13) vs Grupo control (GC; n= 12)	6 semanas / 3 sesiones x semana 5 a 9 min x ses	Test de control postural (CoP)	Plataforma baropodométrica	Mejoras significativas en control postural específico. Aplicable como complemento profiláctico para estabilidad del tobillo.
						Salto	CMJ y Prueba de salto de rendimiento máximo de 30 segundos	Salto no siempre cambia significativamente.
						Actividad muscular	EMG de superficie (EMGS)	Musculatura más implicada: cuádriceps y gastrocnemios.
8	Volery et al. (2017)	Adultos jóvenes (20.3 ± 2.2 años)	43	sensoriomotor tradicional (tSMT; n=15) vs slackline (SLT; n=15)	6 semanas / 3 sesiones x semana 15 min x ses	Percepción de estado de salud y motivación.	Ergometría en velocidad moderada y cuestionario de percepción de su estado de salud y motivación durante la intervención.	Los practicantes de slackline manifestaron la percepción de haber logrado un mayor progreso
						Aterrizaje tras salto con una sola pierna (36 cm de alto); Multifunctional training device S3-check (MFT S3-Check) ; Press de piernas	Plataforma de fuerza	Mejoras en habilidades sensoriomotoras. Mejoras en fuerza máxima
						Salto (CMJ)		Las mejoras se observaron

				vs grupo control (CON; n=13)				independientemente del tipo de entrenamiento.
9	Giboin, Gruber & Kramer (2018)	Adultos jóvenes (21.9 ± 2.3 años)	26	Grupo entrenamiento (n=12) vs Grupo control (n=14)	12 semanas / 2 sesiones x semana / 45 min x sesión	Tareas de equilibrio (entrenadas y no entrenadas)	Slackline (5m largo, 42cm alto, 3 cm ancho); Slackline LAB (5m largo, 37cm altura, 5cm alto); Sensoboard (plataforma sostenida por bandas elásticas sobre una superficie semiesférica); Tabla de inclinación medio-lateral (TBML) y antero-posterior (TBAP); Equilibrio en una pierna con ojos abiertos (1LEO) y con ojos cerrados (1LEC)	Sólo mejoras en tareas entrenadas (Slackline y slackline lab), limitada transferencia a tareas no entrenadas.
						Salto (CMJ)	Plataforma de fuerza	Sin mejoras significativas
10	Reyes-Ferrada et al. (2021)	Adultos jóvenes (24.5 ± 3.6 años)	18	Grupo slackline (SG) vs Grupo control (CG)	Slackliners con experiencia (5.5 ± 2.2 años) vs inactivos	Pruebas de resistencia muscular del core (CE-Core Endurance)	Batería de pruebas McGill: flexores del tronco, extensores del tronco y puentes laterales (derecho e izquierdo)	Slackliners mostraron mayor resistencia de músculos flexores y laterales del core; relación positiva con años de práctica.
						Pruebas de equilibrio dinámico (DB)	prueba de equilibrio de excursión a la estrella	Slackliners mostraron mejor equilibrio dinámico

							modificada (mSEBT)	
11	Ueta et al. (2022)	Adultos jóvenes (22 ± 1 años)	28	Entrenamiento con slackline (SL) vs Ejercicios aeróbicos (AE)	2 sesiones x 30 min (28 a 47 días entre sesiones)	Conectividad funcional en estado de reposo (rs-FC); densidad de fibras de la sustancia blanca (WM) y volumen de la sustancia gris (GMV)	Resonancia Magnética (MRI) multimodal: Imágenes en estado de reposo (rsfMRI), T1, T2 y de difusión (DWI)	Cambios en conectividad funcional (rs-FC) asociados a mejoras de rendimiento; Capacidad de equilibrio relacionada con los valores iniciales de densidad de fibras comisurales.
						Performance del equilibrio y frecuencia cardíaca (HR)	Slackline parado (SLstand), slackline caminando (SLwalk), un pie en el piso (STfloor), disco de equilibrio con ojos cerrados (STdisc) y la prueba de equilibrio de excursión a la estrella (SEBT)	Los participantes alcanzaron el límite máximo de medición en las evaluaciones SLstand, SLwalk y STfloor realizadas después de la prueba SL.
12	Rutkowski et al. (2022)	Adultos jóvenes (22.4 ± 1.5 años)	28	Grupo experimental (EG) vs Grupo control (GC)	5 sesiones x 15 min	Gasto energético	SenseWear: expresado en MET (Equivalente metabólico) y kcal (kilocalorías).	Gasto energético de 6.0 (±0.7) MET /85 kcal;
						Medidas de equilibrio estático/dinámico	Prueba clínica modificada de interacción sensorial en el equilibrio (mCTSIB) Tandem walk test	Mejora específica de la velocidad de oscilación en superficies inestables Mejora significativa en la velocidad del Tandem walk test

13	Koschutnig et al. (2024)	Adultos jóvenes (25.4 ± 3.01 años)	53	Grupo slackline (n=25) Grupo control (n=28)	3 semanas/ 1 sesión x semana/ 90 min x sesión	Cambios en la morfología de la sustancia blanca (WM)	Resonancia magnética (basados en vóxeles y basados en píxeles)	Mejoras notables en el fascículo arqueado (conecta áreas de Broca y de Wernicke), el fascículo longitudinal superior (atención visuoespacial), el tracto retículo-talámico, el tracto corticoespinal y el fórceps mayor (conecta lóbulos occipitales); Reducción generalizada de los parámetros NODDI (dispersión y densidad de la orientación de las neuritas); No se observaron cambios en la sustancia blanca del grupo control. Durante la evaluación de seguimiento, solo una pequeña parte de estos efectos
----	--------------------------	------------------------------------	----	--	---	--	--	---

								persistió.
14	Donath et al. (2015)	Adultos mayores (64.4 ± 3.7 años)	32	Grupo intervención (INT) vs Grupo control (CON)	6 semanas / 3 sesiones x sem / 20 min x ses	Equilibrio; Desplazamiento del centro de presión (CoP)	Tiempo parado en slackline Plataforma de fuerza (Ambas en tandem y con cada pie)	No se encontraron efectos relevantes para el desplazamiento del CoP total y medio-lateral. Mejoras significativas en tiempo parado en el slackline.
						Fuerza de tobillo	Fuerza máxima; RFD (Ratio de desarrollo de fuerza)	No se observaron efectos significativos
						Actividad muscular	SEMG (de superficie) en músculos de miembro inferior (SOL: Sóleo; GAS: Gastrocnemio; TIB: Tibial anterior) y del tronco (EO: Oblicuo externo; RA: Recto abdominal; MF: multifidos y GM: Glúteo medio)	La actividad muscular del tronco y las extremidades inferiores disminuyó notablemente tras el periodo de entrenamiento, gracias a la mejora de las estrategias de equilibrio basadas en la cadera y el tobillo.
15	Thomas & Kalicinski (2016)	Adultos mayores (66.83 ± 5.45 años)	24	Grupo slackline vs Grupo control	6 semanas / 2 sesiones x sem / 70 min x ses	Tests de control postural	Plataforma de movimiento: equilibrio con y sin perturbaciones, en tandem y en un pie	Slackline mejora equilibrio en un pie sin perturbaciones y en tandem con perturbaciones.
						Riesgo de caídas	Escala de Autopercepción de Riesgo de Caídas (FES-I) Escala de	FES-I: Ninguno de los participantes tenía una preocupación importante por las

							Autoconfianza en el Equilibrio para Actividades Específicas (ABC)	caídas. ABC: Todos los participantes tienen una autopercepción positiva de su capacidad para mantener el equilibrio.
16	Magon et al. (2016)	Adultos mayores (62.3 ± 5.4 años)	28	Grupo intervención vs Grupo control	6 semanas/ 3 sesiones x semana / 30 min x ses	Cambios morfológicos cerebrales	Resonancia magnética (MRI): morfometría basada en vóxeles y se analizaron los cambios en la conectividad funcional.	Slackline mejora rendimiento de equilibrio y se asocia a cambios en conectividad estriatal; sin cambios morfológicos relevantes.
17	Glänz et al. (2022)	Adultos mayores (ensayos controlados aleatorizados)	118	META-ANÁLISIS= 4 ensayos	3 ensayos x 6 semanas (1 x 12 ses; 2 x 18 ses) 1 ensayo x 3 semanas (6 sesiones)	Equilibrio estático y dinámico	Centro de presión (CoP) y tiempo de equilibrio sobre el slackline	Mejoría en el control postural, especialmente en actividades específicas (tiempo de pie en slackline). Mejoras en el equilibrio dinámico y las respuestas reactivas. Menor activación de los músculos de las extremidades inferiores y del tronco. Reducción en la excitabilidad de los reflejos espinales. El desplazamiento del centro de presión no parece verse afectado.

Síntesis y conclusiones

A partir de lo obtenido en esta revisión bibliográfica, podemos decir que se confirmó la primer hipótesis donde se formuló que la práctica de slackline tiene efectos beneficiosos sobre las personas sanas de todas las franjas etarias, principalmente en las adaptaciones para el desarrollo del equilibrio dinámico en específico sobre bases inestables, acompañado de una menor activación muscular en miembros inferiores y en zona media o core, y disminución de excitabilidad de los reflejos posturales. Y en menor medida se observaron resultados favorables tanto para los aspectos cognitivos (de aprendizaje y motivación), como fisiológicos (gasto energético) y neuroestructurales (morfológicos del SNC).

En la segunda hipótesis se plantea que la práctica de forma regular o eventual del equilibrio en slackline puede ser utilizada de forma preventiva en sesiones de entrenamiento. En este caso, los resultados obtenidos con los entrenamientos de mediano plazo (entre 4 y 12 semanas) concluyen en lo descrito anteriormente, mientras que en los estudios realizados en cortos períodos (menos de 3 semanas) fueron hechos sólo en adultos jóvenes pero se pudo evidenciar una mejora en las habilidades del equilibrio específicas del slackline con transferencia limitada a otras tareas no entrenadas (al igual que en períodos más prolongados), así como cambios morfológicos del SNC, aunque las modificaciones no fueron retenidas en la evaluación de seguimiento.

El slackline es una herramienta que debe ser utilizada con otros dispositivos de inestabilidad, así como complementada con los entrenamientos de fuerza, coordinación, espacialidad visuo-vestibular y propiocepción. Cuando se elige esta disciplina dentro de un plan, se deben considerar los objetivos, capacidades y posibilidades de mejoras del grupo con el que se trabaje, según el grupo etario y si presenta o no alguna afección.

Generando las condiciones de seguridad para que la práctica sea segura y efectiva, mediante barras laterales, guías superiores, colchonetas o la asistencia manual. El aumento

paulatino del largo, el alto y la tensión de las cintas son fundamentales para evitar complicaciones y reducir riesgos.

Niños

Con 6 a 12 semanas de intervención se han obtenido buenos resultados. En ámbitos educativos, se encontraron mejoras en el rendimiento académico de los niños a partir de una mayor capacidad de mantener el foco y la atención. El nivel de motivación también es considerable y dentro de un circuito de estimulación múltiple puede favorecer a los aspectos cognitivos, metabólicos y socio-afectivos.

Comenzando con cintas de 2" (5 cm) de ancho, de entre 3 y 7 m de largo, entre 10 y 20 cm de altura y una tensión alta con poco zag. Se puede en pocas semanas alcanzar los 15 m de largo y una menor tensión, o incluso disminuir la superficie de apoyo con cintas de 1" (2,5 cm) de ancho. Se aconseja utilizar guías superiores o asistencia manual para luego estimular su independencia y que las caídas de la cinta sean controladas.

Adolescentes / adultos jóvenes

Para evitar el sedentarismo, el slackline es una gran herramienta sumado a lo anterior, debido al gasto energético que demostró tener. Aunque con el tiempo se empieza a desarrollar un proceso de adaptación que disminuye este desgaste. También con el transcurso de los años se ha evidenciado mayor resistencia del core o zona media en comparación con los que llevan poco tiempo entrenando.

La progresión en el largo, la altura y la tensión, así como las medidas de seguridad siempre son importantes, aunque el riesgo de caídas en este grupo sea de menor magnitud. La incidencia del slackline en los saltos, tuvo resultados pocos concluyentes, ya que se han entrenado de forma separada, las cuales podrían combinarse (saltando sobre el mismo slackline, del slackline al suelo o del suelo a la cinta) perfeccionando los reflejos neuromusculares y la fuerza de reacción al aterrizar en cualquiera de las superficies, estables o inestables.

Su repercusión en amplias zonas cerebrales demostrada por estudios de imágenes, nos permite pensar que su práctica por períodos prolongados (más de 12 semanas) puede resultar preventivo de procesos neurodegenerativos, incluso que estos efectos sobre el SNC puedan ser replicados en personas de otras franjas etarias.

Adultos mayores

Las precauciones que se deben tomar con los ancianos son aún mayores, tanto con elementos de asistencia, con la progresividad del entrenamiento y controlando la altura del slackline. Se deben evaluar los riesgos-beneficios y descartar que los participantes presenten afecciones que puedan ser contraindicadas como osteoporosis o alteraciones sensoriales.

Con sólo 6 semanas se han reportado varios beneficios pero que no necesariamente se traducen en disminución del riesgo de caídas, y para tal fin se sugiere que no sólo el slackline se integre en un plan de entrenamiento integral, sino también que se amplíe el estímulo al menos durante 3 meses para contrarrestar el declive propio de la vejez.

Aportes y contribuciones de la investigación

La práctica de actividad física y en especial de los programas de entrenamiento de equilibrio son beneficiosos para el estado de salud general, pero su transferencia a las actividades de la vida diaria y su impacto en el riesgo de caídas es limitada según las evidencias. De hecho, la actividad en slackline es una herramienta efectiva para las tareas específicas de equilibrio en bases inestables pero no para equilibrio estático. Aunque deben desarrollarse investigaciones con mayor tiempo de intervención.

La mayor diferencia con otros programas de equilibrio y lo novedoso del slackline es la sensación de disfrute que perciben los practicantes, así como la posibilidad de complejizar el desafío modificando el largo, la altura, la tensión y el ancho de las cintas.

En síntesis, el entrenamiento del equilibrio mediante slackline se configura como una herramienta versátil que no sólo desafía los sistemas neuromusculares y sensoriales, sino que también potencia funciones cognitivas y metabólicas relevantes para la vida diaria si se practica de forma cotidiana o regular.

Ámbitos preventivos

A nivel músculo-esquelético, se puede considerar al slackline como recurso para fortalecer la musculatura de los miembros inferiores en general, y de los gastrocnemios y cuádriceps en particular, y estabilizar las articulaciones del tobillo, rodilla y cadera. .

Las mejoras en el sistema cognitivo de los niños, cuyos niveles de atención y enfoque aumentaron y con ello su rendimiento académico, nos permite pensar como posibles ámbitos de aplicación, a los espacios educativos y escolares. Sumado a la percepción de disfrute que se evidenció, toma relevancia como una herramienta para generar mayor adhesión y constancia en la actividad física, pudiendo a su vez complementarse con otras actividades.

En el sistema de salud, como estímulo para prevenir el sedentarismo en personas de diversas franjas etarias, ya que el gasto energético que pudo cuantificarse en adultos jóvenes está dentro de los parámetros en las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Se debe considerar que todas las intervenciones fueron realizadas en espacios cerrados, mientras que su uso en espacios abiertos en torno a la naturaleza, incluye otros estímulos propios de las actividades de aventura, que resultan desafiantes e integran aprendizajes como la sociabilidad y la concientización ambiental así como autonomía y resiliencia. Esta es una alternativa más, que la convierte en una opción de gran valor práctico para promover la salud integral.

Finalmente, deben tomarse ciertas precauciones (sobre todo en adultos mayores) para evitar que las caídas del slackline produzcan lesiones. Cuyos recaudos pueden considerar: complementar el slackline con otros dispositivos de menor inestabilidad previamente, el

aumento paulatino del largo y alto de las cintas, y disminución de forma progresiva la asistencia durante la práctica.

Limitaciones de la investigación

Si bien las fuentes donde se realizaron las búsquedas tienen ciertas condiciones básicas de carácter científico para que su publicación sea efectiva, la calidad de las investigaciones se pueden mejorar. Por ejemplo, en la revisión sistemática con meta-análisis realizada por Donath et al. (2016) se han utilizado 8 ensayos con un puntaje PEDro de 6.5 ± 0.9 de 10. Y en el que realizaron Glänzel et al. (2022) se analizaron 4 ensayos clínicos con un puntaje PEDro 6/10 en todos ellos.

A su vez, en los estudios se observó una muestra pequeña: en cada estudio en particular y en el total de ellos en general. Además, aunque se realizaron estudios en amplias franjas etarias, se encuentran ausentes las investigaciones sobre personas de entre 40 y 60 años.

Por otro lado, aunque los sistemas a evaluar y sus parámetros a considerar pudieron coincidir, sus herramientas de medición son muy heterogéneas incluso para un mismo tópico. Así como las intervenciones realizadas, las cuales en el aspecto temporal no superaron las 12 semanas (períodos de mediano plazo).

Líneas de investigación futuras

Como se mencionó anteriormente, la calidad de estudios y las muestras poblacionales se pueden seguir mejorando y ampliando. Así como el análisis de seguimiento de la población estudiada, una vez que dejan de realizar equilibrio en slackline, para conocer cuáles y cuántos de los efectos logrados o adquiridos en la investigación se conservan a lo largo del tiempo.

Es imprescindible que para obtener resultados más concluyentes, en los próximos estudios deberán unificarse los criterios de selección para las herramientas de medición.

Algunas influencias del slackline siguen inconclusas como su efecto en los saltos, debido a la heterogeneidad de los instrumentos de medición. A su vez, los saltos se pueden combinar con slackline (realizando saltos desde o hacia la cinta y el piso) para verificar cambios en cada uno por separado.

Con respecto a las evaluaciones que se desarrollaron en un sólo grupo etario, como son el gasto energético (en adultos jóvenes) y el desarrollo de la atención y el enfoque (en niños), se deben seguir investigando en personas de todas las edades.

Por último, realizar intervenciones de más largo plazo (a partir de los 4 meses) enriquecerá el conocimiento científico que se tiene hasta el momento.

Referencias bibliográficas

- Abrão, R. K., Calheiros, V. C., Alcântara, C. V. F. de, Rabelo, A. C. C. da S., Ferreira, C. L., Borba, L. B., Fernandes, R. C., & Brito, R. S. de. (2025). Conexões entre universidade, escola e lazer: ações de extensão com práticas corporais de aventura nos anos finais. *Contribuciones a Las Ciencias Sociales*, 18(2). <https://doi.org/10.55905/revconv.18n.2-003>
- Assländer, L. (2015). Visual contribution to human standing balance during support surface tilts. *Human Movement Science*, 41(1), 147–164. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2015.02.012>
- Bakker, L., van der Veen, S., & Behrens, M. (2024). Neural correlates of balance skill learning in young and older individuals: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine – Open*, 10(3), 1–15. <https://doi.org/10.1186/s40798-024-00765-2>
- Baláš, J., Hojka, V., Draper, N., Vrbík, A., & Krupková, D. (2023). Metabolic demands of slacklining in less and more advanced slackliners. *European Journal of Sport Science*, 23(11), 1658–1665. <https://doi.org/10.1080/17461391.2023.2196666>
- Bear, M. F., Connors, B. W., & Paradiso, M. A. (2020). *Neurociencia: La exploración del cerebro* (4.^a ed.). Wolters Kluwer.
- Boisgontier, M. P., Beets, I. A. M., Duysens, J., Nieuwboer, A., Krampe, R. T., & Swinnen, S. P. (2016). Whole-brain gray matter density predicts balance stability irrespective of age and protects older adults from falling. *Gait & Posture*, 45, 143–150. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2016.01.007>
- de Sampaio Barros, M. F., Dresler, T., & Vogt, T. (2024). Psycho-physio-neurological correlates of qualitative attention, emotion and flow experiences in a close-to-real-life extreme sports

situation: Low- and high-altitude slackline walking. *PeerJ*, 12, e17743.

<https://doi.org/10.7717/peerj.17743>

Donath, L., Roth, R., Zahner, L., & Faude, O. (2013). Effects of slackline training on balance, jump performance, and muscle activity in young children. *International Journal of Sports Medicine*, 34(12), 1093–1098. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1337949>

Donath, L., Roth, R., Zahner, L., & Faude, O. (2015). Slackline training and neuromuscular performance in seniors: A randomized controlled trial. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 26(3), 275–283. <https://doi.org/10.1111/sms.12423>

Donath, L., Roth, R., Zahner, L., & Faude, O. (2017). Slackline training (balancing over narrow nylon ribbons) and balance performance: A meta-analytical review. *Sports Medicine*, 47(6), 1075–1086. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0631-9>

Dordevic, M., Huber, A., & Müller, H. (2017). Improvements in orientation and balancing abilities in response to one month of intensive slackline training: A randomized controlled feasibility study. *Frontiers in Human Neuroscience*, 11, 55. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2017.00055>

Dordevic, M., Huber, A., & Müller, H. (2020). Which effects on neuroanatomy and path-integration survive? Results of a randomized controlled study on intensive balance training. *Brain Sciences*, 10(4), 210. <https://doi.org/10.3390/brainsci10040210>

Emery, C. A., Roy, T.-O., Whittaker, J. L., Nettel-Aguirre, A., & van Mechelen, W. (2015). Neuromuscular training injury prevention strategies in youth sport: A systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 49(13), 865–870. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-094639>

- Ferri-Marini, C., Rodríguez-López, E. S., & Castañeda-Babarro, A. (2020). The effect of slackline training on balance performance in healthy male children. *Journal of Human Sport and Exercise*, 15(2), 411–418. <https://doi.org/10.14198/jhse.2020.152.04>
- Gabel, C. P., Melloh, M., Burkett, B., & Gabel, C. (2013). The influence of slacklining on quadriceps rehabilitation, activation and intensity. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 18(1), 62–66. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2013.11.007>
- Gabel, C. P., & Osborne, J. (2016). Slacklining and stroke: A rehabilitation case study considering balance and lower limb weakness. *World Journal of Orthopedics*, 7(7), 513–518. <https://doi.org/10.5312/wjo.v7.i7.513>
- Gabel, C. P. (2021a). Slacklining: An explanatory multi-dimensional model considering classical mechanics, biopsychosocial health and time. *World Journal of Orthopedics*, 12(2), 102–118. <https://doi.org/10.5312/wjo.v12.i2.102>
- Gabel, C. P. (2021b). Slacklining as therapy to address non-specific low back pain in the presence of multifidus arthrogenic muscle inhibition. *World Journal of Orthopedics*, 12(3), 178–196. <https://doi.org/10.5312/wjo.v12.i3.178>
- Gabel, C. P. (2021c). Slacklining: A narrative review on the origins, neuromechanical models and therapeutic use. *World Journal of Orthopedics*, 12(6), 360–375. <https://doi.org/10.5312/wjo.v12.i6.360>
- Garber, C. E., Blissmer, B., Deschenes, M. R., Franklin, B. A., Lamonte, M. J., Lee, I. M., Nieman, D. C., Swain, D. P., Amer Coll Sports, M. (2011). Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: Guidance for prescribing exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 43(7), 1334–1359. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318213fefb>

- Giboin, L.-S., Gruber, M., & Kramer, A. (2018). Three months of slackline training elicit only task-specific improvements in balance performance. *PLOS ONE*, 13(11), e0207542. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0207542>
- Glänzel, M., & Vogt, T. (2022). Slackline training and postural control in older adults: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 30, 10–16. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2021.11.008>
- González, L. M., Fajardo, F., & Moreno, L. (2020). Slackline training in children with spastic cerebral palsy: A randomized clinical trial. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(22), 8649. <https://doi.org/10.3390/ijerph17228649>
- Granacher, U., Iten, N., Roth, R., & Gollhofer, A. (2010). Slackline training for balance and strength promotion. *International Journal of Sports Medicine*, 31(10), 717-723. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1261936>
- Granacher, U., Gollhofer, A., & Hortobágyi, T. (2013). The importance of trunk muscle strength for balance, functional performance, and fall prevention in seniors: A systematic review. *Sports Medicine*, 43(7), 627–641. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0041-1>
- Guyton, A. C., & Hall, J. E. (2021). *Tratado de fisiología médica* (14.^a ed.). Elsevier.
- Hadders-Algra, M. (2018). Early human motor development: From variation to the ability to vary and adapt. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 90, 411–427. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2018.04.017>
- Hötting, K., Rogge, A.-K., Kuhne, L. A., & Röder, B. (2021). *Balance Expertise Is Associated with Superior Spatial Perspective-Taking Skills*. *Brain Sciences*, 11(11), 1401. <https://doi.org/10.3390/brainsci11111401>

- Hübscher, M., Zech, A., Pfeifer, K., Hänsel, F., Vogt, L., & Banzer, W. (2010). Neuromuscular training for sports injury prevention: A systematic review. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 42(3), 413–421. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181b88d37>
- Kandel, E. R., Koester, J. D., Mack, S. H., & Siegelbaum, S. A. (2021). *Principles of neural science* (6th ed.). McGraw-Hill.
- Keller, M., Pfusterschmied, J., Buchecker, M., Müller, E., & Taube, W. (2012). Improved postural control after slackline training is accompanied by reduced H-reflexes. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 22(4), 471–477. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2010.01268.x>
- Koschutnig, K., Glänzel, M., & Vogt, T. (2024). Tidying up white matter: Neuroplastic transformations in sensorimotor tracts following slackline skill acquisition. *Human Brain Mapping*, 45(2), e26791. <https://doi.org/10.1002/hbm.26791>
- Magon, S., Bansi, J., Kesselring, J., & Wuerfel, J. (2016). Striatal functional connectivity changes following specific balance training in elderly people: MRI results of a randomized controlled pilot study. *Gait & Posture*, 49, 334–339. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2016.07.016>
- Mildren, R. L., & Bent, L. R. (2018). Learning to balance on a slackline: Development of coordinated multi-joint synergies. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 28(8), 1996–2008. <https://doi.org/10.1111/sms.13223>
- Monteiro, A. M., Forte, P., Carvalho, J., Barbosa, T. M., & Morais, J. E. (2019). Relationship between fear of falling and balance factors in healthy elderly women: A confirmatory analysis. *Journal of Women & Aging*, 33(1), 57–69. <https://doi.org/10.1080/08952841.2019.1681244>

- Montull, L., Palacios, P., & López, J. (2023). Assessing proprioception through time-variability properties of acceleration. *Frontiers in Physiology*, 14, 1–6.
<https://doi.org/10.3389/fphys.2023.115678>
- Nieto-Guisado, A., Cano-de-la-Cuerda, R., Muñoz-Hellín, E., & Alguacil-Diego, I. M. (2022). The mediating role of vision in the relationship between proprioception and postural control in older adults, as compared to teenagers and younger and middle-aged adults. *Healthcare*, 10(1), 103. <https://doi.org/10.3390/healthcare10010103>
- Pfusterschmied, J., Buchecker, M., Keller, M., Wagner, H., & Müller, E. (2013). Effects of 4-week slackline training on lower limb joint motion and muscle activation. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 16(6), 562–566. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2012.11.003>
- Plaza, P., & Gutiérrez, A. (2024). Effects of slackline training during active breaks and free-time activities at school on children's attention: A comparison of two intervention methods. *Revista Española de Educación Física y Deportes*, 56(2), 909–916.
- Purves, D., Augustine, G. J., Fitzpatrick, D., Hall, W. C., LaMantia, A.-S., Mooney, R. D., Platt, M. L., & White, L. E. (2018). *Neuroscience* (6th ed.). Oxford University Press.
- Reyes-Ferrada, W., Rojas, C., & Riquelme, J. (2021). Effects of slackline training on core endurance and dynamic balance. *Revista Española de Educación Física y Deportes*, 41(2), 756–763.
- Riach, C. L., & Hayes, K. C. (1987). Maturation of postural sway in young children. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 29(5), 650–658.
<https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.1987.tb08507.x>

Rubega, M., Guidetti, L., Faraldo, R., & Cesari, P. (2021). Cortical correlates in upright dynamic and static balance in the elderly. *Scientific Reports*, 11, 14132.

<https://doi.org/10.1038/s41598-021-93617-1>

Rutkowski, S., Rutkowska, A., & Cieřlik, B. (2022). Effects of a short-term slackline training program on energy expenditure and balance in healthy young adults: A preliminary report of a randomized controlled trial. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(8), 4830. <https://doi.org/10.3390/ijerph19084830>

Santos, L., Fernández-Río, J., & Yanci, J. (2016a). Effects of slackline training on postural control, jump performance, and myoelectrical activity in female basketball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(3), 653–664.

<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001120>

Santos, L., Fernández-Río, J., & Yanci, J. (2016b). Effects of supervised slackline training on postural instability, freezing of gait, and falls efficacy in people with Parkinson's disease. *Disability and Rehabilitation*, 39(16), 1573–1580.

<https://doi.org/10.1080/09638288.2016.1207104>

Schärli, A. M., Keller, M., & Taube, W. (2013). Balancing on a slackline: 8-year-olds vs. adults. *Frontiers in Psychology*, 4, 208. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00208>

Seidel-Marzi, O., & Ragert, P. (2021). Task-related hemodynamic response alterations during slacklining: An fNIRS study in advanced slackliners. *Frontiers in Neuroergonomics*, 2, 644490. <https://doi.org/10.3389/fnrgo.2021.644490>

Serrien, B., Hohenauer, E., Clijsen, R., Taube, W., Baeyens, J. P., & Küng, U. (2017). Changes in balance coordination and transfer to an unlearned balance task after slackline training: a

self-organizing map analysis. *Experimental Brain Research*, 235(11), 3427-3436.

<https://doi.org/10.1007/s00221-017-5072-7>

Sherrington, C., Fairhall, N., Wallbank, G. K., Tiedemann, A., Michaleff, Z. A., Howard, K., & Clemson, L. (2019). Exercise for preventing falls in older people living in the community. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, (1).

<https://doi.org/10.1002/14651858.CD012424.pub2>

Stein, K., & Vogt, T. (2022). A quantitative comparison of slackline balancing capabilities of experts and beginners. *Frontiers in Sports and Active Living*, 4, 831362.

<https://doi.org/10.3389/fspor.2022.831362>

Steindl, R., Kunz, K., Schrott-Fischer, A., & Scholtz, A. W. (2006). Effect of age and sex on maturation of sensory systems and balance control. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 48(6), 477–482. <https://doi.org/10.1017/S0012162206001022>

Strang, A. J., Haworth, J., Hieronymus, M., Walsh, M., & Smart, L. J. (2011). Structural changes in postural sway lend insight into effects of balance training, vision, and support surface on postural control in a healthy population. *European Journal of Applied Physiology*, 111(7), 1485–1495. <https://doi.org/10.1007/s00421-010-1773-y>

Terra, N., & Silva, J. (2019). Os efeitos da prática do slackline na atenção concentrada. *Efdeportes*, 23(249), 1–8.

Thomas, M., Kalicinski, M., & Rettig, J. (2016). The effects of slackline balance training on postural control in older adults. *Journal of Aging and Physical Activity*, 24(3), 393–398. <https://doi.org/10.1123/japa.2015-0099>

Trecroci, A., Cavaggioni, L., Caccia, R., & Alberti, G. (2018). Effects of traditional balance and slackline training on physical performance and perceived enjoyment in young soccer players. *Research in Sports Medicine*, 26(4), 450–461.

<https://doi.org/10.1080/15438627.2018.1492392>

Ueta, K., & Otsuka, T. (2022). The motor engram of functional connectivity generated by acute whole-body dynamic balance training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 54(4), 598–608. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002829>

Volery, S., Singh, N., de Bruin, E. D., List, R., & Taube, W. (2017). Traditional balance and slackline training are associated with task-specific adaptations as assessed with sensorimotor tests. *European Journal of Sport Science*, 17(7), 838–846.

<https://doi.org/10.1080/17461391.2017.1317839>

Wen, C.-T., Chu, C.-L., Chen, H.-C., Chueh, T.-Y., Lin, C.-C., Wu, S.-Y., Hsu, W.-C., Huang, C.-J., & Hung, T.-M. (2023). *Effects of acute slackline exercise on executive function in college students*. *Frontiers in Psychology*, 14, Article 1092804.

<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1092804>

World Health Organization. (2021). *Directrices de la OMS sobre actividad física y comportamientos sedentarios*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK581973/>