

6. Fisioterapia y traumatismo craneoencefálico

María Sánchez García

Graduada en Fisioterapia

León.

Fecha recepción: 28.08.2020

Fecha aceptación: 30.09.2020

RESUMEN

Introducción: El traumatismo craneoencefálico se trata de una lesión cerebral causada por un traumatismo en la cabeza. Es una de las principales causas de muerte y de discapacidad a largo plazo en adultos en edad laboral.

Objetivo: Verificar la existencia de evidencia científica sobre la Fisioterapia en pacientes con traumatismo craneoencefálico.

Material y métodos: se llevó a cabo una revisión de la literatura de los últimos tres años en las bases de datos Pubmed, mediante las palabras clave "physiotherapy" y "head injury". Fueron seleccionados 20 artículos que cumplieron con los criterios de inclusión y exclusión establecidos.

Resultados: Casi todos los estudios muestran resultados positivos en las escalas y pruebas empleadas.

Conclusión: se ha empleado rehabilitación vestibular, la rehabilitación orientada al puesto de trabajo (rehabilitación vocacional), la fisioterapia respiratoria, el reentrenamiento de las actividades de la vida diaria, rehabilitación basada en el ejercicio aeróbico y de fuerza, la realidad virtual, ondas de choque para paliar las osificaciones heterotópicas y el uso de robótica para trabajar la marcha, obteniéndose buenos resultados el equilibrio, propiocepción, en los mareos, la fatiga, la calidad de vida, entre otras variables estudiadas.

Palabras clave: "Physiotherapy", "Rehabilitation", "head injury"; y "neurological rehabilitation".

ABSTRACT

Introduction: Head trauma is a brain injury caused by trauma to the head. It is one of the leading causes of death and long-term disability in working-age adults.

Objective: To verify the existence of scientific evidence on Physiotherapy in patients with head trauma.

Material and methods: a review of the literature of the last three years was carried out in the Pubmed databases, using the keywords "physiotherapy" and "head injury." Twenty articles were selected.

Results: Almost all studies show positive results in the scales and tests used.

Conclusion: vestibular rehabilitation, job-oriented rehabilitation (vocational rehabilitation), respiratory physiotherapy, retraining of activities of daily living, rehabilitation based on aerobic and strength exercise, virtual reality, waves of shock to alleviate heterotopic ossification and the use of robotics to work gait, obtaining good results in balance, proprioception, dizziness, fatigue, quality of life, among other variables studied.

Keywords: "Physiotherapy", "Rehabilitation", "head injury", and "neurological rehabilitation".

INTRODUCCIÓN

El traumatismo craneoencefálico se trata de una lesión cerebral causada por un traumatismo en la cabeza. Es una de las principales causas de muerte y de discapacidad a largo plazo en adultos en edad laboral.¹

Esta afectación conlleva grandes gastos debido a la muerte prematura, los costes de salud y la asistencia social y la pérdida de productividad.

Sin embargo, el coste humano es mayor que el económico. Las personas que sobreviven a esta lesión suelen ser más propensas a sufrir depresión y tener una calidad de vida deficiente (QoL). Incluso aquellos sin antecedentes de enfermedad mental tienen el doble de probabilidades de sufrir alteraciones de esta índole más adelante.^{1,2}

El traumatismo craneoencefálico se puede deber a un golpe en la cabeza, a las ondas de explosión de una explosión, a la aceleración o desaceleración rápida, o a un objeto extraño que penetra en el cerebro causando daño a los tejidos cerebrales. En las lesiones cerradas, es la inflamación del cerebro dentro del cráneo después del impacto lo que causa el daño. Las lesiones en la cabeza abierta son causadas por un objeto que penetra en el cráneo y entra al cerebro o por fracturas en el cráneo como resultado de accidentes de tráfico, caídas y/o lesiones deportivas. Aunque las lesiones en la cabeza cerrada son más comunes que las lesiones en la cabeza abierta, a menudo son más difíciles de tratar ya que tienden a provocar daños difusos que afectan a diferentes áreas del cerebro.^{3,4}

La gravedad del traumatismo craneoencefálico varía de leve a grave y generalmente se determina mediante medidas como la duración del coma o la amnesia postraumática, las puntuaciones de la Escala de coma de Glasgow y la naturaleza y el alcance de los impedimentos funcionales después de la lesión.⁵

OBJETIVO

Objetivo general:

- Verificar la existencia de evidencia científica sobre la Fisioterapia en pacientes.

Objetivos específicos

- Analizar la metodología de intervención llevada a cabo por fisioterapeutas en estos pacientes.
- Determinar si hay alguna intervención de Fisioterapia más eficaz que el resto.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se ha realizado un trabajo de revisión de todos los artículos científicos experimentales y cuasi-experimentales sobre Fisioterapia y traumatismo craneoencefálico publicados en los últimos 3 años sin acotación de idioma en la base de dato electrónica: Pubmed, empleando como términos de búsqueda "*physiotherapy*" y "*head injury*" obteniéndose un total de 53 artículos. Los artículos seleccionados para la revisión bibliográfica debían cumplir los siguientes criterios de inclusión:

- Ser ensayos clínicos.
- Tener acceso al abstract.

Se excluyeron por tanto todos aquellos con temática distinta del objeto de estudio o los que tratando dicha temática fuesen actas de congresos, revisiones, opiniones de expertos, cartas al director y propuestas de protocolos.

En un análisis preliminar mediante la lectura del título, del resumen y en algunos casos para verificar la información que este ofrece, el texto completo, se pudo concluir que 33 de los 53 artículos no eran válidos para la presente revisión, quedándonos con 20 artículos.

De estos 33 artículos excluimos 5 por tratarse de protocolos, 17 por tratarse de otra temática, uno porque no se centraba en la rehabilitación como tal, 8 porque no se centraban en el traumatismo craneoencefálico exclusivamente sino de manera general en el daño cerebral adquirido, uno por tratarse de pacientes con lesión medular y otro porque se trataba de rehabilitación pero no específica de fisioterapia.

De cada artículo se extrajeron los siguientes datos: título, autor, fecha, características de la muestra, existencia o no de grupo control, metodología del tratamiento, evaluación y resultados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tras un análisis de los estudios recogidos en la presente revisión bibliográfica, nos han llamado la atención diversos aspectos, que iremos detallando a continuación como son las características de las muestras, la intervención, la valoración y los resultados.

Honoré H y cols (2019)⁶

Este artículo aunque no habla directamente sobre el proceso de rehabilitación, ha sido desarrollado por una unidad de Neurorrehabilitación abordando un tema muchas veces desconocido u olvidado por los fisioterapeutas, La hiperactividad simpática paroxística, que consiste en episodios de hipertensión arterial, taquicardia, taquipnea, hiperhidrosis, disminución del nivel de conciencia, aumento del tono muscular con postura en extensión, hipertermia, sialorrea y midriasis. Esta generalmente se



produce tras lesiones cerebrales adquiridas y puede llegar a ser muy grave.

En base a esto han realizado un estudio con el objetivo de investigar si los cambios en la variabilidad de la frecuencia cardíaca podrían servir de guía tanto a la hora de realizar el tratamiento farmacológico como de rehabilitación de fisioterapia.

Cuando hay un patrón de variabilidad inadecuado podría reflejar que algo está pasando en nuestro cuerpo para producir un desequilibrio. Este se ve alterado por la edad, el reflejo barorreceptor, la respiración, la temperatura y los cambios de postura.

Contaron con una muestra de ocho pacientes, los cuales recibieron tratamiento farmacológico y de rehabilitación. Se registró un ECG antes y después de estas intervenciones.

La frecuencia baja, alta y la relación LF / HF cambiaron significativamente después de las intervenciones terapéuticas y farmacológicas.

En base a esto, Honoré H y cols (2019) concluyen en el estudio *A study into the feasibility of using HRV variables to guide treatment in patients with paroxysmic sympathetic hyperactivity in a neurointensive step-down unit* que la cohorte fue pequeña, estableciendo el período postictal inmediato de cuidados intensivos con rehabilitación multidisciplinaria. Aún así, se detectaron cambios en el dominio de la frecuencia después de los esfuerzos terapéuticos. Por ello se cree que sería interesante monitorizar al paciente durante la actividad.

Zhang YB y cols (2019)⁷

Es frecuente que tras una lesión cerebral la función de micción se vea alterada. Los pacientes con este trastorno a menudo se manifiestan con una micción incompleta, vaciado incompleto de la vejiga o incontinencia por rebosamiento. Por ello estos pacientes muchas veces tienen que emplear cateterismos para evitar que quede orina en la vejiga que puede desencadenar graves problemas. Sin embargo el propio manejo también puede facilitar la infección del tracto urinario o incluso disfunción renal si no pueden tratarse con un manejo adecuado. Por lo tanto, es muy necesario determinar el manejo adecuado de la vejiga para mejorar los resultados funcionales de los pacientes.

En base a esto realizaron un ensayo controlado aleatorio de dos brazos con el objetivo de evaluar la efectividad de la terapia de estimulación eléctrica neuromuscular (NMES) para la retención urinaria crónica después de un traumatismo craneoencefálico.

Contaron con una muestra de ochenta y seis pacientes con retención urinaria crónica.

Estos fueron asignados aleatoriamente a un grupo control y a un grupo experimental, con muestra homogéneas entre sí con 43 pacientes cada una.

Para poder participar en el estudio los pacientes debían cumplir unos criterios de inclusión, como presentar una edad de 18 a 75 años, diagnosticados de retención urinaria

crónica según los Criterios de diagnóstico de la International Continence Society. Además, todos los pacientes tenían más de 6 meses de afección urinaria, conciencia normal, comunicación completa y el consentimiento informado por escrito firmado correctamente.

Por tanto se excluyeron todos aquellos cuyo problema de retención urinaria fuera causado por otras enfermedades (como derrames cerebrales, cálculos en la vejiga, tumores, diabetes, problemas de columna, etc.), antecedentes de trastorno psicológico, haber estado tomando otros medicamentos que pudieran afectar al funcionamiento de la vejiga, estar embarazada o con lactancia materna; haber recibido electroacupuntura, estimulación eléctrica o NMES 1 mes antes del estudio. Además, los pacientes fueron excluidos si también recibieron otras terapias durante el presente estudio.

Colocaban el dispositivo en el nervio S3, con una frecuencia de 50 Hz, una duración de pulso de 250 μ s y 10 s encendido y 30 s apagado, durante unos 30 minutos diarios, una vez por semana un total de 8 semanas.

El grupo control recibió NMES simulada (placebo) y el grupo experimental NMES.

Recibieron además un seguimiento de 4 semanas a posteriori.

Además, todos los sujetos debían someterse a una sonda urinaria permanente durante todo el período de estudio.

El resultado primario fue evaluado por el volumen de orina residual post-micción (PV-VRU).

Los resultados secundarios se evaluaron mediante el volumen anulado, la tasa de flujo urinario máximo (Q_{máx}) y la calidad de vida, según lo evaluado por la escala del Índice de Barthel (BI). Además, los eventos adversos también se registraron durante el período de estudio.

Todos los resultados primarios y secundarios se midieron al inicio del estudio, al final del tratamiento de 8 semanas.

Al final del tratamiento de 8 semanas, los pacientes en el grupo de tratamiento no lograron mejores resultados en PV-VRU (P = .66), volumen anulado (P = .59), Q_{max} (P = .53) y BI puntuaciones (P = .67), que los pacientes en el grupo control. Al final del seguimiento de 4 semanas, tampoco hubo diferencias significativas con respecto a la PV-VRU (P = .42), el volumen anulado (P = .71), Q_{max} (P = .24) y las puntuaciones de BI (P = .75) entre 2 grupos.

Zhang YB y cols (2019) concluyen que no se observaron mejores resultados en la función vesical mediante esta técnica.

Quizás esto se deba a que el uso de la electroterapia de manera aislada no sea suficiente, sino que haya que aplicarla de manera complementaria a otras técnicas específicas de fisioterapia del suelo pélvico.

Kleffelgaard I y cols (2019)⁸

Estos autores llevaron a cabo un ensayo controlado aleatorio simple ciego con el fin de investigar los efectos de la

rehabilitación vestibular grupal en pacientes con traumatismo craneoencefálico.

Contaron con una muestra de 65 pacientes, 45 de las cuales eran mujeres y con una edad media de 39 años, con traumatismo craneoencefálico de severidad de leve a moderado.

Estos fueron asignados aleatoriamente a un grupo experimental, contando con 33 pacientes y a un grupo control con 32 pacientes.

El tratamiento duro ocho semanas y los pacientes fueron evaluados al inicio del estudio y en dos seguimientos posteriores a la intervención, en torno a los dos meses y medio y cuatro y medio.

Como medida de resultado primario emplearon el Inventario de discapacidad de mareos y como resultado secundario la Herramienta de evaluación de movilidad de alto nivel.

También emplearon la escala de síntomas de vértigo, el Cuestionario de síntomas de postmemoración de Rivermead, la Escala de ansiedad y depresión hospitalaria y el sistema de puntuación de error de equilibrio.

Al inicio del estudio, no se revelaron diferencias grupales (factores personales, características clínicas y medidas de resultado).

En el primer seguimiento, se encontraron diferencias medias estadísticamente significativas a favor de la intervención en los resultados primarios (-8,7, intervalo de confianza (IC) del 95%: -16,6 a -0,9) y secundarios (3,7 puntos, IC del 95%: 1.4-6.0).

En el segundo seguimiento, no se encontraron diferencias significativas entre los grupos.

No se encontraron diferencias significativas entre los grupos en los otros resultados en los dos seguimientos.

El estudio *The effects of vestibular rehabilitation on dizziness and balance problems in patients after traumatic brain injury: a randomized controlled trial* concluye con la afirmación de Kleffelgaard I y cols (2019) de que la intervención propuesta aceleró la recuperación de aquellos pacientes que sufrían mareos y problemas de equilibrio después de un traumatismo craneoencefálico. Sin embargo, los beneficios obtenidos se disiparon dos meses después de haber finalizado el intervención. Esto último es muy interesante ya que te está diciendo que si funciona el tratamiento, que si hay una solución al problema presente en estos pacientes, pero que es necesario prolongar durante más tiempo estos tratamiento, que dos meses no son suficientes.

Se podría plantear una aumento de la duración del tratamiento, o bien disminuyendo numero de sesiones o combinando estas con programas de telerrehabilitación por ejemplo, para disminuir el coste asistencial, pero no dejar al paciente sin rehabilitación.

Radford K y cols (2018)⁹

Los síntomas de lesión cerebral traumática pueden ser físicos, cognitivos, perceptivos, conductuales o emociona-

les^{21,22} e incluyen problemas de movimiento, convulsiones, problemas del habla, fatiga, pérdida de memoria, dificultades para tomar decisiones, falta de atención, dificultad para planificar o iniciar tareas, incapacidad para expresarse pensamientos y problemas visuales y sensoriales.²² A menudo son las secuelas cognitivas, psicológicas y emocionales ocultas las que presentan algunos de los mayores problemas para las personas con LCT. Incluyen una conciencia reducida, ansiedad, ira, depresión y apatía,²¹ y pueden afectar la participación social, la independencia y la autoconfianza, lo que, en última instancia, tiene un impacto en la calidad de vida.

Si bien el 70% de las personas que sufren una LCT moderada o grave es probable que sufran daños neurológicos permanentes, lo que resulta en problemas físicos, cognitivos, emocionales y de comportamiento a largo plazo que interfieren con el trabajo, muchas personas que sufren lesiones más leves también experimentan impedimentos a término que limitan la participación en actividades de la vida diaria, incluido el trabajo.

Regresar al trabajo es un objetivo principal de rehabilitación después de una lesión cerebral traumática. Los datos sobre las tasas de empleo reportadas de personas con TBI varían ampliamente entre los estudios.

Los problemas cognitivos especialmente pueden presentar problemas considerables en el lugar de trabajo y, a menos que el sobreviviente de TBI y el empleador los conozcan, pueden ser malinterpretados. Por ejemplo, la capacidad reducida para iniciar actividades puede interpretarse erróneamente como pereza, bostezar al perder la atención como un signo de aburrimiento y una mayor irritabilidad debido a la fatiga como grosería.

La rehabilitación vocacional se define como lo que sea que ayude a alguien con un problema de salud a regresar o permanecer en el trabajo. Implica ayudar a las personas a encontrar trabajo, aquellas que ya lo tienen pero presentan dificultades y apoyar el progreso profesional a pesar de la enfermedad o la discapacidad, siendo el objetivo final optimizar la participación laboral.

Se trata así de una forma de rehabilitación adaptativa que depende de la identificación de los problemas que tiene la persona con traumatismo craneoencefálico. Luego, los terapeutas deben aconsejar a esa persona y a su jefe sobre cómo adaptar su comportamiento y actividades para que el paciente pueda manejar los problemas y acomodarlos en el lugar de trabajo.

La rehabilitación vocacional se dirige tanto a la persona con lesión cerebral como a su familia, entorno laboral y jefe; cruzando fronteras entre salud, empleo, asistencia social y servicios de bienestar. Se trata por tanto de una intervención compleja, y que debe adaptarse individualmente a la persona y al contexto local, lo que dificulta por ello la estandarización.

Así pues Radford K y cols (2018) realizaron un ensayo controlado aleatorizado multicéntrico, de factibilidad, de grupos paralelos con una evaluación económica de factibilidad y una evaluación de proceso integrada de métodos

mixtos con el objetivo de evaluar la viabilidad de un ensayo controlado aleatorizado definitivo, multicéntrico de la efectividad clínica y la rentabilidad de esta modalidad de rehabilitación temprana especializada más la atención habitual en comparación con la intervención habitual sola.

Como criterios de inclusión los pacientes debían tener al menos 16 años, vivir en la localidad donde se realizaba el estudio, debían de estar trabajando o estudiando antes de la lesión.

Por tanto fueron excluidos aquellos que no tenían intención de volver a trabajar / estudiar, no pudieron dar su consentimiento por sí mismos y vivían a más de una hora de distancia del centro donde se realizaba el estudio.

Contaron finalmente con una muestra de 78 pacientes, asignados aleatoriamente al grupo control y grupo experimental, ambos con 39 pacientes cada uno.

De ellos, el 56% tenía lesiones leves, el 18% tenía lesiones moderadas y el 26% tenía lesiones graves.

Como medidas de resultado valoraron el estado de ánimo, capacidad funcional, participación, autoeficacia laboral, calidad de vida y capacidad laboral. Los resultados de viabilidad incluyeron tasas de reclutamiento y retención. El seguimiento se realizó mediante cuestionarios postales en dos centros y cara a cara en un centro. Los que recopilaban datos fueron cegados a la asignación del tratamiento.

52 de 78 (67%) participantes con traumatismo craneoencefálico respondieron a los 12 meses (CU, $n = 23$; intervención, $n = 29$), completando el 90% de las preguntas de trabajo; 21 de 23 (91%) encuestados del grupo control y 20 de 29 (69%) participantes en la intervención regresaron a trabajar a los 12 meses.

Dos participantes abandonaron la intervención.

RTW estuvo más fuertemente relacionado con la participación social y la autoeficacia laboral.

La intervención fue entregada según lo previsto y valorada por los participantes.

Radford K y cols (2018) declaran que el presente estudio tiene limitaciones pues no se alcanzó el reclutamiento objetivo, pero sí se identificaron mecanismos para lograr esto en futuros estudios.

Como conclusión final afirman que este estudio cumplió con la mayoría de los objetivos de viabilidad. La intervención fue entregada con alta fidelidad. Cuando no se cumplieron los objetivos, se identificaron estrategias para garantizar la viabilidad de un ensayo completo. El trabajo futuro debería probar el reclutamiento en dos etapas e incluir recursos para reclutar de 'radios'. Una medida más amplia que abarque la capacidad laboral, la autoeficacia y la participación podría dar lugar a resultados más sensibles.

Singh S y cols (2018)¹⁰

Algunas técnicas de fisioterapia respiratoria en la región torácica así como la succión traqueal pueden causar esti-

mulación simpática y aumentar la frecuencia cardíaca, la presión arterial media y la presión intracraneal, lo que puede tener un efecto perjudicial en estos pacientes que han sufrido un traumatismo craneoencefálico.

Por ello se planificó comparar el efecto de la dexmedetomidina por vía intravenosa y lidocaína en la respuesta hemodinámica intracerebral y sistémica a la vez que el fisioterapeuta aplicaba sus técnicas de fisioterapia respiratoria sobre el pecho del paciente así como al realizar la aspiración traqueal en pacientes con traumatismo craneoencefálico grave.

Realizaron un estudio prospectivo, aleatorizado en pacientes con TCEI, de entre 18 y 60 años de edad, sometidos a ventilación mecánica y monitorización intraparenquimatosa de PIC.

Los pacientes fueron aleatorizados para recibir dexmedetomidina iv 0.5 mcg/kg (grupo I; $n = 30$) o lidocaína iv 2 mg/kg (grupo II; $n = 30$) durante 10 min.

Después de la infusión del fármaco de prueba, se realizó la fisioterapia respiratoria sobre la caja torácica con vibrador y compresión manual durante 2 minutos y aspiración

traqueal durante los siguientes 15-20 segundos. La respuesta hemodinámica se registró antes, durante y en el intervalo de un minuto durante 10 minutos después de la fisioterapia respiratoria sobre la caja torácica y aspiración traqueal.

Consideraron como un cambio significativo una modificación del 20% de los parámetros hemodinámicos.

Los parámetros hemodinámicos basales (HR, MAP), intracraneales (ICP, CPP) y respiratorios (SPO_2 , pico de AWP) fueron normales y comparables en ambos grupos.

Después de la infusión de dexmedetomidina, MAP y CPP disminuyeron significativamente desde el valor basal.

En el grupo II, no hubo cambios significativos en HR, MAP, ICP y CPP.

Al final de la fisioterapia respiratoria sobre la caja torácica y aspiración traqueal, los parámetros hemodinámicos basales (HR, MAP), intracraneales (ICP, CPP) en el grupo I fue menor en comparación con el grupo II.

Durante el período de observación de 10 minutos después de la aplicación de fisioterapia, MAP y CPP en el grupo I permanecieron significativamente más bajos en comparación con la línea de base y el grupo II.

No hubo cambios significativos en el valor de otros parámetros medidos.

En base a esto Singh S y cols (2018) concluyen al final del estudio *Comparison of effect of dexmedetomidine and lidocaine on intracranial and systemic hemodynamic response to chest physiotherapy and tracheal suctioning in patients with severe traumatic brain injury* que tanto la dexmedetomidina como la lidocaína fueron efectivas para reducir bruscamente el aumento de HR, MAP e ICP en respuesta a CP y TS en pacientes con sTBI. Sin embargo, la dexme-

detomidina intravenosa causó una disminución significativa en MAP y CPP en comparación con la línea de base y la lidocaína.

Trevena-Peters J y cols (2018)¹¹

Muchas veces no se administra la rehabilitación que es necesaria a aquellos pacientes que presentan amnesia posttraumática (PTA) debido a un supuesto riesgo de sobreestimulación y agitación. Sin embargo esta situación como tal no se ha probado realmente.

En base a esto realizaron este estudio, con el objetivo de examinar la relación entre la alteración del comportamiento y la participación en la terapia para el reentrenamiento de las actividades de la vida diaria (AVD) mientras se encuentra en ese estado de amnesia postraumática.

Realizaron un ensayo controlado aleatorio que compara el reentrenamiento de estos pacientes frente a ninguna rehabilitación.

Contaron con una muestra de 104 participantes con traumatismo craneoencefálico grave.

Empelaron como medidas de resultado el estado de agitación utilizando la Escala de comportamiento agitado y tuvieron en cuenta también la participación terapéutica medida en minutos y sesiones perdidas.

Al analizar los resultados observaron que no hubo diferencias grupales en el comportamiento agitado (puntajes promedio, puntajes máximos o número de días clínicamente agitados) entre el grupo control y experimental. Para los pacientes tratados, no hubo una relación significativa entre la agitación y la terapia de participación (terapia minutos o sesiones de tratamiento ADL perdidas).

Así Trevena-Peters J y cols (2018) demostraron con este estudio que la agitación no aumenta con la rehabilitación durante la amnesia tras un traumatismo craneoencefálico y que la agitación no limita la participación en la terapia. Esto apoya la consideración de la terapia activa durante la amnesia postraumática.

Chan C y cols (2018)¹²

Realizaron un ensayo controlado aleatorizado, abierto, paralelo con el fin de examinar la seguridad y la tolerabilidad de un programa de rehabilitación activa para adolescentes que tardan en recuperarse de un traumatismo craneoencefálico relacionado con el deporte y, en segundo lugar, estimar el efecto del tratamiento para esta intervención.

Para ello compararon el tratamiento habitual con el éste más la rehabilitación activa.

Contaron con una muestra de 19 adolescentes de entre 12 a 18 años con síntomas posteriores a la conmoción cerebral que duran mínimo un mes tras el traumatismo.

El tratamiento habitual que se realizó en ambos grupos consistió en el manejo de los síntomas y el consejo de regreso al juego, la facilitación del regreso a la escuela y la consulta de fisioterapia. El programa de rehabilitación activa incluyó

entrenamiento aeróbico en el umbral del subsíntoma en la clínica, ejercicios de coordinación y técnicas de visualización e imágenes con un fisioterapeuta (media, 3.4 sesiones), así como un programa de ejercicios en el hogar, durante 6 semanas.

Un evaluador cegado monitoreó sistemáticamente los eventos adversos predeterminados en llamadas telefónicas semanales durante el período de intervención de 6 semanas. El fisioterapeuta tratante también registró exacerbaciones de síntomas en la clínica durante el entrenamiento aeróbico.

Se empleó como resultado primario de eficacia la escala de síntomas post-conmoción cerebral.

Diecinueve participantes fueron asignados al azar, y ninguno abandonó el estudio. De los 12 eventos adversos detectados (6 en cada grupo), 10 fueron exacerbaciones de los síntomas de una evaluación telefónica semanal a la siguiente, y 2 fueron visitas al departamento de emergencias. Cuatro eventos adversos fueron remitidos a un comité de seguridad externo y se consideraron ajenos a los procedimientos del estudio. Las exacerbaciones de los síntomas en la clínica ocurrieron en el 30% (9/30) de las sesiones de entrenamiento aeróbico, pero se resolvieron en 24 horas en todos los casos. En el modelado lineal mixto, la rehabilitación activa se asoció con una mayor reducción en la escala de síntomas posteriores a la conmoción cerebral que la rehabilitación habitual solamente.

El estudio *Safety of Active Rehabilitation for Persistent Symptoms After Pediatric Sport-Related Concussion: A Randomized Controlled Trial* termina con la conclusión de Chan C y cols (2018) de que los resultados obtenidos respaldan la seguridad, la tolerabilidad y la eficacia potencial de la rehabilitación activa para adolescentes con síntomas persistentes después de un traumatismo craneoencefálico.

Trevena-Peters J y cols (2018)¹³

Llevaron a cabo un ensayo controlado aleatorizado con el objetivo de evaluar la eficacia de las actividades de reentrenamiento de la vida diaria durante la amnesia posttraumática en comparación con el reentrenamiento de las actividades de la vida diaria que comienza después de la emergencia de la amnesia postraumática.

Contaron con una muestra de 104 pacientes con traumatismo craneoencefálico grave y con una amnesia postraumática de más de siete días de duración.

Estos fueron asignados al azar para recibir el tratamiento habitual con reentrenamiento diario de las actividades de la vida diaria o el tratamiento habitual solo (fisioterapia y / o logopedia) durante la amnesia postraumática.

El resultado primario fue la FIM completada al ingreso, la aparición de amnesia postraumática al alta y el seguimiento a los dos meses.

Los resultados secundarios incluyeron la duración de la estancia hospitalaria de rehabilitación, la duración de la amnesia postraumática, las puntuaciones de la Escala de comportamiento agitado y las puntuaciones del Cuestio-

nario de integración comunitaria (CIQ) en el seguimiento. Los grupos no difirieron significativamente en las características basales.

En el resultado primario, el cambio total de FIM, la regresión de efectos aleatorios reveló una interacción significativa de grupo y tiempo ($P < .01$).

El grupo de tratamiento tuvo una mejoría mayor en los puntajes de FIM desde el inicio hasta la aparición de amnesia postraumática, que se mantuvo al alta, pero no en el seguimiento.

Veintisiete por ciento más del grupo de tratamiento cambió de manera confiable en los puntajes FIM en la aparición de la amnesia postraumática.

Las diferencias grupales en la duración de la estadía, la duración de la amnesia postraumática, la agitación y las puntuaciones de CIQ no fueron significativas; sin embargo, el grupo de tratamiento habitual tendió a una mayor duración de la estadía y la duración de la amnesia postraumática.

En base a esto Trevena-Peters J y cols (2018) concluyen que las personas con amnesia postraumática pueden beneficiarse de la rehabilitación de las actividades de la vida diaria.

Yuan W y cols (2017)¹⁴

Los estudios clínicos indican que el descanso prolongado puede ser perjudicial para la recuperación y que el ejercicio aeróbico puede facilitar la recuperación. Aunque parece haber beneficios clínicos de introducir actividad aeróbica después de mTBI, los correlatos biológicos relacionados con esta introducción y recuperación son poco conocidos.

En el presente estudio, investigamos la conectividad estructural de las redes cerebrales en base al análisis teórico de gráficos y la tractografía de imágenes de tensor de difusión (DTI).

Los objetivos principales de este estudio fueron aplicar el análisis de conectividad estructural para: investigar anomalías en la conectividad estructural en la red cerebral de niños con síntomas persistentes después de mTBI e investigar cambios longitudinales en la conectividad estructural en respuesta a una intervención de entrenamiento aeróbico.

Contaron con una muestra de veintidós niños con traumatismo craneoencefálico leve con una edad promedio de 15 años con síntomas persistentes de cuatro a dieciséis semanas después del accidente.

Realizaron un ensayo clínico aleatorizado en el que se comparó el entrenamiento aeróbico con un protocolo de estimamiento.

Emplearon cinco medidas de red global: eficiencia global (Eglob), eficiencia local media, modularidad, coeficiente de agrupación normalizado (γ), longitud de ruta característica normalizada (λ) y mundo pequeño (σ). Usaron también la puntuación del Inventario de síntomas post-conmoción cerebral autoinformada.

En la inscripción inicial, los adolescentes con mTBI tenían un Eglob significativamente más bajo y γ , λ y σ más altos

(todos $P < .05$) que sus pares sanos. Después de la intervención, se encontró un aumento significativo de Eglob y una disminución de λ (ambos $P < .05$) en el grupo de entrenamiento aeróbico. La mejora en las puntuaciones del Inventario de síntomas posteriores a la conmoción cerebral se correlacionó significativamente con el aumento de Eglob y la disminución de λ en el entrenamiento aeróbico y la disminución de λ en el grupo de comparación de estimamiento (todos $P < .05$).

Este estudio *Structural Connectivity Related to Persistent Symptoms After Mild TBI in Adolescents and Response to Aerobic Training: Preliminary Investigation* concluye con la afirmación de Yuan W y cols (2017) que se ha conseguido demostrar la evidencia inicial de que el análisis de conectividad estructural es sensible a las anomalías de la red cerebral y puede servir como un biomarcador de imagen en niños con síntomas persistentes después de un traumatismo craneoencefálico, así como su modificación con el ejercicio aeróbico.

Straudi S y cols (2017)¹⁵

Los pacientes con traumatismo craneoencefálico a menudo tienen problemas de equilibrio y atención. La terapia con videojuegos (VGT) se ha propuesto como una nueva intervención para mejorar la movilidad y la atención a través de un enfoque de aprendizaje de recompensa.

En este estudio piloto aleatorizado y controlado, se han comparado los efectos de la terapia con videojuegos, en comparación con una plataforma de equilibrio.

Para poder participar en el estudio los pacientes debían cumplir una serie de criterios: tener entre 18 y 70 años; un diagnóstico de traumatismo craneoencefálico crónica (> 12 meses); un déficit de equilibrio identificado mediante la Escala de equilibrio y movilidad comunitaria (CB&M) a través de una puntuación menor de 65.

Los criterios de exclusión incluyeron: la presencia de otras enfermedades neurológicas; niveles cognitivos severos de funcionamiento cognitivo < 6 o trastornos del comportamiento y dependencia del uso de ayudas para caminar.

Contaron con un total de 21 pacientes que cumpliesen con estos requisitos, los cuales fueron aleatorizados al grupo control y al grupo experimental.

El tratamiento duro 6 semanas con una periodicidad de 3 sesiones a la semana.

Terapia de videojuegos

Emplearon una consola de videojuegos (X-Box 360 Kinect, Microsoft, Inc., Redmond, WA) y los juegos preseleccionados fueron elegidos entre "Kinect Adventures" y "Kinect Sports" que abarcaban una amplia gama de actividades motoras en una posición de pie. Se entrenaron tareas motoras relacionadas con el equilibrio y la movilidad, tales como pasos laterales, desplazamiento lateral del peso, saltos, caminatas (laterales, hacia adelante y hacia atrás) y el alcance del brazo. Durante la primera sesión, se probó una lista de juegos de acuerdo con las características, los de-

seos y el nivel funcional de los pacientes. En las siguientes sesiones, se propusieron juegos con un enfoque de práctica en bloque. Dentro de cada juego, estos iban progresando en dificultad de acorde con las habilidades y los éxitos de los pacientes. Los pacientes hicieron ejercicio durante 2 a 5 minutos durante cada juego con un período de descanso en caso de que fuese necesario.

Durante las sesiones, los pacientes fueron supervisados cuidadosamente por un fisioterapeuta que supervisó la seguridad de los pacientes (por ejemplo, riesgo de caídas, reacciones impulsivas) y proporcionó retroalimentación externa.

Terapia de plataforma de equilibrio

Los ejercicios de equilibrio/reequilibrio, estabilidad postural y cambio de peso con y sin retroalimentación visual se administraron utilizando una plataforma de equilibrio (Bio-dex Medical Systems, Inc., Shirley, NY) que se había probado previamente en pacientes con esclerosis múltiple [27]. Cada tarea fue entrenada durante aproximadamente 2 minutos, y los pacientes recibieron un período de descanso entre las tareas si fuera necesario. Durante la primera sesión, las tareas se realizaron en un "nivel de entrada", y la progresión del ejercicio se ajustó con el tiempo de acuerdo con el nivel funcional de los pacientes (nivel intermedio y difícil). La terapia de plataforma de equilibrio ofreció retroalimentación visual y conocimiento del desempeño (retroalimentación aumentada) El fisioterapeuta, como durante VGT, proporcionó retroalimentación externa adicional.

Las medidas de resultado clínico incluyeron la Escala de equilibrio y movilidad comunitaria (CB&M), la Escala de saldo unificado (UBS), la prueba Timed Up and Go (TUG), el equilibrio estático y la evaluación selectiva de la atención visual (tarea Go / Nogo).

Ambos grupos mejoraron en los puntajes CB&M, pero solo el grupo experimental-videojuegos aumentó en UBS y TUG con una significancia entre grupos ($p < 0.05$). La atención selectiva mejoró significativamente en el grupo experimental ($p < 0.01$).

Straudi S y cols (2017) concluyen en su estudio *The effects of video game therapy on balance and attention in chronic ambulatory traumatic brain injury: an exploratory study* que la terapia con videojuegos es una opción para mejorar el equilibrio y el déficit de atención en pacientes con traumatismo craneoencefálico.

Además este estudio evidencia que incluso en una fase crónica estos pacientes pueden mejorar su movilidad y equilibrio dinámico con una terapia basada en principios de neuroplasticidad.

También declaran que en futuros estudios, sería importante evaluar el efecto de los videojuegos en otros componentes de atención (p. Ej., Atención dividida) y otras funciones ejecutivas como la memoria de trabajo y la flexibilidad, que a menudo se ven afectadas en personas con traumatismo craneoencefálico.

También sería útil usar un videojuego adaptativo caracterizado por un aumento progresivo en las cargas atencionales

y ejecutivas para hacer que la intervención sea más efectiva, incluso para los pacientes más comprometidos.

Reznik JE y cols (2017)¹⁶

La osificación heterotópica neurogénica se debe a una complicación de un traumatismo craneoencefálico, siendo su manejo clínico difícil de abordar.

Las complicaciones de esta afección incluyen la limitación de la movilidad. Se investigó el efecto de la terapia de ondas de choque extracorpóreas (ESWT) sobre el rango de movimiento en la cadera y la rodilla, y la función en pacientes con traumatismo craneoencefálico con osificación heterotópica neurogénica.

Llevaron a cabo un estudio con once pacientes con afectación en la rodilla o cadera.

Estos recibieron cuatro aplicaciones de EWST de alta energía en la cadera o rodilla afectada durante un período de 8 semanas.

Se realizaban evaluaciones de seguimiento cada dos semanas y la evaluación final a los tres y seis meses después de la intervención.

Se midió el rango de movimiento y el Alcance funcional o el Alcance funcional modificado.

La aplicación de ESWT de alta energía se asoció con una mejora significativa en el rango articular (flexión) de la rodilla afectada por osificación heterotópica neurogénica (Tau = 0.833, IC 95% 0.391-1.276, $p = 0.002$) y una mejora significativa de FR (Tau general 0.486, 95% CI 0,141-0,832, $p = 0,006$); sin embargo en la cadera no se obtuvo una mejora significativa en el rango articular o en el alcance funcional modificado.

Como conclusión final, dictaminan que el ESWT puede mejorar la movilidad y el equilibrio de pacientes con traumatismo craneoencefálico que tienen osificación heterotópica neurogénica.

Reznik JE y cols (2017)¹⁷

La osificación heterotópica neurogénica es una complicación de que generalmente ocurre tras un traumatismo craneoencefálico y puede estar presente alrededor de las articulaciones sinoviales principales. A menudo se acompaña de dolor intenso, que puede conducir a limitaciones en las actividades de la vida diaria. Actualmente, una intervención común para esta complicación es la cirugía, que según se informa conlleva muchos riesgos adicionales. Este estudio fue diseñado para evaluar el efecto de la terapia de ondas de choque extracorpóreas (ESWT) sobre el dolor en pacientes con traumatismo craneoencefálico con osificación heterotópica neurogénica.

Llevaron a cabo un estudio con once pacientes con afectación en la rodilla o cadera.

Estos recibieron cuatro aplicaciones de EWST de alta energía en la cadera o rodilla afectada durante un período de 8 semanas.

Se realizaban evaluaciones de seguimiento cada dos semanas y la evaluación final a los tres y seis meses después de la intervención.

El dolor se midió usando la Escala de Calificación de Caras, y se tomaron radiografías al inicio y 6 meses después de la intervención para medir fisiológicamente el tamaño de osificación heterotópica.

La aplicación de ESWT de alta energía se asoció con una reducción general significativa del dolor (Tau-0.412, intervalo de confianza del 95% -0.672 a -0.159, $p = 0.002$).

Reznik JE y cols (2017) concluyen en su estudio *A preliminary investigation on the effect of extracorporeal shock wave therapy as a treatment for neurogenic heterotopic ossification following traumatic brain injury. Part I: Effects on pain* que la terapia de ondas de choque extracorpóreas es una novedosa intervención no invasiva para disminuir el dolor resultante de osificación heterotópica neurogénica en pacientes con traumatismo craneoencefálico.

Reneker JC y cols (2017)¹⁸

Llevaron a cabo un estudio de factibilidad a través de un ensayo clínico prospectivo aleatorizado doble ciego.

Contaron con cuarenta y un participantes con edades comprendidas entre los 10 y 23 años de edad con conmoción cerebral aguda y mareos.

Estos fueron distribuidos aleatoriamente en el tratamiento y se comenzaron la rehabilitación diez días después del accidente.

Los sujetos en el grupo experimental recibieron intervenciones adaptadas de manera individual a cada uno de ellos y progresivas en función de la evolución.

Los pacientes del grupo control recibieron una intervención placebo (simulada).

Los dos resultados primarios fueron la autorización médica para el regreso al juego y la recuperación sintomática.

La media del número de días para la autorización médica para el grupo experimental fue de 15.5 y para el grupo control de 26 días.

La media del número de días para la recuperación sintomática fue de 13.5 para el grupo experimental y de 17 días para el grupo control.

De acuerdo con la regresión de riesgos proporcionales de Cox para el tiempo hasta la liberación médica para el regreso al juego, el grupo experimental demostró una razón de riesgo de 2.91 (IC 95%: 1.01, 8.43) en comparación con el grupo control.

Para el tiempo de recuperación sintomática, aquellos en el grupo experimental demostraron una razón de riesgo de 1.99 (IC 95%: 0.95, 4.15) en comparación con el grupo control.

Reneker JC y cols (2017) finalizan el estudio *J Feasibility of early physical therapy for dizziness after a sports-related con-*

ussion: A randomized clinical trial afirmando que los resultados indican que es factible y seguro completar este tipo de estudio de intervención. Los resultados proporcionan un fuerte apoyo para la asignación de recursos para realizar ensayos clínicos aleatorios bien realizados de esta intervención, pues la rehabilitación en jóvenes que han sufrido un traumatismo craneoencefálico resulta efectiva.

Esquenazi A y cols (2017)¹⁹

La literatura sobre las técnicas y métodos de rehabilitación de la marcha en personas con traumatismo craneoencefálico es limitada.

Las técnicas actuales requieren de varias personas y son físicamente extenuantes. El uso de un entrenamiento locomotor mediante robótica puede proporcionar una mejor capacidad de entrenamiento para esta población.

En base a esto realizaron un estudio aleatorizado, prospectivo con el objetivo de examinar el impacto de 3 modos diferentes de terapia locomotora en la velocidad de la marcha y la simetría espacio-temporal utilizando un robot efector final (G-EO), un exoesqueleto robótico (Lokomat) y entrenamiento manual asistido con cinta de correr con soporte de peso corporal parcial (PBWSTT) en participantes con traumatismo craneoencefálico.

Contaron con una muestra de 22 pacientes los cuales habían sufrido el accidente al menos hacia doce meses y presentaban un patrón hemiparético capaces de caminar sobre el suelo sin asistencia a velocidades entre 0.2 y 0.6 m/s.

La intervención consistió en dieciocho sesiones de 45 minutos de entrenamiento locomotor.

Emplearon como medidas de resultado la Velocidad de autoselección de caminar sobre el suelo (SSV), velocidad máxima (MV), relación de asimetría espacio-temporal, prueba de caminata de 6 minutos (6MWT) y dominio de movilidad de la escala de impacto de golpe (MSIS).

La gravedad en la disfunción de la marcha fue similar en todos los grupos según lo determinado por los datos de velocidad de la marcha.

Al inicio del estudio, los participantes en el grupo Lokomat tenían una velocidad inicial que era ligeramente más lenta en comparación con los otros grupos.

El entrenamiento provocó un aumento medio estadísticamente significativo en la Velocidad de autoselección de caminar sobre el suelo en todos los grupos en comparación con el entrenamiento previo (Lokomat, $P = .04$; G-EO, $P = .03$; y PBWSTT, $P = .02$) y MV excluyendo el grupo G-EO (Lokomat, $P = .04$; PBWSTT, $P = .03$ y G-EO, $P = .15$).

No hubo diferencias significativas pre-post en el tiempo de oscilación, el tiempo de postura y las relaciones de asimetría de longitud de paso en Velocidad de autoselección de caminar sobre el suelo o velocidad máxima para ninguna de las intervenciones.

En el rango medio en el cambio de Velocidad de autoselección de caminar sobre el suelo y velocidad máxima no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los grupos. Los participantes en los grupos G-EO y PBWSTT mejoraron significativamente su entrenamiento posterior a 6MWT ($P = .04$ y $.03$, respectivamente).

El dominio de movilidad de la escala de impacto de golpe mejoró significativamente solo para el grupo Lokomat ($P = .04$ y $.03$).

Los datos obtenidos no revelaron diferencias estadísticamente significativas entre grupos para 6MWT y dominio de movilidad de la escala de impacto de golpe.

Hubo menos uso de personal para Lokomat que G-EO.

Como conclusión final Esquenazi A y cols (2017) establecen que la terapia locomotora con G-EO, Lokomat o PBWSTT en individuos con traumatismo craneoencefálico crónica aumentó el Velocidad de autoselección de caminar sobre el suelo (SSV) y la velocidad máxima (MV) sin cambios significativos en la simetría de la marcha.

Por otra parte el personal necesario para el trabajo de marcha fue menos empleando el dispositivo Lokomat.

Y como última conclusión, siguiendo las líneas de este estudio A Comparison of Locomotor Therapy Interventions: Partial-Body Weight-Supported Treadmill, Lokomat, and G-EO Training in People With Traumatic Brain Injury se podría hacer otro más amplio para conseguir resultado más evidentes en lo que a simetría de la marcha y resto de parámetros respecta.

Este estudio cuenta además con un nivel de evidencia II.

Kolakowsky-Hayner SA y cols (2017)²⁰

Cuando se ha recibido un traumatismo craneoencefálico se suele tener multitud de secuelas, siendo una de ellas la fatiga, la cual es la que se va abordar en el presente estudio.

Así llevaron a cabo este estudio con el objetivo de evaluar el impacto físico que conllevaba una rehabilitación focalizada en mejorar la fatiga en aquellos pacientes que habían sufrido un traumatismo craneoencefálico.

Emplearon un diseño de estudio cruzado, prospectivo, aleatorio, simple y ciego con 123 individuos con esta afectación y mayores de 18 años.

Las intervenciones incluyeron un programa de marcha en el hogar mediante el uso de un podómetro para rastrear el número diario de pasos en incrementos crecientes acompañados de llamadas de entrenamiento cónicas durante un período de 12 semanas.

El grupo de control recibía también llamada telefónicas y coaching pero en este caso sobre asesoramiento nutricional.

Las principales medidas de resultado incluyeron: el Índice Global de Fatiga (GFI), el Índice de Severidad Global de la Escala de Fatiga del Instituto Neurológico Barrow (BNI) y el Inventario Multidimensional de Fatiga (MFI).

El número de pasos mejoró con el tiempo, independientemente de la asignación del grupo.

La intervención experimental condujo a una disminución en las puntuaciones generales de Índice Global de Fatiga (GFI), el Índice de Severidad Global de la Escala de Fatiga del Instituto Neurológico Barrow (BNI) y el Inventario Multidimensional de Fatiga (MFI).

Además los participantes informaron que presentaban menor fatiga al final de la parte activa de la intervención (24 semanas) y después de un período de seguimiento (36 semanas) según los datos obtenidos mediante el Índice de Severidad Global de la Escala de Fatiga del Instituto Neurológico Barrow.

En base a los resultados obtenidos Kolakowsky-Hayner SA y cols (2017) determinan en su estudio *A randomised control trial of walking to ameliorate brain injury fatigue: a NIDRR TBI model system centre-based study* que el trabajo de la marcha puede usarse como una herramienta eficiente y rentable para mejorar la fatiga en personas que han sufrido un traumatismo craneoencefálico.

Devine JM y cols (2016)²¹

Llevaron a cabo un estudio prospectivo con el fin de determinar si aquellas personas que habían sufrido un traumatismo craneoencefálico de moderado a severo podrían adherirse a un programa de ejercicio aeróbico vigoroso, mínimo, supervisado en la comunidad.

Contaron con una muestra de diez pacientes, siendo ocho hombres y dos mujeres con una edad comprendida entre 22 y 49 años, los cuales habían sufrido el traumatismo entre seis y quince meses anteriormente al estudio presente.

Los participantes recibieron un breve adiestramiento y posteriormente debían completar de forma independiente al menos 12 semanas con un mínimo de 3 sesiones por semana, realizadas con una frecuencia cardíaca máxima del 65% al 85% durante al menos media hora.

Los participantes podían auto-seleccionar la modalidad de ejercicio, siempre que cumplieran los objetivos de intensidad y duración.

Mediante la frecuencia cardíaca programable se controlaba la intensidad y duración de las sesiones.

Las medidas empleadas independientemente del uso de equipos e instalaciones y el cumplimiento de los objetivos de entrenamiento fueron para todos la frecuencia de la sesión, la duración, la intensidad y las semanas totales de entrenamiento.

Todos los pacientes lograron la independencia con el uso del equipo y las instalaciones.

Todos cumplieron al menos 2 de los 4 objetivos de entrenamiento y la mitad cumplieron los 4 objetivos.

La mayoría completaron 3 sesiones semanales durante 13 semanas (rango, 6-24), siendo la duración promedio de la sesión de 62 minutos, de los cuales 51, ocurrieron por de-

bajo o por encima de la frecuencia cardiaca fijada para los objetivos de entrenamiento .

Devine JM y cols (2016) afirman que los pacientes que estén en proceso de recuperación de un traumatismo craneoencefálico con una severidad de moderada a severa, podría con un asesoramiento y guía, realizar ejercicio de media y alta intensidad.

Esto sugiere que el ejercicio descentralizado puede ser logística y económicamente sostenible después de este tipo de lesiones, expandiendo su potencial utilidad terapéutica y haciendo más factibles los estudios de ejercicios de mayor duración.

Kurowski BG y cols (2017)²²

El ejercicio pretende mejorar la cognición a través de la mejorar del flujo sanguíneo al cerebro, la aportación de oxígeno que esto conlleva, el metabolismo cerebral y la neuroplasticidad. Se cree que estos mismos efectos biológicos positivos que aporta el ejercicio son beneficiosos y ayudan a la recuperación después de un traumatismo craneoencefálico. Sin embargo, los estudios han revelado resultados contradictorios con respecto a los beneficios y los posibles efectos perjudiciales del ejercicio después de este tipo de afectaciones.

En base a esto llevaron a cabo un ensayo piloto controlado y aleatorizado con el objetivo de describir la metodología e informar de los resultados principales de un entrenamiento aeróbico sobre la sintomatología prolongada que presentan algunos adolescentes que han sufrido un traumatismo craneoencefálico.

La muestra estuvo compuesta por treinta adolescentes entre las edades de 12 y 17 años que sufrieron un traumatismo craneoencefálico y tuvieron entre 4 y 16 semanas de síntomas persistentes.

Compararon la intervención experimental donde se realizaba un tratamiento basado en ejercicios aeróbicos de exacerbación de sub-síntomas con una intervención control donde se realizaban estiramientos de cuerpo completo. La intervención duro seis semanas.

El grupo experimental empleo una bicicleta estática para realizar el entrenamiento aeróbico, eligiendo un rango de intensidad de Borg de 11-16 ya que éste está correlacionado con la intensidad del entrenamiento aeróbico.

Las personas que realizaban este entrenamiento recibieron la misma bicicleta estática para tener en casa durante el estudio.

Así debían de realizar este entrenamiento en el hogar de cinco a seis días por semana al 80% de la duración que conseguía exacerbar los síntomas.

Los participantes asignados al azar al grupo de estiramiento fueron instruidos en un programa de estiramiento de cuerpo completo que debían llevar a cabo de cinco a seis días por semana en el hogar. Este incluía estiramientos de la extremidad superior e inferior, así como de la musculatura del tronco.

Cada programa de estiramiento se iba rotando cada dos semanas.

Como medida de resultado primario tuvieron en cuenta la mejoría de los síntomas después de la lesión evaluada por el Inventario de síntomas post-conmoción cerebral (PCSI) autoinformado del adolescente repetido durante al menos 6 semanas después de la intervención. Empelearon también el Inventario de síntomas posteriores a la conmoción cerebral informado por los padres y también la adherencia al tratamiento.

El 22% de los participantes elegibles se inscribieron en el ensayo.

El análisis de varianza de medidas repetidas a través del análisis de modelos mixtos demostró una interacción significativa entre el grupo y el tiempo con clasificaciones PCSI autoinformadas, lo que indica una mayor tasa de mejora en el grupo de entrenamiento aeróbico de exacerbación de los subsíntomas que en el grupo de estiramiento de cuerpo completo ($F = 4.11$, $P = 0,044$).

La adherencia a los programas de ejercicio en el hogar fue menor en el grupo de entrenamiento aeróbico de exacerbación de los síntomas en comparación con el grupo de estiramiento de cuerpo completo (media [DE] veces por semana = 4.42 [1.95] vs 5.85 [1.37], $P < .0001$).

El estudio *Aerobic Exercise for Adolescents With Prolonged Symptoms After Mild Traumatic Brain Injury: An Exploratory Randomized Clinical Trial* concluye afirmando que estos hallazgos sugieren que el entrenamiento aeróbico para la exacerbación de los síntomas es potencialmente beneficioso para los adolescentes con síntomas persistentes después de un traumatismo craneoencefálico.

También afirman que son necesarios estudios de mayor envergadura para verificar los hallazgos y mejorar la generalización. El trabajo futuro debe centrarse en determinar el tipo, el momento y la intensidad óptimos de los programas de rehabilitación activa y las características de las personas con mayor probabilidad de beneficiarse de dichos programas.

Damiano DL y cols (2016)²³

Los síntomas motores comúnmente reportados en personas que han sufrido un traumatismo craneoencefálico incluyen mareos y fatiga, los cuales son difíciles de detectar en el examen clínico rutinario. Algunos déficits pueden no surgir hasta que los individuos sean desafiados con una tarea concurrente, como puede ser caminar o hablar. Las pruebas objetivas de marcha y equilibrio instrumentadas y las evaluaciones de doble tarea son medidas mucho más sensibles que el examen físico solo para verificar y cuantificar estas quejas subjetivas. Estas medidas también podrían ser útiles para explorar la coexistencia de deficiencias motoras con dificultades de procesamiento cognitivo, depresión, ansiedad, trastornos del sueño y otros problemas neuroconductuales derivados de esta afección.

Por ello es importante estudiar y comprender las consecuencias multimodales de una lesión cerebral y los efectos del entrenamiento motor sobre éstas.

Estudios realizados en animales han demostrado que incluso los períodos cortos de ejercicio pueden disminuir la pérdida neuronal al reducir la inhibición de la producción de mielina que ocurre después de la lesión y otros estudios realizados tanto en humanos como en animales respaldan su papel en la mejora de la neuroplasticidad y la regulación de los factores neurotróficos.

Además de los efectos físicos y fisiológicos directos, se ha demostrado que el ejercicio tiene efectos positivos sobre el procesamiento cognitivo, la memoria y otros síntomas neuroconductuales en múltiples poblaciones

Así realizaron este ensayo clínico empleando una elíptica de resistencia rápida, en un esfuerzo por aumentar la velocidad de procesamiento motor y, por lo tanto, influir también a nivel cognitivo, en pacientes que habían sufrido un traumatismo craneoencefálico.

Contaron con una muestra de 24 pacientes, doce de los cuales fueron asignados al grupo experimental y contaban con una edad media de 31 años y con un diagnóstico de traumatismo craneoencefálico de al menos 6 meses. El grupo control empleó a doce sujetos sanos con una edad media de 32 años y medio.

De manera global el rango de edad fue de 19 a 44 años con cinco mujeres y siete hombres por grupo.

Los criterios de inclusión para los sujetos fueron: tener la capacidad de caminar de forma independiente y segura sin asistencia, según lo determinado por la observación clínica y el informe del paciente de inestabilidad o antecedentes de caídas al caminar, suficiente atención y cognición para completar las evaluaciones según lo que determine el médico de admisión y el poder proporcionar el consentimiento informado.

En cuanto a los criterios de exclusión fueron la presencia de una lesión en cualquier extremidad u otra condición médica que afectaría la función motora o la capacidad de realizar el programa de ejercicio, que estuviesen recibiendo otro tratamiento de rehabilitación durante el desarrollo de este estudio, contraindicaciones para tener una resonancia magnética y estar planeando cambiar la medicación o la terapia durante el período de estudio que podría afectar el estado de ánimo, la cognición o la función motora.

La intervención duró ocho semanas, con una periodicidad de 5 días a la semana y una duración por sesión de media hora.

La elíptica es un dispositivo que requiere movimientos recíprocos coordinados de piernas y brazos, el cual se proporcionaba al paciente durante el estudio para que lo tuviese en su hogar.

El énfasis principal del entrenamiento fue lograr y mantener un ritmo constante relativamente rápido (40–80 RPM o una cadencia de 80–160 pasos / min) durante toda la sesión de entrenamiento y aumentar gradualmente esto a lo largo del programa.

El objetivo aquí para utilizar la máquina elíptica no era simplemente practicar caminar per se, sino como un medio

para practicar el movimiento de las cuatro extremidades de una manera rápida y coordinada para estimular las vías sensoriales desde la médula espinal hasta la corteza sensoriomotora y sus conexiones intracorticales.

Emplearon como medidas de resultado primarios fueron herramienta de evaluación de movilidad de alto nivel (Hi-MAT), pruebas de equilibrio instrumentadas, rendimiento de doble tarea (DT) y cuestionarios de comportamiento neurológico.

El grupo con TBI tuvo una excursión de movimiento más pobre durante las pruebas de equilibrio y un rendimiento de doble tarea (DT) más pobre.

Después de entrenar, los tiempos de reacción de equilibrio mejoraron y se correlacionaron con las ganancias en la movilidad de alto nivel y rendimiento de doble tarea.

La calidad del sueño también mejoró y se correlacionó con una mejor depresión y aprendizaje.

Este estudio ilustra cómo la lesión del cerebro puede afectar a múltiples aspectos vinculados al funcionamiento y proporciona evidencia preliminar de que el entrenamiento intensivo de resistencia rápida tiene efectos positivos específicos sobre el equilibrio dinámico y efectos más generalizados sobre la calidad del sueño en pacientes con traumatismo craneoencefálico.

Winter L y cols (2016)²⁴

El traumatismo craneoencefálico a menudo socava la reintegración comunitaria, deteriora el funcionamiento y produce otros síntomas. Este estudio probó un programa innovador para veteranos con esta afectación, el Programa de veteranos en el hogar (VIP), impartido en hogares de veteranos, que involucra a un miembro de la familia y apunta al medio ambiente (social y físico) para promover la reintegración comunitaria, tratando de mitigar la severidad de los síntomas más problemáticos facilitando el día a día.

Llevaron a cabo un ensayo controlado aleatorio de 2 grupos con ochenta y un pacientes con traumatismo craneoencefálico.

Los participantes del grupo de control recibieron la atención habitual mediante dos llamadas telefónicas de control.

Las entrevistas de seguimiento ocurrieron hasta 4 meses después de la entrevista inicial.

Las entrevistas y las sesiones de intervención se realizaron en los hogares de esto o por teléfono.

Como medidas de resultado emplearon medidas de reintegración comunitaria, pues los resultados reflejan los problemas autoidentificados de los veteranos y la competencia funcional autoevaluada.

En el seguimiento, los participantes del grupo experimental obtuvieron puntuaciones de reintegración en la comunidad significativamente más altas así como menores dificultades para administrar los resultados específicos,

en comparación con los grupos controles. La competencia funcional autoevaluada no difirió entre los grupos. Además, la aceptabilidad de este programa domiciliario fue alta.

Winter L y cols (2016) finalizan el estudio *Efficacy and acceptability of a home-based, family-inclusive intervention for veterans with TBI: A randomized controlled trial* afirmando que un servicio en el hogar e inclusivo para familias para veteranos con traumatismo craneoencefálico parece ser una buena estrategia, y parece que garantizar tanto una mayor investigación como aplicación clínica.

Kleffelgaard I y cols (2016)²⁵

Los pacientes con traumatismo craneoencefálico suelen presentar mareos y problemas de equilibrio, con una prevalencia del 23% al 81%. Los mareos y los problemas de equilibrio se consideran factores pronósticos adversos después de este tipo de lesiones que pueden causar limitaciones funcionales y trastornos psicológicos, teniendo un impacto negativo en la calidad de vida y la reincorporación al mundo laboral.

Los mecanismos subyacentes de mareos y problemas de equilibrio después de un traumatismo craneoencefálico son complejos. El trauma puede afectar a el laberinto y otras estructuras vestibulares y causar vértigo posicional paroxístico benigno (VPPB), conmoción cerebral laberíntica, fistula perilinfática y pérdida vestibular unilateral.

Los mareos sin disfunciones laberínticas pueden indicar vértigo postraumático central, síndrome de postconmoción cerebral, migrañas postraumáticas, lesión axonal difusa o mareos asociados a la ansiedad.

El paciente con traumatismo craneoencefálico puede presentar una lesión vestibular, síntomas posteriores a la conmoción cerebral y síntomas neurológicos o musculoesqueléticos.

Así pues ha habido un enfoque creciente en la rehabilitación vestibular después de esta lesión en los últimos años, pero las descripciones detalladas del proceso rehabilitador así como los resultados obtenidos son escasos.

En base a esto han realizado este estudio con el objetivo de describir una intervención de realidad virtual modificada y en grupo y de examinar los cambios que ésta conlleva en los pacientes.

Contaron con una muestra de 4 participantes, dos mujeres y dos hombre con edades comprendidas entre los 24 y 45 años con diagnóstico de traumatismo craneoencefálico leve, mareos y problemas de equilibrio.

Para poder participar en el estudio debían de cumplir ciertos criterios de inclusión como son traumatismo craneoencefálico leve, edad entre 16 y 60 años, haber informado de mareos a través de un cuestionario de síntomas de postconmoción de Rivermead (RPQ), 15 o una prueba de Romberg positiva.

Por el contrario quedaban excluidos si los pacientes tenían una enfermedad psicológica grave, problemas de lenguaje, disfunción cognitiva, fracturas u otras comorbilidades que

afectasen a la movilidad y a la marcha independiente. La intervención duro 8 semanas y consistió en sesiones grupales con orientación, ejercicios de rehabilitación vestibular modificados individualmente, un programa de ejercicios en el hogar y un diario de ejercicios.

Se aplicaron medidas de resultado autoinformadas y basadas en el rendimiento para evaluar el impacto de los mareos y los problemas de equilibrio en las funciones relacionadas con la actividad y la participación.

Las medidas de resultado autoinformadas

La discapacidad autopercebida por mareos se midió con el Dizziness Handicap Inventory (DHI).

La frecuencia y la gravedad de los síntomas de mareo en el mes anterior se midieron utilizando la Escala de síntomas de vértigo - Forma corta (VSS-SF). El VSS-SF consta de 2 subescalas: vértigo-equilibrio (VSS-V) y síntomas de ansiedad autónomos (VSS-A).

Los síntomas posteriores a la conmoción cerebral se midieron con el RPQ. El RPQ comprende 2 subescalas: física (RPQ-3) y psicológica (RPQ-13).

La calidad de vida relacionada con la salud se midió con la Calidad de vida después de una lesión cerebral (QOLIBRI), un instrumento de autoinforme con 6 subescalas que proporciona un perfil de funcionamiento y una puntuación total para la CVRS.

La angustia psicológica se evaluó con la Escala de ansiedad y depresión hospitalaria (HADS).

Medidas de resultado basadas en el rendimiento

El equilibrio se evaluó con el Sistema de puntuación de error de equilibrio (BESS), un sistema de prueba de equilibrio estandarizado que consta de tres posturas de 20 segundos con los ojos cerrados (postura de doble pierna, postura de una sola pierna y postura en tándem) en superficies firmes y de espuma.

La movilidad se midió con la Herramienta de evaluación de movilidad de alto nivel para lesiones cerebrales traumáticas (HiMAT). El HiMAT consiste en caminar, correr, saltar, saltar y subir elementos medidos con un cronómetro o cinta métrica.

Los ejercicios son muchos y bien detallado y se pueden encontrar desarrollados en el propio artículo y en el artículo *Herdman SJ, Whitney SL. Physical therapy treatment of vestibular hypofunction. In: Herdman SJ, Clendaniel RA, eds. Vestibular Rehabilitation. 4th ed. Philadelphia, PA: FA Davis Co; 2014:398-399.*

Tres de los 4 pacientes informaron una disminución de la discapacidad debido a la disminución de la frecuencia y la gravedad de los mareos, una mejor calidad de vida relacionada con la salud, una disminución de la angustia psicológica y un mejor equilibrio basado en el rendimiento.

Las puntuaciones de cambio excedieron el cambio mínimo detectable, lo que indica un cambio clínicamente

significativo o una mejora en la dirección de las normas relacionadas con la edad.

El cuarto paciente nombrado anteriormente, no cambió ni mejoró en la mayoría de las medidas de resultado.

En base a esto Kleffelgaard I y cols (2016) concluyen que una intervención de rehabilitación vestibular modificada y grupal fue segura y parecía ser viable y beneficiosa al abordar los mareos y los problemas de equilibrio después de un traumatismo craneoencefálico. Sin embargo, los síntomas físicos y psicológicos concurrentes, así como otros déficits neurológicos y problemas musculoesqueléticos pueden influir en el desarrollo de compensaciones y recuperación del sistema nervioso central.

Por tanto la presente serie de casos puede ser útil para adaptar las intervenciones de rehabilitación vestibular en pacientes con traumatismo craneoencefálico así como para realizar nuevas líneas de investigación evaluando los efectos a corto y largo plazo de la rehabilitación vestibular en estos pacientes.

Este estudio se trata de un estudio bien elaborado a pesar de la pequeña muestra, con gran detalle de las características muestrales, medidas de resultado empleadas así como de la intervención lo que facilitaría enormemente la reproducción del estudio o su aplicación clínica.

CONCLUSIÓN

Tras la realización de la presente revisión bibliográfica se presentan las siguientes conclusiones:

Primero: la evidencia científica sobre las intervenciones de fisioterapia llevadas a cabo en pacientes con traumatismo craneoencefálico encontradas en la presente revisión bibliográfica es escasa, estando además la mayoría de las publicaciones sin acceso gratuito al texto completo, lo cual resulta en un impedimento para analizar en profundidad los estudios. Por otra parte los estudios que hemos encontrado a texto completo con acceso gratuito muestran un gran detalle de las muestras empleadas, las variables medidas, las propias intervenciones así como los resultados empleados.

Segundo: se han abordado multitud de trastornos derivados de la lesión, como son los trastornos de micción, los problemas respiratorios, los mareos, la fatiga, la dificultad en las actividades de la vida diaria, el equilibrio y la marcha, así como la reincorporación a la vida real y el puesto de trabajo.

También ha habido diferentes poblaciones de estudio, adolescentes y adultos.

Tercero: el estudio realizado sobre electroestimulación en la incontinencia por rebosamiento, resultó ser ineficaz pues solo empleaba la electroterapia como única terapia, lo que nos lleva a pensar que es una actuación insuficiente siendo necesario combinar esta con otras técnicas de fisioterapia del suelo pélvico.

Los estudios sobre rehabilitación vestibular obtuvieron muy buenos resultados tanto en el equilibrio, propiocepción como en los mareos que experimentaban los pacientes.

La rehabilitación orientada al puesto de trabajo (rehabilitación vocacional) es un abordaje multidisciplinar que ayuda a al reincorporación del paciente al mundo laboral.

La fisioterapia respiratoria es efectiva cuando el pacientes se encuentra en la UCI.

El reentrenamiento de las actividades de la vida diaria de manera precoz incluso en la etapa post amnésica es efectiva y segura.

Un entrenamiento basado en el ejercicio aeróbico y de fuerza, así como la realidad virtual resultan también efectivas.

El uso de ondas de choque para paliar las osificaciones heterotopicas parecer ser efectivas para disminuir el dolor y mejorar la movilidad de las articulaciones afectas.

El uso de robótica para trabajar la marcha es una manera efectiva de rehabilitación, siempre combinada con los conocimientos pertinentes sobre las fases de la marcha y un análisis biomecánica de ésta.

Las diferentes técnicas y métodos de rehabilitación se han estudiado en niños y adultos, obteniéndose buenos resultados en los mareos, la fatiga, la calidad de vida, entre otras variables estudiadas.

Además abogan por la continuidad asistencial mediante programas domiciliarios.

BIBLIOGRAFÍA

1. Headway – The Brain Injury Association. Types of Brain Injury. 2017. URL: www.headway.org.uk/about-brain-injury/individuals/types-of-brain-injury/ (accessed 3 January 2017).
2. Walsh RS, Fortune DG, Gallagher S, Muldoon OT. Acquired brain injury: combining social psychological and neuropsychological perspectives. *Health Psychol Rev* 2014; 8: 458–72.
3. Polinder S, Haagsma JA, van Klaveren D, Steyerberg EW, van Beeck EF. Health-related quality of life after TBI: a systematic review of study design, instruments, measurement properties, and outcome. *Popul Health Metr* 2015; 13: 4.
4. Teasdale G, Maas A, Lecky F, Manley G, Stocchetti N, Murray G. The Glasgow Coma Scale at 40 years: standing the test of time. *Lancet Neurol* 2014; 13: 844–54.
5. Theadom A, Parag V, Dowell T, McPherson K, Starkey N, Barker-Collo S, et al. Persistent problems 1 year after mild traumatic brain injury: a longitudinal population study in New Zealand. *Br J Gen Pract* 2016; 66: e16–23.
6. Honoré H, Eggertsen K, Sondergaard S. A study into the feasibility of using HRV variables to guide treatment in patients with paroxysmic sympathetic hyperactivity in a neurointensive step-down unit. *Neuro-Rehabilitation*. 2019; 44(1): 141-155.

7. Zhang YB, Cheng YN. A randomized controlled trial of neuromuscular electrical stimulation for chronic urinary retention following traumatic brain injury. *Medicine* (Baltimore). 2019 Jan; 98(2): e14106.
8. Kleffelgaard I, Soberg HL, Tamber AL, Bruusgaard KA, Pripp AH, Sandhaug M, Langhammer B. The effects of vestibular rehabilitation on dizziness and balance problems in patients after traumatic brain injury: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil*. 2019 Jan; 33(1): 74-84.
9. Radford K, Sutton C, Sach T, Holmes J, Watkins C, Forshaw D, Jones T, Hoffman K, O'Connor R, Tyerman R, Merchán-Baeza JA, Morris R, McManus E, Drummond A, Walker M, Duley L, Shakespeare D, Hammond A, Phillips J. Early, specialist vocational rehabilitation to facilitate return to work after traumatic brain injury: the FRESH feasibility RCT. *Health Technol Assess*. 2018 May; 22(33): 1-124.
10. Singh S, Chouhan RS, Bindra A, Radhakrishna N. Comparison of effect of dexmedetomidine and lidocaine on intracranial and systemic hemodynamic response to chest physiotherapy and tracheal suctioning in patients with severe traumatic brain injury. *J Anesth*. 2018 Aug; 32(4): 518-523.
11. Trevena-Peters J, Ponsford J, McKay A. Agitated Behavior and Activities of Daily Living Retraining During Posttraumatic Amnesia. *J Head Trauma Rehabil*. 2018 Sep/Oct; 33(5): 317-325.
12. Chan C, Iverson GL, Purtzki J, Wong K, Kwan V, Gagnon I, Silverberg ND. Safety of Active Rehabilitation for Persistent Symptoms After Pediatric Sport-Related Concussion: A Randomized Controlled Trial. *Arch Phys Med Rehabil*. 2018 Feb; 99(2): 242-249.
13. Trevena-Peters J, McKay A, Spitz G, Suda R, Renison B, Ponsford J. Efficacy of Activities of Daily Living Retraining During Posttraumatic Amnesia: A Randomized Controlled Trial. *Arch Phys Med Rehabil*. 2018 Feb; 99(2): 329-337.
14. Yuan W, Wade SL, Quatman-Yates C, Hugentobler JA, Gubanich PJ, Kurowski BG. Structural Connectivity Related to Persistent Symptoms After Mild TBI in Adolescents and Response to Aerobic Training: Preliminary Investigation. *J Head Trauma Rehabil*. 2017 Nov/Dec; 32(6): 378-384.
15. Straudi S, Severini G, Sabbagh Charabati A, Pavarelli C, Gamberini G, Scotti A, Basaglia N. The effects of video game therapy on balance and attention in chronic ambulatory traumatic brain injury: an exploratory study. *BMC Neurol*. 2017 May 10; 17(1): 86.
16. Reznik JE, Biros E, Sacher Y, Kibrik O, Milanese S, Gordon S, Galea MP. A preliminary investigation on the effect of extracorporeal shock wave therapy as a treatment for neurogenic heterotopic ossification following traumatic brain injury. Part II: Effects on function. *Brain Inj*. 2017; 31(4): 533-541.
17. Reznik JE, Biros E, Lamont AC, Sacher Y, Kibrik O, Milanese S, Gordon S, Galea MP. A preliminary investigation on the effect of extracorporeal shock wave therapy as a treatment for neurogenic heterotopic ossification following traumatic brain injury. Part I: Effects on pain. *Brain Inj*. 2017; 31(4): 526-532.
18. Reneker JC, Hassen A, Phillips RS, Moughiman MC, Donaldson M, Moughiman J. Feasibility of early physical therapy for dizziness after a sports-related concussion: A randomized clinical trial. *Scand J Med Sci Sports*. 2017 Dec; 27(12): 2009-2018.
19. Esquenazi A, Lee S, Wikoff A, Packer A, Toczylowski T, Feeley J. A Comparison of Locomotor Therapy Interventions: Partial-Body Weight-Supported Treadmill, Lokomat, and G-EO Training in People With Traumatic Brain Injury. *PM R*. 2017 Sep; 9(9): 839-846.
20. Kolakowsky-Hayner SA, Bellon K, Toda K, Bushnik T, Wright J, Isaac L, Englander J. A randomised control trial of walking to ameliorate brain injury fatigue: a NIDRR TBI model system centre-based study. *Neuropsychol Rehabil*. 2017 Oct; 27(7): 1002-1018.
21. Devine JM, Wong B, Gervino E, Pascual-Leone A, Alexander MP. Independent, Community-Based Aerobic Exercise Training for People With Moderate-to-Severe Traumatic Brain Injury. *Arch Phys Med Rehabil*. 2016 Aug; 97(8): 1392-7.
22. Kurowski BG, Hugentobler J, Quatman-Yates C, Taylor J, Gubanich PJ, Altaye M, Wade SL. Aerobic Exercise for Adolescents With Prolonged Symptoms After Mild Traumatic Brain Injury: An Exploratory Randomized Clinical Trial. *J Head Trauma Rehabil*. 2017 Mar/Apr; 32(2): 79-89.
23. Damiano DL, Zampieri C, Ge J, Acevedo A, Dsurney J. Effects of a rapid-resisted elliptical training program on motor, cognitive and neurobehavioral functioning in adults with chronic traumatic brain injury. *Exp Brain Res*. 2016 Aug; 234(8): 2245-52.
24. Winter L, Moriarty HJ, Robinson K, Piersol CV, Vause-Earland T, Newhart B, Iacovone DB, Hodgson N, Gitlin LN. Efficacy and acceptability of a home-based, family-inclusive intervention for veterans with TBI: A randomized controlled trial. *Brain Inj*. 2016; 30(4): 373-387.
25. Kleffelgaard I, Soberg HL, Bruusgaard KA, Tamber AL, Langhammer B. Vestibular Rehabilitation After Traumatic Brain Injury: Case Series. *Phys Ther*. 2016 Jun; 96(6): 839-49.