

Disfunções oculomotoras e queixa de tontura em indivíduos com lesão cerebral traumática: uma revisão sistemática

Oculomotor dysfunctions and dizziness complaint in individuals with traumatic brain injury: a systematic review

Disfunciones oculomotoras y quejas de mareo en individuos con lesión cerebral traumática: una revisión sistemática

Erivânia Guedes da Paz¹, Geiza Gomes dos Santos²,
Paulo Raimundo Rosário Lopes³, Luciene da Cruz Fernandes⁴

1.Fisioterapeuta. Mestra em Ciências da Reabilitação. Universidade Federal da Bahia. Salvador-BA, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7305-3961>

2.Fisioterapeuta. Mestranda em Ciências da Reabilitação. Universidade Federal da Bahia. Salvador-BA, Brasil. <https://orcid.org/0009-0001-2247-3365>

3.Fisioterapeuta. Doutor em Processos Interativos dos Órgãos e Sistemas. Universidade Federal da Bahia. Salvador-BA, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1388-8988>

4.Fonoaudióloga. Doutora em medicina. Docente da Universidade Federal da Bahia. Salvador-BA, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9744-1432>

Resumo

Introdução. A lesão cerebral traumática pode resultar em disfunções oculomotoras e vestibulares, impactando o equilíbrio, frequentemente associadas à tontura. A caracterização detalhada desses déficits ainda não está consolidada. **Objetivo.** Descrever características de disfunções oculomotoras e queixa de tontura em indivíduos com lesão cerebral traumática. **Método.** Trata-se de uma revisão sistemática, baseada no PRISMA e registrada no PROSPERO. A busca foi realizada nas bases PubMed e BVS. Incluiu-se estudos observacionais que avaliaram movimentos oculares e tontura nestes indivíduos. Excluíram-se estudos com animais, uso de medicamentos, amostras menores que dez participantes e publicações não indexadas. **Resultados.** Levantou-se 11 artigos, sendo sete foram incluídos, publicados entre 2015 e 2024. Identificou-se déficits em sacadas, perseguição suave e reflexo vestibulo-ocular, além de alterações em testes como nistagmo, anulação de alinhamento vertical e torcional, *Gaze Stabilization Test* e potencial miogênico evocado vestibular ocular. Alguns estudos descreveram uma relação entre o *Dizziness Handicap Inventory* e maior número de disfunções oculomotoras. **Conclusão.** Indivíduos com lesão cerebral traumática, além de se queixarem de tontura persistente, frequentemente apresentam disfunções oculomotoras, sugerindo que a integridade do sistema oculomotor é frequentemente comprometida nesses casos.

Unitermos. Lesões Cerebrais Traumáticas; Transtornos da motilidade ocular; Tontura

Abstract

Introduction. Traumatic brain injury can result in oculomotor and vestibular dysfunctions, impacting balance, often associated with dizziness. The detailed characterization of these deficits has not yet been consolidated. **Objective.** To describe characteristics of oculomotor dysfunctions and complaints of dizziness in individuals with traumatic brain injury. **Method.** This is a systematic review, based on PRISMA and registered in PROSPERO. The search was performed in PubMed and BVS databases. Observational studies that evaluated eye movements and dizziness in these individuals were included. Studies with animals, use of medications, samples smaller than ten participants and non-indexed publications were excluded. **Results.** Eleven articles were selected, seven of which were included, published between 2015 and 2024. Deficits in saccades, smooth pursuit and vestibulo-ocular reflex were identified, in addition to alterations in tests such as nystagmus, nullification of vertical and torsional alignment, *Gaze Stabilization Test* and ocular vestibular evoked myogenic potential. Some studies described a relationship between the *Dizziness Handicap Inventory* and a greater

number of oculomotor dysfunctions. **Conclusion.** Individuals with traumatic brain injury, in addition to complaining of persistent dizziness, often have oculomotor dysfunctions, suggesting that the integrity of the oculomotor system is often compromised in these cases. **Keywords.** Brain Injuries, Traumatic; Ocular Motility Disorders; Dizziness

RESUMEN

Introducción. La lesión cerebral traumática puede resultar en disfunciones oculomotoras y vestibulares, impactando el equilibrio, a menudo asociado con mareos. La caracterización detallada de estos déficits aún no está consolidada. **Objetivo.** Describir las características de las disfunciones oculomotoras y mareos en individuos con lesión cerebral traumática. **Método.** Esta es una revisión sistemática, basada en PRISMA y registrada en PROSPERO. La búsqueda se realizó en las bases de datos PubMed y BVS. Se incluyeron estudios observacionales que evaluaron los movimientos oculares y el mareo en estos individuos. Se excluyeron los estudios con animales, el uso de medicamentos, tamaños de muestra de menos de diez participantes y publicaciones no indexadas. **Resultados.** Se revisaron once artículos, siete de los cuales fueron incluidos, publicados entre 2015 y 2024. Se identificaron déficits en las sacadas, el seguimiento suave y el reflejo vestibulo-ocular, así como alteraciones en pruebas como el nistagmo, la cancelación de la alineación vertical y torsional, la Prueba de Estabilización de la Mirada y el potencial miogénico evocado vestibular ocular. Algunos estudios han descrito una relación entre el Inventario de Discapacidad por Mareo y un mayor número de disfunciones oculomotoras. **Conclusión.** Las personas con traumatismo craneoencefálico, además de quejarse de mareos persistentes, presentan frecuentemente disfunciones oculomotoras, lo que sugiere que la integridad del sistema oculomotor suele verse comprometida en estos casos. **Palabras clave.** Lesiones Traumáticas del Encéfalo; Trastornos de la Motilidad Ocular; Mareo

Trabalho realizado na Universidade Federal da Bahia. Salvador-BA, Brasil.

Conflito de interesse: não

Recebido em: 05/05/2025

Aceito em: 17/06/2025

Endereço para correspondência: Luciene C Fernandes. Universidade Federal da Bahia, Instituto Multidisciplinar de Reabilitação e Saúde. Av. Miguel Calmon s/n. Vale do Canela. CEP 40110-100. Salvador-BA, Brasil. Email: luenefernandes@gmail.com

INTRODUÇÃO

Em todo o mundo, estima-se que mais de 41 milhões de pessoas sejam acometidas pela lesão cerebral traumática (LCT)¹. Esta consiste em danos neurológicos temporários ou permanentes, cuja patogênese está relacionada a lesões primárias, causadas pelo próprio impacto externo, e lesões secundárias, que desencadeiam diversas respostas inflamatórias, que contribuem para danos adicionais no cérebro².

Os impactos da LCT podem causar danos que não se limitam ao cérebro, mas acabam por envolver estruturas como o sistema oculomotor e o sistema vestibular^{3,4}. O

sistema vestibular é aquele responsável pelo equilíbrio, controle postural e estabilização do olhar, processando informações sobre a posição e o movimento da cabeça no espaço, a partir de estruturas como os canais semicirculares, utrículo e sáculo^{5,6}. O controle dos movimentos oculares fica a cargo do sistema oculomotor, a partir da ação coordenada de músculos extraoculares, nervos (III, IV e VI pares) e núcleos cranianos, localizados no tronco encefálico^{7,8}. Em conjunto, ambos os sistemas trabalham assegurando a estabilidade visual, quer a cabeça esteja imóvel, quer em movimento^{9,10}.

O sistema oculomotor envolve múltiplas vias neurais distribuídas em diferentes áreas do cérebro, sendo estas vulneráveis a danos. Por isso, as suas alterações podem ser consideradas marcadores de LTC¹¹. Disfunções oculomotoras e vestibulares são capazes de desencadear uma série de sintomas, tais como dor de cabeça, instabilidades visual e postural, e principalmente, tontura^{10,12}. Assim, disfunções oculomotoras e vestibulares são reconhecidas como fatores que contribuem para queixa de tontura, frequentemente relatada por estes indivíduos^{13,14}.

Diferentes mecanismos fisiopatológicos foram anteriormente propostos para explicar essa relação. Estes mecanismos incluem danos vestibulares, cerebelares e lesões axonais difusas (LAD) que acabam interrompendo a integração sensorial que existe entre esses sistemas¹⁵⁻¹⁸. No entanto, a caracterização detalhada desses déficits e sua relação com os sintomas ainda não está completamente

estabelecida, visto que até à data não foram encontradas revisões que investiguem simultaneamente a condição de tontura e disfunções oculomotoras nesses pacientes¹⁹. A investigação das disfunções oculomotoras em pacientes com LCT pode contribuir para um diagnóstico mais preciso e para estabelecer estratégias terapêuticas mais eficazes. Assim, o presente estudo objetivou descrever características de disfunções oculomotoras e queixa de tontura em indivíduos com LCT.

MÉTODO

Escopo da revisão

Trata-se de uma revisão sistemática, construída de acordo com *Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-analyses* (PRISMA). O protocolo referente a este trabalho está incluído no banco de dados internacional de revisões sistemáticas – PROSPERO, sob registo CRD42021289745. A pergunta de investigação baseou-se no acrônimo PECO (**P**aciente, **E**xposição, **C**omparação, **O**utcome ou desfecho) e correspondeu a: quais as características de disfunções oculomotoras e queixa de tontura em indivíduos com LCT? Sendo o P – indivíduos com LCT, E – disfunções oculomotoras e tontura, C – não aplicável, O – quaisquer características de disfunções oculomotoras e tontura nestes indivíduos.

Estratégia de busca

As buscas ocorreram na base de dado PubMed (Public Medicine), mantida pela Biblioteca Nacional de Medicina dos Estados Unidos (NLM) e na rede de biblioteca virtuais BVS (Biblioteca Virtual em Saúde). Diversos cruzamentos ocorreram, a partir combinação de descritores: *Eye Movements; Ocular Motility Disorders; Dizziness; Vertigo; Brain Injuries, Traumatic* e seu termo de entrada *traumatic brain injury*, retirados do MeSH (*Medical Subject Headings*). O descritor não controlado *Ocular Motor Abnormalities* também foi utilizado nos cruzamentos. A recolha de dados ocorreu em dezembro de 2024, utilizando os operadores Booleanos "AND" e "OR".

Seleção de artigos

A seleção dos estudos foi realizada em duas etapas. Inicialmente, dois revisores independentes realizaram o levantamento, filtragem, remoção de duplicatas, leitura dos títulos e resumos dos artigos identificados. Foram selecionados para leitura integral os estudos potencialmente relevantes. Na segunda fase, os textos completos foram analisados e, posteriormente, incluídos na presente revisão. Nos casos de divergências entre os dois avaliadores, um avaliador sénior foi convidado para consenso. A seleção e organização dos estudos foram realizadas utilizando a plataforma Rayyan (*Intelligent Systematic Review*), que auxiliou na gestão e no registo dos estudos, bem como o gerenciador de referências Zotero (versão 7.0.11).

Crêterios de elegibilidade

Foram incluídos estudos observacionais de natureza analítica (coorte, transversal e caso-controle), independentemente do idioma ou ano de publicação, que investigaram as disfunções de movimentos oculares e qualquer tipo de tontura em indivíduos de todas as idades que sofreram quaisquer tipos de LCT. Para serem incluídos, os estudos deveriam obrigatoriamente mencionar a presença e/ou avaliação da tontura, assim como a presença e avaliação dos movimentos oculares.

Foram excluídos estudos realizados em animais, estudos que envolveram medicamentos, artigos retratados e revisões de quaisquer tipos que permaneceram na busca mesmo após a filtração. Adicionalmente, foram excluídos estudos com amostras menores que 10 participantes, artigos não sujeitos a revisão por pares e estudos publicados em revistas não indexadas.

Extração de dados

As informações extraídas foram organizadas em quadros comparativos, abrangendo três categorias principais: características gerais dos estudos e dos participantes, incluindo ano de publicação, autores, país, objetivo do estudo, delineamento e tamanho da amostra; aspectos metodológicos e resultados, como métodos de avaliação da tontura, análise de movimentos oculares, presença e/ou avaliação de outras condições associadas, e

os principais achados reportados; qualidade dos estudos, avaliada conforme critérios pré-estabelecidos.

Avaliação da qualidade metodológica e risco de viés

Para avaliar a qualidade metodológica dos estudos incluídos, bem com a possibilidade de viés em seu desenho, condução e análise, utilizou-se as ferramentas de avaliação desenvolvidas pelo *Joanna Briggs Institute* (JBI). A avaliação leva em consideração critérios específicos para diferentes tipos de delineamentos, estando baseada em uma série de perguntas, que podem ser respondidas com “sim”, “não”, “incerto” e “não aplicável”²⁰.

O *checklist* de avaliação de estudos transversais conta com oito perguntas: 1. Os critérios de inclusão na amostra foram claramente definidos? 2. Os sujeitos do estudo e o ambiente foram descritos com detalhamento? 3. A exposição foi medida de forma válida e confiável? 4. Foram usados critérios objetivos e padronizados para a medição da condição? 5. Foram identificados fatores de confusão? 6. Foram estabelecidas estratégias para lidar com fatores de confusão? 7. Os resultados foram medidos de forma válida e confiável? 8. Foi usada uma análise estatística apropriada?²⁰

O *checklist* para estudos caso-controle conta com dez perguntas: 1. Os grupos eram comparáveis, exceto pela presença de doença nos casos ou ausência de doença nos controles? 2. Os casos e controles foram combinados de forma adequada? 3. Os mesmos critérios foram usados para identificação de casos e controles? 4. A exposição foi medida

de forma padrão, válida e confiável? 5. A exposição foi medida da mesma forma para casos e controles? 6. Foram identificados fatores de confusão? 7. Foram estabelecidas estratégias para lidar com fatores de confusão? 8. Os desfechos foram avaliados de forma padronizada, válida e confiável para casos e controles? 9. O período de exposição de interesse foi longo o suficiente para ser significativo? 10. Foi usada uma análise estatística apropriada?²⁰ Em concordância com os avaliadores, os estudos foram classificados como sendo de baixa, boa e moderada qualidade, de acordo com o número de critérios atendidos.

O risco de viés foi representado por gráficos de semáforos, gerados pelo *software* online Robvis.

RESULTADOS

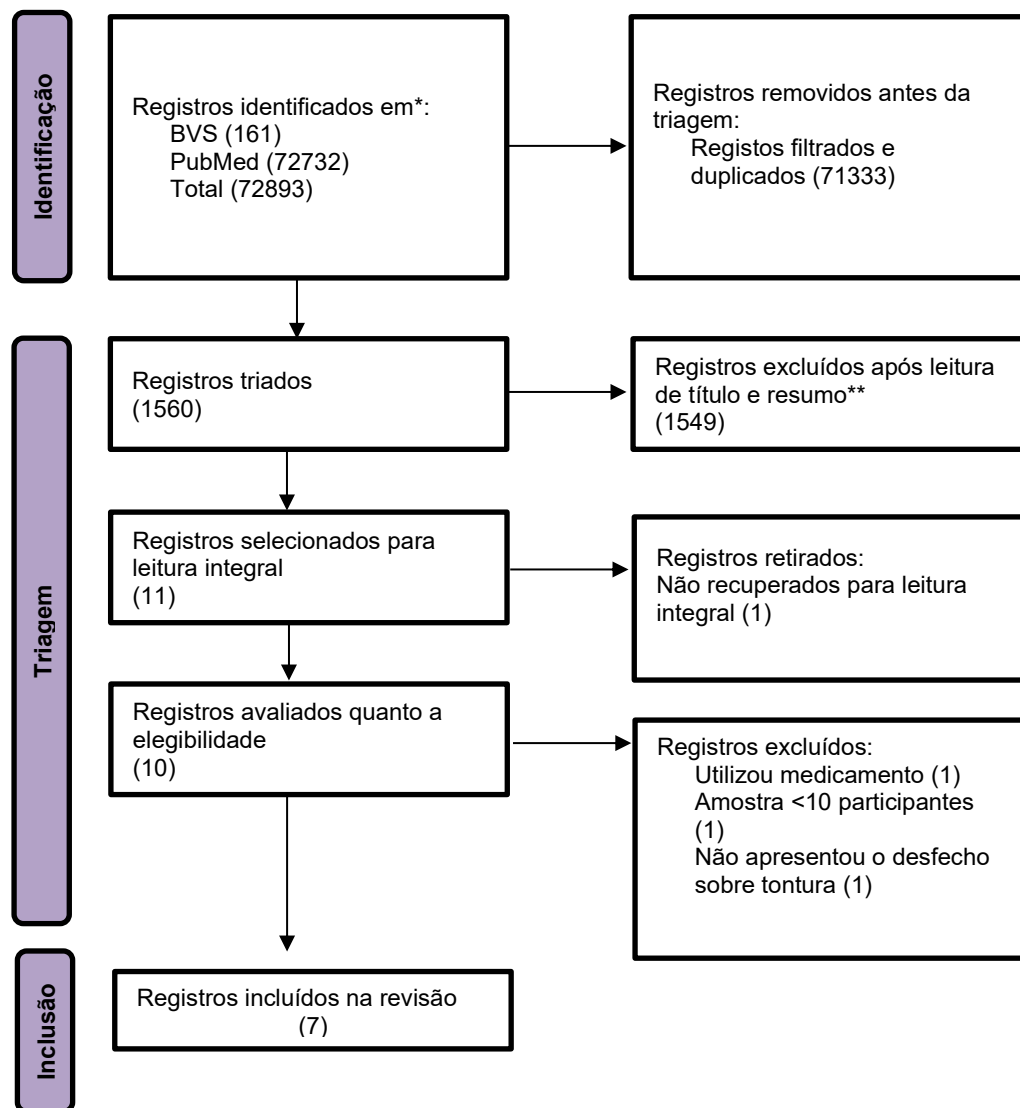
O levantamento resultou em um total de 72.893 estudos e 1650 foram triados. Dos 11 artigos selecionados para a leitura integral, um não foi obtido, e outros três artigos foram excluídos por: terem amostra inferior a dez participantes; não apresentar desfechos relacionados com a tontura; utilização de medicamento. Sete estudos foram selecionados para compor a presente revisão (Figura 1).

Características gerais dos estudos selecionados e dos participantes

É possível observar que os estudos selecionados para esta revisão foram publicados entre 2015 e 2024, abrangendo diferentes contextos internacionais, com origem

nos Estados Unidos, Índia e Austrália. Sete estudos seguiram um desenho transversal, enquanto um estudo adotou o desenho caso-controle²¹⁻²⁷.

Figura 1. Fluxograma da seleção dos estudos.



No total, participaram 460 indivíduos, com idades entre os 18 e os 70 anos, sendo que os casos de LCT envolveram predominantemente concussões^{21,24,26} e traumatismos

cranioencefálicos^{23,24}. A amostra com LCT era composta principalmente por atletas^{21,25} e veteranos de guerra^{22,24,27}. Nos estudos em que o sexo dos participantes foi relatado^{21,23,25,27}, a maioria eram homens. As informações supracitadas estão disponíveis no Quadro 1.

Quadro 1. Características dos estudos.

Autor ano país	PECO	Objetivo	Desenho	Amostra	Tontura	Movimentos oculares	Outras avaliações relevantes	Principais resultados
Honaker <i>et al.</i> 2015 EUA ²¹	P =jogadores de futebol americano com concussão, E =histórico de concussão, C =jogadores de futebol americano sem concussão, O =diferença entre grupos GST.	Testar a hipótese de que atletas com histórico de concussão teriam diferenças no GST em comparação com aqueles sem histórico de concussão.	Estudo transversal	40 jogadores de futebol americano. 15 com histórico de concussão e 25 sem histórico de concussão), sexo masculino, 18-23 anos, média de 20,93±1,2 para o primeiro grupo e 20,44±1,4 anos para o segundo.	DHI	Perseguição suave, sacadas, teste de nistagmo evocado pelo olhar e RVO.	GST	Sem diferenças significantes nos testes oculomotores e vestibulares, e velocidades da cabeça no GST. Maior assimetria no GST em atletas com concussão (P=0,008). Escore DHI mais alto em atletas com concussão.
Schubert <i>et al.</i> 2018 EUA ²²	P =veteranos de guerra com LCT, E =anulação de VAN e TAN, C =indivíduos saudáveis, O =diferença no VAN e TAN.	Comparar anulação de VAN e TAN entre veteranos e controles saudáveis em posições de testes eretas e supinas.	Estudo transversal	26 veteranos com LCT e tontura (55,4 ± 11,5) e 26 controles saudáveis (50,3 ± 17,3).	DHI, VSS	RVO, por meio do vHIT.	oVEMP, VAN e TAN.	Todos os veteranos relataram tontura , com média de 30,3±28,1 no DHI e 10,7±10,4 na VSS. vHIT (n=23): sem diferenças significantes no ganho do RVO entre rotações da cabeça (p=0,24). oVEMP : 55% sem resposta; restante normal ou inconclusivo. VAN e TAN : Variabilidade significativamente maior nos veteranos em pé e em supino (p≤0,027).

Quadro 1 (cont.). Características dos estudos.

Autor ano país	PECO	Objetivo	Desenho	Amostra	Tontura	Movimentos oculares	Outras avaliações relevantes	Principais resultados
Le <i>et al.</i> 2020 EUA ²⁷	P =veteranos de guerra com LCT, E =Exposição à LCT, C =veteranos sem LCT, O =ganho de RVO e CS.	Investigar a relação entre o ganho do RVO e as sacadas compensatórias em todos os seis canais semicirculares de veteranos com e sem LCT.	Estudo transversal	25 veteranos com LCT, entre 33-70 anos (52±2), 45 sem LCT, entre 26-69 anos (53±1), 100% homens.	DHI, VSS, VADL	RVO, por meio vHIT. Foram examinados o ganho do RVO e CS, bem como seus parâmetros de latência, amplitude e frequência.	-----	RVO: Sem diferença significativa entre veteranos com e sem LCT (p≤0,05). Valores dentro da normalidade em comparação com controles saudáveis. CS recrutado em ~25% dos impulsos de cabeça.
Akin <i>et al.</i> 2022 EUA ²⁴	P =veteranos com tontura, E =TCE por explosão, C =indivíduos sem tontura, O =Função vestibular e equilíbrio.	Examinar a função vestibular e de equilíbrio em indivíduos com tontura crônica associada a TCE/explosão.	Estudo caso-controle	77 veteranos com tontura pós-TCE (22-67 anos, 38,1) e 32 controles sem tontura ou TCE (20-60 anos, 31,6).	DHI	Nistagmos espontâneo e evocado pelo olhar, perseguição suave e sacadas aleatórias, por meio da usando vídeo-oculografia, além do RVO (irrigação calórica e aceleração harmônica lenta na cadeira giratória).	oVEMP.	DHI: Veteranos com TCE/explosão pontuaram média de 48. Perseguição suave: Normal em todos os participantes (p=0,68). Precisão sacádica: Reduzida no grupo TCE/explosão (esquerda: p=0,003; direita: p=0,02). Latência e velocidade sacádica: Sem diferenças entre grupos. Nistagmo: Ausente, exceto um caso de nistagmo espontâneo leve. Fraqueza calórica: Controle=7%, TCE/explosão=10% (p=0,08). Cadeira rotatória: Ganho vestibular reduzido no grupo TCE/explosão a 0,01 Hz (p=0,001). oVEMP: Sem diferenças entre grupos (p=0,20)

Quadro 1 (cont.). Características dos estudos.

Autor ano país	PECO	Objetivo	Desenho	Amostra	Tontura	Movimentos oculares	Outras avaliações relevantes	Principais resultados
Brown <i>et al.</i> 2022 Austrália ²⁵	P =atletas de combate, E =práticas de esporte de combate, C =indivíduos que não praticam esportes de combate, O =diferença na função vestibular e ocular.	Investigar as diferenças na função vestibulo-ocular entre atletas ativos de esportes de combate e um grupo controle saudável.	Estudo transversal	80 homens, 40 atletas de esportes de combate (MMA e Muay Thai) e 40 controles.	DHI	VOMS: perseguição suave, movimento sacádico dos olhos e nistagmo espontâneo e evocado pelo olhar (óculos de infravermelho) e RVO, por meio do vHIT.	-----	VOMS: Atletas de combate tiveram pontuação maior (mediana=1,5, faixa=0-21) que o grupo controle (mediana=0, faixa=0-17); (p=0,006). DHI: Maior nos atletas de combate (mediana=0, faixa=0-16) vs. grupo controle (mediana=0, faixa=0-8) (p=0,035). Disfunções oculomotoras: Mais frequentes nos atletas de combate, com diferenças significantes (p<0,05). vHIT (60ms e 80ms): Sem diferenças significantes entre grupos. Sacádicas de refixação: Mais comuns nos atletas de combate (20% vs. 3% no grupo controle). Correlação com anomalias: VOMS: rs=0,476, p=0,002; DHI: rs=0,402, p=0,01
Jafarzadeh <i>et al.</i> 2020 Índia ²³	P =pacientes com sintomas persistentes de TCE leve, E =função vestibular, C =não aplicável, O =resultados dos diferentes testes vestibulares.	Avaliar a função vestibular de pacientes com sintomas persistentes de TCE leve por meio de diferentes testes vestibulares.	Estudo transversal	21 pacientes, 20 de 21 eram do sexo masculino, 45,0 ± 12,7 de idade.	DHI	Nistagmo espontâneo, nistagmo evocado pelo olhar, sacada, perseguição suave.	TOS	Queixas: 100% relataram vertigem; 66,6% relataram desequilíbrio. DHI: Pontuação média de 37,0±24,9. Testes anormais: Nistagmo espontâneo: 0%; Olhar: 19%; Sacada: 0% e Perseguição: 38%. Correlação: DHI teve relação significativa com TOS (r=-0,579).

Quadro 1 (cont.). Características dos estudos.

Autor ano país	PECO	Objetivo	Desenho	Amostra	Tontura	Movimentos oculares	Outras avaliações relevantes	Principais resultados
Smulligan <i>et al.</i> 2024 EUA ²⁶	P =adultos com concussão, E =histórico de concussão, C =adultos sem concussão, O =tontura, sintomas vestibulares/oculomotores e propriocepção da coluna cervical.	Investigar tontura, sintomas vestibulares/oculomotores e propriocepção da coluna cervical entre adultos com/sem histórico de concussão.	Estudo transversal	88 participantes , 42 participantes com histórico de concussão (média = 1,4 ± 0,8 anos pós-concussão) e 46 sem histórico de concussão (27,0±3,75) .	DHI	Movimentos de seguimento ocular (perseguição suave), sacadas (horizontais e verticais), RVO (horizontais e verticais) e sensibilidade ao movimento visual.	-----	DHI: Grupo com concussão apresentou escore significativamente mais alto (média=9,79, IC95%: 6,27–13,32, p<0,001). Testes oculares: Desempenho pior em todos os testes (estimativa=3,01, IC95%: 2,32–3,70, p<0,001). Correlação: Moderadamente forte entre maior número de testes alterados e piores escores no DHI (r=0,64, p<0,001).

DHI: *Dizziness Handicap Inventory*, RVO: reflexo vestibulo-ocular, GST: Teste de estabilização do olhar, VSS: *Vertigo Symptom Scale*, vHIT: *Video Head Impulse Test*, oVEMP: *Ocular vestibular-evoked myogenic potential*, VAN: anulação de alinhamento vertical, TAN: anulação de alinhamento torcional, VADL: *Vestibular Disorders Activities of Daily Living Scale*, CS: sacadas compensatórias, LCT: lesão cerebral traumática, TCE: traumatismo cranioencefálico, VOMS: Ferramenta de Triagem Vestibular/Oculomotora.

Aspectos avaliativos e resultados

Tontura

Os estudos analisados avaliaram a tontura principalmente por meio do *Dizziness Handicap Inventory* (DHI). As pontuações obtidas indicaram que indivíduos com LCT apresentaram resultados significativamente mais altos em comparação com os grupos controle. Essas pontuações foram, em seis estudos, classificadas como sendo de baixo a moderado impacto²¹⁻²⁶.

Movimentos oculares

De forma geral, foram observadas alterações oculomotoras em diferentes níveis em todos os estudos selecionados. No estudo de Smulligan *et al.*²⁶, em que os

achados oculomotores foram descritos de forma agrupada, os participantes com concussão apresentaram pior desempenho em todos os testes aplicados para avaliação dos movimentos oculares (sacadas, perseguição suave e reflexo vestibulo-ocular, $p < 0,001$). O mesmo ocorreu em atletas de desportos de combate, ao apresentaram uma maior proporção de disfunções oculomotoras (perseguição suave, movimento sacádico dos olhos e nistagmo espontâneo e evocado pelo olhar, $p < 0,05$) comparados ao grupo controle²⁵. Em um estudo, no entanto, não foi possível observar diferenças significantes ($p < 0,001$) na função oculomotora entre os grupos, embora ambos tenham apresentado anomalias²¹.

Os resultados da avaliação do reflexo vestibulo-ocular (RVO) foram apresentados isoladamente em quatro estudos^{22,24,25,27}, por meio de diferentes ferramentas, tais como teste de impulso cefálico por vídeo (vHIT) e cadeira giratória. No estudo de Schubert *et al.*²², não foram observadas diferenças significativas no ganho de RVO nas rotações passivas da cabeça para a direita ($p = 0,24$). De forma semelhante, Le *et al.*²⁷ também não relatou diferenças significantes ($p \leq 0,05$). No estudo de Brown *et al.*²⁵, embora não tenham sido identificadas diferenças significantes no ganho de RVO, foi observada uma maior frequência de sacadas de refixação (compensatórias) no grupo com histórico de LCT em comparação aos controles (20% vs. 3%). Em contraste, Akin *et al.*²⁴ revelaram achados significantes relacionados à RVO, no qual pacientes com

traumatismo cranioencefálico (TCE) apresentaram menores ganhos em comparação com o grupo controle ($p=0,001$).

Ainda com relação às sacadas, o estudo de Le *et al.*²⁷ revelou que 25% dos impulsos de cabeça envolveram sacadas compensatórias (de refixação). A precisão sacádica foi significativamente menor no grupo de indivíduos TCE/expostos a explosões, tanto para movimentos à esquerda ($p=0,003$) quanto à direita ($p=0,02$). Entretanto, não foram observadas diferenças significativas entre os grupos em relação à latência, velocidade e precisão sacádica²⁴. Além disso, o estudo de Jafarzadeh *et al.*²³ não apresentou resultados anormais relacionados às sacadas.

Akin *et al.*²⁴ relataram a ausência de nistagmo evocado pelo olhar em seus participantes. Em contraste, no estudo de Jafarzadeh *et al.*²³, o nistagmo evocado pelo olhar foi observado em 19% dos indivíduos avaliados. Quanto ao nistagmo espontâneo, o estudo de Jafarzadeh *et al.*²³ não identificou nenhum caso entre os pacientes, enquanto Akin *et al.*²⁴ relataram a ocorrência dessa alteração em um indivíduo. A avaliação da perseguição suave revelou resultados divergentes: enquanto Akin *et al.*²⁴ identificaram resultados normais em todos os participantes, sem diferenças entre os grupos, 38% dos participantes avaliados no estudo de Jafarzadeh *et al.*²³ apresentaram alterações nessa função.

Relação entre tontura e movimentos oculares

Dois estudos investigaram de forma indireta a relação entre tontura e disfunções oculomotoras em pacientes com LCT. Smulligan *et al.*²⁶ observaram uma correlação moderadamente forte entre o número de testes oculomotores positivos e os escores do DHI ($r=0,64$, $p<0,001$) em indivíduos com histórico de concussão. De maneira semelhante, Brown *et al.*²⁵ relataram correlações significantes entre o VOMS (Ferramenta de Triagem Vestibular/Oculomotora) e o número total de anomalias oculomotoras detectadas em atletas de combate ($r_s=0,476$; $p=0,002$), assim como entre o DHI e essas anomalias ($r_s=0,402$; $p=0,01$).

Outras condições associadas

Quanto aos resultados do *Gaze Stabilization Test* (GST), embora entre os grupos não tenham sido observadas diferenças significantes nas velocidades de movimento da cabeça (para a direita e esquerda), os atletas com histórico de concussão apresentaram um escore de assimetria significativamente maior ($p=0,008$)²¹.

Além disso, a anulação de alinhamento vertical e torcional (VAN e TAN), avaliada no estudo de Schubert *et al.*²², nas posições ereta e supino, demonstraram uma variabilidade maior em veteranos de guerra, respectivamente, tanto para VAN (posição ereta 285% maior $p=0,002$, e posição supina 201%, $p=0,009$) quanto para

TAN (posição ereta 169% maior, $p=0,027$, e posição supina 170% maior $p=0,022$).

Nos estudos de Schubert *et al.*²² e Akin *et al.*²⁴, foram observados achados relevantes em relação ao oVEMP (potencial evocado miogênico vestibular ocular). Schubert *et al.*²² encontraram que 55% dos veteranos de guerra apresentaram respostas ausentes (para direita ou esquerda) no oVEMP (potencial evocado miogênico vestibular ocular), enquanto o restante obteve resultados normais ou inconclusivos. As pontuações do oVEMP variaram entre $15,3 \pm 2,4$ ms para a latência P1 e $22,2 \pm 2,0$ ms para a latência N1, tanto para os lados esquerdo quanto direito. Por outro lado, Akin *et al.*²⁴ não observaram diferenças significantes nas medidas de oVEMP, incluindo amplitude ($p=0,73$), latência ($p=0,32$) e razão de assimetria ($p=0,37$), entre os grupos analisados (Quadro 1).

Qualidade metodológica e risco de viés

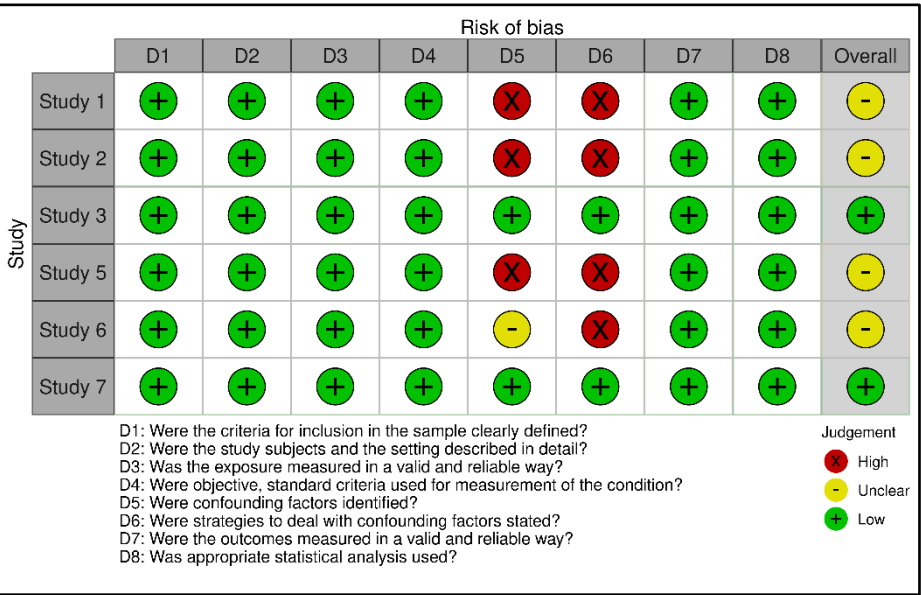
A pontuação total dos estudos transversais variou, sendo quatro^{21-23,25} classificados como tendo uma qualidade moderada, pontuando seis critérios, e dois^{26,27} de boa qualidade, pontuando, respectivamente sete e oito. A maioria dos estudos transversais apresentou algumas limitações nas seções que abordam fatores de confusão, como observados na pontuação das perguntas Q5 e Q6, que geralmente foram respondidas com “não” ou “incerto”. Quanto ao estudo do tipo caso-controle²⁴, este foi avaliado como tendo qualidade moderada, com algumas incertezas

nas questões relativas à definição de variáveis de controle (Q2, Q3 e Q8; Quadro 2 Figura 2 e Quadro 3 Figura 3).

Quadro 2. Qualidade metodológica dos estudos transversais.

Estudo	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Total	Qualidade
Honaker <i>et al.</i> ²¹	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Sim	Sim	6	Moderada
Schubert <i>et al.</i> ²²	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Sim	Sim	6	Moderada
Le <i>et al.</i> ²⁷	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	8	Boa
Brown <i>et al.</i> ²⁵	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Sim	Sim	6	Moderada
Jafarzadeh <i>et al.</i> ²³	Sim	Sim	Sim	Sim	Incerto	Não	Sim	Sim	6	Moderada
Smulligan <i>et al.</i> ²⁶	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	7	Boa

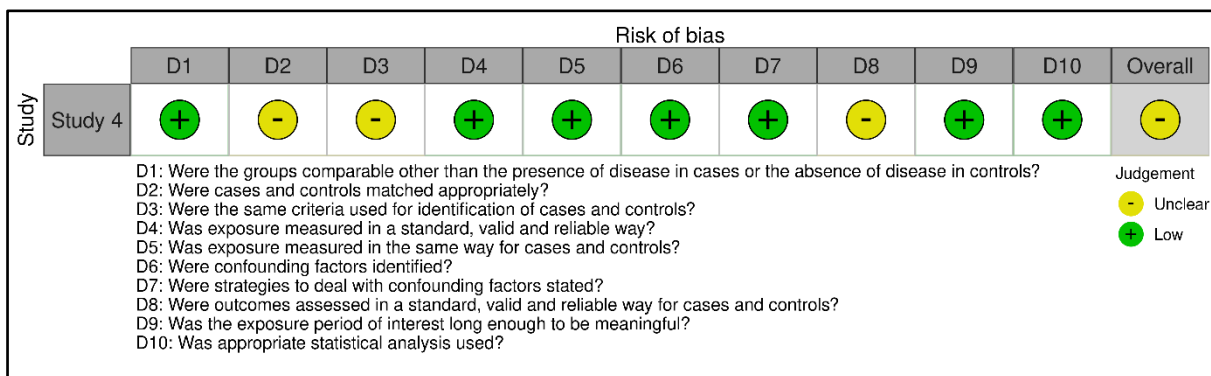
Figura 2. Representação do risco de viés em gráfico de semáforo, com domínios baseados na ferramenta JBI para estudos transversais.



Quadro 3. Qualidade metodológica do estudo caso-controle.

Estudo	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Total	Qualidade
Akin <i>et al.</i> ²⁴	Sim	Incerto	Incerto	Sim	Sim	Sim	Sim	Incerto	Sim	Sim	7	Moderada

Figura 3. Representação do risco de viés em gráfico de semáforo, com domínios baseados na ferramenta JBI para estudos caso-controle.



DISCUSSÃO

O presente estudo objetivou descrever características de disfunções oculomotoras e queixa de tontura em indivíduos com LCT. Assim sendo, tontura e achados oculomotores anormais foram pontuais em todos os artigos selecionados, principalmente nos grupos de indivíduos com LCT, quando comparados aos grupos controle.

Queixa de tontura e impacto funcional

Indivíduos com LCT apresentaram maior prevalência de tontura, e de acordo com as pontuações no DHI, os impactos foram classificados de leve a moderado²¹⁻²⁷. Tais achados

confirmam a já descrita relação entre tontura e LCT, visto que outros estudos apontam para resultados semelhantes^{13,14}. A literatura indica que a tontura relatada por pacientes com LCT tende a ser persistente em aproximadamente 46% dos casos²⁸ e pode impactar significativamente a participação e as atividades de vida diária, incluindo efeitos relacionados a prejuízos cognitivos e emocionais, além de dificuldades no que concerte ao retorno às atividades laborais¹⁶. Assim, a tontura não apenas compromete a funcionalidade dos indivíduos, mas também afeta negativamente a qualidade de vida^{29,30}.

Na LCT, as respostas inflamatórias envolverão uma série de alterações vasculares e bioquímicas, gerando um quadro patológico, que além de comprometer o próprio cérebro, leva a alterações de estruturas vestibulares periféricas e centrais. Associado a estes eventos, tem-se as LAD que podem comprometer a comunicação neural, os danos cerebelares e de tronco que levam a dificuldades na compensação vestibular. Levando em consideração todo este quadro, aqueles que sofreram de LCT podem se queixar de tontura^{15-18,31,32}.

Disfunções oculomotoras

Os achados dos estudos incluídos indicaram que indivíduos com histórico LCT apresentaram disfunções oculomotoras em diferentes níveis, variando conforme os testes utilizados em cada avaliação. De forma geral, foi

possível observar um desempenho inferior nos testes de sacadas, perseguição suave e RVO.

O comprometimento sacádico em pacientes com LCT já foi resultado de outros estudos^{33,34}. Na presente revisão, diferenças relevantes entre os grupos analisados foram encontradas. A presença de sacadas compensatórias (CS) apontadas por Le *et al.*²⁷ parece estar relacionada à divergência de assimetria entre a posição da cabeça e dos olhos³⁵, visto que estas são utilizadas a fim de corrigir o RVO deficiente e melhorar a estabilidade do olhar^{36,37}. Paralelamente, Akin *et al.*²⁴ descreveram diferenças na precisão sacádica, que podem estar relacionadas a déficits neurológicos centrais em diversas vias, incluindo os hemisférios cerebrais (envolvidos na iniciação e controle voluntário das sacadas), tronco encefálico (onde estão presentes os núcleos oculomotores) e cerebelo (responsável pela modulação e ajuste fino dos movimentos oculares)²⁴. Há inconsistências na literatura, visto que Jafarzadeh *et al.*²³ não relataram anormalidades associadas às sacadas. A variabilidade de resultados sobre essa função ocular pode ser explicada, pois, os movimentos oculares não são igualmente sensíveis aos impactos provocados pela LCT³³.

Em um único estudo foi descrito valores significativamente reduzidos no ganho do RVO²⁴. É possível encontrar na literatura a redução deste mesmo parâmetro³⁸. Esta diminuição pode ser justificada pela perda de estereocílios das células ciliadas, observada em um estudo com animais³⁹. Essas células, localizadas nas cristas

ampulares dos canais semicirculares e nas máculas do utrículo e sáculo, são essenciais para converter estímulos mecânicos, como orientação gravitacional e acelerações linear e angular, em sinais elétricos que são transmitidos aos núcleos vestibulares e, posteriormente, aos músculos extraoculares⁴⁰. O ganho é a razão entre a velocidades dos movimentos olhos e da cabeça⁴¹, quaisquer alterações nas vias envolvidas nesse reflexo poderão resultar na redução desse parâmetro.

No estudo de Brown *et al.*²⁵, uma maior parcela dos atletas de MMA apresentou sacadas de refixação (o mesmo que sacadas compensatórias) em comparação ao grupo controle, com valores normais no ganho. Achados semelhantes podem ser encontrados em pacientes com vestibulopatia unilateral⁴². Como mencionado no parágrafo anterior, o ganho de RVO está associado a estabilização visual durante movimentos da cabeça, assim, valores normais podem ser observados em resposta ao processo de compensação central. Contudo, a presença de sacadas de refixação, pode revelar um RVO parcialmente comprometido ou prejudicado⁴³. Uma hipótese levantada é a de que as sacadas de refixação nesses indivíduos estariam relacionadas a diminuição da acuidade visual dinâmica (DVA)²⁵ que é a capacidade de distinguir e enxergar pequenos detalhes de objetos em movimento⁴⁴. Quando a DVA está comprometida, há dificuldades em manter os objetos em movimento de forma clara e estável⁴⁴. Assim, as

sacadas de refixação ocorrem para tentar estabilizar a imagem do objeto na fóvea.

Os resultados da avaliação da perseguição suave foram divergentes, apenas Jafarzadeh *et al.*²³ observaram anormalidades em parte dos participantes. Em estudos anteriores, diferenças significativas na perseguição suave foram encontradas entre grupos^{45,46}. A perseguição suave corresponde à capacidade de rastrear lentamente objetos que se deslocam a menos de 30 graus/segundo⁴⁷. Diferentes áreas estão envolvidas no seu funcionamento. As informações são captadas nas células ganglionares (tipo M) na retina e transmitidas ao corpo geniculado lateral e, posteriormente, ao córtex visual primário. A partir daí, os sinais percorrem o campo ocular frontal, o campo ocular suplementar, as áreas temporal média e medial superior temporal, os córtices intraparietal e parietal posterior, além de partes do cerebelo⁴⁸. Quaisquer danos nestes locais podem suscitar alterações nesse movimento^{49,50}. Assim, déficits nos parâmetros relacionados a perseguição suave, se configuram como biomarcador e servem para distinguir indivíduos com e sem LCT^{47,48}.

Foram documentados diferentes resultados quanto aos testes dos nistagmos espontâneo e evocado pelo olhar nos estudos de Akin *et al.*²⁴ e Jafarzadeh *et al.*²³ E embora os resultados tenham sido divergentes, a literatura confirma que os pacientes com LCT podem apresentar nistagmos patológicos⁵¹. Levando em consideração a não existência de um único método considerado como padrão-ouro para

avaliação dos movimentos oculares¹⁹, estes resultados reforçam a importância de considerar a heterogeneidade das amostras e a sensibilidade dos métodos diagnósticos empregados, a fim de determinar os tipos de nistagmos que surgem após LCT. Estudos adicionais são necessários para esclarecer essas variações e estabelecer uma melhor compreensão da prevalência e dos mecanismos envolvidos no nistagmo.

Relação entre disfunções oculomotoras e tontura

Smulligan *et al.*²⁶ e Brown *et al.*²⁵ apontaram, respectivamente, correlações entre o número de testes oculomotores e anomalias oculomotoras e o resultado do DHI. Achados semelhantes podem ser encontrados na literatura^{52,53}. Os mecanismos pelos quais esta relação ocorreu não estão bem explicados. No entanto, acredita-se que alterações oculomotoras contribuem para déficits na estabilidade do olhar⁵⁴. Além disso, pacientes com LCT podem cursar com “síndrome pós-concussão”, caracterizada pela persistência, evolução ou surgimento de novos sintomas no estágio crônico⁵⁵. Nesta síndrome, déficits de processamento oculomotor, vestibular e visuovestibular estão presentes e ocorrem como resultado de lesões vestibulares e axonais⁵⁶⁻⁵⁹. As consequências geradas por estas disfunções e mencionadas anteriormente, podem impactar a funcionalidade e a percepção de tontura por parte desses pacientes. Isto explicaria a correlação positiva ocorrida nos estudos anteriores.

Outras avaliações

No estudo de Honaker *et al.*²¹, os atletas com histórico de concussão apresentaram assimetria significativamente maior (GST). Um estudo atual também encontrou assimetrias numa população de jovens atletas com concussão⁶⁰. O GST avalia a velocidade mais rápida do movimento horizontal da cabeça⁶¹. A assimetria expressa discrepâncias na “velocidade média de movimentos da cabeça para a direita e para a esquerda, sugerindo deficiências assimétricas do olhar de origem visual-vestibular”²¹. Após uma concussão, pode-se ter como resultados deslizamento retiniano e redução da acuidade visual durante os movimentos rápidos da cabeça. Embora o SNC tenha a capacidade de compensação em déficits vestibulares, essa adaptação pode ser incompleta ou assimétrica nestes^{62,63}.

Patologias otolíticas podem ocasionar desalinhamento ocular que varia com o posicionamento da cabeça. Para avaliar esse desalinhamento, Schubert *et al.*²² desenvolveram o teste anulação de alinhamento vertical e torcional (VAN e TAN), e indicaram uma variabilidade significativamente maior em veteranos de guerra em comparação ao grupo controle²². Também foram encontradas alterações no alinhamento binocular entre as posições sentada e supina⁶⁴. A reação de inclinação ocular (OTR) patológica pode explicar esses desalinhamentos. Esta é caracterizada por sinais como inclinação da cabeça, desvio oblíquo dos olhos e torção ocular e ocorre quando há uma

perda da integração de informações vestibulares e oculomotoras, devido as disfunções no sistema vestibular ou lesões em áreas do cérebro responsáveis pelo controle dos movimentos oculares^{65,66}.

No estudo de Schubert *et al.*²² ausências de respostas no oVEMP foram descritas. Na literatura atual, outros estudos o utilizaram como ferramenta de avaliação para pacientes com LCT e apontaram para respostas anormais^{67,68}. O oVEMP é gerado a partir de estímulos sonoros e sua realização tem por objetivo avaliar a função do utrículo e sua via reflexa até o músculo oblíquo inferior. Através do RVO, as vias vestibulares superior e contralateral ascendente são avaliadas⁶⁹. Uma justificativa que para a ausência de repostas é a presença de lesões no sistema vestibular, especificamente no utrículo ou nas vias de condução nervosa que transmitem os sinais do RVO.

Limitações e implicações futuras

Como limitações, entende-se que os estudos incluíram diferentes populações e períodos pós-LCT. A não padronização dos testes utilizados podem ter contribuído, com maior força, para a heterogeneidade dos achados. Além disso, a variabilidade de desfechos pode dificultar a comparação direta entre os estudos. Um outro aspecto limitante refere-se à qualidade moderada dos estudos, especialmente nos aspectos referentes a ausência de informações acerca dos fatores de confusão e a falta de controle para variáveis importantes. Além disso, a

predominância de delineamento transversal restringe interferências causais e o acompanhamento longitudinal do impacto causados pelas alterações.

Estudos futuros devem priorizar populações mais homogêneas, métodos avaliativos padronizados e investigações a longo prazo. Sugere-se futuros estudos que enfoquem na investigação de movimentos oculomotores não mencionados na presente revisão, tais como vergência, reflexo optocinético e fixação ocular. Por fim, acredita-se que as intervenções específicas para essas disfunções devem promover compensações funcionais e melhora na qualidade de vida dos indivíduos.

CONCLUSÃO

Os resultados da presente revisão reforçam que indivíduos com LCT, além de se queixarem de tontura persistente, frequentemente apresentam disfunções oculomotoras, sugerindo que a integridade do sistema oculomotor é frequentemente comprometida nesses casos. As disfunções aqui descritas estão relacionadas às alterações sacádicas (sacadas compensatórias/refixação), na perseguição suave e no RVO, além de alterações em testes como nistagmos, GST, oVEMP, VAN e TAN. Vale também ressaltar a correlação entre tontura e disfunções oculomotoras apontada por alguns autores. A diversidade dos resultados e a variabilidade entre os métodos de avaliação ressaltam que há uma complexidade na relação entre disfunções oculomotoras e tontura em indivíduos com

LCT, evidenciando a necessidade de mais pesquisas para melhor compreender esses mecanismos.

AGRADECIMENTOS

Bolsa concedida à Erivânia Guedes da Paz, pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB), Brasil, durante um período do mestrado.

REFERÊNCIAS

1. Gardner RC, Yaffe K. Epidemiology of mild traumatic brain injury and neurodegenerative disease. *Mol Cell Neurosci* 2015;66:75-80. <https://doi.org/10.1016/j.mcn.2015.03.001>
2. Galgano M, Toshkezi G, Qiu X, Russell T, Chin L, Zhao LR. Traumatic Brain Injury: Current Treatment Strategies and Future Endeavors. *Cell Transplantation* 2017;26:1118-30. <https://doi.org/10.1177/0963689717714102>
3. Mucha A, Fedor S, DeMarco D. Vestibular dysfunction and concussion. *Sports Neurol* 2018;158:135-44. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63954-7.00014-8>.
4. Banman CJ, Schneider KJ, Cluff T, Peters RM. Altered Vestibular Balance Function in Combat Sport Athletes. *J Neurotr* 2021;38:2291-300. <https://doi.org/10.1089/neu.2020.7432>
5. Mor R, Taguchi KC, Figueiredo V, Taguchi K, Figueiredo H. Vestibulometria e Fonoaudiologia: como realizar e interpretar. São Paulo: Lovise; 2001. <https://www.scienceopen.com/document?vid=4dfaec96-3518-4855-a387-7a58940fbf3b>
6. Pignatari SSN, Anselmo-Lima WT (eds). Associação Brasileira de Otorrinolaringologia e Cirurgia Cérvico-Facial. Tratado de Otorrinolaringologia e Cirurgia Cérvico-Facial da ABORL-CCF. São Paulo: Elsevier; 2017. <https://www.grupogen.com.br/tratado-de-otorrinolaringologia-e-cirurgia-cervicofacial-da-aborl-ccf>
7. Bicas HEA. Oculomotricidade e seus fundamentos. *Arq Bras Oftalmol* 2003;66:687-700. <https://doi.org/10.1590/S0004-27492003000500026>
8. Bilbao C, Piñero DP. Clinical characterization of oculomotricity in children with and without specific learning disorders. *Brain Sci* 2020;10:836. <https://doi.org/10.3390/brainsci10110836>
9. Kawata K, Tierney R, Phillips J, Jeka JJ. Effect of repetitive sub-concussive head impacts on ocular near point of convergence. *Int J Sports Med* 2016;37:405-10. <https://doi.org/10.1055/s-0035-1569290>

- 10.Kontos AP, Deitrick JM, Collins MW, Mucha A. Review of vestibular and oculomotor screening and concussion rehabilitation. *J Athl Train* 2017;52:256-61. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-51.11.05>
- 11.Ventura RE, Balcer LJ, Galetta SL, Rucker JC. Ocular motor assessment in concussion: Current status and future directions. *J Neurol Sci* 2016;361:79-86. <https://doi.org/10.1016/j.jns.2015.12.010>
- 12.Mucha A, Collins MW, Elbin RJ, Furman JM, Troutman-Enseki C, DeWolf RM, et al. A Brief Vestibular/Ocular Motor Screening (VOMS) assessment to evaluate concussions: preliminary findings. *Am J Sports Med* 2014;42:2479-86. <https://doi.org/10.1177/0363546514543775>
- 13.Swan AA, Akin FW, Amuan ME, Riska KM, Hall CD, Kalvesmaki A, et al. Disruptive dizziness among post-9/11 veterans with deployment-related traumatic brain injury. *J Head Trauma Rehabil* 2021;37:199-212. <https://doi.org/10.1097/HTR.0000000000000714>
- 14.Chan Y, Thorne PR, Taylor RL. Self-reported dizziness, balance, and multisensory impairment following mild traumatic brain injury: an exploratory study. *J R Soc N Z* 2024;55:451-65. <https://doi.org/10.1080/03036758.2024.2001157>
- 15.Carr S, Rutka J. Post-traumatic dizziness. *Curr Otorhinolaryngol Rep* 2017;5:142-51. <https://doi.org/10.1007/s40136-017-0146-4>
- 16.Marcus HJ, Paine H, Sargeant M, Wolstenholme S, Collins K, Marroney N, et al. Vestibular dysfunction in acute traumatic brain injury. *J Neurol* 2019;266:2430-3. <https://doi.org/10.1007/s00415-019-09403-z>
- 17.Gianoli GJ. Post-concussive dizziness: A review and clinical approach to the patient. *Front Neurol* 2022;12:746392. <https://doi.org/10.3389/fneur.2021.746392>
- 18.Pimentel BN, Silveira ABD, Santos Filha VAV. Aspectos otoneurológicos em traumatismos cranioencefálicos: série de casos. *Audiol Commun Res* 2018;23:e2227. <https://doi.org/10.1590/2317-6431-2016-1776>
- 19.Stuart S, Parrington L, Martini D, Peterka R, Chesnutt J, King L. The measurement of eye movements in mild traumatic brain injury: a structured review of an emerging area. *Front Sports Act Living* 2020;2:5. <https://doi.org/10.3389/fspor.2020.00005>
- 20.Réus JC, Honnef LR, Massignan C, Stefani CM, Canto GL. Análise da qualidade metodológica de estudos observacionais (coorte, caso-controle e transversal) com as ferramentas do Joanna Briggs Institute (JBI). In: Canto GL, Stefani CM, Massignan C (eds). *Risco de viés em revisões sistemáticas: guia prático*. Florianópolis: Centro Brasileiro de Pesquisas Baseadas em Evidências – COBE UFSC; 2021. p.223-36. <https://guiariscodeviescobe.paginas.ufsc.br/capitulo-11-analise-da-qualidade-metodologica-de-estudos-observacionais-coorte-caso-controle-e-transversal-com-as-ferramentas-do-joanna-briggs-institute-jbi/>
- 21.Honaker JA, Criter RE, Patterson JN, Jones SM. Gaze Stabilization Test Asymmetry Score as an Indicator of Previous Concussion in a

- Cohort of Collegiate Football Players. Clin J Sport Med 2015;25:361-6. <https://doi.org/10.1097/JSM.0000000000000160>
- 22.Schubert MC, Yoav Gimmon, Millar J, Brewer KJ, Roberts D, Shelhamer M, *et al.* Veterans have greater variability in their perception of binocular alignment. PLoS ONE 2018;13:e0209622-2. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0209622>
- 23.Jafarzadeh S, Pourbakht A, Bahrami E. Vestibular assessment in patients with persistent symptoms of mild traumatic brain injury. Indian J Otolaryngol Head Neck Surg 2020;74:272-80. <https://doi.org/10.1007/s12070-020-02043-0>
- 24.Akin FW, Murnane OD, Hall CD, Riska KM, Sears J. Vestibular and balance function in veterans with chronic dizziness associated with mild traumatic brain injury and blast exposure. Front Neurol 2022;13:930389. <https://doi.org/10.3389/fneur.2022.754798>
- 25.Brown DA, Leung FT, Evans K, Grant G, Hides JA. Vestibular and oculomotor function in male combat sport athletes. J Sci Med Sport 2022;25:524-8. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2021.12.014>
- 26.Smulligan KL, Carry P, Smith AC, Esopenko C, Baugh CM, Wilson JC, *et al.* Cervical spine proprioception and vestibular/oculomotor function: An observational study comparing young adults with and without a concussion history. Phys Ther Sport 2024;69:33-9. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2023.07.003>
- 27.Le TTC, Brewer K, Serrador J, Schubert MC. Veterans with dizziness recruit compensatory saccades in each semicircular canal plane although VOR gain is normal. J Vestib Res 2020;30:47-53. <https://doi.org/10.3233/VES-200739>
- 28.Arshad Q, Roberts RE, Ahmad H, Lobo R, Patel M, Ham T, *et al.* Patients with chronic dizziness following traumatic head injury typically have multiple diagnoses involving combined peripheral and central vestibular dysfunction. Clin Neurol Neurosurg 2017;155:17-9. <https://doi.org/10.1016/j.clineuro.2017.01.007>
- 29.Voormolen DC, Haagsma JA, Polinder S, Maas AIR, Steyerberg EW, Vuleković P, *et al.* Post-Concussion Symptoms in Complicated vs. Uncomplicated Mild Traumatic Brain Injury Patients at Three and Six Months Post-Injury: Results from the CENTER-TBI Study. J Clin Med 2020;8:1921. <https://doi.org/10.3390/jcm8111921>
- 30.Voormolen DC, Polinder S, von Steinbuechel N, Vos PE, Cnossen MC, Haagsma JA. The association between post-concussion symptoms and health-related quality of life in patients with mild traumatic brain injury. Injury 2019;50:1068-74. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2018.12.020>
- 31.Romeu-Mejia R, Giza CC, Goldman JT. Concussion pathophysiology and injury biomechanics. Curr Rev Musculoskelet Med 2019;12:105-16. <https://doi.org/10.1007/s12178-019-09551-4>
- 32.Wang J, Zhang Y, Yang H, Tian E, Guo Z, Chen J, *et al.* Advanced progress of vestibular compensation in vestibular neural networks. CNS Neurosci Ther 2024;30:e70037. <https://doi.org/10.1111/cns.70037>
- 33.Ettenhofer ML, Hershaw JN, Engle JR, Hungerford LD. Saccadic impairment in chronic traumatic brain injury: examining the influence

- of cognitive load and injury severity. *Brain Inj* 2018;32:1740-8. <https://doi.org/10.1080/02699052.2018.1496492>
34. Mani R, Asper L, Khoo SK. Deficits in saccades and smooth-pursuit eye movements in adults with traumatic brain injury: a systematic review and meta-analysis. *Brain Inj* 2018;32:1315-36. <https://doi.org/10.1080/02699052.2018.1483030>
35. Aboukhalil A, Shelhamer M, Clendaniel R. Acquisition of context-specific adaptation is enhanced with rest intervals between changes in context state, suggesting a new form of motor consolidation. *Neurosci Lett* 2004;369:162-7. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2004.07.086>
36. Anson ER, Bigelow RT, Carey JP, Xue QL, Studenski S, Schubert MC, et al. VOR gain is related to compensatory saccades in healthy older adults. *Front Aging Neurosci* 2016;8:150. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2016.00150>
37. Kojima Y, Ling L, Phillips JO. Compensatory saccade in the vestibular impaired monkey. *Front Neurol* 2023;14:1198471. <https://doi.org/10.3389/fneur.2023.1198471>
38. Akin FW, Murnane OD, Hall CD, Riska KM. Vestibular consequences of mild traumatic brain injury and blast exposure: a review. *Brain Inj* 2017;31:1188-94. <https://doi.org/10.1080/02699052.2017.1291993>
39. Lien SJ, Dickman JD. Vestibular injury after low-intensity blast exposure. *Front Neurol* 2018;9:648. <https://doi.org/10.3389/fneur.2018.00648>
40. Casale J, Browne T, Murray IV, Gupta G. Physiology, vestibular system. In: StatPearls. Treasure Island: StatPearls Publishing; 2024. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK532978/>
41. Money-Nolan LE, Flagge AG. Factors affecting variability in vestibulo-ocular reflex gain in the Video Head Impulse Test in individuals without vestibulopathy: A systematic review of literature. *J Vestib Res* 2023;33:321-30. <https://doi.org/10.3233/VES-220023>
42. Perez-Fernandez N, Eza-Núñez P. Normal Gain of VOR with Refixation Saccades in Patients with Unilateral Vestibulopathy. *J Int Adv Otol* 2015;11:133-7. <https://doi.org/10.5152/iao.2015.868>
43. Korsager LEH, Faber CE, Schmidt JH, Wanscher JH. Refixation Saccades with Normal Gain Values: A Diagnostic Problem in the Video Head Impulse Test: A Case Report. *Front Neurol* 2017;8:529. <https://doi.org/10.3389/fneur.2017.00529>
44. Palidis DJ, Wyder-Hodge PA, Fookien J, Spering M. Distinct eye movement patterns enhance dynamic visual acuity. *PLoS One* 2017;12:e0172061. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0172061>
45. Jun M, Jamshid G. Detecting Eye Movement Abnormalities from Concussion. *Prog Neurol Surg* 2014;28:226-33. <https://doi.org/10.1159/000358761>
46. King JE, Pape MM, Kodosky PN. Vestibular Test Patterns in the NICOE Intensive Outpatient Program Patient Population. *Mil Med* 2018;183(Suppl 1):237-44. <https://doi.org/10.1093/milmed/usx134>
47. Hunfalvay M, Murray NP, Mani R, Carrick FR. Smooth Pursuit Eye Movements as a Biomarker for Mild Concussion within 7-Days of Injury.

- Brain Inj 2021;35:1682-9.
<https://doi.org/10.1080/02699052.2021.1946792>
48. Hunfalvai M, Murray NP, Roberts CM, Tyagi A, Barclay KW, Carrick FR. Oculomotor Behavior as a Biomarker for Differentiating Pediatric Patients With Mild Traumatic Brain Injury and Age Matched Controls. *Front Behav Neurosci* 2020;14:581750.
<https://doi.org/10.3389/fnbeh.2020.581750>
49. Maruta J, Lee SW, Jacobs EF, Ghajar J. A unified science of concussion. *Ann N Y Acad Sci* 2010;1208:58-66.
<https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2010.05695.x>
50. Contreras R, Ghajar J, Bahar S, Suh M. Effect of cognitive load on eye-target synchronization during smooth pursuit eye movement. *Brain Res* 2011;1398:55-63.
<https://doi.org/10.1016/j.brainres.2011.05.015>
51. De Clercq H, Naude A, Bornman J. Investigating nystagmus in patients with traumatic brain injury: A systematic review (1996–2016). *S Afr Med J* 2017;107:957–64.
<https://doi.org/10.7196/samj.2017.v107i11.12472>
52. D'Silva LJ, Chalise P, Obaidat S, Rippee M, Devos H. Oculomotor deficits and symptom severity are associated with poorer dynamic mobility in chronic mild traumatic brain injury. *Front Neurol* 2021;12:635831. <https://doi.org/10.3389/fneur.2021.635831>
53. Hamidi Nahrani M, Akbari M, Maarefvand M. Relationship between vestibulo-ocular reflex gain and dizziness handicap inventory score to predict effectiveness of vestibular rehabilitation. *Aud Vestib Res* 2021;30:273–9. <https://doi.org/10.18502/avr.v30i4.7445>
54. Pimenta C, Correia A, Alves M, Virella D. Effects of oculomotor and gaze stability exercises on balance after stroke: Clinical trial protocol. *Porto Biomed J* 2017;2:76-80.
<https://doi.org/10.1016/j.pbj.2017.01.001>
55. Hiploylee C, Dufort PA, Davis HS, Wennberg RA, Tartaglia MC, Mikulis D, et al. Longitudinal study of postconcussion syndrome: Not everyone recovers. *J Neurotrauma* 2017;34:1511–23.
<https://doi.org/10.1089/neu.2016.4677>
56. Pilkar R, Karunakaran KK, Veerubhotla A, Ehrenberg N, Ibironke O, Nolan KJ. Evaluating sensory acuity as a marker of balance dysfunction after a traumatic brain injury: A psychophysical approach. *Front Neurosci* 2020;14:836. <https://doi.org/10.3389/fnins.2020.00836>
57. Row J, Chan L, Damiano D, Shenouda C, Collins J, Zampieri C. Balance assessment in traumatic brain injury: A comparison of the sensory organization and limits of stability tests. *J Neurotrauma* 2019;36:2435–42. <https://doi.org/10.1089/neu.2018.5755>
58. Dunlap PM, Mucha A, Smithnosky D, Whitney SL, Furman JM, Collins MW, et al. The gaze stabilization test following concussion. *J Am Acad Audiol* 2018;29:882–92. <https://doi.org/10.3766/jaaa.18015>
59. Kenzie ES, Parks EL, Bigler ED, Wright DW, Lim MM, Chesnutt JC, et al. The dynamics of concussion: Mapping pathophysiology, persistence, and recovery with causal-loop diagramming. *Front Neurol* 2018;9:203. <https://doi.org/10.3389/fneur.2018.00203>

60. Alexander A, Sweenie R, Meacham B, Pardini J. Gaze stability test asymmetry before and after individualized rehabilitation in youth athletes with concussion. *J Sport Rehabil* 2025;34:1-9. <https://doi.org/10.1123/jsr.2024-0123>
61. Thompson-Harvey A, Dutcher CE, Monroe HA, Sinks BC, Goebel JA. Detection of VOR dysfunction during the gaze stabilization test: Does target size matter? *J Vestib Res* 2021;31:495–504. <https://doi.org/10.3233/VES-201522>
62. Curthoys IS, Halmagyi GM. Vestibular compensation: Clinical changes in vestibular function with time after unilateral vestibular loss. In: Herdman SJ (ed.). *Vestibular rehabilitation*. 3rd ed. Philadelphia: F.A. Davis Company; 2007. p.76-98. <https://www.amazon.com.br/Vestibular-Rehabilitation-Contemporary-Perspectives-Hardcover/dp/B00ZT0VYH4>
63. Furman JM, Cass SP, Whitney SL. *Vestibular disorders: A case-study approach to diagnosis and treatment*. 3rd ed. New York: Oxford University Press; 2010. https://books.google.mu/books?id=7s81kbINu_MC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false
64. Tan MR, Serrador J, Perin J, Gimmon Y, Millar J, Brewer K, *et al*. Binocular alignment changes between sitting and supine positions in patients with dizziness. *J Assoc Res Otolaryngol* 2022;23:427-33. <https://doi.org/10.1007/s10162-022-00853-8>
65. Feng Y, Zhao T, Wu Y, Ling X, Zhang M, Song N, *et al*. The diagnostic value of the ocular tilt reaction plus head tilt subjective visual vertical ($\pm 45^\circ$) in patients with acute central vascular vertigo. *Front Neurol* 2022;13:992998. <https://doi.org/10.3389/fneur.2022.992998>
66. Lee H, Kim HA. Complete ocular tilt reaction with subjective visual vertical tilt in a patient with a medial prefrontal cortex lesion: A case report. *Res Vestib Sci* 2024;23:24-7. <https://doi.org/10.21790/rvs.2024.23.1.24>
67. Misale P, Hassannia F, Dabiri S, Brandstaetter T, Rutka J. Post-traumatic peripheral vestibular disorders (excluding positional vertigo) in workers following head injury. *Sci Rep* 2021;11:8096. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-87567-3>
68. Feller JJ, Duff MC, Clough S, Jacobson GP, Roberts RA, Romero DJ. Evidence of peripheral vestibular impairment among adults with chronic moderate–severe traumatic brain injury. *Am J Audiol* 2024;33:1-17. https://doi.org/10.1044/2023_AJA-23-00086
69. Silva TR, Macedo L, Aurélio M. Potencial evocado miogênico vestibular ocular: revisão de literatura. *Audiol Commun Res* 2016;21:e1604. <https://doi.org/10.1590/2317-6431-2015-1604>