



**CATÓLICA**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE**

---

LISBOA·PORTO

**AVALIAÇÃO NEUROPSICOLÓGICA DO IMPACTO DE  
CONCUSSÕES POR CABECEAMENTO EM JOGADORES  
DE FUTEBOL: REVISÃO TEÓRICA**

Dissertação apresentada à Universidade Católica Portuguesa

para obtenção do grau mestre em Neuropsicologia

Por:

Ana Carolina Ribeiro da Cruz de Freitas Nunes

Lisboa, 2021





# CATÓLICA

## INSTITUTO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

---

LISBOA·PORTO

### **AVALIAÇÃO NEUROPSICOLÓGICA DO IMPACTO DE CONCUSSÕES POR CABECEAMENTO EM JOGADORES DE FUTEBOL: REVISÃO TEÓRICA**

### **NEUROPSYCHOLOGICAL ASSESSMENT OF THE IMPACT OF CONCUSSIONS BY HEADING ON FOOTBALL (SOCCER) PLAYERS: THEORETICAL REVIEW**

Dissertação apresentada à Universidade Católica Portuguesa

para obtenção do grau mestre em Neuropsicologia

Por:

Ana Carolina Ribeiro da Cruz de Freitas Nunes

Orientação: Professora Doutora Inês Saraiva Ferreira e Professora Doutora Filipa  
Ribeiro

Lisboa, 2021



Happiness is like a butterfly. The more you try catch it, the more it flies away. If you focus on other things, it will come and sit on your shoulder.

Henry David Thoreau

## **Agradecimentos:**

Agradeço às minhas orientadoras Professora Doutora Inês Saraiva Ferreira e Professora Doutora Filipa Ribeiro, pelo apoio científico facultado na sua elaboração desta tese. Agradeço, igualmente, à Dr.<sup>a</sup> Débora Marques de Oliveira pela sua ajuda nos diversos temas mais operacionais que surgiram ao longo do mestrado.

Agradeço ao meu Pai, porque a ele devo os valores pelo qual me sigo e pelo apoio incondicional com tudo o que sou e o que quero vir a ser. Aos meus filhos João e Victória que para que eles tenham consciência que não existe limite nos sonhos e que nunca desistam de um objetivo que pretendem alcançar, mesmo que se deparem com dificuldades no caminho. Tudo é possível se quiserem.

Por fim ao meu marido Jorge, a fonte da minha inspiração, da coragem, camaradagem e apoio em todos os momentos, que se manteve firme com um único propósito, o de me ajudar a realizar um plano traçado há já vários anos, mas sobretudo o seu maior objetivo, que é o de me fazer feliz.

Um enorme obrigada!

## Índice geral

I – Introdução.....	1
II – Enquadramento Teórico.....	4
II.1 – Concussão cerebral no desporto .....	4
II.2 – Alterações neuropatológicas associadas ao cabeceamento.....	6
Mecânica do cabeceamento.....	6
Neurofisiologia da concussão por cabeceamento.....	6
Concussão e risco de demência.....	8
Alterações cognitivas em jogadores de futebol.....	9
II.3 – Funcionamento cognitivo .....	10
Inteligência .....	10
Funções executivas.....	11
Memória .....	11
Atenção.....	13
Linguagem.....	14
Perceção .....	15
II.4 – Testes de avaliação cognitiva .....	15
Avaliação cognitiva de concussões no desporto .....	15
Instrumentos de avaliação neuropsicológica de concussões no desporto .....	16
Testes neurocognitivos específicos para avaliação de concussão no desporto .....	19
Testes neurocognitivos clássicos para avaliação de concussão .....	20
II.5 - Estudos de neuroimagem de concussões no desporto.....	22
III – Método.....	25
III.1 – Critérios de inclusão .....	25
III.2. – Estratégia de pesquisa.....	25
III.3 – Seleção dos artigos.....	27
IV – Resultados .....	29
IV.1 – Estudos com evidências de alterações na estrutura cerebral .....	29

IV.2 – Estudos com evidências de alterações na função cognitiva .....	32
IV.3 – Estudos sem evidências de alterações na função cognitiva .....	38
V – Discussão .....	41
Limitações .....	42
VI – Conclusões .....	43
Referências Bibliográficas .....	45

## Índice de Tabelas

Tabela 1: Testes neurocognitivos computadorizados propostos para avaliar uma linha de base de desempenho cognitivo em atletas. Adaptado de Randolph et al. (2005).....	19
Tabela 2: Testes neurocognitivos tradicionais usados para avaliar uma linha de base de desempenho cognitivo em atletas. Adaptado de Randolph et al. (2005).....	20
Tabela 3: Número de artigos por string e por base de dados.....	26
Tabela 4: Estudos com evidências de alterações na estrutura cerebral. ....	29
Tabela 5: Estudos com evidências de alterações na função cognitiva por concussão no futebol.....	32
Tabela 6: Estudos sem evidências de alterações na função cognitiva por concussão no futebol.....	38

## Índice Figuras

Figura 1 – Diagrama da seleção de artigos. Adaptado de Moher et al. (2009). .....	28
---	----

## Abreviaturas

CFT	Complex Figure Test
DTI	Diffusion Tensor Imaging
ETC	Encefalopatia Traumática Crônica
LTH	Long-Term Heading
MCI	Mild Cognitive Impairment
MMSE	Mini Mental State Examination
MoCA	Montreal Cognitive Assessment
mTBI	Mild Traumatic Brain Injury
PASAT	Passed Auditory Serial Addition Test
RAVLT	Rey Auditory Verbal Learning Test
RH	Recent Heading
RM	Ressonância Magnética
RMf	Ressonância Magnética Funcional
SAC	Standardized Assessment of Concussion
SCAT5	Sport Concussion Assessment Tool, 5 <sup>th</sup> Edition
SPECT	Single-Photon Emission Computed Tomography
SRC	Sport-related Concussion
TAC	Tomografia Axial Computorizada
TAP	Test of Attention Performance
TCE	Traumatismo Crânio-Encefálico
TMS	Transcranial Magnetic Stimulation
TMT	Trail Making Test
WAIS	Wechsler Adult Intelligence Scale

## **Resumo / Abstract**

### **Resumo**

O Futebol é, inequivocamente, o desporto mais popular do mundo. No entanto, é um desporto que envolve com frequência uma elevada exposição a cabeceamentos da bola, com potencial risco de concussão cerebral. Pelo facto de constituir o único desporto no qual, intencionalmente, se cabeceia a bola, os jogadores estão sujeitos a inúmeros impactos cerebrais ao longo da carreira, o que poderá implicar alterações a curto e a longo prazo, tanto na estrutura cerebral, como na função cognitiva. Neste contexto, a presente revisão de literatura tem como objetivo identificar estudos sobre alterações estruturais e/ou cognitivas associadas ao cabeceamento no futebol. Foi efetuada uma pesquisa de artigos (1980 – novembro 2020) em bases de dados internacionais ((ScienceDirect<sup>®</sup>, Pubmed<sup>®</sup>, Web of Science<sup>®</sup>, SciELO<sup>®</sup>, LILACS<sup>®</sup>), utilizando palavras-chave relacionadas com cabeceamento, concussão cerebral e alterações cognitivas em jogadores de futebol. Dos 11 estudos selecionados, existem evidências de associação entre cabeceamento e alteração estrutural cerebral. No que concerne à função cognitiva, existem estudos que sugerem que os impactos do cabeceamento poderão ser causa de défices, enquanto outros não confirmaram a presença de alterações. Embora na atualidade a comunidade científica atribua importância clínica ao impacto do cabeceamento da bola, são necessárias mais investigações, em particular estudos longitudinais que permitam clarificar os efeitos cognitivos a curto e a longo do prazo nos jogadores de futebol.

Palavras-chave: cabeceamento, concussão cerebral, alterações cognitivas, avaliação neuropsicológica, jogadores de futebol.

## **Abstract**

Football is unmistakably the most popular sport in the world. However, it is also a sport that often involves a high exposure to heading the ball, with a potential risk of cerebral concussion. Because it is the only sport in which the ball is intentionally headed, players are subject to numerous impacts on the head throughout their careers, which may lead to changes in the short and long term in both structure and cognitive function. In this context, the present literary review aims to identify studies on structural and/or cognitive changes associated with heading in football. A search of articles (1980 – November 2020) was carried out through international databases. (Science Direct®, Pubmed®, Web of Science®, Scielo®, Lilacs®, using keywords related to heading, cerebral concussion and cognitive changes in football players. Of the 11 studies selected, there is evidence of an association between the act of heading and structural changes to the brain. With regard to cognitive function, there are studies that suggest that the impact of heading the ball continuously may be the cause of certain deficits, while others have not confirmed the presence of changes. Although currently the scientific community attaches clinical importance to the impact of heading the ball, more research is needed, in particular, longitudinal studies to clarify the cognitive effects in the short and long term in football players.

**Keywords:** concussion, concussive impact, heading, impact, brain injury, cognitive impairment, neuropsychological testing, soccer

## I – Introdução

O futebol é o desporto mais popular do mundo, com mais de 265 milhões de jogadores à escala mundial, incluindo profissionais e amadores (FIFA, 2007). Designado por *football* em Inglaterra e *soccer* na América do Norte, o futebol é o único desporto em que a cabeça é usada intencionalmente para controlar e conduzir a bola, como parte do jogo ofensivo e defensivo (Shewchenko et al., 2005). Devido à natureza e ao impacto físico da modalidade, os jogadores são vulneráveis a lesões da cabeça e do pescoço, incluindo escoriações, fraturas, lacerações, contusões e concussões (Maher et al., 2014). Embora não seja um desporto identificado como de alto risco de concussão, os jogadores de futebol são propensos a lesões cerebrais traumáticas (Delaney et al., 2001). Além disso, vários estudos demonstram que o rácio de concussão no futebol é comparável, e muitas vezes ultrapassa, outros desportos considerados inerentemente mais violentos, tais como o futebol americano e o hóquei no gelo (Levy et al., 2012).

As estratégias de prevenção das concussões podem reduzir a sua incidência e gravidade em muitos desportos (McCrory et al., 2013). No entanto, futebol é conhecido como o desporto de participação popular envolvendo mais impactos intencionais com a cabeça. Ainda, uma revisão de Harmon et al. (2013), no qual analise seis estudos sobre a exposição de atletas a concussões, conclui que a maioria das concussões no desporto ocorrem principalmente no futebol americano, futebol (*soccer*) e *wrestling*. Contudo, a incidência de concussões poderá ser mais elevada, uma vez que muitos atletas não reconhecem e reportam as concussões ocorridas. Em valores médios, os jogadores de futebol profissional realizam entre 6 a 12 cabeceamentos por jogo, resultando em milhares de impactos na cabeça no final de uma carreira profissional (Rutherford et al., 2009).

As investigações de Matser et al. (1999) identificaram evidências de alterações na substância branca cerebral em jogadores de futebol, mesmo na ausência de cabeceamentos associados a traumatismo crânio-encefálico. Estudos anteriores corroboram também que os jogadores de futebol demonstram um maior risco de défices neurocognitivos numa idade avançada (Matser et al., 1999; Tysvaer & Løchen, 1991; Tysvaer & Storli, 1989). Um estudo neuroimagiológico realizado ao longo de uma temporada em jogadores de futebol maiores de 18 anos, demonstraram alterações microestruturais da substância branca e défices cognitivos associados (Lipton et al., 2013). Por outro lado, jogadores ex-profissionais de futebol com idades entre os 40 e os 65 anos, demonstraram evidências de atrofia cortical e compromisso cognitivo associado (Koerte et al., 2015). Neste contexto, apesar das evidências crescentes sobre os riscos dos efeitos cumulativos de impactos na cabeça em torno do cabeceamento da bola, carecem dados de investigação que demonstrem as consequências diretas na função cerebral (Giza et al., 2013; Goodall et al., 2014; Di Virgilio et al., 2016).

No que concerne aos efeitos a longo prazo, foi identificada uma forma de demência conhecida como *encefalopatia traumática crónica* em atletas de diversos desportos de contacto (Smith et al., 2013), incluindo o futebol (Geddes et al., 1999). Um estudo de McKee et al. (2014) corrobora a possibilidade dos impactos da bola de futebol na cabeça, poderem estar associados ao aumento do risco de doenças neurodegenerativas.

No âmbito do futebol, os estudos sobre os efeitos do cabeceamento na estrutura cerebral e função cognitiva têm produzido resultados divergentes. Um número circunscrito de estudos investigou esse efeito com recurso a técnicas de neuroimagem e testes neuropsicológicos. Enquanto parte desses estudos identificaram evidências de disfunção cerebral e cognitiva nos jogadores de futebol (e.g., Di Virgilio et al., 2016;

Koerte et al., 2015, 2016; Matser et al., 1998; Levich et al., 2018; Rutherford et al., 2005; Sortland & Tysvaer, 1989; Tysvaer & Løchen, 1991; Witol & Webbe, 2003), outros não demonstraram qualquer repercussão (e.g., Putukian et al., 2000; Straume-Naesheim et al., 2005).

### **Objetivo**

A presente dissertação tem como objetivo geral uma revisão teórica da literatura sobre os efeitos do cabeceamento no funcionamento neurocognitivo em jogadores de futebol. De modo particular, são documentados dados de investigação relativos à incidência e fisiopatologia das lesões cerebrais por cabeceamento, bem como as alterações cognitivas associadas a curto e a longo prazo. Os dados de investigação permitirão clarificar o valor potencial de testes neuropsicológicos específicos na identificação e monitorização de alterações cognitivas associadas ao cabeceamento em praticantes de futebol.

## II – Enquadramento Teórico

Para enquadramento teórico dos efeitos do cabeceamento no funcionamento neurocognitivo em jogadores de futebol, são analisados os seguintes temas: concussão cerebral por cabeceamento no futebol, alterações cognitivas associadas ao cabeceamento e avaliação cognitiva de jogadores de futebol.

### II.1 – Concussão cerebral no desporto

Uma das primeiras e a mais divulgada definição de concussão aponta para "uma síndrome clínica caracterizada pelo comprometimento pós-traumático imediato e transitório da função neurológica, como alteração de consciência, perturbação da visão ou equilíbrio, devido à disfunção do tronco encefálico", tendo sido proposta em 1966 pelo *Congress of Neurological Surgeons* (Apps & Walter, 2012).

A palavra concussão provém do Latim *concussus* que significa “agitar violentamente”, sendo que a concussão cerebral (em inglês *concussion*) é uma lesão neurológica induzida por forças biomecânicas, resultando numa alteração do estado mental (Giza et al., 2001; McCrory et al., 2018). A concussão resulta de um traumatismo crânio-encefálico ligeiro, representando um termo descritivo para uma forma menos grave de lesão.

Em 2013, a *American Academy of Neurology* definiu concussão como uma "síndrome clínica de alteração biomecanicamente induzida da função cerebral, afetando normalmente a memória e a orientação, que pode envolver perda de consciência" (Giza et al., 2013).

De acordo com um consenso internacional sobre a concussão no desporto (McCrory et al., 2018), a concussão relacionada com o desporto (SRC, *sport-related concussion*) corresponde a uma lesão cerebral traumática, induzida por forças biomecânicas, com características comuns na sua definição clínica (cf., McCrory et al., 2018):

- Pode ser causada por lesão direta em qualquer parte do corpo, transmitindo uma força impulsiva à cabeça.
- Em regra, resulta num início rápido de défices na função neurológica, com curta duração e resolução espontânea. No entanto, em alguns casos, os sinais e sintomas podem evoluir ao longo de minutos ou horas.
- SRC pode resultar em alterações neuropatológicas, mas o quadro clínico agudo de sinais e sintomas refletem amplamente um distúrbio funcional ao invés de uma lesão estrutural e, como tal, nenhuma anomalia é observada em estudos de neuroimagem estrutural.
- Resulta numa série de sinais e sintomas clínicos, que podem ou não envolver perda de consciência.

De salientar que a perda de consciência é precipitada pelas forças rotacionais na junção do mesencéfalo e do tálamo, resultando numa interrupção transitória do sistema de ativação reticular (Mullally, 2017).

## **II.2 Alterações neuropatológicas associadas ao cabeceamento**

### **Mecânica do cabeceamento**

Em termos gerais, os cabeceamentos podem ser categorizados por tipo e abordagem. O tipo descreve o propósito do redirecionamento da bola: defender a bola, passá-la para outro jogador ou capturar e obter o controlo da bola. Os cabeceamentos podem ser executados durante diferentes abordagens, sendo as mais comuns ficar em pé, correr e saltar. A combinação de tipo de cabeceamento e abordagem pode resultar em respostas de cabeceamento muito variadas. Essa variabilidade aumenta ainda mais quando se considera as diferenças interpessoais e entre jogadores na técnica de cabeceamento, antropometria, nível de habilidade, estado fisiológico, lesões pré-existentes e fatores externos, como velocidade e tipo de bola, situação de jogo (treino ou competição) e ambiente (humidade, temperatura) (Shewchenko et al., 2005).

Os cabeceamentos envolvem processos de aceleração, desaceleração e rotação, nos quais a energia é transmitida rapidamente ao cérebro. (Giza & Hovda, 2014). As lesões no crânio, cérebro, tronco cerebral e coluna vertebral são conhecidas, resultando de alguma forma de impacto mecânico na cabeça, seja por carga direta ou indireta (isto é, inercial). Isso pode resultar em movimentos globais da cabeça (translacionais / rotacionais) e deformações locais, que ocasionam lesões fisiológicas e mecânicas (Shewchenko et al., 2005).

### **Neurofisiologia da concussão por cabeceamento**

As lesões cerebrais focais resultam, em regra, de um impacto direto que causa danos a substâncias e vasos cerebrais. Em caso mais graves, podem resultar lesões macroscópicas e hematomas intracerebrais (Mckee & Daneshvar, 2015).

No âmbito do futebol, o cabeceamento tem sido associado a concussões, que constituem lesões cerebrais difusas, de intensidade variável (ligeira a grave), causadas por um impacto linear, rotacional/angular ou uma associação de impactos lineares e rotacionais. Com frequência, são o resultado de uma aceleração repentina ou desaceleração da cabeça, que pode causar uma deformação compressiva e tensão de tração no tecido cerebral. Estas lesões difusas resultam frequentemente na deformação da substância branca dentro do córtex para o mesencéfalo e tronco cerebral e, em regra, não são visíveis em técnicas de neuroimagem comuns (Viano et al., 2012).

O trauma mecânico associado à concussão provoca alterações neurofisiológicas, nomeadamente, as membranas celulares e axónios são distribuídos, conduzindo a uma cascata neurometabólica (Giza & Hovda, 2014).

As concentrações extracelulares de potássio aumentam, uma vez que neurotransmissores como o glutamato libertam recetores que abrem os canais iónicos imediatamente após a lesão cerebral (Marar et al., 2012). A abertura dos canais iónicos conduz à acumulação de cálcio intracelular que, em casos graves pode conduzir à apoptose, além de que, a bomba de sódio-potássio exige mais adenosina-trifosfato (ATP) do que o normal, causando um aumento no metabolismo da glicose (Daneshvar et al., 2011). Não obstante, a ausência de disponibilidade de glicose é a explicação mais provável para a vulnerabilidade do cérebro a lesões subsequentes imediatamente após uma lesão cerebral. Os níveis reduzidos da glicose conduzem à disfunção mitocondrial, e resultam no uso de vias glicolíticas para a obtenção de energia. Por outro lado, o lactato acumula-se como um subproduto do metabolismo aeróbio, levando à acidose que pode causar o desequilíbrio iónico e edema cerebral (Mckee & Daneshvar, 2015).

### **Concussão e risco de demência**

Os estudos do patologista forense Harrison Martland, em 1928, permitiram identificar alterações neuropatológicas em jogadores de futebol americano e de boxe com sinais clínicos anormais no exame neurológico. Mais especificamente, o patologista descreveu uma síndrome neurológica progressiva caracterizada por ataxia, disfunção do trato piramidal, dificuldade cognitiva, disartria, tremor e desaceleração física, atribuindo-lhe a denominação de *punch drunk syndrome*.

Mais tarde, em 1937, Millspaugh usou o termo *demência pugilística* para descrever a doença caracterizada por disfunção cognitiva em pugilistas da marinha americana que sofriam de demência e desorientação.

Uma investigação mais recente de Omalu et al. (2005), que teve como base ex-jogadores de futebol americano da *National Football League* (NFL), permitiu identificar que os jogadores reformados evidenciavam algum tipo de déficit cognitivo e/ou alterações estruturais e no metabolismo cerebral, fora dos parâmetros normais para o seu grupo etário. A este achado clínico, Omalu et al. (2005) classificaram a patologia de *encefalopatia traumática crônica* (ETC). Os casos de autópsia dos ex-jogadores profissionais de futebol americano, revelaram diversas formas de neuropatologia, nomeadamente: imunorreatividade para tau hiperfosforilada (p-tau); substância nigra com palidez ligeira e diminuição moderada de neurónios pigmentados; ligeira perda neuronal no neocórtex frontal, parietal e temporal. A ETC era evidente, com inúmeras placas amilóides difusas, bem como emaranhados neurofibrilares dispersos e fios neuríticos tau-positivos em áreas neocorticais (Omalu et al., 2005).

O primeiro caso de ETC em jogadores de futebol foi confirmado em 2014 pela neuropatologista Lea T. Grinberg, que identificou a presença de alterações micro e macroscópicas coincidentes com ETC, bem como a presença de enfartes lacunares, esclerose hipocampal e um estágio moderado de Doença de Alzheimer num futebolista reformado da seleção brasileira. Estas descobertas foram igualmente confirmadas pela neuropatologista Ann McKee, no mesmo ano (Grinberg, 2014; Grinberg et al., 2016).

Em 2017, no Reino Unido, Ling et al. realizaram um estudo longitudinal com 12 ex-jogadores de futebol com sintomas de demência e que foram acompanhados até à morte. Em seis ex-jogadores que realizaram um exame neurológico antes de morrer, concluíram que quatro tinham ETC, em associação com outras neuropatologias (Ling et al., 2017).

### **Alterações cognitivas em jogadores de futebol**

Os jogadores de futebol estão expostos a impactos repetidos na cabeça, realizando, em média, 6 a 12 cabeçadas por jogo e um número muito maior ao longo de toda a carreira. Estes impactos repetidos aparentam ser inofensivos porque não ocorrem sintomas imediatos, no entanto, alguns estudos sugerem que podem conduzir a alterações estruturais e funcionais do cérebro, mesmo na ausência de sintomas agudos (Koerte et al., 2017). Estes efeitos clínicos podem ser ainda mais graves em crianças, pelo facto de possuírem uma força insuficiente no pescoço quando tentam cabecear uma bola. A exposição aos impactos repetidos por cabeceamento, podem ter consequências potencialmente negativas para o desenvolvimento do cérebro e a longo-prazo na idade adulta (Koerte et al., 2015).

### **II.3 – Funcionamento cognitivo**

A cognição é um termo psicológico que inclui os processos de aprendizagem, memória e atenção, bem como a percepção, linguagem, inteligência e raciocínio. Os fenómenos cognitivos são processos psicológicos essencialmente internos que, do ponto de vista experimental, são inferidos a partir de mudanças no comportamento (Bushnell & Strupp, 2009).

Para uma abordagem da avaliação cognitiva das concussões em jogadores de futebol, são enquadrados, primeiramente, alguns domínios cognitivos representativos no âmbito da avaliação neuropsicológica.

#### **Inteligência**

A inteligência refere-se a um nível geral de capacidades que influencia o desempenho de outras funções cognitivas. Uma avaliação cognitiva geral oferece uma base para avaliar, por um lado, deterioração ou demência a partir de um nível pré-mórbido de funcionamento e, por outro lado, áreas de défice cognitivo que possam estar relacionadas com determinadas localizações cerebrais (Mendes, 2014). As Escalas de Inteligência de Wechsler (1939), compostas por subtestes que avaliam diversos domínios cognitivos, disponibilizam medidas compósitas de Quociente de Inteligência (QI), bem como índices fatoriais (por exemplo, organização perceptiva, compreensão verbal, velocidade de processamento, memória de trabalho) sensíveis às disfunções das várias áreas cerebrais (Lezak, 2002).

## **Funções executivas**

Luria e colaboradores, em 1964, definiram inicialmente as funções executivas de modo inespecífico, uma vez que ainda não eram denominadas de funções executivas, mas concluíram que o lobo frontal desempenhava um papel essencial na motivação, iniciativa, definição de objetivos, planeamento, ações e autocontrolo.

Lezak (1983) foi a primeira a usar o termo "funções executivas" ao mencionar as capacidades mentais que são fundamentais para comportamentos eficientes e socialmente ajustados.

Posteriormente, Sholberg e Mateer (1989) afirmaram que as funções executivas englobavam uma série de componentes executivos, como antecipação, escolha de metas, planeamento, seleção de comportamento, autocontrolo e feedback.

Mais recentemente, as funções executivas são entendidas como um termo amplo que se refere a um conjunto de vários processos cognitivos necessários para realizar uma tarefa, tais como raciocínio, abstração, inibição, mudança de tarefa, flexibilidade, organização, planeamento, memória de trabalho, regulação do comportamento e autorregulação (Akbar et al., 2013). Correspondem a processos de controlo de ordem superior, necessários para orientar o comportamento num ambiente em constante mudança (Jurado & Rosselli, 2007).

## **Memória**

O primeiro estudo científico da memória remonta a Hermann Ebbinghaus (1885), que examinou a sua própria aquisição e esquecimento de novas informações, através de uma listagem de sílabas sem sentido, testadas em vários períodos ao longo de 31 dias.

Em 1890, William James propôs a distinção entre a memória primária, a pequena quantidade de informação mantida no consciente, e a memória secundária, o vasto corpo de conhecimento armazenado ao longo do tempo de vida.

De acordo com Ferro e Pimentel (2006), a capacidade de memória não é uma função unitária, correspondendo a várias funções e sistemas distintivos que podem ser afetados de forma eletiva nas lesões do sistema nervoso.

A memória imediata ou de curto prazo, permite guardar informação por períodos breves de tempo. Dentro deste sistema considera-se ainda a memória de trabalho, que permite evocar informação e mantê-la ativa, disponível (*on-line*), enquanto se trabalha nela. Este sistema de memória depende essencialmente de circuitos pré-frontais e subcorticais, mas também do lobo parietal esquerdo (Ferro & Pimentel, 2006).

A memória declarativa ou memória explícita corresponde a um sistema de retenção de informação a longo prazo, à qual se tem acesso consciente. Este acesso à consciência justifica a designação de memória explícita, por oposição à memória implícita, da qual não existe inteira consciência. Dentro da memória declarativa, pode-se considerar dois subsistemas, que se diferenciam pelas suas referências no tempo e no espaço: a memória episódica e a memória semântica (Ferro & Pimentel, 2006).

A memória semântica corresponde ao conjunto de todos os conhecimentos, independentemente dos seus referenciais temporo-espaciais. Ou seja, integra os conhecimentos gerais sobre o mundo, pessoas, acontecimentos, conhecimentos técnicos, vocabulário, história, geografia, factos aritméticos, etc. Esta informação permite “navegar no presente”, isto é, manter permanentemente disponível um conjunto de referências que se utiliza sempre que for necessária (Ferro & Pimentel, 2006).

A memória episódica é uma memória com referências temporo-espaciais únicas, sendo muitas vezes autobiográfica. Permite-nos reviver um acontecimento passado (Ferro & Pimentel, 2006).

A memória procedimental é um sistema de memória pouco acessível à consciência. Diz respeito às sequências motoras automatizadas e que se realiza de forma quase inconsciente: memórias sensoriomotoras que é utilizado para nadar, andar de bicicleta, conduzir, datilografar, entre outras. Uma vez aprendidas, são resistentes ao esquecimento. Este sistema depende sobretudo de estruturas subcorticais (Ferro & Pimentel, 2006).

A memória perceptiva e o priming também não são conscientes, e servem para reter a informação por instantes enquanto a processamos (por exemplo, o eco que “fica no ouvido” da última frase da conversa) ou para facilitar o processo de informações subsequentes (Ferro & Pimentel, 2006).

### **Atenção**

A atenção é o processo pelo qual processamos uma quantidade limitada de informações, a partir da vasta quantidade de informações disponíveis através dos sentidos (Sternberg, 2000). Por outras palavras, a atenção refere-se a um conjunto de construções hipotéticas pelas quais o sistema nervoso apreende e organiza a informação sensorial e gera um comportamento coordenado (Driscoll & Strupp, 2015).

Sternberg (2000) distinguiu quatro funções principais de atenção: na atenção seletiva, o sujeito faz uma escolha em relação a estímulos aos quais presta atenção e ignora; na atenção dividida, os recursos atencionais são usados para coordenar o desempenho de mais de uma tarefa ao mesmo tempo; na atenção sustentada, é mantida a

atenção a um ou mais aspetos específicos do ambiente, ao longo do tempo; por fim, a vigilância remete para a capacidade do sujeito estar exposto a estímulos durante um período prolongado e detetar o aparecimento de estímulos críticos ou mesmo infrequentes (Sternberg R. J., 2000).

### **Linguagem**

Considera-se como linguagem a tradução do pensamento, através da qual comunicamos com os outros, e a fala como o uso de vocalizações estruturadas para reproduzir palavras, embora persista uma vasta panóplia de definições. A linguagem situa-se nas funções psicológicas superiores que possibilitam a organização de formas complexas de comportamento e atividades simbólicas, qualitativamente distintas da experiência animal (Luria, 2007; Vygotsky, 2008). Segundo Ausubel (1968), é a aquisição da linguagem que, em grande parte, permite aos seres humanos a aquisição, por aprendizagem significativa recetiva, de uma vasta quantidade de conceitos e princípios que, por si sós, poderiam nunca descobrir ao longo da vida.

Para Vygotsky (1979), o fenómeno linguístico só acontece em relação com o pensamento, pelo que o autor enfatiza que a palavra sem significado, não é palavra, isto é, o significado e a palavra são indissociáveis. Para Lima (2000) a linguagem é como um conjunto de símbolos (um código) e um conjunto de procedimentos "regras" que os coadunam em unidades coerentes de informação. Ainda Lima (2009), complementa que a linguagem é um fenómeno social e cultural que permite, através do uso de símbolos adquiridos, a comunicação com os outros e com nós mesmos, sendo integrada nas funções neurológicas e psíquicas.

## **Percepção**

Em termos gerais, as funções visuais podem ser divididas entre estímulos verbais/simbólicos e configuracionais. Os estímulos verbais/simbólicos apresentam dimensões espaciais e outras características visuais que conduzem ao seu processamento como configurações, quer dizer, aquilo que se vê pode ser catalogado (Mendes, 2014). A percepção visual pode ficar perturbada em muitas doenças que afetam o cérebro e, raramente, se circunscreve a uma só disfunção, podendo afetar muitas outras (Lezak et al., 2004).

## **II.4 – Testes de avaliação cognitiva**

De acordo com Mäder (2001), os objetivos da avaliação neuropsicológica são cada vez mais amplos e envolvem a compreensão do perfil cognitivo e comportamental do indivíduo, identificando competências com melhor e pior desempenho. Além disso, pode exercer um papel relevante no auxílio de diagnóstico diferencial, estabelecer a presença ou não de disfunção cognitiva conforme a patologia apresentada, investigar o nível de funcionamento em relação ao nível ocupacional e identificar alterações cognitivas subtis a fim de detetar disfunções ainda em estágios iniciais.

### **Avaliação cognitiva de concussões no desporto**

De acordo com consenso da *Concussion in Sport Group* (CISG), a avaliação neuropsicológica constitui uma pedra angular na gestão da concussão desportiva (Aubry et al., 2002; McCrory et al., 2018). A *National Athletic Trainers Association* defende o mesmo posicionamento (Broglia et al., 2014; Guskiewicz et al., 2004), acentuando a importância do uso de testes neuropsicológicos para avaliação de uma linha de base e

monitorização de concussões relacionadas com o desporto. Entre os atletas, existe uma variação significativa na sua capacidade cognitiva antes e após uma concussão, sendo defendida a importância de uma avaliação neuropsicológica dessas diferenças, considerando fatores como idade, género e história da concussão (McCrory et al., 2009).

A idade é um fator que influencia o tempo de recuperação de concussão cerebral. De acordo com o estudo de Field et al. (2003), jogadores de futebol no ensino secundário têm um tempo de recuperação maior em comparação com jogadores no ensino superior ou profissional. Mesmo entre atletas que experimentam uma concussão ligeira (duração de sintomas inferior a 15 minutos), existem evidências de que nos jogadores do ensino secundário são necessários, no mínimo, mais 7 dias para uma completa recuperação dos sintomas neurocognitivos (Graham et al., 2014). Uma linha de justificação para um maior tempo de recuperação em atletas mais jovens poderá corresponder a um desenvolvimento imaturo do cérebro e maior suscetibilidade às alterações neurometabólicas associadas a TCE ligeiro (Bruce & Echemendia, 2009). No que respeita ao género, existem evidências de uma potencial diferença. Na prática do futebol, a incidência de concussões é superior nas mulheres, embora a diferença não seja estatisticamente significativa quando controlada a totalidade das lesões (Gardner et al., 2010).

### **Instrumentos de avaliação neuropsicológica de concussões no desporto**

Os testes neuropsicológicos fornecem informações únicas e essenciais na avaliação das concussões desportivas, contribuindo não somente para o diagnóstico das sequelas neuropsicológicas, mas também para a sua monitorização ao longo do tempo. O paradigma de uma avaliação inicial e pós-concussão em atletas, com testes neuropsicológicos tradicionais, foi introduzido na década de 1980, por Barth et al. (1989) na Universidade da Virgínia. O desenvolvimento dos testes computadorizados na década de

1990, contribui como alternativa aos testes tradicionais, sendo atualmente muito utilizados na área do desporto (Maerlender et al., 2010). O uso combinado de testes neuropsicológicos tradicionais e computadorizados tem sido referenciados como uma abordagem híbrida, não existindo evidência sobre qual a abordagem mais adequada, tendo cada uma pontos fortes e limitações (Comper et al., 2010).

No desporto, o modelo de avaliação neuropsicológica é distintamente diferente dos modelos mais tradicionais, baseados em baterias de teste extensas e morosas. Os modelos de avaliação e gestão de concussão desportiva são projetados para promover a triagem de um grande número de atletas, a fim de estabelecer um padrão individual para cada atleta. A avaliação inicial não tem o objetivo de representar uma avaliação abrangente, mas examinar os domínios cognitivos mais frequentemente afetados pela concussão, nomeadamente a memória, atenção, velocidade de processamento mental e tempo de reação. Em regra, é realizado um teste neuropsicológico de base antes da temporada. Se um atleta sofrer uma concussão, são realizadas avaliações consecutivas para determinar o ponto de remissão dos défices neurocognitivos e sintomas clínicos (Moser et al., 2007).

De acordo com a revisão sistemática realizada por Petit et al. (2020), existem dois instrumentos de referência na avaliação das concussões no desporto, o *Sport Concussion Assessment Tool – 5th Edition* (SCAT5) e o *Standardized Assessment of Concussion* (SAC). Ambos avaliam domínios cognitivos que estão relacionados com défices resultantes do cabeceamento.

*Sport Concussion Assessment Tool – 5th Edition* (SCAT5)

O SCAT5 é um instrumento padronizado para diagnóstico de concussões, desenvolvido pela *Concussion in Sport Group*, para uso de profissionais médicos. Pode ser administrado em menos de 10 minutos. É geralmente utilizado para a avaliação de atletas com idade superior a 13 anos (McCroory et al., 2013), sendo que, para crianças dos 5 aos 12 anos de idade, existe o *Child SCAT5* (Davis et al., 2017; Echemendia et al., 2017). O desenvolvimento do SCAT5 foi baseado numa revisão empírica da literatura, incluindo a avaliação de sintomas, o estado cognitivo e o funcionamento neurológico (Yengo-Kahn et al., 2016). Mais especificamente, inclui escalas para avaliação de sintomas, sinais físicos, funcionamento cognitivo, equilíbrio, coordenação e a Escala de Coma de Glasgow. As subescalas podem ser pontuadas independentemente e somadas para um total máximo de 100 pontos (Echemendia et al., 2017; Schneiders et al., 2010). Este instrumento revela utilidade clínica no rastreio de défices cognitivos, tendo, contudo, uma função limitada para avaliar o potencial de recuperação e de retorno à prática desportiva (Echemendia et al., 2017).

#### *Standardized Assessment of Concussion (SAC)*

A SAC é um teste de rastreio do estado mental para atletas que possam ter sofrido uma concussão (Barr & McCrea, 2001; McCrea et al., 1998, 2000). O teste contém perguntas destinadas a avaliar a orientação, atenção, memória imediata e diferida, numa pontuação máxima de 30 pontos. Inclui ainda um rastreio neurológico. O tempo de administração é de aproximadamente 5 minutos e não requer um neuropsicólogo para avaliar os resultados (McCrea et al., 1998). Existem evidências de que o SAC apresenta valores elevados de sensibilidade e especificidade (McCrea, 2001; McCrea et al., 2003), constituindo um instrumento útil para identificar a presença de concussão (Giza et al., 2013).

## Testes neurocognitivos específicos para avaliação de concussão no desporto

Para avaliação de uma linha de base de desempenho cognitivo em atletas, foram ainda desenvolvidos testes neurocognitivos computadorizados (Tabela 1). Importa salientar que os testes computadorizados apresentam potenciais benefícios neste contexto, a título de exemplo: suprimem a necessidade de um técnico especializado para administração de provas, registo e correção de respostas sem erro humano, avaliação de tempos de reação em frações de segundo (Bauer et al., 2012).

*Tabela 1: Testes neurocognitivos computadorizados propostos para avaliar uma linha de base de desempenho cognitivo em atletas. Adaptado de Randolph et al. (2005).*

Teste neurocognitivo	Descrição
<i>CogSport</i>	Esta bateria é uma aplicação desenvolvida pela CogState Ltd., com um tempo de administração de 15 a 20 minutos. Inclui medidas de velocidade, precisão e consistência de respostas em quatro domínios: psicomotor, tomada de decisão, resolução de problemas e memória.
<i>HeadMinder Concussion Resolution Index</i>	Esta bateria é uma aplicação desenvolvida pela HeadMinder, Inc., com um tempo de administração de 20 a 25 minutos. Inclui medidas de velocidade de processamento, tempo de reação (simples e complexa) e de memória (reconhecimento visual).
<i>Immediate Post-Concussion Assessment and Cognitive Testing (ImPACT)</i>	Esta bateria foi desenvolvida por investigadores durante a implementação de testes neuropsicológicos na <i>National Football League</i> e <i>National Hockey League</i> . Tem um tempo de administração de 20 a 25 minutos. Inclui medidas de memória (verbal e visual), velocidade de processamento, tempos de reação e de controlo de impulsos. Integra ainda um questionário de sintomas autorreportados

## Testes neurocognitivos clássicos para avaliação de concussão

Com a finalidade de obter uma linha de base do desempenho cognitivo de atletas, tem sido adotada uma variedade de testes tradicionais de avaliação neurocognitiva (Tabela 2), referenciados por Randolph et al. (2005). Em termos globais, os instrumentos incidem na avaliação de componentes de atenção, memória, funções executivas e velocidade de processamento. Estes domínios são tipicamente afetados nas concussões cerebrais, o que justifica a escolha destes instrumentos, em detrimento dos domínios da linguagem ou da capacidade visuoespacial, em regra resistentes aos efeitos de concussão (Randolph et al., 2005).

*Tabela 2: Testes neurocognitivos tradicionais usados para avaliar uma linha de base de desempenho cognitivo em atletas. Adaptado de Randolph et al. (2005).*

Testes neurocognitivos	Domínios	Descrição
<i>Hopkins Verbal Learning Test</i>	Memória	Lista de palavras que é repetida para aprendizagem e evocação imediata. Depois de um intervalo de tempo, é avaliada a evocação diferida e o reconhecimento diferido de palavras.
<i>Brief Visuospatial Memory Test</i>	Memória	Teste de memória visual de figuras abstratas, para evocação imediata, evocação diferida e reconhecimento diferido.
Código (WAIS-III)	Velocidade de processamento	Conjunto de números emparelhados, cada um deles, com um símbolo diferente, formando uma chave que deverá ser usada para corresponder símbolos com números.
<i>Symbol Digit Modalities Test</i>	Velocidade de processamento	Teste semelhante ao subtteste Código (WAIS-III), mas com inversão da localização dos números e símbolos.
<i>Trail Making Test</i>	Atenção e funções executivas	Teste composto por duas partes, cada uma com círculos distribuídos aleatoriamente numa folha: na parte A, o sujeito

Testes neurocognitivos	Domínios	Descrição
		deve traçar uma linha que una círculos numerados, por ordem; na Parte B, o sujeito deve traçar uma linha que una círculos numerados e círculos com letras, de modo alternado e por ordem. A pontuação é o tempo necessário para completar a tarefa.
<i>Controlled Oral Word Association Test (COWA)</i>	Funções executivas, memória, linguagem	Teste constituído por tarefas de fluência verbal fonémica e semântica, ou seja, a verbalização do maior número de palavras iniciadas por determinada letra ou pertencentes a uma categoria semântica específica, respetivamente. O teste normalmente envolve ensaios com 3 letras diferentes.
<i>Stroop Color Word Test</i>	Atenção, funções executivas	Teste que inclui três tarefas: leitura de palavras, nomeação de cores e identificação da cor em que está escrita cada palavra (condição de interferência).
Memória de Dígitos (WAIS-III)	Memória de trabalho	Sequências de dígitos que são lidos ao sujeito e que este deverá repetir na mesma ordem (dígitos em sentido direto) ou em ordem inversa (dígitos em sentido inverso).
Sequências de Letras e Números (WAIS-III)	Memória de trabalho	Sequências de letras e números apresentadas oralmente, nas quais o sujeito deverá repetir, em primeiro lugar, os números por ordem ascendente, e em segundo lugar, as letras por ordem alfabética.
<i>Paced Auditory Serial Addition Test (PASAT)</i>	Atenção, memória de trabalho, velocidade de processamento	Os participantes realizam mentalmente uma série de cálculos aritméticos, a partir de estímulos transmitidos por gravação áudio.
<i>Repeatable Battery for the Assessment of Neuropsychological Status (RBANS)</i>	Atenção, memória, linguagem, percepção visuoespacial	Bateria breve de avaliação neurocognitiva, incluindo diversos subtestes, desenvolvida para o rastreio de défice cognitivo e demência.

Mais recentemente, um estudo de Debert et al. (2019) sugere o valor potencial do *Montreal Cognitive Assessment* (MoCA) como teste de rastreio cognitivo para atletas de desportos de contacto. Este teste de avaliação cognitiva breve, desenvolvido para a avaliação das formas mais ligeiras de declínio cognitivo, avalia diferentes domínios cognitivos: função executiva; capacidade visuo-espacial; memória; atenção, concentração e memória de trabalho; linguagem; e orientação temporal e espacial. Além de ser um método rápido e eficaz na avaliação de disfunção cognitiva ligeira, apresenta a vantagem de se encontrar disponível no domínio público (Nasreddine et al., 2005). O estudo de Debert et al. (2019) conclui que, embora o MoCA possa ser apropriado no rastreio clínico de concussão associada ao desporto, não deverá substituir uma avaliação neuropsicológica mais completa (abrangente e aprofundada), sugerindo a necessidade de mais estudos com este instrumento nesta população.

Em contexto clínico, uma avaliação cognitiva breve com o MoCA pode beneficiar a triagem clínica de atletas com concussão relacionada com o desporto, embora não deva substituir uma avaliação neuropsicológica completa. Deste modo, mais investigações são necessárias para comparar resultados entre o MoCA e avaliações neuropsicológicas completas nesta população (Debert et al, 2019).

## **II.5 - Estudos de neuroimagem de concussões no desporto**

Os exames imagiológicos estruturais têm um papel eminentemente diagnóstico na fase aguda do TCE ligeiro, enquanto a imagiologia funcional poderá suportar a futura clarificação da fisiopatologia destes processos. Na fase aguda, de forma a avaliar potenciais complicações graves de um TCE ligeiro, Tomografia Axial Computorizada

(TAC) representa a modalidade da escolha na prática clínica, pela sua acessibilidade, a um custo relativamente baixo (Madeira et al., 2011).

O estudo imagiológico dos TCE ligeiros tem consagrado, nos últimos anos, novas modalidades técnicas com base na Ressonância Magnética (RM), com um contributo particularmente interessante no estudo de alterações axonais na substância branca. Também a espectroscopia por RM tem demonstrado significativa sensibilidade na deteção de alterações precoces após TCE ligeiros, embora as anomalias documentadas sejam inconsistentes nos diversos estudos realizados (Madeira et al., 2011).

Segundo Belanger et al. (2007), e no que concerne a técnicas de imagiologia funcional para investigação de queixas clínicas persistentes após TCE ligeiros, o maior número de investigações recorreu ao uso da SPECT (*Single Photon Emission Cerebral Tomography*). A maioria dos estudos revelaram hipoperfusão cerebral na fase aguda após TCE ligeiro, bem como em doentes com queixas persistentes (>6 meses); a correlação destas alterações com variáveis clínicas ou com testes neuropsicológicos nem sempre se revelou consistente.

De acordo com McAllister et al. (2001), a RM funcional (RMf), uma técnica inovadora que permite avaliar a função cerebral mediante alterações imagiológicas relacionadas com o consumo local de oxigénio, tem também sido utilizada na avaliação após TCE ligeiro. Sendo considerada uma das mais promissoras técnicas neste contexto, padece de limitações como a elevada suscetibilidade ao aparecimento de artefactos em regiões importantes na patogenia da síndrome pós-concussional, como é o caso do lobo frontal (Belanger et al., 2007).

A neuroimagem e as técnicas eletrofisiológicas têm o potencial de revelar os padrões de ativação neural após a lesão cerebral. Uma das utilizações mais importantes dos dados da neuroimagem é a previsão de recuperação após as lesões cerebrais (Dong et al., 2006; Kraemer et al., 1997). Vários esforços têm sido feitos no sentido de determinar se este objetivo pode ser alcançado, nomeadamente, no exemplo clínico da recuperação de uma lesão na cabeça, com base em padrões iniciais de ativação cerebral. Este trabalho teve algumas limitações devido à incapacidade de compreender os padrões normais de ativação do cérebro e que estruturas participam na nova aprendizagem e no reaprender os movimentos antigos. De forma ampla, estas limitações representam a dificuldade em interpretar o significado de ativação cerebral alterada após lesão (Dong et al., 2006; Kraemer et al., 1997).

Os métodos de neuroimagem funcional, tais como a RMf estão a ser utilizados com a finalidade essencial de revelar e monitorizar as consequências cerebrais de plasticidade associada a TCE e concussões. Os dados que são obtidos a partir de ferramentas de neuroimagem auxiliam ainda a avaliação da eficácia de diferentes intervenções de reabilitação (Boyd & Winstein, 2004).

### **III – Método**

As etapas da presente revisão foram estruturadas com base no PRISMA Statement (Moher et al., 2009).

#### **III.1 – Critérios de inclusão**

Para serem incluídos na revisão, os artigos tinham de cumprir os seguintes critérios de inclusão: (a) ser um estudo empírico; (b) estar escrito em português, inglês, espanhol ou francês; (c) estudar a relação entre o cabeceamento no futebol e alterações das funções cognitivas nos jogadores de futebol; (d) serem utilizados testes neurocognitivos, exames ou técnicas de neuroimagem de diagnóstico.

#### **III.2. – Estratégia de pesquisa**

Para a pesquisa de artigos foram utilizadas duas bases de dados (ScienceDirect® e Pubmed®) e também a metodologia *handsearch* para obter artigos relevantes contidos na lista de referências bibliográficas dos estudos incluídos nesta revisão de literatura. Foram também realizadas buscas nas bases de dados SciELO®, LILACS® e Web of Science® para complemento do estudo, nomeadamente para consulta de referências mencionadas noutros documentos.

A pesquisa foi efetuada durante os meses de maio a novembro de 2020. Todos os artigos foram exportados para um software de gestão de referências bibliográficas (JabRef®).

Para a pesquisa foram utilizadas as seguintes palavras-chave, que foram usadas em várias expressões lógicas (aqui por ordem alfabética): (i) *atrophy*, (ii) *ball*, (iii) *brain*, (iv) *cerebral*, (v) *chronic*, (vi) *concussion*, (vii) *concussive*, (viii) *damage*, (ix) *effects*, (x) *heading*, (xi) *impact*, (xii) *injury*, (xiii) *neuropsychological*, (xiv) *performance*, (xv) *player*, (xvi) *repetitive*, (xvii) *soccer*, (xviii) *sport* e (xix) *traumatic*.

Foram contruídas várias expressões lógicas de pesquisa nas diferentes bases de dados. Foram realizadas também pesquisas “manuais” para consulta de artigos específicos, conforme se apresenta na tabela que se segue:

Tabela 3: Número de artigos por string e por base de dados

String	TOTAL	ScienceDirect	PubMed
brain, injury, soccer (or football), players, traumatic, chronic, concussion, heading	<b>109</b>	100	9
heading, ball, concussions, players, sport, performance	<b>104</b>	95	9
effects, heading, neuropsychological, performance, sport, concussions	<b>90</b>	82	8
neuropsychological, soccer (or football), heading,	<b>154</b>	112	42
brain, damage, players, heading, ball, cerebral, atrophy	<b>52</b>	46	6
soccer (or football), players, concussion, repetitive, heading, ball, impact, concussive	<b>63</b>	47	16
<b>TOTAL pesquisa por string</b>	<b>572</b>	<b>482</b>	<b>90</b>
"Handsearch" – SciELO, LILACS, Web of Science	<b>5</b>		
<b>TOTAL artigos selecionados</b>	<b>577</b>		

### III.3 – Seleção dos artigos

Através da pesquisa nas bases de dados foram identificados 572 artigos, os quais foram depois complementados com 5 artigos encontrados através da metodologia *handsearch* (N = 577). Após a remoção dos artigos duplicados ficaram selecionados 259. Depois foram retirados 23 artigos anteriores a 1980, restaram 236 artigos para seleção através do título e *abstract*. Foram retirados 198 artigos que não se centravam no futebol europeu (soccer), que não estudavam a questão dos cabeceamentos na bola, que não mencionassem traumas resultantes dos impactos da bola na cabeça ou que apenas analisassem traumas físicos. Dessa primeira triagem foram selecionados 38 artigos para leitura integral, dos quais se excluíram oito por não cumprirem os critérios de inclusão: 21 não eram artigos empíricos (revisões sistemáticas cujos artigos se encontravam repetidos com os selecionados, artigos de opinião, capítulos de livros ou outros); 6 não estabeleciam uma relação entre o cabeceamento no futebol e as funções cognitivas dos jogadores de futebol ou não era aplicada uma bateria de testes neuropsicológicos ou imagiologia de diagnóstico.

No final deste processo, restaram 11 artigos para inclusão na presente revisão de literatura.

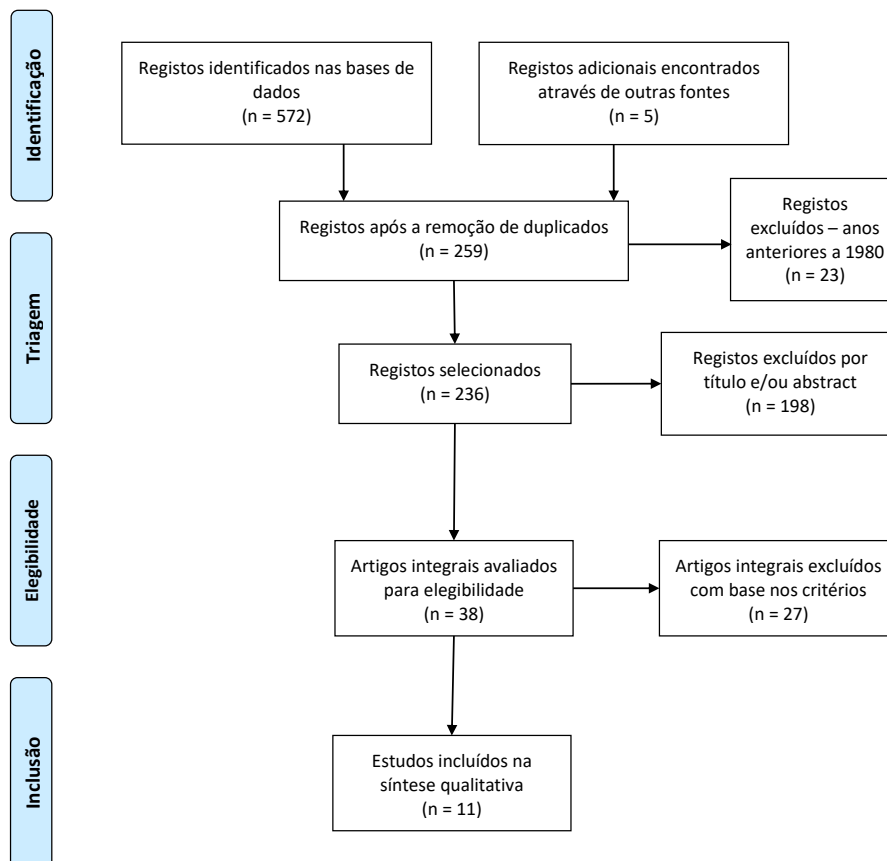


Figura 1 – Diagrama da seleção de artigos. Adaptado de Moher et al. (2009).

Os 11 artigos selecionados foram classificados em três grupos: estudos com evidências de alterações na estrutura cerebral; estudos com evidências de alterações na função cognitiva; estudos sem evidências de alterações na função cognitiva.

## IV – Resultados

### IV.1 – Estudos com evidências de alterações na estrutura cerebral

Foram identificados quatro estudos que corroboram a existência de alterações na estrutura cerebral dos jogadores de futebol, sugerindo uma associação entre essas alterações e o cabeceamento no futebol.

*Tabela 4: Estudos com evidências de alterações na estrutura cerebral.*

Referência (Autores)	Título	Amostra	Método de Avaliação	Exposição do Cabeceamento	Principais Resultados
Sortland & Tysvaer (1989)	Brain damage in former association football players	33 ex-jogadores profissionais de futebol da seleção nacional da Noruega (idade = 52 anos)	TAC	Longo prazo	1/3 dos jogadores com atrofia cerebral ligeira a moderada, com alargamento dos ventrículos laterais
Koerte et al. (2015)	Altered neurochemistry in former professional soccer players without a history of concussion	11 jogadores profissionais da liga de futebol alemã (idade = 52.0±6.8 anos) e 14 atletas de desportos sem contacto, no	RM com espectroscopia	Longo prazo	Associação entre lesões subconcussivas repetidas em jogadores de futebol e marcadores de neuroinflamação, sugerindo afetação neuroquímica.

		grupo de controlo.			
Di Virgilio et al. (2016)	Evidence for acute electrophysiological and cognitive changes following routine soccer heading	19 jogadores de futebol amador, dos quais 5 mulheres (idade = 22.0±3.0 anos)	Medição da inibição corticomotora com EMT	Curto prazo	Imediatamente após uma série de 20 cabeceamentos, foi detetado um aumento na inibição corticomotora.
Koerte et al. (2016)	Cortical thinning in former professional soccer players	15 ex-jogadores profissionais de um clube alemão (idade = 49.3±5.1 anos)	RM	Longo prazo	Maior atrofia cortical com o aumento da idade, no córtex parietal inferior direito, temporal e occipital, em comparação com um grupo de controlo emparelhado.

Nota. EMT = Estimulação Magnética Transcraniana; Exposição do cabeceamento = longo prazo (> 12 meses) e curto prazo (imediatamente e até 2 semanas, após o cabeceamento); RM = Ressonância Magnética; TAC = Tomografia Axial Computorizada.

Os estudos referenciados investigaram o impacto do cabeceamento na estrutura cerebral através de técnicas de neuroimagem. Um estudo desenvolvido por Sortland e Tysvaer (1989) avaliaram 33 ex-jogadores de futebol profissional, da seleção norueguesa, com idades entre os 39 e 68 anos, submetidos a TAC para medição linear e visual da atrofia cerebral. Os resultados revelaram que cerca de um terço dos jogadores possuía uma ligeira a moderada atrofia cerebral central, com alargamento dos ventrículos laterais, que veio a ser confirmado pela medição linear em comparação com os controlos normais. Os autores assumiram que a lesão cerebral resulta de vários anos de jogos de futebol, com consequente exposição a longo prazo a cabeceamentos, acompanhados por múltiplas concussões.

Outro estudo de Koerte et al. (2015) avaliou a neuroquímica cerebral da lesão, através de RM com espectroscopia em jogadores profissionais de futebol (média de idade de 52 anos), sem história de concussões, em comparação com um grupo emparelhado (idade e género) de atletas de desportos sem contacto. Os resultados do estudo revelaram um aumento significativo de um marcador de disrupção de membrana (colina) e de um marcador de ativação glial (mio-inositol) nos jogadores de futebol, em comparação com o grupo de controlo. Adicionalmente, os valores de mio-inositol e de glutatona (antioxidante), correlacionaram-se positivamente com a exposição a longo prazo a cabeceamentos repetidos no grupo de jogadores de futebol. Os autores do estudo sugerem uma possível associação entre o cabeceamento e as alterações neuroquímicas do cérebro nos jogadores de futebol.

Num estudo de Di Virgilio et al. (2016), 19 jogadores de futebol amador (dos quais 5 mulheres) foram sujeitos a uma série de 20 cabeceamentos, de modo a simular a rotina de um jogo de futebol. Consecutivamente aos cabeceamentos, foram submetidos a uma estimulação magnética transcraniana, que evidenciou alterações eletromagnéticas com impacto no desempenho cognitivo e no aumento da inibição intracortical, refletindo uma diminuição do desempenho em provas de memória a curto e longo prazo.

No estudo de Koerte et al. (2016), foi avaliado a espessura cortical com RM em jogadores de um clube alemão de futebol profissional da 1ª divisão (média de idades de 49.3 anos), em comparação com um grupo emparelhado (idade e género) de atletas de desportos sem contacto. Todos os participantes, de ambos os grupos, eram desportistas ativos à data do estudo. Os jogadores de futebol reportaram o número de cabeceamentos que efetuaram, em média por semana, nos últimos 12 meses, valor esse multiplicado pelo número de anos jogados, de modo a obter uma estimativa do número de cabeceamentos

ao longo da carreira. Deste modo, foi calculada a exposição a longo prazo a cabeceamentos em cada um dos jogadores. Os resultados demonstraram uma maior atrofia cortical com o aumento da idade, no córtex parietal inferior direito, temporal e occipital nos jogadores de futebol, em comparação com o grupo de controlo.

## IV.2 – Estudos com evidências de alterações na função cognitiva

No seguimento das investigações no que concerne os efeitos do cabeceamento na função cerebral, foram encontradas evidências na literatura que complementam os estudos relativos à estrutura cerebral.

*Tabela 5: Estudos com evidências de alterações na função cognitiva por concussão no futebol.*

Referência (Autores)	Título	Amostra	Método de Avaliação	Exposição do Cabeceamento	Principais Resultados
Tysvaer & Løchen (1991)	Soccer injuries to the brain – A neuropsychologic study of former soccer players	37 ex-jogadores de futebol profissional, sem evidência de lesão cerebral; 20 casos controlo.	Bateria de testes neuropsicológicos	Longo prazo	81% dos ex-jogadores evidenciaram um défice ligeiro a grave em testes de atenção, concentração, memória e funções executivas, em comparação a 40% dos casos controlo com défices ligeiros.
Matser et al. (1998)	Chronic traumatic brain injury in professional soccer players	53 jogadores profissionais de futebol; 27 casos controlo (atletas de desportos sem contacto)	Bateria de testes neuropsicológicos	Curto prazo	Jogadores de futebol evidenciaram desempenho inferior em provas de memória visual e verbal, planeamento e processamento visuoperceptivo, em comparação com casos

Referência (Autores)	Título	Amostra	Método de Avaliação	Exposição do Cabeceamento	Principais Resultados
					controle; jogadores com posição de avançado e defesa obtiveram piores resultados, em comparação com jogadores com posição de médio e guarda-redes.
Witol & Webbe (2003)	Soccer heading frequency predicts neuropsychologic deficits	60 jogadores de futebol amador e profissional; 12 casos controle	Bateria de testes neuropsicológicos	Curto prazo	Jogadores com maior taxa de cabeceamentos, obtiveram resultados inferiores em testes de atenção, concentração, flexibilidade cognitiva e funcionamento intelectual geral.
Rutherford et al. (2005)	Neuropsychological impairment as a consequence of football (soccer) play and football heading: preliminary analyses and report on university footballers	22 jogadores de futebol; 17 jogadores de rugby; 24 atletas de modalidades desportivas sem contacto	Bateria de testes neuropsicológicos	Longo prazo	Jogadores de futebol obtiveram resultados inferiores em testes de atenção dividida, comparativamente aos restantes atletas.
Levitch et al. (2018)	Recent and long-term soccer heading exposure is differently associated with neuropsychological function in amateur players	311 jogadores de futebol amador	Bateria de testes neuropsicológicos	Curto prazo e longo prazo	Níveis elevados de cabeceamento foram significativamente associados a desempenhos inferiores em tarefas de velocidade psicomotora.

Nota. Exposição do cabeceamento = longo prazo (> 12 meses) e curto prazo (imediatamente e até 2 semanas, após o cabeceamento);

A investigação de Tysvaer e Løchen (1991) analisou os efeitos da exposição a longo prazo a cabeceamentos, com recurso a testes neuropsicológicos, em 37 ex-jogadores de futebol e 20 casos controlo com idades entre os 35 e 64 anos. O protocolo de avaliação neuropsicológica incluiu:

- *Wechsler Adult Intelligence Scale* (WAIS) – 10 sub-testes, (Wechsler, 1981)
- *Trail Making Test* – partes A e B, (Reiten, 1955)
- *Halstead-Wepman-Reitan* modificado (Halsted & Wepman, 1949);
- Teste de Retenção Visual de Benton - forma C (Benton, 1991);
- Testes não especificados: teste de funções sensório-percetivas, testes de desempenho motor e testes de dominância hemisférica.

De acordo com os resultados, 81% dos ex-jogadores de futebol evidenciaram um défice ligeiro a grave (desempenho significativamente inferior) em testes de atenção, concentração, memória e funções executivas, em comparação a 40% de casos controlo com défice ligeiro. Os autores concluem que os resultados refletem um provável efeito cumulativo de traumatismos por cabeceamento da bola.

O estudo de Matser et al. (1998) comparou o desempenho cognitivo entre um grupo de jogadores de futebol profissional (média de idades de 25.4 anos) e um grupo de controlo emparelhado (idade e género) de atletas de desportos sem contacto. Em termos globais, os jogadores de futebol reportaram uma média de 800 cabeceamentos por temporada de futebol (considerada como exposição a curto prazo), sendo que 54% tiveram uma ou mais concussões com/sem perda de consciência. Com base numa extensa bateria de testes neuropsicológicos, os resultados demonstraram que os jogadores de

futebol evidenciam pior desempenho cognitivo em tarefas de memória visual e verbal, planeamento e processamento visuoperceptivo, em comparação com o grupo de controlo. Adicionalmente, os resultados inferiores foram associados a um maior número de cabeceamentos e concussões durante os jogos. A posição do jogador em campo teve também influência no desempenho cognitivo: os jogadores com posições de avançado e defesa, obtiveram resultados significativamente mais baixos do que os jogadores com posições de médio e guarda-redes. Os autores concluíram que a participação em jogos de futebol profissional pode afetar negativamente o funcionamento cognitivo, devido a uma elevada exposição a cabeceamentos, ressaltando a necessidade de investigações em jogadores de futebol amador e com menor exposição a cabeceamento.

Este estudo considerou os seguintes testes:

- Matrizes Progressivas Coloridas de Raven (Raven, 1960);
- *Wisconsin Card Sorting Test* (Iverson et al., 2000);
- *Paced Auditory Serial Addition Test* (PASAT) (Gronwall & Wrightson, 1981);
- Digit Symbol Test, (Smith, 1995);
- *Trail Making Test* - partes A e B, (Lezak, 1995);
- Bourdon-Wiersma Test, (Bourdon & Wiersma, 1956);
- Wechsler Memory Scale (Wechsler, 1987);
- Teste da Figura Complexa de Rey-Osterrieth – partes cópia e memória (Rey, 1941);
- *15 Word Learning Test*, da RAVLT (Rey, 1964; Lezak 1979);
- *Benton's Facial Recognition Task* (Benton, 1983);
- *Figure Detection Test* (Luteyn, 1966);

- *Verbal Fluency Test* (Luteyn, 1966);
- *Puncture Test* (van der Vlugt, 1979).

Witol e Webbe (2003) compararam o desempenho cognitivo entre 60 jogadores de futebol profissional e amador e 12 casos controlo, através da seguinte bateria de testes:

- *ShIPLEY Institute of Living Scale* (ShIPLEY, 1940, complementado por Zachary, 1986, Zachary et al., 1985);
- *Trail Making Test* - partes A e B (Lezak, 1995);
- *Paced Auditory Serial Addition Test* (PASAT) (Gronwall & Wrightson, 1981);
- *Test of Facial Recognition* (FRT) (Dricker et al., 1978);
- *Rey Auditory Verbal Learning Test* (RAVLT) (Rey, 1964; Lezak 1979);
- Teste da Figura Complexa de Rey-Osterrieth – partes cópia e memória (Rey, 1941).

Os jogadores de futebol com estimativas mais elevadas de cabeceamentos, obtiveram resultados inferiores em provas que avaliam a atenção, concentração, flexibilidade cognitiva e funcionamento intelectual geral, corroborando a potencial associação entre cabeceamentos e défices neurocognitivos.

Mais recentemente, Rutherford et al. (2005) comparam o desempenho cognitivo entre jogadores universitários de futebol masculino (média de idade = 20.57 anos) e um grupo de controlo (emparelhado por idade) de jogadores de rugby e outros desportos sem contacto. A partir da combinação de observações e do autorrelato dos atletas, foi estimada a incidência de traumatismos crânio-encefálicos e a exposição a cabeceamentos. O

protocolo de avaliação incluiu os seguintes instrumentos: Inventário de Depressão de Beck (Beck 1987);

- *National Adult Reading Test* (Nelson & Wilson, 1991);
- Figura Complexa de Rey (Lezak, 1995);
- Código e Memória de Dígitos (WAIS-R) (Wechsler, 1981);
- *Trail Making Test* (Lezak, 1995);
- *Stroop* (Golden, 1978);
- Memória Lógica e Pares de Palavras (WMS) (Wechsler, 1987);
- *Test of Attention Performance*: subtestes *Alertness Divided Attention, Visual Search, Covert Attention Shift, Flexibility, Working Memory* (Zimmerman & Fimm's, 1995);
- *Wisconsin Card Sorting Test* (Iverson et al., 2000);
- *Alternate Uses* (Christensen et al., 1960);
- *FAS – Controlled Oral Word Association* (Spreen & Strauss, 1998).

Após o controlo do efeito do número de traumatismos crânio-encefálicos, foram identificados os seguintes resultados: diferença significativa entre os dois grupos nas tarefas de atenção dividida do *Test of Attention Performance*, com os jogadores de futebol a evidenciar pior desempenho; o número de cabeceamentos nos jogadores de futebol constituiu um preditor significativo do número de mudanças de categoria (flexibilidade mental) no *Wisconsin Card Sorting Test*. Embora os resultados sinalizem uma potencial associação entre a prática do futebol, os cabeceamentos e a diminuição do desempenho cognitivo em tarefas e funções específicas, os autores ressaltam o carácter exploratório do estudo e a necessidade de mais investigações que permitam uma generalização dos resultados.

Levitch et al. (2018) analisaram o funcionamento cognitivo e a exposição a cabeceamentos a curto e longo prazo, numa amostra de 311 jogadores de futebol. O número de cabeceamentos a curto prazo (a cada duas semanas, durante 3 meses) e longo (últimos 12 meses), foi reportado pelos jogadores através de um questionário online. Foi administrada a bateria da *Cogstate* (1999) e identificados os seguintes resultados: jogadores com um maior número de cabeceamentos, a curto prazo evidenciam pior desempenho em tarefas de velocidade psicomotora; jogadores com um maior número de cabeceamentos, a longo prazo evidenciam pior desempenho em tarefas de aprendizagem e memória verbal. Os autores concluíram que uma elevada exposição a cabeceamentos a curto e a longo prazo, estão associados a prejuízos no funcionamento cognitivo, embora em diferentes domínios.

### IV.3 – Estudos sem evidências de alterações na função cognitiva

Embora existam indicadores sugestivos da potencial associação entre a exposição a cabeceamentos e a diminuição do desempenho cognitivo, outros estudos não corroboram esse resultado.

Tabela 6: Estudos sem evidências de alterações na função cognitiva por concussão no futebol.

Referência (Autores)	Título	Amostra	Método de Avaliação	Exposição do Cabeceamento	Principais Resultados
Putukian et al. (2000)	The acute neuropsychological effects of heading in soccer: a pilot study	100 jogadores de futebol universitário (44 homens, 56 mulheres)	Bateria de testes neuropsicológicos	Curto Prazo (Imediata)	Não existiram diferenças significativas entre atletas que realizaram sessões de atividades com e sem cabeceamento.

Referência (Autores)	Título	Amostra	Método de Avaliação	Exposição do Cabeceamento	Principais Resultados
Straume- Naesheim et al. (2005)	Effects of heading exposure and previous concussions on neuropsychological performance among Norwegian elite footballers	271 jogadores profissionais de futebol da liga norueguesa	Bateria de testes neuropsicológicos	Longo prazo	Não se observou relação entre exposição ao cabeceamento e desempenho cognitivo. Apenas 1.5% dos jogadores foram qualificados como <i>outliers</i> para um ou mais testes quando comparados com o intervalo normal.

Nota. Exposição do cabeceamento = longo prazo (> 12 meses) e curto prazo (imediatamente e até 2 semanas, após o cabeceamento);

Putukian et al. (2000) investigaram as consequências da exposição imediata aos cabeceamentos de 100 jogadores de futebol universitário de ambos os géneros, antes e imediatamente depois de um jogo. A bateria de avaliação neuropsicológica examinou diversos domínios, incluindo tempos de reação, atenção e concentração, velocidade de processamento de informação e resolução de problemas, com recurso aos seguintes instrumentos:

- Alfabeto por Ordem Inversa;
- *Trail Making Test* – partes A e B (Lezak, 1995);
- *Stroop* (Golden, 1978);
- VIGIL/W (The Psychological Corp., 1997).

Em termos experimentais, numa sessão os jogadores participaram em atividades de cabeceamento da bola, e noutra sessão abstiveram-se de cabecear a bola. Os resultados não demonstraram diferenças de classificação nos pré-testes ou nos pós-testes entre os grupos que cabecearam a bola e os que se abstiveram. Os investigadores argumentaram

o facto de ter sido uma investigação de natureza exploratória, que apenas analisa os efeitos agudos após o cabeceamento, com um número limitado de testes neuropsicológicos e uma amostra reduzida.

Outra investigação conduzida por Straume-Naesheim et al. (2005) analisou a associação entre a presença de concussão anterior e a exposição a cabeceamentos, em jogadores de futebol profissional (média de idade de 25 anos). Os atletas responderam a um questionário avaliando a exposição aos cabeceamentos e um subgrupo de jogadores foram observados durante dois ou quatro jogos para uma contagem direta de cabeceamentos. Todos os participantes foram submetidos à bateria de testes *COGSPORT* (CogState, Ltd), que mede a função motora, tomada de decisão, atenção simples e complexa. Não houve evidência de relação entre a exposição ao cabeceamento e o desempenho cognitivo.

## **V – Discussão**

No futebol, as lesões cerebrais constituem uma realidade, por vezes com efeitos significativos na vida desportiva e social dos futebolistas e, sobretudo, na dos ex-futebolistas.

É estimado que um futebolista profissional jogue aproximadamente 300 partidas durante a sua carreira e que, ao longo desse período, cabeceie a bola cerca de 2000 vezes (Tysvaer & Storli, 1989). A técnica do cabeceamento é complexa e variável em diferentes situações de jogo. Um uso apropriado desta técnica, que envolva a estabilização da musculatura do pescoço e do torso para redução das forças rotacionais, poderá proteger os jogadores de possíveis efeitos prejudiciais (Tysvaer, 1992).

A par destes indicadores, foi estimado que um futebolista profissional cabeceie a bola, em média, 6 a 12 vezes durante cada partida oficial, onde as bolas percorrem uma velocidade variável que pode ir até aos 80 Km/h (Spiotta et al., 2012). Durante os treinos, os exercícios de cabeceamento, nos quais a bola é lançada e cabeceada repetidamente (até 30 ou mais cabeçadas), são habituais (Spiotta et al., 2012). Deste modo, atletas mais jovens poderão estar em maior risco para estes tipos de lesão, visto que ainda não dominam a técnica. Considerando a popularidade do jogo de futebol em todo o mundo, as consequências a longo prazo da concussão e subconcussão relacionadas com o futebol, poderão representar um importante problema de saúde pública.

Mais estudos, em especial, de natureza longitudinal, são necessários para esclarecer o significado clínico do cabeceamento como causa de danos cerebrais. Esse

tipo de investigação poderá contribuir para o estabelecimento de diretrizes de forma a minimizar o risco de possíveis efeitos adversos do futebol na estrutura e função cerebral de cada indivíduo.

### **Limitações**

O processo de revisão de literatura foi condicionado pela escassez de estudos empíricos atuais incluindo testes neuropsicológicos na avaliação de jogadores de futebol. Os estudos pesquisados sobre concussões no desporto, associados à utilização de avaliação neuropsicológica, apontam maioritariamente para desportos como o futebol americano, rugby e hóquei no gelo, sendo em número reduzido os que se referem ao futebol (soccer nos Estados Unidos).

## VI – Conclusões

O objetivo deste trabalho foi, em suma, analisar estudos que demonstrassem relação entre os cabeceamentos dos jogadores no futebol e as eventuais alterações ao nível cognitivo e estrutural do cérebro. Durante o processo de revisão de literatura foi manifesta a escassez de estudos que relacionassem o futebol e as funções cognitivas, visto que a maioria das investigações são direcionadas para uma vertente de desportos de contacto tradicionais como o futebol americano, o hóquei e o rugby. Na maioria das investigações, não foi estimado o funcionamento cognitivo pré-mórbido dos atletas, aspeto relevante e que deveria ter sido ponderado, uma vez que as características individuais poderão ser dispare. A maioria dos estudos analisados corroboram evidências de que os jogadores que cabeceiam a bola no futebol têm um desempenho inferior em testes neuropsicológicos específicos, comparativamente a grupos de controlo, sobretudo em tarefas que examinam os seguintes domínios: atenção (nomeadamente dividida), memória (visual e verbal), funções executivas (planeamento, flexibilidade mental), processamento visuoperceptivo e velocidade psicomotora. Os estudos de imagiologia, por outro lado, constataram evidências significativas de alterações na estrutura e química cerebral, resultantes de sucessivos cabeceamentos.

Deste modo, é possível concluir que os cabeceamentos provocam alterações na estrutura e química cerebral, e que existem fortes indícios de ocasionar diminuição do desempenho em funções cognitivas específicas. Dada a escassez de investigações neste domínio, é necessário o desenvolvimento de mais estudos de neuroimagem e com testes neuropsicológicos, de natureza longitudinal e com amostras representativas, de modo a consolidar o conhecimento neste domínio.

Sendo o futebol um desporto de referência na sociedade portuguesa e em vários países do mundo, com um significativo impacto social e económico, considera-se premente uma maior investigação sobre os potenciais efeitos negativos do cabeceamento na saúde dos jogadores, e que, tradicionalmente, não são do conhecimento geral do público. Por outro lado, torna-se relevante a necessidade de discutir e reavaliar regras específicas do futebol e, eventualmente, o uso de equipamentos de proteção.

Nos jogadores de futebol, a relação entre o desenvolvimento de sequelas neurocognitivas e a frequência de cabeceamentos parece ser, ainda, uma questão hipotética, na qual as avaliações neuropsicológicas, individuais e periódicas (antes, depois e ao longo das épocas desportivas), poderão auxiliar num diagnóstico precoce e na prevenção de doenças neurodegenerativas.

Mais observações, em especial, do domínio longitudinal, são necessários para esclarecer o significado clínico do cabeceamento como causa de danos cerebrais. Esse tipo de investigação poderá contribuir para o estabelecimento de diretrizes de forma minimizar o risco de possíveis efeitos adversos do futebol na estrutura e função cerebral de cada indivíduo.

Por fim, considerando os estudos recenseados e domínios cognitivos potencialmente afetados pela prática de cabeceamentos, é sugerida a criação de um futuro protocolo de investigação e avaliação neuropsicológica, para o desenvolvimento de estudos empíricos em Portugal com jogadores de futebol.

## Referências Bibliográficas

- Akbar, M., Loomis, R., & Paul, R. (2013). The interplay of language on executive functions in children with ASD. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 7(3), 494–501.
- Apps, J. N. & Walter, K. D. (2012). *Pediatric and Adolescent Concussion: Diagnosis, Management and Outcomes*. Springer.
- Aubry, M., Cantu, R., Dvorak, J., Graf-Baumann, T., Johnston, K., Kelly, J., Lovell, M., McCrory, P., Meeuwisse, W., & Schamasch, P. (2002). Summary and agreement statement of the first international conference on concussion in sport, Vienna 2001. *The Physician and Sportsmedicine*, 30(2), 57–63. <https://doi.org/10.3810/psm.2002.02.176>
- Ausubel, D.P. (1968). *Educational psychology: a cognitive view*. New York: Holt, Rinehart, and Winston.
- Barr, W. B., & McCrea, M. (2001). Sensitivity and specificity of standardized neurocognitive testing immediately following sports concussion. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 7(6), 693–702. <https://doi.org/10.1017/s1355617701766052>
- Barth, J. T., Alves, W. M., Ryan, T. V., Macciocchi, S. N., Rimel, R. W., Jane, J. A., & Nelson, W. E. (1989). Mild head injury in sports: Neuropsychological sequelae and recovery of function. In H. S. Levin, H. M. Eisenberg, & A. L. Benton (Eds.), *Mild head injury* (p. 257–275). Oxford University Press.
- Barth, J. T., Pliskin, N., Axelrod, B., Faust, D., Fisher, J., Harley, J. P., Heilbronner, R., Larrabee, G., Puente, A., Ricker, J., & Silver, C. (2003). Introduction to the NAN 2001 Definition of a Clinical Neuropsychologist. NAN Policy and Planning Committee. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 18(5), 551–555.
- Bauer, R. M., Iverson, G. L., Cernich, A. N., Binder, L. M., Ruff, R. M., & Naugle, R. I. (2012). Computerized neuropsychological assessment devices: joint position paper of the American

- Academy of Clinical Neuropsychology and the National Academy of Neuropsychology. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 27(3), 362–373. <https://doi.org/10.1093/arclin/acs027>
- Belanger, H. G., Vanderploeg, R. D., Curtiss, G., & Warden, D. L. (2007). Recent neuroimaging techniques in mild traumatic brain injury. *The Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences*, 19(1), 5–20. <https://doi.org/10.1176/jnp.2007.19.1.5>
- Boyd, L. A., & Winstein, C. J. (2004). Providing explicit information disrupts implicit motor learning after basal ganglia stroke. *Learning & Memory*, 11(4), 388–396. <https://doi.org/10.1101/lm.80104>
- Broglio, S. P., Cantu, R. C., Gioia, G. A., Guskiewicz, K. M., Kutcher, J., Palm, M., & McLeod, T. C. V. (2014). National Athletic Trainers' Association position statement: Management of sport concussion. *Journal of Athletic Training*, 49(2), 245–265. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-49.1.07>
- Bruce, J. M., & Echemendia, R. J. (2009). History of multiple self-reported concussions is not associated with reduced cognitive abilities. *Neurosurgery*, 64(1), 100–106. <https://doi.org/10.1227/01.NEU.0000336310.47513.C8>
- Bushnell, P. J., & Strupp, B. J. (2009). Assessing Attention in Rodents. In J. J. Buccafusco (Ed.), *Methods of Behavior Analysis in Neuroscience*. (2nd ed.). CRC Press/Taylor & Francis.
- Chantel Teresa Debert, Joan Stilling, Meng Wang, Tolulope Sajobi, Kristina Kowalski, Brian Walter Benson, Keith Yeates e Sean Peter Dukelow (2019). A Avaliação Cognitiva de Montreal como Ferramenta de Triagem Cognitiva em Atletas. *Can J Neurol Sci*. 2019; 46: 311–318
- Comper, P., Hutchison, M., Magrys, S., Mainwaring, L., & Richards, D. (2010). Evaluating the methodological quality of sports neuropsychology concussion research: a systematic review. *Brain injury*, 24(11), 1257–1271. <https://doi.org/10.3109/02699052.2010.506854>
- Daneshvar, D. H., Nowinski, C. J., McKee, A. C., & Cantu, R. C. (2011). The epidemiology of sport-related concussion. *Clinics in Sports Medicine*, 30(1), 1–vii. <https://doi.org/10.1016/j.csm.2010.08.006>

- Davis, G. A., Purcell, L., Schneider, K. J., Yeates, K. O., Gioia, G. A., Anderson, V., Ellenbogen, R. G., Echemendia, R. J., Makdissi, M., Sills, A., Iverson, G. L., Dvořák, J., McCrory, P., Meeuwisse, W., Patricios, J., Giza, C. C., & Kutcher, J. S. (2017). The Child Sport Concussion Assessment Tool 5th Edition (Child SCAT5): Background and rationale. *British Journal of Sports Medicine*, *51*(11), 859–861. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-097492>
- Debert, C. T., Stilling, J., Wang, M., Sajobi, T., Kowalski, K., Benson, B. W., Yeates, K., & Dukelow, S. P. (2019). The Montreal Cognitive Assessment as a Cognitive Screening Tool in Athletes. *The Canadian Journal of Neurological Sciences*, *46*(3), 311–318. <https://doi.org/10.1017/cjn.2019.18>
- Delaney, J. S., Lacroix, V. J., Gagne, C., & Antoniou, J. (2001). Concussions among university football and soccer players: a pilot study. *Clinical Journal of Sport Medicine*, *11*(4), 234–240. <https://doi.org/10.1097/00042752-200110000-00005>
- Di Virgilio, T. G., Hunter, A., Wilson, L., Stewart, W., Goodall, S., Howatson, G., Donaldson, D. I., & Ietswaart, M. (2016). Evidence for Acute Electrophysiological and Cognitive Changes Following Routine Soccer Heading. *EBioMedicine*, *13*, 66–71. <https://doi.org/10.1016/j.ebiom.2016.10.029>
- Dong, Y., Taylor, H. E., & Dimopoulos, G. (2006). AgDscam, a hypervariable immunoglobulin domain-containing receptor of the *Anopheles gambiae* innate immune system. *PLoS Biology*, *4*(7), e229. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.0040229>
- Driscoll, L. L., & Strupp, B. J. (2015). Assessment of attention and inhibitory control in rodent developmental neurotoxicity studies. *Neurotoxicology and teratology*, *52*(Pt A), 78–87. <https://doi.org/10.1016/j.ntt.2014.09.001>
- Ebbinghaus H. (2013). Memory: a contribution to experimental psychology. *Annals of neurosciences*, *20*(4), 155–156. <https://doi.org/10.5214/ans.0972.7531.200408>
- Echemendia, R. J., Meeuwisse, W., McCrory, P., Davis, G. A., Putukian, M., Leddy, J., Makdissi, M., Sullivan, S. J., Broglio, S. P., Raftery, M., Schneider, K., Kissick, J., McCrea, M., Dvořák, J., Sills, A. K., Aubry, M., Engebretsen, L., Loosemore, M., Fuller, G., Kutcher, J., ... Herring, S. (2017).

- The Sport Concussion Assessment Tool 5th Edition (SCAT5): Background and rationale. *British Journal of Sports Medicine*, 51(11), 848–850. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-097506>
- Ferro, J., & Pimentel, J. (2006). *Neurologia: princípios, diagnóstico e tratamento*. Lidel.
- Field, M., Collins, M. W., Lovell, M. R., & Maroon, J. (2003). Does age play a role in recovery from sports-related concussion? A comparison of high school and collegiate athletes. *The Journal of Pediatrics*, 142(5), 546–553. <https://doi.org/10.1067/mpd.2003.190>
- FIFA. (2007). *Big Count*. FIFA Communications Division, Information Services.
- Friedman, N. P., Miyake, A., Young, S. E., DeFries, J. C., Corley, R. P., & Hewitt, J. K. (2008). Individual differences in executive functions are almost entirely genetic in origin. *Journal of Experimental Psychology*, 137(2), 201–225. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.137.2.201>
- Gardner, A. J., Iverson, G. L., Williams, W. H., Baker, S., & Stanwell, P. (2014). A systematic review and meta-analysis of concussion in rugby union. *Sports Medicine*, 44(12), 1717–1731. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0233-3>
- Gardner, A., Shores, E. A., & Batchelor, J. (2010). Reduced processing speed in rugby union players reporting three or more previous concussions. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 25(3), 174–181. <https://doi.org/10.1093/arclin/acq007>
- Geddes, J. F., Vowles, G. H., Nicoll, J. A., & Révész, T. (1999). Neuronal cytoskeletal changes are an early consequence of repetitive head injury. *Acta neuropathologica*, 98(2), 171–178. <https://doi.org/10.1007/s004010051066>
- Giza, C. C., & Hovda, D. A. (2001). The Neurometabolic Cascade of Concussion. *Journal of Athletic Training*, 36(3), 228–235.
- Giza, C. C., & Hovda, D. A. (2014). The new Neurometabolic Cascade of Concussion. *Neurosurgery*, 75(4), S24–S33. <https://doi.org/10.1227/NEU.0000000000000505>

- Giza, C. C., Kutcher, J. S., Ashwal, S., Barth, J., Getchius, T. S., Gioia, G. A., Gronseth, G. S., Guskiewicz, K., Mandel, S., Manley, G., McKeag, D. B., Thurman, D. J., & Zafonte, R. (2013). Summary of evidence-based guideline update: evaluation and management of concussion in sports: report of the Guideline Development Subcommittee of the American Academy of Neurology. *Neurology*, *80*(24), 2250–2257. <https://doi.org/10.1212/WNL.0b013e31828d57dd>
- Goodall, S., Howatson, G., Romer, L., & Ross, E. (2014). Transcranial magnetic stimulation in sport science: a commentary. *European Journal of Sport Science*, *14*(1), S332–S340. <https://doi.org/10.1080/17461391.2012.704079>
- Graham, R., Rivara, F. P., Ford, M. A., Spicer, C. M., Committee on Sports-Related Concussions in Youth, Board on Children, Youth, and Families, Institute of Medicine, & National Research Council (Eds.). (2014). *Sports-Related Concussions in Youth: Improving the Science, Changing the Culture*. National Academies Press.
- Grinberg, L. T. (2014) Neuropathological findings in a soccer player. International Congress of Neuropathology. *Brain Pathology*, *24*(1), 18.
- Grinberg, L. T., Anghinah, R., Nascimento, C. F., Amaro, E., Leite, R. P., Martin, M., Naslavsky, M. S., Takada, L. T., Filho, W. J., Pasqualucci, C. A., & Nitrini, R. (2016). Chronic Traumatic Encephalopathy Presenting as Alzheimer's Disease in a Retired Soccer Player. *Journal of Alzheimer's Disease*, *54*(1), 169–174. <https://doi.org/10.3233/JAD-160312>
- Guskiewicz, K. M., Bruce, S. L., Cantu, R. C., Ferrara, M. S., Kelly, J. P., McCrea, M., Putukian, M., & Valovich McLeod, T. C. (2004). National Athletic Trainers' Association Position Statement: Management of Sport-Related Concussion. *Journal of Athletic Training*, *39*(3), 280–297.
- Harmon, K. G., Drezner, J. A., Gammons, M., Guskiewicz, K. M., Halstead, M., Herring, S. A., Kutcher, J. S., Pana, A., Putukian, M., & Roberts, W. O. (2013). American Medical Society for Sports Medicine position statement: concussion in sport. *British Journal of Sports Medicine*, *47*(1), 15–26. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2012-091941>
- James, W. *The Principles of Psychology*. New York: Henry Holt; 1890

- Jurado, M. B., & Rosselli, M. (2007). The elusive nature of executive functions: a review of our current understanding. *Neuropsychology Review*, 17(3), 213–233. <https://doi.org/10.1007/s11065-007-9040-z>
- Koerte, I. K., Hufschmidt, J., Muehlmann, M., Lin, A. P., & Shenton, M. E. (2016). Advanced Neuroimaging of Mild Traumatic Brain Injury. In D. Laskowitz (Eds.) et. al., *Translational Research in Traumatic Brain Injury*. CRC Press/Taylor and Francis Group.
- Koerte, I. K., Lin, A. P., Muehlmann, M., Merugumala, S., Liao, H., Starr, T., Kaufmann, (...) (2015). Altered neurochemistry in former professional soccer players without a history of concussion. *J. Neurotrauma* 32, 1287–1293.
- Koerte, I. K., Lin, A. P., Willems, A., Muehlmann, M., Hufschmidt, J., Coleman, M. J., Green, I., Liao, H., Tate, D. F., Wilde, E. A., Pasternak, O., Bouix, S., Rathi, Y., Bigler, E. D., Stern, R. A., & Shenton, M. E. (2015). *A review of neuroimaging findings in repetitive brain trauma. Brain pathology* (Zurich, Switzerland), 25(3), 318–349. <https://doi.org/10.1111/bpa.12249>
- Koerte, I. K., Mayinger, M., Muehlmann, M., Kaufmann, D., Lin, A. P., Steffinger, D., (...) (2016). Cortical thinning in former professional soccer players. *Brain Imaging Behav.* 19, 792–798.
- Koerte, I. K., Nichols, E., Tripodis, Y., Schultz, V., Lehner, S., Igbinoba, R., Chuang, A. Z., Mayinger, M., Klier, E. M., Muehlmann, M., Kaufmann, D., Lepage, C., Heinen, F., Schulte-Körne, G., Zafonte, R., Shenton, M. E., & Sereno, A. B. (2017). *Impaired Cognitive Performance in Youth Athletes Exposed to Repetitive Head Impacts. Journal of Neurotrauma*, 34(16), 2389–2395. <https://doi.org/10.1089/neu.2016.4960>
- Kraemer, H. C., Kazdin, A. E., Offord, D. R., Kessler, R. C., Jensen, P. S., & Kupfer, D. J. (1997). Coming to terms with the terms of risk. *Archives of General Psychiatry*, 54(4), 337–343. <https://doi.org/10.1001/archpsyc.1997.01830160065009>
- Levitch, C., Zimmerman, M., Lubin, N., Kim, N., Lipton, R., Stewart, W., . . . Lipton, M. (2018). Recent and Long-Term Soccer Heading Exposure Is Differentially Associated With Neuropsychological

- Function in Amateur Players. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 24(2), 147-155. doi:10.1017/S1355617717000790
- Levy, M. L., Kasasbeh, A. S., Baird, L. C., Amene, C., Skeen, J., & Marshall, L. (2012). Concussions in soccer: a current understanding. *World Neurosurgery*, 78(5), 535–544. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2011.10.032>
- Lezak, M. D. (1983). *Neuropsychological assessment* (2nd ed.). New York: Oxford University Press
- Lezak, M. D. (2002). Responsive assessment and the freedom to think for ourselves. *Rehabilitation Psychology*, 47(3), 339–353. <https://doi.org/10.1037/0090-5550.47.3.339>
- Lezak, M. D., Howieson, D. B., Loring, D. W., Hannay, H. J., & Fischer, J. S. (2004). *Neuropsychological assessment* (4th ed.). Oxford University Press.
- Lima, R. (2009). *Fonologia Infantil: Aquisição, Avaliação e Intervenção*. Almedina.
- Lincoln, A. E., Caswell, S. V., Almquist, J. L., Dunn, R. E., Norris, J. B., & Hinton, R. Y. (2011). Trends in concussion incidence in high school sports: a prospective 11-year study. *American Journal of Sports Medicine*, 39(5), 958–963. <https://doi.org/10.1177/0363546510392326>
- Ling, H., Morris, H. R., Neal, J. W., Lees, A. J., Hardy, J., Holton, J. L., Revesz, T., & Williams, D. D. (2017). Mixed pathologies including chronic traumatic encephalopathy account for dementia in retired association football (soccer) players. *Acta Neuropathologica*, 133(3), 337–352. <https://doi.org/10.1007/s00401-017-1680-3>
- Ling, H., Morris, H. R., Neal, J. W., Lees, A. J., Hardy, J., Holton, J. L., Revesz, T., & Williams, D. D. (2017). Mixed pathologies including chronic traumatic encephalopathy account for dementia in retired association football (soccer) players. *Acta neuropathologica*, 133(3), 337–352. <https://doi.org/10.1007/s00401-017-1680-3>
- Lipton, M. L., Kim, N., Zimmerman, M. E., Kim, M., Stewart, W. F., Branch, C. A., & Lipton, R. B. (2013). Soccer heading is associated with white matter microstructural and cognitive abnormalities. *Radiology*, 268(3), 850–857. <https://doi.org/10.1148/radiol.13130545>

- Luria, A. R. (2007). O papel da linguagem na formação de conexões temporais e a regulação do comportamento em crianças normais e oligofrênicas. In L. S. Vygotsky, A. R. Luria, N. A. Menchinskaya, & A. N. Leontiev, *Psicologia e Pedagogia: Bases psicológicas da aprendizagem e do desenvolvimento (4. ed.)*. São Paulo, SP: Centauro.
- Luria, A. R., Pribram, K.M., Homskaia E.D. (1964). *An experimental analysis of the behavioral disturbance produced by a left frontal arachnoidalendothelioma. Neuropsychol*, 2, 257-80.
- Madeira, N., Alcaface, J., Santos, T., Colón, M., Costa, G., (2011). Síndrome Pós- Concussional. *Psiquiatria Clínica*, 32(2), 73-88.
- Mäder, M. J. (2001). Avaliação neuropsicológica nas epilepsias: importância para o conhecimento do cérebro. *Psicologia: Ciência e Profissão*, 21(1), 54-67. <https://doi.org/10.1590/S1414-98932001000100007>
- Maerlender, A., Flashman, L., Kessler, A., Kumbhani, S., Greenwald, R., Tosteson, T., & McAllister, T. (2010). Examination of the construct validity of ImPACT™ computerized test, traditional, and experimental neuropsychological measures. *The Clinical Neuropsychologist*, 24(8), 1309–1325. <https://doi.org/10.1080/13854046.2010.516072>
- Maher, M. E., Hutchison, M., Cusimano, M., Comper, P., & Schweizer, T. A. (2014). Concussions and heading in soccer: a review of the evidence of incidence, mechanisms, biomarkers and neurocognitive outcomes. *Brain injury*, 28(3), 271–285. <https://doi.org/10.3109/02699052.2013.865269>
- Marar, M., McIlvain, N. M., Fields, S. K., & Comstock, R. D. (2012). Epidemiology of concussions among United States high school athletes in 20 sports. *American Journal of Sports Medicine*, 40(4), 747–755. <https://doi.org/10.1177/0363546511435626>
- Martland, H. S. (1928). Punch-drunk. *Journal of the American Medical Association*, 91(15), 1103-1107. doi:10.1001/jama.1928.02700150029009

- Matser, J. T., Kessels, A. G., Jordan, B. D., Lezak, M. D., & Troost, J. (1998). Chronic traumatic brain injury in professional soccer players. *Neurology*, *51*(3), 791–796. <https://doi.org/10.1212/wnl.51.3.791>
- Matser, E. J., Kessels, A. G., Lezak, M. D., Jordan, B. D., & Troost, J. (1999). Neuropsychological impairment in amateur soccer players. *Journal of the American Medical Association*, *282*(10), 971–973. <https://doi.org/10.1001/jama.282.10.971>
- McCrea, M. (2001). Standardized Mental Status Testing on the Sideline After Sport-Related Concussion. *Journal of Athletic Training*, *36*(3), 274–279.
- McCrea, M., Guskiewicz, K. M., Marshall, S. W., Barr, W., Randolph, C., Cantu, R. C., Onate, J. A., Yang, J., & Kelly, J. P. (2003). Acute effects and recovery time following concussion in collegiate football players: the NCAA Concussion Study. *Journal of the American Medical Association*, *290*(19), 2556–2563. <https://doi.org/10.1001/jama.290.19.2556>
- McAllister, T. W., Sparling, M. B., Flashman, L. A., Guerin, S. J., Mamourian, A. C., & Saykin, A. J. (2001). Differential working memory load effects after mild traumatic brain injury. *NeuroImage*, *14*(5), 1004–1012. <https://doi.org/10.1006/nimg.2001.0899>
- McCrea, M., Kelly, J. P., Randolph, C., Kluge, J., Bartolic, E., Finn, G., & Baxter, B. (1998). Standardized assessment of concussion (SAC): on-site mental status evaluation of the athlete. *Journal of Head Trauma Rehabilitation*, *13*(2), 27–35. <https://doi.org/10.1097/00001199-199804000-00005>
- McCrea M. (2001). Standardized Mental Status Testing on the Sideline After Sport-Related Concussion. *Journal of athletic training*, *36*(3), 274–279.
- McCrea, M., Guskiewicz, K. M., Marshall, S. W., Barr, W., Randolph, C., Cantu, R. C., Onate, J. A., Yang, J., & Kelly, J. P. (2003). Acute effects and recovery time following concussion in collegiate football players: the NCAA Concussion Study. *JAMA*, *290*(19), 2556–2563. <https://doi.org/10.1001/jama.290.19.2556>
- McCrorry, P., Meeuwisse, W. H., Aubry, M., Cantu, R. C., Dvořák, J., Echemendia, R. J., Engebretsen, L., Johnston, K., Kutcher, J. S., Raftery, M., Sills, A., Benson, B. W., Davis, G. A., Ellenbogen, R.,

- Guskiewicz, K. M., Herring, S. A., Iverson, G. L., Jordan, B. D., Kissick, J., McCrea, M., ... Turner, M. (2013). Consensus statement on concussion in sport: the 4th International Conference on Concussion in Sport, Zurich, November 2012. *Journal of Athletic Training*, 48(4), 554–575. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-48.4.05>
- McCrory, P., Meeuwisse, W., Dvorak, J., Aubry, M., Bailes, J., Broglio, S., Cantu, R. C., Cassidy, D., Echemendia, R. J., Castellani, R. J., Davis, G. A., Ellenbogen, R., Emery, C., Engebretsen, L., Feddermann-Demont, N., Giza, C. C., Guskiewicz, K. M., Herring, S., Iverson, G. L., ... Vos, P. E. (2018). Consensus statement on concussion in sport—The 5th international conference on concussion in sport held in Berlin, October 2016. *British Journal of Sports Medicine*, 51, 838-847. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-097699>
- McCrory, P., Meeuwisse, W., Johnston, K., Dvorak, J., Aubry, M., Molloy, M., & Cantu, R. (2009). Consensus statement on concussion in sport: the 3rd International Conference on Concussion in Sport held in Zurich, November 2008. *Journal of Athletic Training*, 44(4), 434–448. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-44.4.434>
- Mckee, A. C., & Daneshvar, D. H. (2015). The neuropathology of traumatic brain injury. *Handbook of Clinical Neurology*, 127, 45–66. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-52892-6.00004-0>
- McKee, A. C., Daneshvar, D. H., Alvarez, V. E., & Stein, T. D. (2014). The neuropathology of sport. *Acta Neuropathologica*, 127(1), 29–51. <https://doi.org/10.1007/s00401-013-1230-6>
- Mendes, T. (2014). Avaliação neuropsicológica. In M. L. Figueira, D. Sampaio, P. Afonso (Ed.), *Manual de Psiquiatria Clínica* (pp. 19-42). Lidel.
- Millsbaugh, J. A. (1937). Dementia pugilistica. *US Naval Medicam Bulletin*, 35, 297–303.
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., & PRISMA Group (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *PLoS Medicine*, 6(7), e1000097. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>
- Moser, R. S., Iverson, G. L., Echemendia, R. J., Lovell, M. R., Schatz, P., Webbe, F. M., Ruff, R. M., Barth, J. T., NAN Policy and Planning Committee, & Donna K. Broshek, Shane S. Bush, Sandra P.

- Koffler, Cecil R. Reynolds, Cheryl H. Silver (2007). Neuropsychological evaluation in the diagnosis and management of sports-related concussion. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 22(8), 909–916. <https://doi.org/10.1016/j.acn.2007.09.004>
- Mullally W. J. (2017). Concussion. *American Journal of Medicine*, 130(8), 885–892. <https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2017.04.016>
- Nasreddine, Z. S., Phillips, N. A., Bédirian, V., Charbonneau, S., Whitehead, V., Collin, I., Cummings, J. L., & Chertkow, H. (2005). The Montreal Cognitive Assessment, MoCA: a brief screening tool for mild cognitive impairment. *Journal of the American Geriatrics Society*, 53(4), 695–699. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2005.53221.x>
- Omalu, B. I., DeKosky, S. T., Minster, R. L., Kamboh, M. I., Hamilton, R. L., & Wecht, C. H. (2005). Chronic traumatic encephalopathy in a National Football League player. *Neurosurgery*, 57(1), 128–134. <https://doi.org/10.1227/01.neu.0000163407.92769.ed>
- Petit, K. M., Savage, J. L., Bretzin, A. C., Anderson, M., & Covassin, T. (2020). The Sport Concussion Assessment Tool-5 (SCAT5): Baseline Assessments in NCAA Division I Collegiate Student-Athletes. *International Journal of Exercise Science*, 13(3), 1143–1155
- Putukian, M., Echemendia, R. J., & Mackin, S. (2000). The acute neuropsychological effects of heading in soccer: a pilot study. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 10(2), 104–109. <https://doi.org/10.1097/00042752-200004000-00004>
- Randolph, C., McCrea, M., & Barr, W. B. (2005). Is neuropsychological testing useful in the management of sport-related concussion?. *Journal of Athletic Training*, 40(3), 139–152.
- Rutherford, A., Stephens, R., Fernie, G., & Potter, D. (2009). Do UK university football club players suffer neuropsychological impairment as a consequence of their football (soccer) play?. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 31(6), 664–681. <https://doi.org/10.1080/1>
- Rutherford, A., Stephens, R., Potter, D., & Fernie, G. (2005). Neuropsychological impairment as a consequence of football (soccer) play and football heading: preliminary analyses and report on

university footballers. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 27(3), 299–319.

<https://doi.org/10.1080/13803390490515504>

Schneiders, A. G., Sullivan, S. J., Gray, A. R., Hammond-Tooke, G. D., & McCrory, P. R. (2010).

Normative values for three clinical measures of motor performance used in the neurological assessment of sports concussion. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13(2), 196–201.

<https://doi.org/10.1016/j.jsams.2009.05.004>

Shewchenko, N., Withnall, C., Keown, M., Gittens, R., & Dvorak, J. (2005). Heading in football. Part 3:

effect of ball properties on head response. *British Journal of Sports Medicine*, 39(1), i33–i39.

<https://doi.org/10.1136/bjism.2005.019059>

Sholberg, M. M., Mateer, C. A. (1989). Remediation of executive functions impairments. In M. M.

Sholberg, C. A. Mateer (eds.), *Introduction to cognitive rehabilitation* (pp. 232-263). Nueva York:

Guilford Press

Smith, D. H., Johnson, V. E., & Stewart, W. (2013). Chronic neuropathologies of single and repetitive TBI:

substrates of dementia?. *Nature reviews. Neurology*, 9(4), 211–

221. <https://doi.org/10.1038/nrneurol.2013.29>

Sortland, O., & Tysvaer, A. T. (1989). Brain damage in former association football players. An evaluation

by cerebral computed tomography. *Neuroradiology*, 31(1), 44–

48. <https://doi.org/10.1007/BF00342029>

Spiotta, A. M., Bartsch, A. J., & Benzel, E. C. (2012). Heading in soccer: dangerous play? *Neurosurgery*,

70(1), 1–11. <https://doi.org/10.1227/NEU.0b013e31823021b2>

Sternberg, R. J. (2000). *Psicologia cognitiva*. Artmed.

Straume-Naesheim, T. M., Andersen, T. E., Dvorak, J., & Bahr, R. (2005). Effects of heading exposure and

previous concussions on neuropsychological performance among Norwegian elite footballers. *British Journal of Sports Medicine*, 39(1), i70–

i77. <https://doi.org/10.1136/bjism.2005.019646>

- Torres, D. M., Galetta, K. M., Phillips, H. W., Dziemianowicz, E. M., Wilson, J. A., Dorman, E. S., Laudano, E., Galetta, S. L., & Balcer, L. J. (2013). Sports-related concussion: Anonymous survey of a collegiate cohort. *Neurology. Clinical Practice*, 3(4), 279–
- Tysvaer A. T. (1992). Head and neck injuries in soccer. Impact of minor trauma. *Sports Medicine*, 14(3), 200–213. <https://doi.org/10.2165/00007256-199214030-00006>
- Tysvaer, A. T., & Løchen, E. A. (1991). Soccer injuries to the brain. A neuropsychologic study of former soccer players. *American Journal of Sports Medicine*, 19(1), 56–60. <https://doi.org/10.1177/036354659101900109>
- Tysvaer, A. T., & Storli, O. V. (1989). Soccer injuries to the brain. A neurologic and electroencephalographic study of active football players. *American Journal of Sports Medicine*, 17(4), 573–578. <https://doi.org/10.1177/036354658901700421>
- Viano, D. C., Hamberger, A., Bolouri, H., & Säljö, A. (2012). Evaluation of three animal models for concussion and serious brain injury. *Annals of Biomedical Engineering*, 40(1), 213–226. <https://doi.org/10.1007/s10439-011-0386-2>
- Vygotsky, L. S. (1979). *Pensamento e Linguagem*. Edições Antídoto.
- Vygotsky, L. S. (2008). *A formação social da mente: O desenvolvimento dos processos psicológicos superiores* (7. ed.). São Paulo, SP: Martins Fontes.
- Wechsler, D. (1939). *The measurement of adult intelligence*. Williams & Wilkins Co. <https://doi.org/10.1037/10020-000>
- Witol, A. D., & Webbe, F. M. (2003). Soccer heading frequency predicts neuropsychological deficits. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 18(4), 397–417.
- Yengo-Kahn, A. M., Hale, A. T., Zalneraitis, B. H., Zuckerman, S. L., Sills, A. K., & Solomon, G. S. (2016). The Sport Concussion Assessment Tool: a systematic review. *Neurosurgical Focus*, 40(4), E6. <https://doi.org/10.3171/2016.1.FOCUS15611>