

UNIVERZITA KARLOVA

Fakulta tělesné výchovy a sportu

**Vliv neurotréninku na postkomoční syndrom u hráče fotbalu
– kazuistika**

Vedoucí bakalářské práce:

Mgr. Markéta Křivánková

Vypracovala:

Bc. Monika Crkalová

Praha 2024

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem závěrečnou bakalářskou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze dne:

.....

.....

podpis diplomanta

Evidenční list

Souhlasím se zapůjčením své bakalářské práce ke studijním účelům.

Uživatel svým podpisem stvrzuje, že tuto bakalářskou práci použil ke studiu a prohlašuje, že ji uvede mezi použitými prameny.

Jméno a Příjmení

Fakulta/katedra

Datum vypůjčení

Podpis

Poděkování

Chtěla bych poděkovat své vedoucí práce Mgr. Markétě Krivánkové, za odborné vedení, ochotu a rady při zpracování této práce. Dále bych chtěla poděkovat Dominikovi Kodrasovi a Radovanovi Knapovi za ochotu a cenné rady při testování.

Abstrakt

Název: Vliv neurotréninku na postkomoční syndrom u hráče fotbalu – kazuistika

Cíle: Cílem této práce je analyzovat účinnost neurotréninku pro zmírnění symptomů postkomočního syndromu pomocí kazuistiky u dospělého fotbalisty po otřesu mozku.

Metody: V kazuistice byla použita technika test, re-test. K posouzení změn účinnosti metody byl využit standardizovaný dotazník SCAT5, testování neurovizuálního systému pomocí optotypu, prizmatického flipperu 6/12, Neurotrackeru, RightEye a přístroje Senaptec Sensory Station. Měření stability proběhlo pomocí aplikace Physics Toolbox Sensor Suite a pro kognitivní funkce Stroop effect. Dále proběhla neurodiagnostika, na základě které byly probandovi vybrány cviky neurotréninku, které prováděl po dobu dvou měsíců (testován byl vizuální systém a mechanorecepce).

Výsledky: proband se zlepšil v ostrosti vidění o 20 %, ve vergenční flexibilitě o 44 %, neurokognitivních funkcích o 44 %, reakčním čase o 29 %, v hloubce ostrosti binokulárně o 12 %, vizualizaci o 6 % a zrychlil se na neurotrackeru o hodnotu 0,3. Mírně se zhoršil v akomodaci levého oka a binokulárně o 5 %, hloubce ostrosti na pravé oko o 1 %, na levé oko o 4 % a přechodu ostření z dálky na blízko o 16 %. Zlepšení bylo patrné při měření stability ve stoji spojném se zavřenými očima a stabilitě na pravé i levé noze s otevřenými očima. Zlepšil se i ve stroopově testu celkem o 30 bodu po sečtení všech tří pokusů a jeho symptomy postkomočního syndromu, jako je bolest hlavy, bolest krční páteře, problémy se soustředěním a usínáním, se také zlepšily.

Klíčová slova: Neuro-atletický trénink, otřes mozku, mozek, neurovizuální trénink, propiocepce, vestibulární systém

Abstract

Title: Effect of neurotraining on post-concussion syndrome in a football player – a case report

Aims: The aim of this study is to analyse the effectiveness of neurotraining for alleviating the symptoms of post-concussion syndrome using a case study of an adult football player after concussion.

Methods: The case-control study used the test, re-test technique. The standardized SCAT5 questionnaire, neuroimaging system testing using optotype, prismatic flipper 6/12, Neurotracker, RightEye and Senaptec Sensory Station were used to assess changes in the effectiveness of the method. Stability measurements were performed using the Physics Toolbox Sensor Suite and, for cognitive function, the Stroop effect. Next, a neurodiagnostic was performed, based on which the proband was selected to perform neurotraining exercises for two months (visual system and mechanoreception were tested).

Results: The proband improved in visual acuity by 20 %, vergence flexibility by 44 %, neurocognitive function by 44 %, reaction time by 29 %, depth of field binocularly by 12 %, visualization by 6 % and improved on the neurotracker by 0.3. There was a slight deterioration in left eye accommodation and binocularity by 5 %, depth of field in the right eye by 1 %, in the left eye by 4 %, and in the transition of focus from long distance to short distance by 16 %. Improvement was evident in measures of stability in standing with eyes closed and stability on both the right and the left leg with eyes open. The proband also improved in the Stroop test by a total of 30 points when all three trials were added together and his symptoms of post-ictal syndrome such as headache, cervical spine pain, difficulty concentrating and falling asleep also improved.

Keywords: Neuro-athletic training, concussion, brain, neuro-visual training, proprioception, vestibular system

Obsah

1	Úvod	10
2	Teoretická východiska práce	11
2.1	Nervový systém.....	11
2.2	Smyslové orgány	13
2.2.1	Zrakové ústrojí.....	13
2.2.2	Kožní soustava	18
2.3	Mozek	18
2.3.1	Mozeček	19
2.3.2	Čelní lalok	20
2.3.3	Mozkový kmen	20
2.3.4	Temenní lalok	20
2.3.5	Neuroplasticita	21
2.4	Otřes mozku.....	22
2.5	Postkomoční syndrom (PCS)	24
2.5.1	Chronická traumatická encefalopatie (CTE).....	25
2.6	Neurotrénink.....	27
2.6.1	Testování cviků	29
2.6.2	Testovací cviky.....	30
2.6.3	Neurotrénink a postkomoční syndrom	34
3	Cíle a úkoly práce	36
3.1	Cíle	36
3.2	Úkoly práce	36
3.3	Výzkumné otázky	36
4	Metodika práce	37
4.1	Popis výzkumného souboru	37
4.2	Použité metody.....	38

4.3	Sběr a analýza dat	42
5	Výsledky	43
6	Diskuse	55
7	Závěry	57
8	Použitá literatura	58
	Seznam obrázků	63
	Seznam tabulek	64
	Seznam příloh	65

Seznam použitých zkratk

CNS – centrální nervová soustava

CTE – chronická traumatická encefalopatie

NS – nervový systém

PCS – postkomoční syndrom

PNS – periferní nervová soustava

1 Úvod

Otřesy mozku jsou častými komplikacemi sportovních aktivit, které mohou mít značný vliv na zdraví a výkonnost sportovců. Postkomoční syndrom je definovaný jako soubor symptomů trvajících po otřesu mozku a je jedním ze závažných následků tohoto poranění. Tento syndrom může zahrnovat bolesti hlavy, závratě, poruchy spánku, poruchy paměti, potíže s koncentrací a další neurologické příznaky, které mohou zásadně ovlivnit každodenní život a sportovní výkonnost jedince. Je důležité zdůraznit, že postkomoční syndrom není pouze fyzickým jevem, ale může mít také významný dopad na psychické zdraví sportovce, včetně emočních stavů, jako je deprese a úzkost.

Tato diplomová práce se zaměřuje na zkoumání vlivu neurotréninku na postkomoční syndrom u sportovce prostřednictvím případové studie. Neurotrénink, metoda zaměřená na stimulaci a posílení neuroplasticity mozku, nabízí inovativní přístup k léčbě a rekonvalescenci po otřesu mozku.

Cílem této diplomové práce je zjistit efektivitu neurotréninku při léčbě postkomočního syndromu u hráče fotbalu. Pro dosažení tohoto cíle bude provedena případová studie, která bude zahrnovat sledování symptomů před a po zavedení neurotréninku. Pro hodnocení účinnosti neurotréninku budou v rámci studie použity různé metody a nástroje jako je testování vizuálního systému, stroop test, monitorování stability pomocí Physic Toolbox Sensor Suite a vyplnění standardizovaného dotazníku SCAT5. Tyto metody poskytnou komplexní a objektivní hodnocení stavu sportovce před a po absolvování neurotréninku.

Věřím, že výsledná práce bude přispívat k lepšímu povědomí o důležitosti rekonvalescence po otřesu mozku a ukáže potenciální vliv neurotréninku na postkomoční syndrom. Pochopení tohoto tématu může vést k efektivnější léčbě a lepší péči o sportovce postižené otřesem mozku. Mohla by se tím tak zvýšit jejich šance na úplné zotavení.

2 Teoretická východiska práce

2.1 Nervový systém

V nervovém systému rozlišujeme centrální nervový systém (dále jen CNS) a periferní nervový systém (dále jen PNS). CNS tvoří mozek a mícha. PNS je tvořen nervovými vlákny a neurony v periferních gangliích, pletencích a nervech (Druga, Grim, 2011).

Dle Hudáka a Kalicha (2021), je funkce CNS hierarchická a vychází z vývoje nervového systému. U lidského organismu CNS rozlišujeme zjednodušeně na čtyři úrovně:

1. Mícha – Pomocí 31 párů míšních nervů umožňuje komunikaci CNS a PNS.
2. Mozkový kmen – Umožňuje složitější reflexy a řídí životně důležité funkce viz kapitola 2.3.3.
3. Podkorové struktury – Mají na starosti významné řídicí funkce jako například řízení autonomního nervového systému.
4. Mozková kůra – Je oblast vědomí, vnímání, myšlení, plánování a řízení volního pohybu.

Vývojově mladší úrovně jsou nadřazené vývojově starším úrovním a každá z těchto úrovní má senzitivní i motorickou část. Senzitivní a motorické části společně komunikují a umožňují reflexní reakce. Všechny úrovně jsou zároveň propojeny drahami, které spojují sousední úrovně (Hudák, Kalich, 2021).

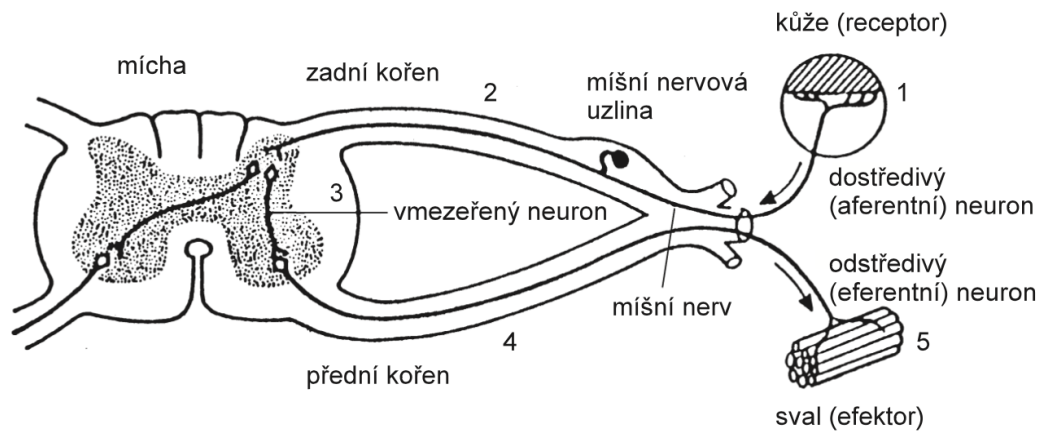
Základní stavební a funkční jednotkou nervové soustavy je neuron. Neuron se skládá z buněčného těla a funkčně diferenciovaných výběžků. Z buněčného těla vybíhá několik afertních (dostředivých) výběžků (dendritů) a efertní (odstředivý) výběžek, který se nazývá axon (Druga, Grim, 2011).

Nervový systém zabezpečuje výměnu informací mezi vnitřním a vnějším prostředím. Jeho funkcí je přijímání, analýza, integrace a reakce na informace získaných z vnějšího a vnitřního prostředí organismu (Druga, Grim, 2011).

Funkční jednotkou nervové soustavy je reflex. Je to odpověď organismu na podráždění receptorů, při kterém energie podnětu působí na živou tkáň, která reaguje změnou podráždění. Dále je reflex určen uspořádáním spojů mezi receptory, nervy CNS a efektor. Tento děj nazýváme reflexní oblouk (obrázek 1). Reflexní oblouk se skládá z pěti částí:

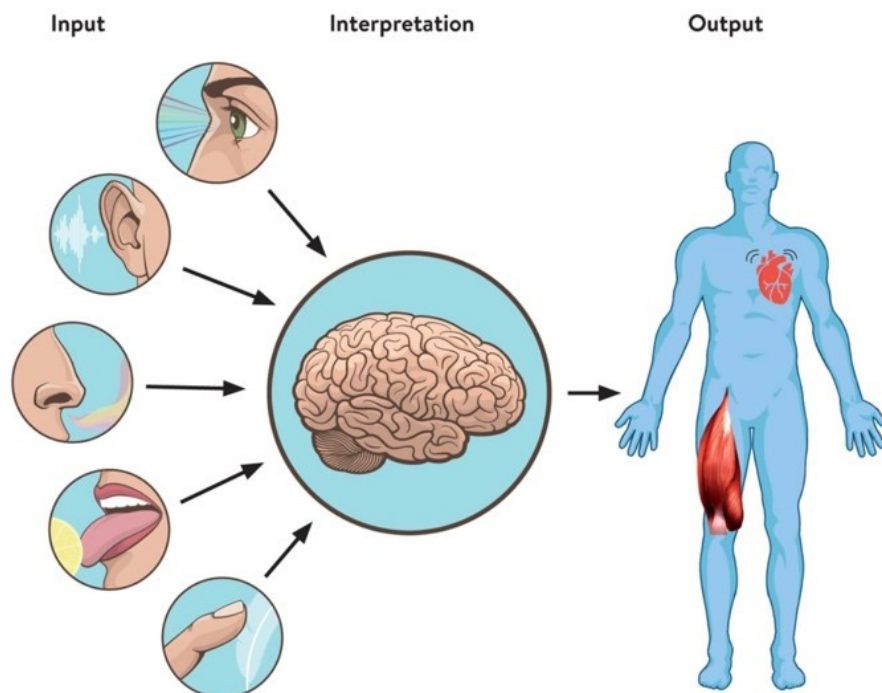
receptor → afertní dráha → centrum v míše → efertní dráha → efektor

V **receptoru** se působením podnětu změni podráždění, které vyvolá vzruch šířící se aferentní (vstupní) dráhou do centrálního nervstva v míše. V centrálním nervstvu se vzruch z jednoho neuronu převede na eferentní (výstupní) dráhu a poté se vzruch šíří k výkonnému orgánu – efektoru (Trojan, 2005).



Obrázek 1 Reflexní oblouk (Trojan, 2005)

Dle Lienharda 2023, lze jednodušeji vysvětlit zpracování reflexu ve třech krocích (obrázek 2):



Obrázek 2 Funkce nervového systému (Lienhard, 2023)

Vstup (Input) při kterém skrze smyslové orgány (čich, hmat, sluch, chuť, zrak), nervový systém přijme informaci z vnějšího prostředí. V druhém kroku je informace zpracována, analyzována a vyhodnocena. Tento jev se nazývá **integrace (Interoception)**. Posledním krokem nazývaným **výstup (output)** je vyhodnocená informace použita k reakci těla na daný podnět.

2.2 Smyslové orgány

Smysl je schopnost člověka přijímat podněty z vnějšího prostředí pomocí čichu, zraku, chuti, sluchu nebo hmatu a z vnitřního prostředí pomocí interoceptorů, díky kterým tělo vnímá například napětí ve svalech nebo bolest kloubů. Na hranici obou je vnímání rovnováhy. Vnímání těla je založeno na interoceptorech a využití setrvačných sil ve vnitřním uchu (Hudák, Kalich, 2021).

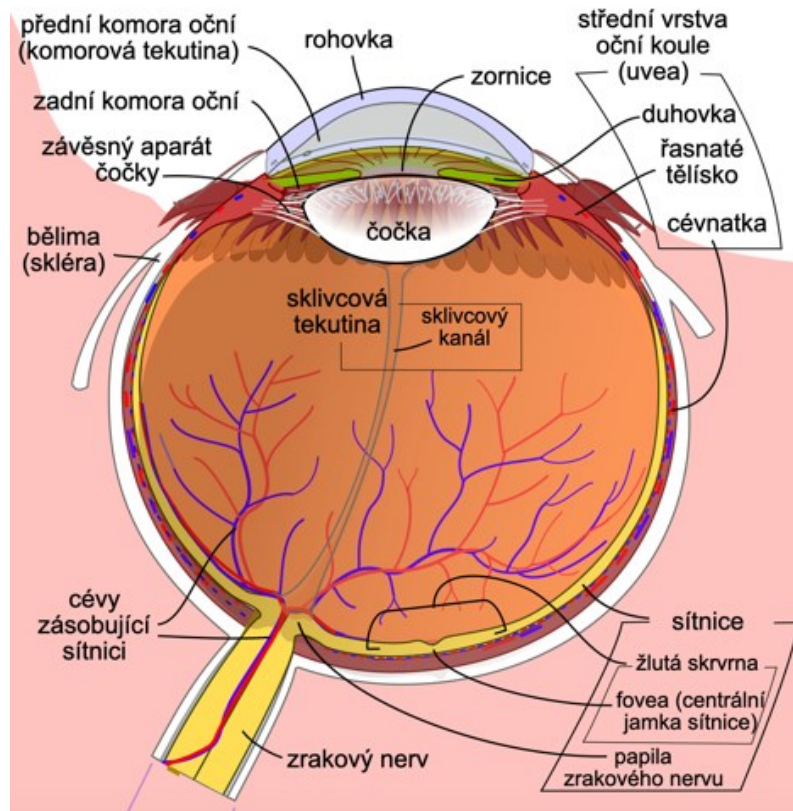
Základním prvkem vnímání je počitek. Díky počitkům, které plynou z různých čidel máme možnost předmět vidět, nahmatat například z jakého je materiálu nebo vnímat jeho barvu. Komplex počitků se nazývá vjem, který v člověku zanechává emocionální stopu. Do organismu člověka neustále přicházejí informace, které jsou zpracovány jednoduchými čidly – receptorovými buňkami a smyslovými buňkami. Stimulací receptorů vzniká receptorový potenciál, což je poměrně pomalý děj, který je závislý na intenzitě podnětu a šíří se postupně k místu, kde vzniká akční potenciál (Mourek, 2012).

Receptory (smysly) se mohou adaptovat. Adaptace je fyziologický děj, při kterém receptory smyslových orgánů při déletrvajícím působení podnětu snižují amplitudu receptorového potenciálu, a to pomalou nebo rychlou adaptací. Dalším typem adaptace je adaptace centrální, která se odehrává na úrovni mozkových center daných senzoričkových drah (Mourek, 2012).

2.2.1 Zrakové ústrojí

Zrakem je člověk schopen rozlišovat nejen tmu a světlo ale také pohyb, směr, rychlost a díky němu jsme i schopní se orientovat v prostoru. Schopnost vidět zajišťuje oční koule uložená v očníci, která je složena ze dvou do sebe vložených polokoulí – menší přední rohovky a větší zadní bělimy. Uvnitř obsahuje oční koule čočku, přední a zadní komoru vyplněnou komorovým mokem a sklivcovou komoru vyplněnou sklivcem (obrázek 3).

Ke zrakovému ústrojí patří i víčka, obočí, slzné ústrojí, spojivka, okohybné svaly a vazy. Zrakovými receptory jsou tyčinky a čípky, ke kterým se světelné paprsky dostávají přes lomivý aparát oka, jež je tvořen rohovkou a čočkou. Čočka je pružné těleso, které může podle potřeby měnit svůj tvar a tím i lomivost. Tento děj se nazývá akomodace (Hudák, Kalich, 2021, Mourek, 2012).



Obrázek 3 Popis oka (NZIP, 2024)

Akomodace umožňuje oku měnit lomivost optického prostředí a tím zaostřovat na bližší a vzdálenější předměty. Vztahuje se k procesu, při kterém oko mění svou optickou mohutnost, aby udrželo jasný obraz objektu při různých vzdálenostech. Při akomodaci je velmi důležitá souhra očí. Obě oči by se měly stejně rychle přizpůsobovat a pokud tomu tak není, akomodace nefunguje ideálně. Tím je negativně ovlivněno vnímání prostoru, odhad vzdálenosti nebo rychlost reakce (Knap a kol., 2023).

Dle Knapa a kol., (2023), dělíme vizuální systém na:

1. Dynamický vizuální systém – Ovlivňuje oblasti mozku a nervové soustavy, které se podílí na zpracování informací o rychlých pohybech předmětů. Součástí dynamického systému je například vizuální kůra, která zpracovává informace

o pohybu, vzdálenosti a rychlosti sledovaných předmětů. Dalším příkladem je okulomotorický systém, jenž řídí pohyby očí.

2. Statický vizuální systém – Zahrnuje oblasti mozku a nervové soustavy, které se podílí na zpracování informací o předmětech a prostoru, které jsou v klidu nebo se pohybují pomalu. Tento systém se podílí na schopnosti soustředit se na jeden bod a potlačit rušivé elementy v okolí. Statický vizuální systém využívá člověk například při čtení, kreslení ale i při sportovních aktivitách jako je lukostřelba, gymnastika nebo golf.

Oči vedou tělo. Sportovec, který má pohybové schopnosti na vysoké úrovni, ale není schopen využít své oči k jejich plným schopnostem, nenaplní svůj maximální potenciál. Dobře vytrénovaný zrak odlišuje dobrého sportovce od výjimečného a zlepšuje průměrného sportovce do elitního. Špičkoví sportovci mají vynikající vizuální schopnosti. Někteří se s těmito dovednostmi narodí a jiní na jejich zlepšení musí tvrdě pracovat (Knapp a kol., 2023).

Schopnost vidět a následně vytvořit vhodnou pohybovou reakci je základem optimálního sportovního výkonu. Sportovci čelí intenzivním visuo-motorickým nárokům, které vyžadují rozhodování na úrovni milisekund, aby se pohled proměnil v akci. Spoustu klíčových dovedností v zápasech, je přímo spojeno s vizuálním procesem, jako například předvídání, které je jejich důležitou součástí. Tato schopnost "číst hru" je zásadní ve sportu, kde rychlost hry znamená, že rozhodnutí je obvykle třeba učinit s předstihem před soupeřem. Mezi klíčové faktory předvídání ve sportu patří vizuální schopnosti a percepční a kognitivní dovednosti (Rodrigues, 2024).

Zrak je při pohybové aktivitě přímo závislý na současné koordinaci s dalšími smysly, a to primárně s vestibulárním aparátem a propioceptory. Pokud tedy neurovizuální aparát vyhodnocuje s chybovostí, mají tyto chyby dopad i na výsledný pohybový projev člověka (Knap a kol., 2023).

Dysfunkce vizuálního systému

Lidé trpí různými očními vadami, které ovlivňují jejich vidění a kvalitu života. Tyto vady mohou být dědičné, získané nebo vrozené a projevují se rozdílnými způsoby. Korekční brýle a kontaktní čočky jsou nejčastějšími pomůckami, které dokážou omezit nebo úplně odstranit zrakové potíže a umožnit vidět jasně a ostře (Knap a kol., 2023).

Základní dysfunkce vizuálního systému:

- Myopie (Krátkozrakost) – Lidé trpící krátkozrakostí vidí blízko položené předměty ostře, zatímco vzdálenější naopak rozmazaně (NZIP, 2024). Je to refrakční vada, při které paprsky světla dopadají před sítnici. Důsledek myopie může být předsazená hlava a její vliv na bolesti krční páteře, zad, hlavy, nebo křeč žvýkacích a mimických svalů. Dochází také ke zbytečné potřebě energie, kterou musí mozek vynaložit na kompenzaci chybného vidění (Knap a kol., 2023).
- Hypermetropie (dalekozrakost) – Lidé, kteří trpí dalekozrakostí špatně vidí na blízko, zatímco s viděním do dálky problém nemají (NZIP, 2024). Světlo dopadá za sítnici a oko je s velkou námahou schopno částečně tuto vadu kompenzovat. I slabá dalekozrakost způsobuje to, že při velké fyzické námaze snižuje stabilitu ostrosti až o 50 %, což má za následek nepozornost, pomalejší reakci a velkou fyzickou i psychickou únavu (Knap a kol., 2023).
- Astigmatismus – Je způsoben asymetrií rohovky. U zdravého oka má rohovka pravidelný kulatý tvar, zatímco u astigmatismu není rohovka ve všech rovinách zakřivena stejně (NZIP, 2024). Následkem toho je, že paprsky dopadající na sítnici netvoří jeden bod, ale dělí se na více paprsků, které způsobují rozmazané vidění. Tuto vadu vizuální systém kompenzuje nakloněním hlavy a tím má vliv na bolest krční páteře, bolesti zad, nepozornost nebo omezení zorného pole v periférii (Knap a kol., 2023).

Složky funkčního vidění

Složky funkčního vidění jsou základními aspekty vizuálního vnímání, které jsou nezbytné pro dosažení úspěchu téměř ve všech sportovních disciplínách (Knap a kol., 2023).

Tyto složky zahrnují:

- Optickou fixaci – Která udržuje stabilní pohled v jednom bodě, jako například „udržet oko“ na soupeři nebo v gymnastice pohled do jednoho místa pro udržení stabilní pozice těla (Knap a kol. 2023).
- Binokulární vidění – Je vidění oběma očima zároveň. Každé oko vidí předmět, na který se díváme, jinak a v mozku následně dojde ke spojení obrazů a vytvoření naší reality. Binokulární vidění má zásadní vliv na

vnímání hloubky ostrosti, odhad vzdálenosti, rychlosti, výšky, načasování pohybu a reakce. (Knap a kol., 2023). Vysoce vyvinuté binokulární vidění zlepšuje výkon motorických dovedností (Zwierko a kol., 2015).

- Zrakovou ostrost – Určuje, jak ostré je vidění člověka na dálku. Obvykle se testuje čtením Snellenovy oční tabulky (Porter, 2020). Kvalitní ostrost může být zásadní při posuzování vzdálenosti, rychlosti a směru míče ve hře, což může vést k rychlejší a přesnější reakci sportovce (Knap a kol., 2023).
- Centrální vidění – Které označuje schopnosti zaměřit se na určitý bod v centru zorného pole a současně rozpoznávat detaily v okolí. To sportovci umožňuje rychle reagovat na různé situace a okamžitě přijímat informace z okolí, což je pro ně velmi důležité (Knap a kol., 2023).
- Periferní vidění – Které se nachází mimo centrální zorné pole, tedy v oblasti okraje oka. Sportovci, kteří mají silně vyvinuté periferní vidění, mají schopnost vidět věci, které jsou mimo jejich zorné pole, což jim umožňuje lépe vidět své spoluhráče, protihráče a další objekty ve hře. Díky tomu se například v kolektivních sportech lépe orientují v prostoru a rychle reagují na pohyb okolo nich (Knap a kol., 2023).

Vliv otřesu mozku na zrakové ústrojí

Zrakové vady jsou po otřesu mozku u dětí a dospívajících časté. Ačkoli se většina pacientů se zrakovými příznaky po otřesu mozku do 4 týdnů sama zotaví, u části dětí a dospívajících, u nichž nedojde ke spontánnímu zotavení, může být nezbytné vyšetření specialisty se zkušenostmi s komplexní léčbou otřesu mozku, jako například neurolog nebo oftalmolog. Včasná identifikace a vhodná léčba zrakových příznaků, jako je nedostatečná konvergence nebo nedostatečná akomodace, může zmírnit negativní účinky otřesu mozku na děti a dospívající a na kvalitu jejich života (Master, 2022).

U 25 až 33 % dětí a dospívajících se po otřesu mozku zjistí abnormální nálezy při sakádách, což jsou pohyby očí s plynulým sledováním. Sakády jsou neuronálně komplexní a představují konjugované, stabilní a symetrické pohyby očí při sledování cíle, které vyžadují pozornost, anticipaci a pracovní paměť. Ve studiích se vyskytlo zhoršení příznaků při hladkém pohybu očí u 33 % až 66 % dětí a dospívajících s otřesem mozku (Master, Mucha 2018, 2014). Přesný mechanismus, jakým k těmto poruchám dochází, není znám, ale pravděpodobně se jedná o složitou interakci mezi vestibulo-

okulomotorickými drahami mozkového kmene a kortikálními neurokognitivními drahami, které řídí jak pozornost, tak okulomotorický systém (Master, 2022).

2.2.2 Kožní soustava

Kůže chrání lidský organismus před zevním prostředím, má na starosti termoregulaci, vylučování, vstřebávání, imunitu, metabolismus, vyjadřuje emoce a psychický stav člověka. Tvoří ji pokožka, škára, a zevnitř k ní přiléhá podkoží. Ke kožní soustavě patří také nehty, chlupy a žlázy (Hudák, Kalich, 2021).

Termorecepce umožňuje pomocí receptorů identifikovat teplotu prostředí či předmětů. Mechanorecepce identifikuje vnímání dotyku, tlaku, vibrace či lechtání. V každém případě jde o mechanickou energii, která v různém rozsahu deformuje kůži. Počet mechanoreceptorů je na těle odlišný. Vysoký počet se jich vyskytuje na dlaních, rtech, víčkách, a naopak relativně nízký počet je na zádech a hýždích. Nocicepce je vnímání bolesti pomocí nociceptorů.

Bolest

Přestože je bolest vnímána negativně, dává člověku najevo informaci o tom, že s organismem není něco v pořádku. Podle místa vzniku dělíme bolest na somatickou (bolest svalů, svědění, bolest kloubů), útrobní (nadýmání střeva, působení toxických látek v žaludku) a centrální (při poškození talamu nebo tzv. fantomovou bolest, kdy člověk cítí amputovanou končetinu). V organismu jsou i mechanismy, které tlumí bolest, například endorfiny vzniklé v mozku, které mají prokazatelně analgetizující účinky. V úrovni šedé míšní hmoty může dojít ke snížení počtu bolestivých stimulů a tím se snižuje recepční pole nociceptorů. Přímo v mozku jsou také struktury, jejichž stimulací můžeme snížit vnímání bolesti. Patří mezi ně prefrontální kůra, hypotalamus a mozkový kmen (Mourek, 2012).

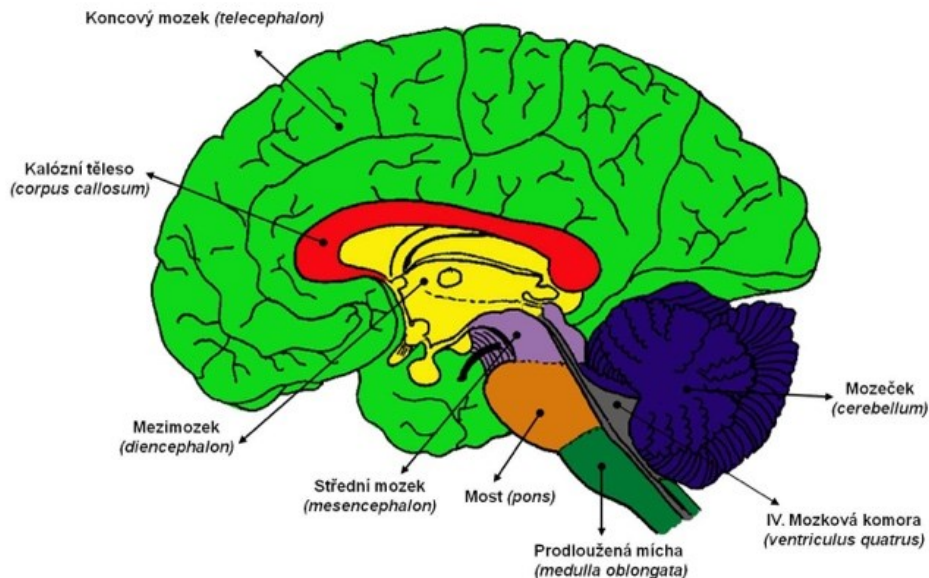
2.3 Mozek

Mozek je řídicí a organizační centrum nervové soustavy (obrázek 4). Je uložen v lebce, která společně s mozkovými blánami a mozkomíšním mokem chrání mozek před poškozením. Mozek se dělí na několik částí, které plní odlišné funkce, ale spolupracují mezi sebou a tím tvoří hlavní orgán (Iungovav, 2012).

Mozek se dělí dle Iungovava (2012), na:

1. Zadní mozek – Obsahuje prodlouženou míchu, Varolův most a mozeček.

2. Střední mozek – Střední mozek společně s prodlouženou míchou a mostem vytvářejí mozkový kmen.
3. Přední mozek – Obsahuje mezimozek a koncový mozek, který se dělí na mozkové hemisféry a mozkovou kůru. Mozková kůra se dále dělí na pět laloků a to čelní, temenní, týlní, spánkový a ostrovní lalok.



Obrázek 4 Základní rozdělení mozku (Iungavov, 2012)

2.3.1 Mozeček

Mozeček se nachází v zadní jámě lebeční dorzálně od prodloužené míchy a Varolova mostu (Čihák, 2004).

Dle Myslivečka (2022), lze mozeček rozdělit na:

Vestibulární mozeček – Jehož funkcí je udržovat vzpřímenou pozici těla a kontroluje pozici a rovnováhu člověka.

Spinální mozeček – Je nezbytný pro regulaci svalového napětí a reguluje podráždění proprioceptivních reflexů.

Korový mozeček – Má na starosti koordinaci pohybu. Mozečková hemisféra působí na kontralaterální stranu mozkové hemisféry, která však působí přes pyramidovou dráhu na pohyby těla kontralaterálně. Znamená to tedy, že mozečková hemisféra koordinuje pohyby na ipsilaterální straně těla.

Z čistě morfologického hlediska lze mozeček rozdělit na dvě hemisféry a vermis.

2.3.2 Čelní lalok

Čelní lalok má šest částí, které mají na starosti různé funkce. Primární motorická korová oblast zajišťuje přesné pohyby těla, primárně obličejových svalů v oblasti tváří, prstů a předloktí. Premotorická kůra je oblast nacházející se před primární motorickou oblastí a má na starosti kontrolu složitějších volných pohybů jako například skoky přes překážky nebo uchopování předmětů. Další částí je Brocovo centrum řeči, které se nachází v dolní části dominantní mozkové hemisféry člověka. Pokud je Brocovo centrum uloženo v levé hemisféře, má na starosti tvorbu řeči a pokud je uloženo v pravé hemisféře, kontroluje emoční zabarvení mluveného slova. Čelní zrková oblast kontroluje chtěné rychlé pohyby očí při sledování pohyblivého cíle. Primární čichová oblast je zodpovědná za uvědomování si zápachu a vůně. Poslední částí je prefrontální kůra, která se podílí na poznávacích kognitivních funkcích jako je myšlení, vědomé zapamatování, vnímání, rozpomínání si na informace, abstraktní myšlení, sebeuvědomění a sebekontrola. (Iungovav, 2012).

2.3.3 Mozkový kmen

Mozkový kmen se nachází mezi míchou a mezimozkem. Skládá se z prodloužené míchy, Varolova mostu a středního mozku. Je to místo, kde jsou primárně lokalizována jádra hlavových nervů (Mysliveček, 2022). Neuronů mozkového kmene se podle svojí funkce spojují do mnoha jader. Mozkový kmen je také propleten sítí rozptýlených a vzájemně propojených nervových buněk. Dohromady tvoří ascendentní a descendentní systém retikulární formace (Merkunová, Orel, 2008).

Mozkový kmen se podílí na řízení postojové motoriky (Mysliveček, 2022). Retikulární formace má významnou úlohu v řízení stavu bdělosti a ve schopnosti zaměřit pozornost na jednotlivé podněty. Dostává také obrovské množství vstupních informací ze všech smyslových orgánů. Právě v jádrech retikulární formace jsou umístěna centra životně důležitých reflexů jako je polykání, kašel nebo kýchání a centra základních životních funkcí jako je dechové, srdeční, cévní a trávicí centrum (Merkunová, Orel, 2008).

2.3.4 Temenní lalok

Oblast temenního laloku dělíme na dvě části, a to senzitivní korovou oblast a somatosenzitivní asociační oblast. Somatosenzitivní asociační oblast je zodpovědná za vnímání tělesných vjemů jako je propriocepce, chuť a kožní vnímání (dotyk, teplo, chlad,

bolest). Somatosenzitivní asociační oblast se podílí na rozpoznávání předmětů podle tvaru na základě předchozí zkušenosti člověka (Iungovav, 2012).

Narušením neuronů nebo drah, do kterých jsou zapojeny, se může projevit změnou citlivosti příslušných oblastí těla, a to snížením až vymizením nebo zvýšením až bolestivým vnímáním senzitivních podnětů. Korové zastoupení není stejně rozsáhlé v jednotlivých částech těla. Oblasti těla s vyšší citlivostí, jako jsou například rty, jazyk, konečky prstů na ruce, mají mnohem více senzitivních korových neuronů než stejně velké části těla s nižší citlivostí (Merkunová, Orel, 2008).

2.3.5 Neuroplasticita

Neuroplasticita je označení pro změny v mozku, díky kterým se může zlepšit jeho fungování. Mozek s každou odlišnou aktivitou, kterou vykonává, proměňuje svou strukturu a zdokonaluje své okruhy tak, aby lépe odpovídaly daným úkolům. Pokud se stane, že některé části mozku selžou, jiné části dokonce dokážou jejich úlohu převzít (Doige, 2018).

Do roku 1960 vědci věřili, že změny v mozku mohou probíhat pouze během raného dětství. Věřilo se, že v dospělosti je fyzická struktura mozku převážně stálá. Výzkumy však prokázaly, že mozek si nadále vytváří nové nervové dráhy a mění ty existující, aby se přizpůsobil novým zkušenostem, naučil se nové informace a vytvářel si nové paměťové stopy (Cherry, 2022).

Dle Cherryho (2022), dělíme neuroplasticitu na dva typy:

- Strukturální neuroplasticitu – Což je schopnost mozku měnit svoji strukturu v důsledku učení.
- Funkční plasticitu – schopnost mozku převzít funkce z poškozených oblastí na jiné nepoškozené oblasti.

Mozková plasticita je nepřerušující se proces, odehrává v průběhu celého života, avšak čím mladší lidské tělo je, tím citlivěji mozek reaguje na zážitky a zkušenosti. Neuroplasticita není vždy žádoucí. Pokud je mozek ovlivněn návykovými látkami, nedostatkem spánku, vysokým stresem, mohou mít tyto faktory škodlivý dopad na mozek a chování člověka. Proto není neuroplasticita vždy pozitivní změna ale bohužel i negativní (Cherry, 2022, Halusková, 2023).

Neuroplasticita se dá zlepšit několika způsoby. Prvním z nich je zlepšení kvality spánku. Během spánku se totiž posilují dendritická spojení, která pomáhají přenášet informace mezi neurony. Dalším způsobem je zkoušení a učení se nových věcí jako například, hry, cvičení pro trénink paměti nebo studium cizích jazyků. Neuroplasticita se dá také podpořit pocitem uvědomění a bytím v přítomném okamžiku, kdy intenzivně vnímáme zvuky a vjemy okolo sebe a nepřemýšlíme při tom nad minulostí ani budoucností. Důležitou roli hraje i pohyb. Cvičení pomáhá zabránit ztrátě neuronů v oblasti hippocampu, který je zodpovědný za paměť a předpokládá se, že fyzická aktivita hraje zásadní roli ve vzniku neuronů v této části mozku (Halusková, 2023).

Pozitivním ovlivněním mozku a zlepšením neuroplasticity je člověk schopen rychleji a efektivněji pracovat, pamatuje si lépe důležité informace, dává si rychleji informace do souvislostí a učí se snadněji nové věci. V neposlední řadě se nebude se stoupajícím věkem potýkat s úpadkem kognitivních funkcí (Halusková, 2023).

2.4 Otřes mozku

Otřes mozku je způsoben silným úderem nebo nárazem do hlavy. Je to reverzibilní porucha CNS, tedy porucha schopná zpětného procesu, kterou lze napravit (Mysliveček, 2022).

Otřes mozku je častým sportovním zraněním. V USA je ročně hlášeno přibližně 1,6-3,8 milionu otřesů mozku souvisejících se sportem (Abrahams, et. al., 2014). Ve studii „Concussions in soccer: a current understanding“ Abrahamse, et.al., 2014 byly identifikovány rizikové faktory otřesů mozku. Bylo zjištěno vysoké riziko otřesu mozku při zápase u sportovců, kteří v minulosti utrpěli více než jeden otřes mozku. Nižší riziko otřesu mozku při zápase bylo zjištěno u sportovců, kteří otřes mozku neutrpěli. Nejnižší riziko otřesu mozku bylo mimo zápas, při tréninku.

Až 22 % všech fotbalových zranění tvoří otřesy mozku. Zranění hlavy při fotbale je obvykle důsledkem buď přímého kontaktu s jiným hráčem nebo kontaktu s míčem při „hlavičkování“ míče. Byl prokázán vztah mezi počtem hlavičkových úrazů během jedné sezóny a stupněm kognitivních poruch hráčů (Levy, et.al., 2012).

Některé typy otřesu mozku mohou způsobit dočasné problémy s normální funkcí mozku, včetně problémů s tím, jak osoba přemýšlí, rozumí, pohybuje se, komunikuje a jedná.

Závažnější otřesy mozku mohou vést k těžké a trvalé invaliditě, dokonce i smrti (NIH, 2024).

Dle Myslivečka (2022), dělíme úrazy hlavy na:

- Translační úraz – Při kterém dojde k úrazu hlavy při nárazu na jiný předmět. Následkem bývají nejčastěji fraktury.
- Akcelerační úraz – Při kterém dojde k úrazu bez nárazu do hlavy. Následkem je nejčastěji krvácení do CNS.

Úrazy lebky dělíme dle Myslivečka (2022), na:

- Lineární – Nastává porušením tkáně mozkových struktur o kostěnou strukturu následkem setrvačného pohybu. Dochází tím k zhmoždění tkáně.
- Rotační – Nastává poraněním hlubokých struktur mozku, porušení cévních struktur a následné krvácení.

Poranění mozku po stránce biomechaniky dělíme dle Juráně, Smrčka (2001), na:

- Primární – Které jsou způsobeny nárazem předmětu na hlavu vysokou rychlostí. Tento mechanismus označujeme jako kontaktní. Malé předměty mohou při nárazu způsobit impresivní fraktury nebo otevřená poranění. Velké předměty způsobí spíše lineární fraktury. Kromě fraktur vznikají u kontaktního mechanismu také kontuze, obvykle v místě nárazu, ale i na straně opačné.
- Sekundární – neboli ischemické postižení mozku nastává po primárním poranění a bývá často umocněna přítomností systémové hypoxie a hypotenze. Mnohdy k hypotenzi dochází sekundárně na základě šokového stavu.

Přestože po otřesu mozku není patrné poškození mozku na zobrazovacích metodách, (CT vyšetření, magnetická rezonance) dochází při něm k poranění axonů, které se označují jako difúzní axonální poranění. Při difúzním axonálním poranění dochází k poškození axonů, které jsou klíčové pro propojení nervových buněk, a proto je jejich poškození velmi závažné (Štefánek, 2011).

Axonální poranění, je traumatické postižení axonů v důsledku rozdílné reakce šedé a bílé mozkové hmoty. Axony jsou v tomto stádiu nataženy a někdy i poškozeny. U těžkých typů axonálního poranění může dojít i k přetržení cév v mozkovém kmeni. Přerušování

axonů nastává v momentě nárazu, v následujících 6 hodinách dochází ke stažení plazmatické membrány axonu a mezi 12 až 24 hodinou po nárazu dochází ke zduření axonů a ke vzniku Cajalových retrakčních puchýřků. (Smrčka, 2001, Mysliveček, 2022).

Prevenčí otřesu mozku je ochrana proti nárazu. To může být například nošením helmy nebo používáním bezpečnostních pásů v dopravních prostředcích. Je dokázáno, že díky používání bezpečnostních pásů v automobilech klesl počet závažných mozkových poranění o 45-55 %. Studie také prokázaly, že nošení přileb u motocyklistů a bicyklistů snížilo riziko poranění mozku o 85 % (Smrčka, 2001).

2.5 Postkomoční syndrom (PCS)

Dle Štefánka a Chudomela (2011, 2018) je postkomoční syndrom (dále jen PCS) soubor příznaků, které se mohou projevit po otřesu mozku a je diagnostikován tehdy, když příznaky přetrvávají déle než očekávanou dobu, která však není přesně definována. Dle Cobba, (2021), se jedná o postkomoční syndrom, pokud příznaky trvají déle než 3 měsíce po otřesu mozku, dle Chudomela, (2018), je to delší než očekávaná doba odeznění příznaků a dle Plase, (2011), tento stav může přetrvávat několik dní až měsíce. Proto není možné jasně definovat přesnou délku tohoto období.

PCS se projevuje bolestmi hlavy, závratěmi, nadměrnou citlivostí na světlo a hluk, neklidem, poruchami spánku, depresemi, poruchami koncentrace, dočasnými poruchami paměti a mnohými dalšími příznaky. Tyto příznaky trvají týdny až měsíce podle poškození a závažnosti otřesu mozku. Léčba PCS není známá. Při potížích jsou dle projevů podávány léky proti bolesti, doporučený dostatečný příjem nealkoholických tekutin, klid, vyhýbání se hluku a prudkému osvětlení (Štefánek, 2011).

Prevenčí proti PCS je klidový režim po otřesu mozku, protože důsledky komoce se mohou projevit v pozdějším období (Smrčka, 2001). Sportovci, u kterých se objeví PCS, by měli vynechat zápasy a tréninky, než příznaky odezní. Ti, kteří se vrátí ke hře s příznaky a utrpí další zranění, jsou vystaveni riziku zesílených neurologických následků. Aby se minimalizovala doba, po kterou je sportovec vyřazen z tréninků a zápasů, je zásadním opatřením včasné odhalení a vyřazení ze hry a zajištění toho, aby se sportovec nevrátil do hry dříve, než je to lékařsky indikováno. Je důležité, aby sportovci, kteří utrpí otřes mozku, byli okamžitě vyřazení ze hry a necítili tlak ze strany trenérského týmu, aby se vrátili do hry dříve, než se plně zotaví. Komunikace se členy týmu o bezpečnosti před sezónou a slovní zdůrazňování důležitosti bezpečnosti při otřesu

mozku v průběhu sezóny jsou důležitými způsoby, jak povzbudit sportovce, aby se cítili pohodlně při hlášení příznaků otřesu mozku zdravotnickému personálu (Coppel, 2024).

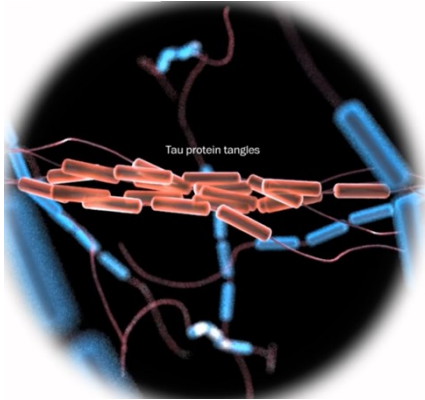
Prvním člověkem, který dostal postkomoční syndrom do širšího povědomí ve sportu byl americký patolog Bennet Omalu. V roce 2005 informoval ve spolupráci s lékaři z University Pittsburgh Medical Center o rozsáhlém poškození mozku u bývalého hráče NFL, Mike Webstera, a tím se podnítily obavy z chronické traumatické encefalopatie (dále jen CTE) česky také nazývané jako „boxerská demence“. Během působení se Omalu setkal s řadou neshod, byl ignorován, a dokonce i napaden lékaři spřízněnými s NFL, protože neexistovaly žádné studie a přímé důkazy. Po 15 letech se Bennet Omalu stáhl z výzkumné komunity CTE a začal šířit osvětu o tom, co vědci vědí o CTE a kontaktních sportech. Bojoval proti NFL i proti vědecké lékařské komunitě, která byla podle něj příliš zkorumpovaná na to, aby uznala důkazy o tom, že kontaktní sport ničí životy. Inspiroval však lavinu vědeckých výzkumů po celém světě, které donutily fotbalovou ligu uznat spojitost mezi americkým fotbalem a CTE. Vědci objevili důkazy, které ukazují, že mladiství, kteří se účastní fotbalu, hokeje, zápasů a smíšených bojových umění, častěji opouštějí školu, stávají se závislími na drogách, bojují s duševními chorobami, páchají násilné trestné činy a sebevraždy (Hobson, 2020).

2.5.1 Chronická traumatická encefalopatie (CTE)

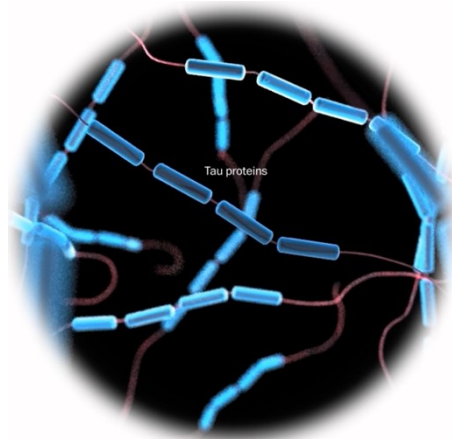
Pojem CTE se objevil v roce 1947 a později byl tento termín prodloužen na chronickou „progresivní“ traumatickou encefalopatii, aby odrážel pozorování, že řada klinických obtíží, jako je zpomalení řeči, celkové zpomalení a poruchy paměti, se mohou u některých sportovců časem zhoršovat (Růžička, 2021).

CTE se vyznačuje shlukováním Tau proteinu, které se běžně vyskytují v mozku a CNS a mají na starosti stabilitu buněk neuronů (obrázek 5, 6). K hromadění Tau proteinu může docházet s přibývajícím věkem a malé množství shlukování jsou podle některých odborníků neškodná a jsou součástí procesu stárnutí. Ve větším množství je však abnormální výskyt Tau známkou poškození mozku nebo onemocnění, jako je Alzheimerova choroba, a také CTE. Shluky Tau se však vyskytují u spousty dalších onemocnění a s věkem se hromadí i ve zdravém mozku, aniž by to mělo zjevný vliv na jeho funkci nebo chování. Vědci však mohou rozlišit mozky se shluky tau na základě množství, vzoru a umístění. V roce 2014 se do řešení otázky, jak diagnostikovat CTE, vložil Národní institut zdraví, který financoval studii pod dohledem neuropatoložky Ann

McKeeové a dalších sedmi neuropatologů z celého světa. Došli k závěru, že jedinečným znakem CTE jsou shluky tau kolem krevních cév hluboko v záhybech mozkové kůry, nejbližší oblasti mozku (Hobson, 2020).



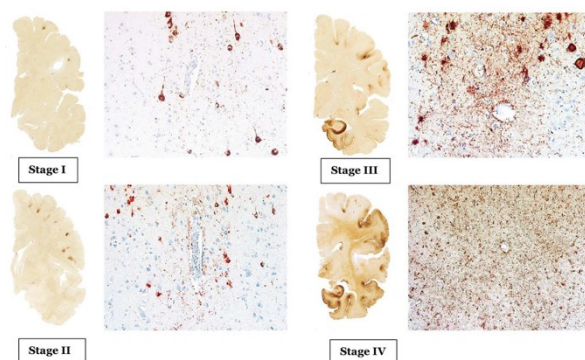
Obrázek 6 Shluky Tau proteinů (Hobson, 2020)



Obrázek 5 Tau proteiny (Hobson, 2020)

CTE byla zjištěna u zemřelých boxerů, hráčů hokeje, fotbalu, amerického fotbalu, a dokonce i u vojáků po zranění výbuchem a obětí opakovaného domácího násilí (McKee et al., 2015, McKee et al., 2013). V první rozsáhlejší neuropatologické studii zahrnující 202 bývalých amatérských i profesionálních hráčů amerického fotbalu, kteří darovali před svojí smrtí mozek na výzkum, byla v různém stupni diagnostikována přítomnost známek CTE v 87 % případů, přičemž profesionální hráči měli výraznější neuropatologické změny než amatéři (Mez, 2017).

Na základě vzorce patologické progresy se CTE dělí do čtyř příslušných stadií (obrázek 7). Ve stadiu I se mozek na první pohled jeví normálně, ale shluky proteinu tau se často nachází hluboko v krevních cévách v laterálním a frontálním kortexu. Ve stadiu II mohou být zaznamenány lokalizované makroskopické abnormality a vyskytují se četná ložiska proteinu tau. Ve stadiu III vykazuje většina hrubých patologických řezů makroskopické abnormality. Dochází ke globálnímu úbytku hmotnosti mozku, mírné atrofii čelních a spánkových laloků a dilataci komor. Ve stadiu IV je snížení hmotnosti mozku dramatické. Byla zaznamenána hmotnost mozku i 1 000 g (ve srovnání s 1 300 až 1 400 g u normálního mozku). Dochází k hluboké atrofii čelního a spánkového laloku i předních talamů. Dochází také k atrofii bílé hmoty mozkové (Fesharaki-Zadeh, 2019).



Obrázek 7 Čtyři stádia poškození (Fesharaki-Zadeh, 2019)

Neexistuje žádná spolehlivá technologie, která by umožnila odhalit CTE u živých lidí. Nemoc lze diagnostikovat až po smrti a pitvě a analýze mozku (Hobson, 2020).

2.6 Neurotrénink

Neurotrénink vznikl z neuroatletického tréninku, jehož zakladatelem je americký chiropraktik Eric Cobb. Ten jako první v roce 2000 začlenil poznatky funkční neurologie do klasického tréninku a vyvinul tak novou tréninkovou metodu, kterou předává nejen svým svěřencům ale i dalším trenérům v jeho tréninkových kurzech s názvem Z-health Performance Education System (Taprogge, 2023). Jedním z prvních žáků Erica Cobba byl Němec Lars Lienhard, který je nyní uznávaným odborníkem neurotréninku v Evropě. Působil jako první externí neuro-atletický trenér na mistrovství světa ve fotbale FIFA 2014 a v roce 2016 jako poradce Olympijského týmu lehké atletiky (neuro-athletic, 2023).

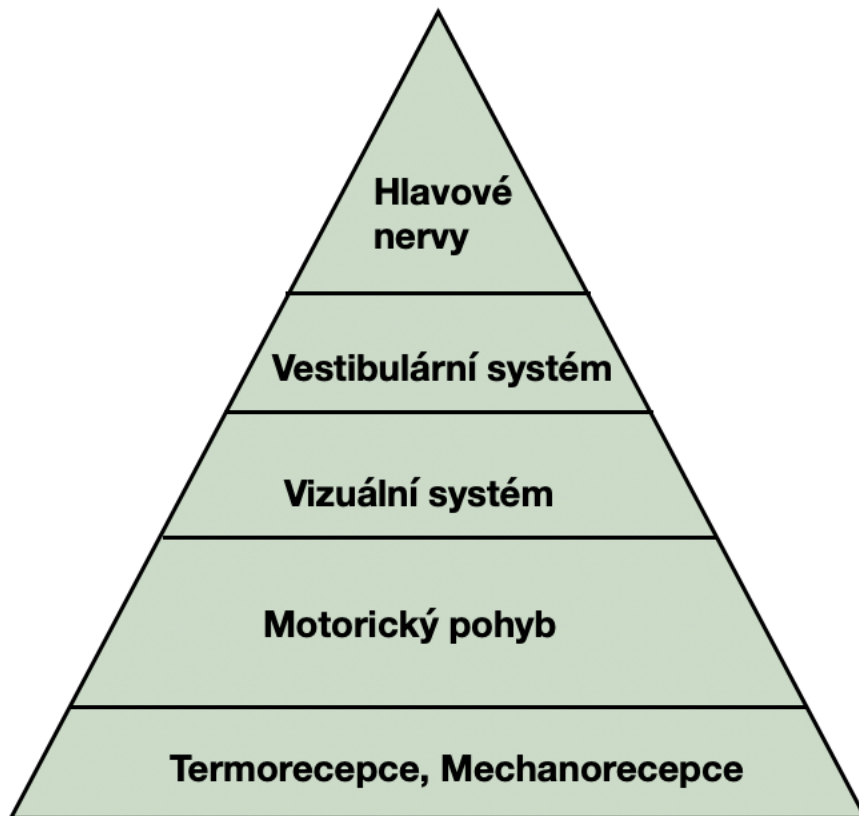
Za předchůdce neurotréninku lze považovat i vestibulární rehabilitaci, jejichž autory jsou Cawthorne a Cooksey. Ti ve 40. letech 20. století vytvořili rehabilitaci pro britské vojáky zraněné ve druhé světové válce (Balaban, 2012). Vestibulární rehabilitace je soubor cviků, založených na neuroplasticitě CNS, které urychlují zotavení vestibulárního systému po určitém poškození. Hlavními cíli rehabilitace je snížení intenzity závratí, zlepšení posturální stability stoje a chůze, zlepšení zrakové ostrosti při pohybech hlavou a návrat pacienta k sociálním a pracovním aktivitám. Pro úspěšnou rehabilitaci je potřeba sestavit individuální rehabilitační plán s ohledem na výsledky vyšetření, symptomy a aktuální problémy pacienta (Čakrt, Jeřábek, 2017).

Neurotrénink je forma cvičení a soubor cviků, které mají vliv na vizuální a kognitivní systém, bolest, rozsah pohybu a sílu člověka. Využívá neuroplasticity lidského mozku a tím posiluje spojení mezi mozkovými buňkami a formuje nová neurální spojení. (Cobb, b.r.). Nervový systém každého člověka je individuální a jedinečný, stejně jako otisky prstů. To znamená, že každý člověk bude reagovat na určitý stimul jinak. Pokud tedy zařazujeme cvik, který je vhodný pro jednoho člověka, nemusí být vhodný pro druhého. Proto je důležité jedince vždy otestovat a zjistit, zda je pro člověka daný cvik vhodný (Lienhard, 2023).

Při zařazení cviků je důležité postupovat od neurologicky jednodušších po náročnější cviky, protože neurologicky jednodušší cviky nevyvolávají vysoký stres na nervový systém. Mozek potřebuje čas, aby se adaptoval na nové podněty, a proto začínání s jednoduššími cviky umožňuje mozku postupně se přizpůsobit novým požadavkům a zvyšovat svou kapacitu. Začínání s jednoduššími cviky může pomoci zabránit přetížení mozku, které vyvolává stres (Cobb, b.r.).

Nejméně náročným stimulem na tělo je vnímání podnětů kůží, tedy mechanorecepce a termorecepce. Mezi stimuly, které v neurotréninku řadíme je například jemný dotek, tlak na pokožku nebo vnímání teplé a studené. Nejméně náročnými cviky na NS jsou je propriorecepce a jednoduché motorické pohyby. Náročnějším stimulem jsou cviky vizuálního systému, vestibulárního systému a nejnáročnější jsou cviky přímo cílené na hlavové nervy (Cobb, b.r.).

Pro jednodušší pochopení je vytvořen obrázek 8, pyramida náročnosti zatížení NS.



Obrázek 8 Pyramina náročnosti zatížení NS (Cobb b.r.)

2.6.1 Testování cviků

Při testování cviků se v první řadě vybere jeden cvik z níže uvedených v kapitole 2.6.2., provede se testovací cvik, následně cvik, který chceme otestovat a ihned po tom opět testovací cvik. Pokud se v testovacím cviku člověk zhorší (např. má horší rozsah pohybu) není pro člověka daný cvik vhodný. Pokud se naopak zlepší, je vhodné cvik zařadit (Lienhard, 2023).

Cviky se dle Lienharda (2023), dělí na základě výsledků hodnocení do tří kategorií:

- Pozitivní – cvik, který má největší pozitivní dopad na nervový systém. Po provedení cviku s pozitivním efektem se tělo značně zlepší v testovacím cviku.
- Neutrální – cviky s neutrální odezvou nemají žádný efekt na testovací cvik. Člověk se tedy ani nezhorší ani nezlepší.
- Negativní – do poslední kategorie zařazujeme cviky, které mají negativní dopad na nervový systém. Tyto cviky bychom měli otestovat později, protože časem se z nich mohou stát pozitivní a tím pádem vhodné pro nervový systém.

Tělo zařazené cviky vyhodnocuje globálně, což znamená, že zařazený cvik neovlivňuje pouze jednu část těla ale celé tělo. Pokud má cvik negativní vliv na nervový systém, zvyšuje se stresová odpověď těla a člověk má například horší stabilitu nebo menší rozsah pohybu. Pokud má člověk větší rozsah pohybu nebo lepší stabilitu po provedeném cviku, jeho tělo „není ve stresu“, protože mu to jeho nervový systém umožní a necítí se „být v nebezpečí“ (Cobb, b.r).

2.6.2 Testovací cviky

Při výběru cviku musíme dbát na to, aby daný cvik nevyvolával stres a byl pocitově testované osobě příjemný. Pokud má člověk například problém se stabilitou, není vhodné zařadit hluboký předklon jako testovací cvik, ale bude vhodnější použít například jednoduchý cvik na stabilitu (Lienhard, 2023).

Po provedení každého pokusu testovacího cviku si zapíšeme, jak je velký rozsah pohybu nebo vyfotíme fotku rozsahu. Není důležitá jen viditelnost rozsahu, ale také pocit testovaného člověka, zda cítí menší či větší napětí ve svalech při provedení cviku nebo lepší stabilitu (Lienhard, 2023).

Dle Verpillot et al. a Lienharda (2021, 2023), testujeme cviky pomocí následujících vybraných cvičení:

Mobilita

- Hluboký předklon – Ve stoji rozkročném na širší boků provedeme hluboký předklon v co největším rozsahu s propnutými koleny (obrázek 9).



Obrázek 9 Hluboký předklon (Lienhard, 2023)

- Rotace trupu – Ve stoji rozkročném na širší boků propneme ruce, zvedneme je před sebe do výšky ramen bez pokrčených loktů a dáme dlaně k sobě. Provedeme rotaci trupu doprava a doleva dvakrát až třikrát, přičemž se nám nesmí odlepit chodidla od země (obrázek 10).



Obrázek 10 Rotace trupu (Lienhard, 2023)

- Mobilita ramene – Ve stoje pokrčíme loket do 90 stupňů a provedeme opakovaně interní a externí rotaci ramenního kloubu nejprve pravou a poté i levou rukou (obrázek 11).



Obrázek 11 Mobilita ramene (Lienhard, 2023)

Bolest

- Hodnocení úrovně bolesti – Pokud člověk trpí pohybovou bolestí, můžeme ji použít jako hodnocení při testování. Pohyb, při kterém člověk pociťuje bolest provádíme kontrolovaně a uvolněně.
- K určení úrovně bolesti můžeme použít stupnici od 0 do 10 přičemž číslo 0 znamená žádnou bolest a číslo 10 bolest nejvyšší (obrázek 12).



Obrázek 12 Stupnice bolesti (Verpillot et al, 2021)

Svalová kontrakce

- Izometrická kontrakce – Příkladem může být tlak rukou proti zdi, při kterém se snažíme vyvíjet tlak maximální intenzitou (obrázek 13). Při testu stopujeme čas tlaku proti zdi, který si zapíšeme, abychom měli porovnání s re-testem.



Obrázek 13 Izometrická kontrakce (Lienhard, 2023)

Stabilita

- Úzký postoj – Stoupneme si s kotníky těsně k sobě, zavřeme oči a 15-20 sekund držíme balanc (obrázek 14). Po testu zapíšeme poznámku zda člověk stál klidně nebo ztrácel balanc tak, že odlepil část chodidla od země, hýbal rameny či mával rukama okolo sebe.



Obrázek 14 Úzký postoj (Lienhard, 2023)

- Tandemový postoj – Cvik probíhá stejně jako úzký postoj, ale v tandemovém postoji má testovaná osoba jednu nohu před druhou, a ne vedle sebe (obrázek 15). Pata pravé nohy se dotýká prstů na levé noze, na 15-20 s zavře oči a pozorujeme stabilitu.



Obrázek 15 Tandemový postoj (Lienhard, 2023)

2.6.3 Neurotrénink a postkomoční syndrom

Při používání cviků neurotréninku u osob s postkomočním syndromem musíme zařazovat cviky postupně od nejjednodušších po náročnější, jak je popsáno v kapitole 2.6, abychom příznaky nezhoršili a nevytvářeli tak větší stres na tělo člověka s postkokomočním syndromem. Mohly by se tím zhoršit příznaky, které testovaná osoba má (Cobb, b.r).

Cobb, b.r. také uvádí, že pacientům s příznaky PCS, trvajících déle než 1 rok od úrazu hlavy, zlepšují stavy spojené s PCS oční cvičení. Pacientům, kteří mají příznaky PCS kratší dobu, než je 1 rok by naopak mohla oční cvičení stav zhoršovat.

Ve studii s názvem „Head-Eye Vestibular Motion Therapy Affects the Mental and Physical Health of Severe Chronic Postconcussion Patients“ se zjistilo, že vestibulární terapie (například sledování jednoho bodu při pohybech hlavy zprava doleva nebo nahoru a dolů (obrázek 16) v délce trvání 5 dnů je spojena se statisticky a věcně významným snížením závažnosti symptomů spojených s chronickými stavy PCS. Studie se účastnili pouze pacienti s PCS, kteří prodělali otřes mozku při sportovní aktivitě a byli v pracovní nebo školní neschopnosti po dobu delší než 6 měsíců. Všichni tito probandi byli zařazeni do pětidenního rehabilitačního programu. Výsledky byly spojeny s pozitivními změnami v oblasti duševního a fyzického zdraví (Carrick, 2017).



Obrázek 16 Vestibulární cvičení (Darmouth Health, 2024)

Studie s názvem „Multi-Modal Neurorehabilitation for Persisting Post-Concussion Symptoms“ ukázala významné zlepšení závažnosti symptomů PCS díky neurologickým cvikům. Studie se účastnilo 62 osob, kteří měli postkomoční syndrom a v průměru 2,2 roku od posledního otřesu mozku. Intervence zahrnovaly neuromuskulární reedukační cvičení (obsahovala kognitivní uvědomování si motorických funkcí, například pomocí rytmických pohybových cvičení synchronizovaných s metronomem), cvičení na stabilizaci pohledu (například horizontální a vertikální sakády), cvičení pro zlepšení

binokulárního vidění, kognitivní trénink (Stroop test, cvičení využívající zapamatování sekvencí písmen nebo čísel), neinvazivní neuromodulaci (pomocí elektrické nervové stimulace), test stability a terapeutická cvičení. Každý pacient byl léčen individuálně s využitím kombinace výše uvedených možností léčby (např. neuromodulační terapie) (Ross, et.al., 2023).

3 Cíle a úkoly práce

3.1 Cíle

Cílem této práce je analyzovat účinnost neurotréninku pro zmírnění symptomů postkomočního syndromu pomocí kazuistiky u dospělého fotbalisty po otřesu mozku.

3.2 Úkoly práce

Pro splnění cílů této práce byly stanoveny následující úkoly:

- Analýza domácí i zahraniční literatury, která se zabývá tématem neurotréninku, neurologie, otřesem mozku a postkomočním syndromem.
- Výběr probanda s postkomočním syndromem, který sportuje a je starší osmnácti let.
- Sestavení testové baterie, tedy vytvoření komplexního souboru testů a dotazníků, které budou sloužit k hodnocení stavu probandů s postkomočním syndromem.
- Zadání cviků neurotréninku probandovi na základě prvotního testování.
- Re-testování, zda zadané cviky pomohly od příznaků postkomočního syndromu.

3.3 Výzkumné otázky

Výzkumná otázka 1: Bude mít neurotrénink vliv na zlepšení bolesti hlavy a krční páteře?

Výzkumná otázka 2: Jak neurotrénink ovlivní vizuální systém?

Výzkumná otázka 3: Jak neurotrénink ovlivní symptomy závratí a problémů se stabilitou?

4 Metodika práce

4.1 Popis výzkumného souboru

V této práci byl použit záměrný výběr vzorku. Tento přístup byl zvolen, aby bylo zajištěno splnění několika kritérií. Účastník bude mít postkomoční syndrom po úrazu hlavy, musí být starší 18 let a projeví ochotu pravidelně provádět cviky neurotréninku. Proband byl vybrán na základě doporučení konzultanta práce. To umožnilo snadné kontaktování a spolupráci s probandem.

Původní záměr byl provést testování na větším vzorku probandů. Výzkumu se původně účastnilo 10 probandů, kteří měli být náhodně rozřazeni do experimentální a kontrolní skupiny. Testování všech probandů proběhlo v jeden den ve STACA Elite Institutu v Českých Budějovicích. Celé re-testování však dokončil pouze jeden. Ostatní probandi se nemohli účastnit re-testování z důvodu odjezdu do zámoří nebo jejich časové nedostupnosti.

Výzkumu se účastnil profesionální fotbalista, hráč 1. české fotbalové ligy, kde hraje na pozici útočníka. V letech 2013-2018 se účastnil mládežnické fotbalové reprezentace České republiky v kategoriích U16-U21. Do svých 10 let hrál i hokej a kopanou ale poté upřednostnil fotbal. V době výzkumu mu bylo 26 let.

V minulosti utrpěl čtyři otřesy mozku, z toho jeden nejzávažnější v roce 2017, kdy byl hospitalizován v nemocnici. Zpět do plného tréninkového procesu se po tomto posledním otřesu vrátil o čtyři měsíce později. Měl však stále mírné příznaky otřesu mozku, které před tím neměl (problém se soustředěním, s pamětí, s usínáním, bolest hlavy a krční páteře).

4.2 Použité metody

K vypracování byl využit standardizovaný dotazník **Sport Concussion Assessment Tool-5 (SCAT5)**, který se využívá pro zjištění otřesu mozku u osob starších 13 let (viz příloha 3).

Dále bylo využito testování neurovizuálního systému a kognitivních funkcí optometristy z DynaOptic. Jako první byl vyšetřen statický vizuální systém. Diagnostika probíhala pomocí **optotypu**, který měří ostrost vidění (obrázek 17). Proband čte písmena nejprve oběma očima a poté pouze pravým a následně levým okem. Dalším využitým nástrojem byl **prizmatický flipper 6/12** na změření flexibility očí. Testovaná osoba měla v jedné ruce tabulku se slovy, v druhé ruce flipper (obrázek 18) se kterým otáčí, střídavě kouká přes obě části flipperu a čte slova na papíře. Při tomto testu se sleduje rychlost a plynulost čtení probanda. Pro změření akomodace očí byl využit flipper + – 2,0 dioptrií.



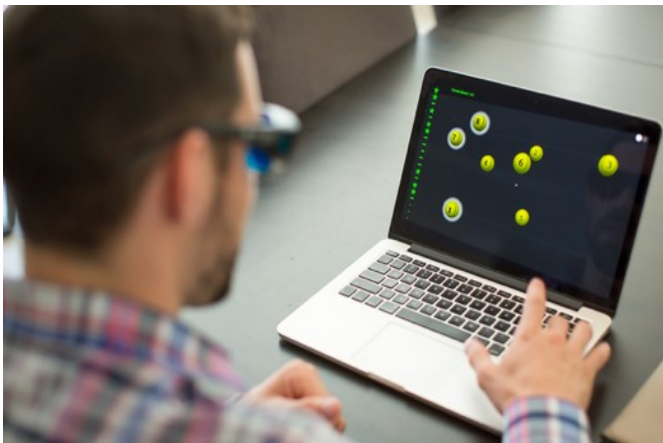
Obrázek 18 Prizmatický flipper (optego, 2024)



Obrázek 17 Optotyp (Gemini 2024)

Dynamická diagnostika probíhala pomocí přístroje **Senaptec Sensory Station** (obrázek 21). Pomocí tohoto přístroje byla změřena zraková ostrost v zátěži, kontrastní citlivost, hloubka ostrosti přechod dálka / blízko, vizualizace, neuro kognitivní funkce a reakční čas. Pro diagnostiku periferního vnímání byla využita aplikace **Nurotracker** (obrázek 19). Proband si nasadil 3D brýle a sledoval žluté objekty. Popis obrázku 20: Na obrazovce se objeví žluté předměty (A). Červeně se označí objekty, které mají být sledovány

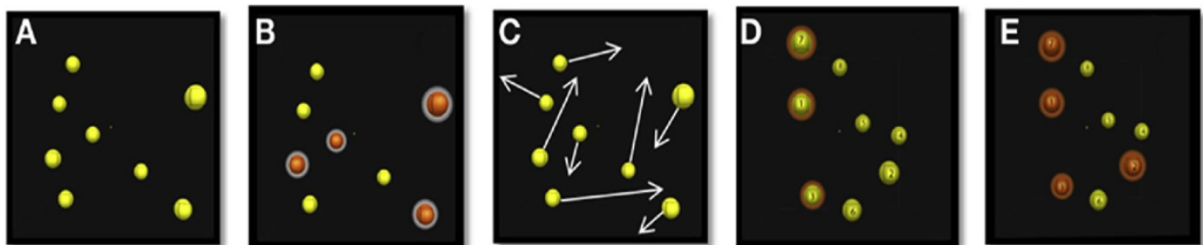
probandem (B). Ty poté zežloutnou a dají se do pohybu společně s neoznačenými míčky (C). Proband po zastavení míčů označí pomocí čísel na klávesnici původní objekty, které byly zobrazeny červeně a měl je sledovat (D). V posledním kroku se probandovi vyobrazí objekty, které měl sledovat (E). Pokud proband označí objekty správně, rychlost jejich pohybu se v dalším kole zvyšuje. Standardní hodnota rychlosti míčků pro běžnou populaci je 1.0, pro profesionální sport by hodnoty měly být alepoň 2.0.



Obrázek 19 Neurotracker (Neurotrackerx, 2024)



Obrázek 21 Senaptec Sensory Station (senapte, 2024)



Obrázek 20 Sledování objektů na NeuroTrackeru (Romeas, Guldner a Faubert, 2016)

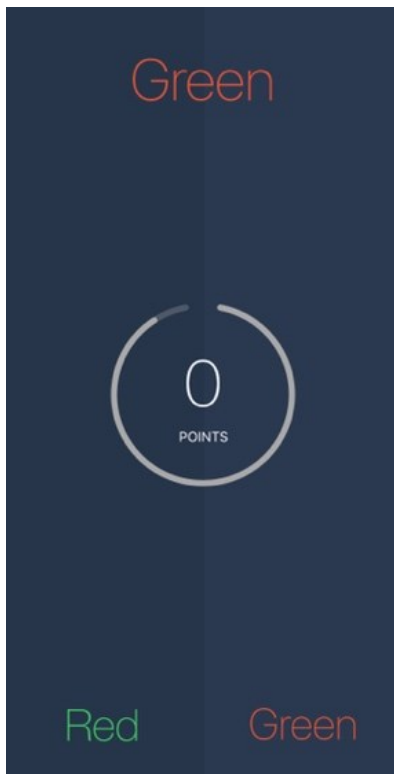
Pro sledování pohybu očí byl využit senzomotorický systém **RightEye**, který zaznamenává, zobrazuje a analyzuje pohyby očí a pomáhá tak poskytovatelům oční péče identifikovat a řešit poruchy sledování zraku u pacienta. Proband sedí před obrazovkou, kde je zabudovaná kamera pro sledování jeho očí. Na obrazovce se zobrazí pohybující se tečka, kterou musí proband sledovat. Pohyb očí je zaznamenán do počítače a následně interpretován (obrázek 22). V diplomové práci byly využity horizontální i vertikální sakády, hladké sledovací pohyby vertikálně, horizontálně i do kruhu a fixace očí v jednom místě.



Obrázek 22 Sledování pohybu očí (Bernell, 2024)

Dále byla měřena stabilita pomocí mobilní aplikace **Physics Toolbox Sensor Suite**, kde byla využita funkce gyroskop pro měření radiální rychlosti. Mobilní telefon se zapnutou aplikací se připnul probandovi pomocí provázku se suchým zipem na křížovou kost. Testovány byly celkem tři postoje a v každém postoji proband setrval 20 s. Prvním testem byla stabilita ve stoji spojném se zavřenýma očima a druhým a třetím testem stoj na levé a pravé noze s otevřenýma očima.

Byl využit i psychologický **Stroopův test** pomocí mobilní aplikace Stroop Test ve variantě pouze dvou barev, a to zelené a červené (obrázek 23). V tomto testu měl proband za úkol označit zbarvení slova v horní části aplikace slovem napsaným v dolní části, s tím, že v dolní části ignoruje zbarvení slova. Za správnou odpověď získal jeden bod a za špatnou odpověď se mu jeden bod odečetl. Proband měl za úkol po dobu jedné minuty nasbírat co nejvíce bodů. Dohromady měl 3 pokusy a zapsány byly všechny.



Obrázek 23 Stroop test (Vlastní zdroj)

Nakonec proběhla **neurodiagnostika**, při které byl proband otestován na cviky z nerurotréninku. Cviky byly zařazeny s cílem vybrat ty, které mu zvětší rozsah pohybu v rotaci trupu a hlubokého předklonu (obrázek 9 a 10). Po domluvě s konzultantem práce byl proband otestován na horizontální sakády binokulárně, horizontální sakády pouze pravým okem (levým zakrytým) a horizontální sakády levým okem (pravým zakrytým). Dále byl otestován na reakci mechanoreceptoru v oblasti krku, a jemné masírování jizvy, kterou má na vnitřním kotníku levé nohy. Proband reagoval negativně (nezvětšil se mu rozsah pohybu v hlubokém předklonu a rotaci trupu) na horizontální sakády pouze pravým okem (levým zakrytým) a horizontální sakády levým okem (pravým zakrytým). Zjistilo se, že dobře reaguje (zvětšil se mu rozsah pohybu v hlubokém předklonu a rotaci trupu) na horizontální sakády binokulárně, jemné masírování jizvy na vnitřním kotníku

levé nohy a hlazení krku v oblasti šíje. Tyto vybrané cviky, které mu zvětšily rozsah pohybu v předklonu a rotaci trupu prováděl 3x-5x denně po dobu dvou měsíců.

4.3 Sběr a analýza dat

Testování proběhlo v červnu 2023 v STACA Elite Institutu v Českých Budějovicích za odborné asistence vedoucí práce Mgr. Markéty Křivánkové, konzultanta Dominika Kodrase a optometristy a majitele DynaOptic Radovana Knapa. Testování probanda trvalo 1,5 hodiny.

Na začátku testování byl proband seznámen s průběhem testování, zúčastnil se dobrovolně a podepsal informovaný souhlas s účastí ve výzkumu (viz příloha 2). Celý výzkum byl schválen etickou komisí FTVS UK s číslem 98/2023 (Viz příloha 1).

V úvodním testování proband vyplnil dotazník SCAT5. Následně mu byl mu vyšetřen zrak metodami uvedenými v kapitole 4.2. Poté prošel Stroopovým testem, kde měl dohromady tři pokusy a na konec mu byla změřena stabilita pomocí aplikace Physic Toolbox Sensor Suite. Na závěr proběhla neurodiagnostika. Na základě výsledků z neurodiagnostiky byly vybrány cviky neurotréninku, které by mu mohly zlepšit příznaky PCS. Před a po zařazení každého cviku proband provedl testovací cvik, a to hluboký předklon i rotaci trupu (obrázek 9 a 10).

5 Výsledky

V této kapitole budou prezentovány výsledky z testování probanda.

SCAT5

V dotazníku SCAT5 byl proband dotazován v pěti krocích. V **prvním kroku** vyplnil otázky ohledně otřesu mozku. Odpovědi byly sepsány v kapitole 4.1 popis výzkumného souboru.

V **druhém kroku** měl zhodnotit příznaky (tabulka 1) podle svého stavu po otřesu mozku na bodové hranici od 0-6 (0=žádné příznaky, 6=závažné). Oranžově jsou vyobrazeny příznaky, které se podle probanda zlepšily a černě ty, které zůstaly stejné.

Příznaky	Před intervencí	Po intervenci	Rozdíl
Bolest hlavy	2	1	1
Pocit tlaku v hlavě	1	1	0
Bolest krční páteře	4	1	3
Nevolnost/zvracení	0	0	0
Závratě	0	0	0
Rozostřené vidění	1	0	1
Problém se stabilitou	1	1	0
Citlivost na světlo	1	1	0
Citlivost na hluk	2	1	1
Pocit zpomalení	2	1	1
Pocit „být v mlze“	1	1	0
„Necítit se dobře“	3	2	1
Problém se soustředěním	5	3	2
Problém s pamětí	4	3	1
Únava	4	3	1
Zmatenost	0	0	0
Ospalost	4	3	1
Výkyvy nálad	0	0	0
Podrážděnost	1	1	0

Smutek	0	0	0
Nervozita a úzkost	1	1	0
Problém s usínáním	6	4	2

Tabulka 1 Hodnocení příznaků

V dalších dvou otázkách byl dotazován, zda se jeho příznaky zhorší při fyzické a psychické aktivitě. Před intervencí i po intervenci označil u obou otázek „Y“ což znamená že ano, avšak při vyplňování dotazníku po intervenci byly příznaky dle slovního vyjádření o něco lepší. Dotazník však v těchto dvou otázkách nemá bodové hodnocení.

V **třetím kroku** odpovídal na otázky ohledně časové orientace (tabulka 2). V úvodním testování nevěděl pouze datum dne ale při re-testování věděl vše. V tabulce 2 jsou vyobrazeny odpovědi 1=správná odpověď, 0=špatná odpověď.

	Test	Re-test
Jaký je měsíc?	1	1
Jaké je dnešní datum?	0	1
Co je za den v týdnu?	1	1
Co je za rok?	1	1
Kolik je hodin?	1	1

Tabulka 2 Časová orientace

Ve třetím kroku byla probandovi otestována i krátkodobá paměť. Byla vybrána jedna sada po pěti slovech s označením „A“ (tabulka 3) a jedna sada po deseti slovech s označením „H“ (tabulka 4). Slova ze sady byla probandovi odříkána a proband je měl následně zopakovat v libovolném pořadí v intervalu maximálně jedné sekundy mezi slovy. V tabulce 3 a 4 je vyobrazeno bodové hodnocení. Za každé správné slovo měl proband jeden bod.

Sada A	Test	Re-test	Rozdíl
Pokus č. 1	5	5	0
Pokus č. 2	5	5	0
Pokus č. 3	5	5	0

Tabulka 3 Krátkodobá paměť 5 slov

Sada H	Test	Re-test	Rozdíl
Pokus č. 1	4	6	2
Pokus č. 2	6	8	2
Pokus č. 3	8	8	0

Tabulka 4 Krátkodobá paměť 10 slov

Ve třetím kroku byla otestována i koncentrace, kdy probandovi byly čteny řady čísel a ten je následně měl zopakovat v opačném pořadí. V testu je 8 řádků čísel, první dva řádky začínají třemi čísly a po dvou řádcích se vždy přidá jedno číslo. Pro testování byl vybrán sloupec „C“. Každá dvojice čísel byla ohodnocena jedním bodem, pokud byla probandem řečena správně. Pokud jednu z dvojice proband řekl špatně, nemá žádný bod (tabulka 5).

Sloupec C	Test	Re-test	Rozdíl
3 čísla	1	1	0
3 čísla			
4 čísla	1	1	0
4 čísla			
5 čísel	0	0	0
5 čísel			
6 čísel	0	0	0
6 čísel			

Tabulka 5 Koncentrace

Posledním testem ve třetím kroku proband musel vyjmenovat všechny měsíce v roce pozpátku. Pokud se jednou spletl a udělal chybu ve vyjmenování, neměl ani jeden bod z této části testování. Proband nechyboval ani jednou, tím pádem získal jeden bod jak v úvodním testování, tak v re-testování.

Ve **čtvrtém kroku** mu byly položeny otázky „neurologického vyšetření“ (tabulka 6), na které odpovídal pouze ano/ne. V dotazníku je v této části i vyšetření stability. To jsme však přeskočili, protože v této práci máme stejné cviky otestované aplikace Physic Toolbox Sensor Suite, kde je vyšetření přesnější.

	Test	Re-test
Dokáže proband číst nahlas a řídit se pokyny?	ano	ano
Má plný rozsah pohybu krční páteře bez bolesti?	ano	ano
Je schopen se bez pohybu hlavy nebo krku dívat do stran a nahoru a dolů bez dvojitého vidění?	ne	ano
Dokáže provést test koordinace dotyků prstů s nosem?	ano	ano
Je schopen provést tandemovou chůzi?	ano	ano

Tabulka 6 Neurologické vyšetření

V posledním **pátém kroku** měl proband za 5 minut vyjmenovat co nejvíce slov, která si pamatuje z testování ve třetím kroku. Za každé slovo dostal jeden bod (tabulka 7). Body se sčítají rozdílně ze sady o pěti slovech a sady o deseti slovech. Dohromady tedy mohl získat 15 bodů.

	Test	Re-test	Rozdíl
sada po pěti slovech	3	4	1
sada po deseti slovech	6	7	1
Dohromady	9	11	2

Tabulka 7 Vyjmenování slov

Podle výsledků dotazníku SCAT5 můžeme vidět zlepšení v symptomech postkomočního syndromu probanda. V testu krátkodobé paměti (vyjmenování pěti slov – tabulka 3) nebyla zaznamenána změna, proband měl plný počet bodů při testování i re-testování. Zlepšil se však v složitějším testu krátkodobé paměti (vyjmenování deseti slov – tabulka 4) celkem o čtyři body. V testu střednědobé paměti (tabulka 7) se zlepšil celkem o 4 body. V testu koncentrace nebyla zaznamenána změna.

Neurovizuální systém

Výchozí údaje jsou anonymní a byly poskytnuty ke zpracování společností DynaOptic. V tabulce jsou vyobrazeny údaje z testování, následného re-testování a rozdíl hodnot mezi testem a re-testem u statického vizuálního systému (tabulka 8) a dynamického vizuálního systému (tabulka 9). Oranžově jsou vyznačeny testy, ve kterých se proband zlepšil, červeně, ve kterých se zhoršil a černě, které zůstaly stejné.

Statický vizuální systém	Test %	Re-test %	Rozdíl
Ostrost vidění pravé oko	100	100	0
Ostrost vidění levé oko	100	100	0
Ostrost vidění binokulární	100	120	20
Vergenční flexibilita	83	127	44
Akomodace pravé oko	45	40	-5
Akomodace levé oko	60	60	0
Akomodace binokulární	80	75	-5

Tabulka 8 Statický vizuální systém

Dynamický vizuální systém	Test %	Re-test %	Rozdíl
Ostrost vidění pravé oko	50	50	0
Ostrost vidění levé oko	50	50	0
Ostrost vidění binokulární	73	73	0
Kontrastní citlivost	95	95	0
Hloubka ostrosti pravé oko	82	81	-1
Hloubka ostrosti levé oko	55	51	-4
Hloubka ostrosti binokulární	60	82	12
Přechod dálka / blízko	67	51	-16
Vizualizace	80	86	6
Neuro kognitivní funkce	53	97	44
Reakční čas	70	99	29
Neurotracker – rychlost	1,2	1,5	0,3

Tabulka 9 Dynamický vizuální systém

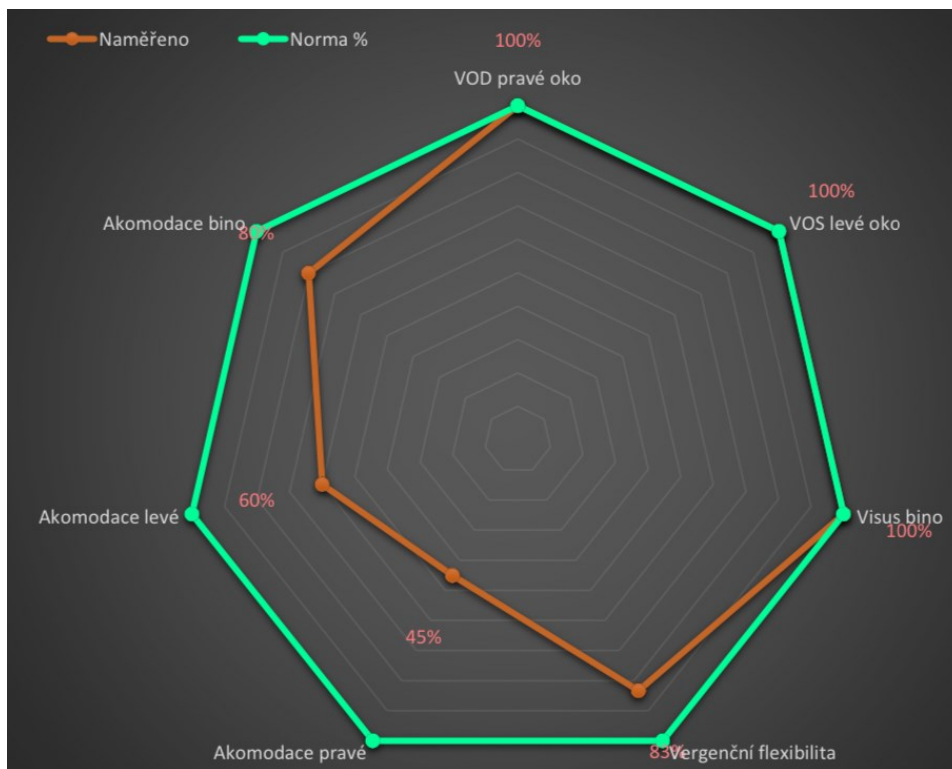
Grafy statické a dynamické diagnostiky v porovnání s normou

V následujících grafech jsou vyobrazeny hodnoty statické diagnostiky probanda (červeně) v porovnání s normou (zeleně) (obrázek 24 a 25) a hodnoty dynamické diagnostiky probanda (modře) v porovnání s normou (zeleně) (obrázek 26 a 27). Je zde porovnání s normou jak v testu, tak i re-testu obou diagnostik. Norma představuje 100 % ve statické i dynamické diagnostice.

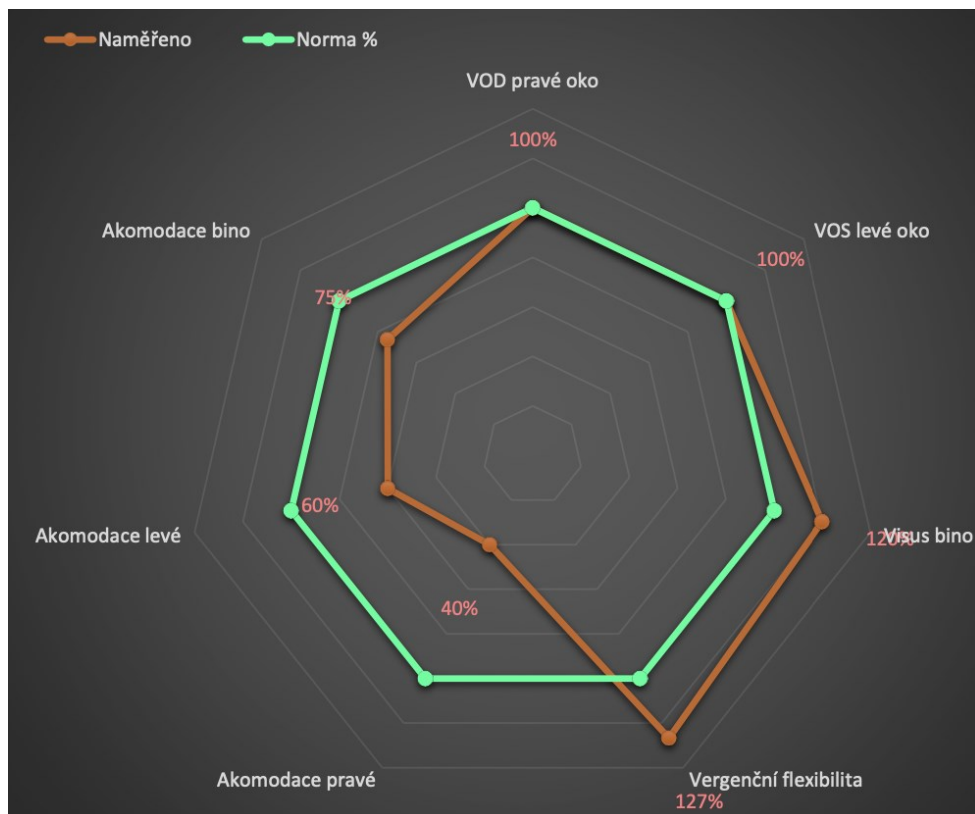
Můžeme vidět, že ve statické diagnostice se zlepšil ve vergenční flexibilitě o 44 % a dostal se tak přes normu o 27 %. Zlepšení je i v binokulárním vidění, kde také překročil hranici normy a to o 20 %.

V dynamické diagnostice se proband významně zlepšil v neurokognitivních funkcích (různě pohybující se předměty) o 44 %, což je téměř dosažená norma. Významně se také zlepšil v reakčním čase a to o 29 % kde mu chybělo k dosažení normy pouze 1 %.

Grafy statické diagnostiky

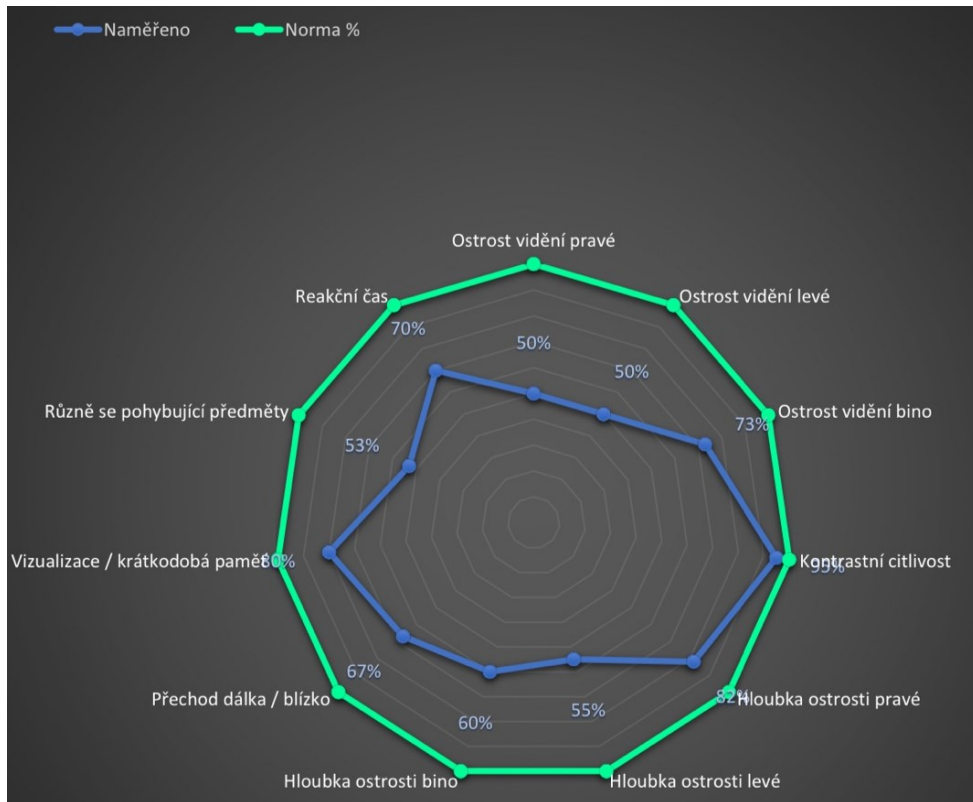


Obrázek 25 Statická diagnostika test (protokol DynaOptic)



Obrázek 24 Statická diagnostika re-test (protokol DynaOptic)

Grafy dynamické diagnostiky



Obrázek 26 Dynamická diagnostika test (DynaOptic)



Obrázek 27 Dynamická diagnostika re-test (protokol DynaOptic)

Stabilita

Výsledky měření stability pomocí aplikace Physic Toolbox Sensor Suite jsou vyobrazeny v tabulkách (tabulka 10, 11, 12) a grafech (obrázek 28, 29, 30). Jsou zde hodnoty X, Y a Z, kde hodnota X představuje pohyby v sagitální rovině, Y představuje pohyby v transverzální rovině a Z představuje pohyby ve frontální rovině. Číselné hodnoty ukazují maximální a minimální hodnoty úhlové rychlosti ($\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$). Proband se zlepšil ve všech třech testech.

	Max test	Max re-test	Min test	Min re-test	Max rozdíl	Min rozdíl
X:	0,81	-1,5	0,6	-0,82	0,21	-0,68
Y:	0,95	-1,02	0,72	-0,71	0,23	-0,31
Z:	0,18	-0,13	0,12	-0,11	0,06	-0,02

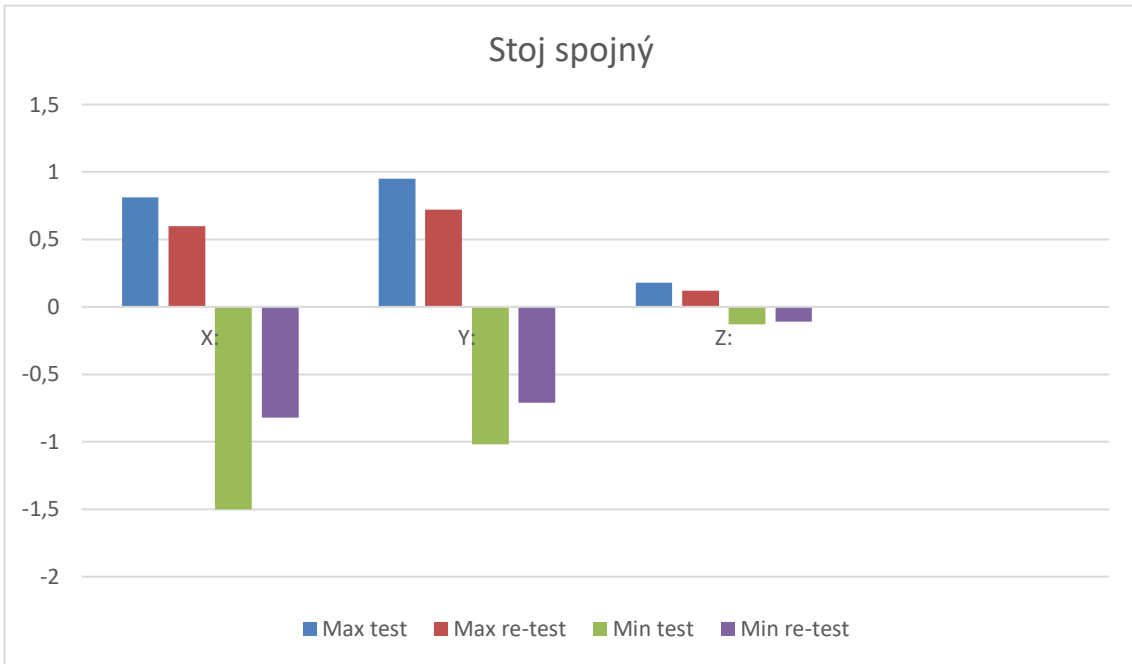
Tabulka 10 Stabilita rozdíl – stoj spojný

	Max test	Max re-test	Min test	Min re-test	Max rozdíl	Min rozdíl
X:	0,67	-0,58	0,44	-0,41	0,23	-0,17
Y:	1,15	-0,58	0,96	-0,38	0,19	-0,2
Z:	0,32	-0,28	0,32	-0,16	0	-0,12

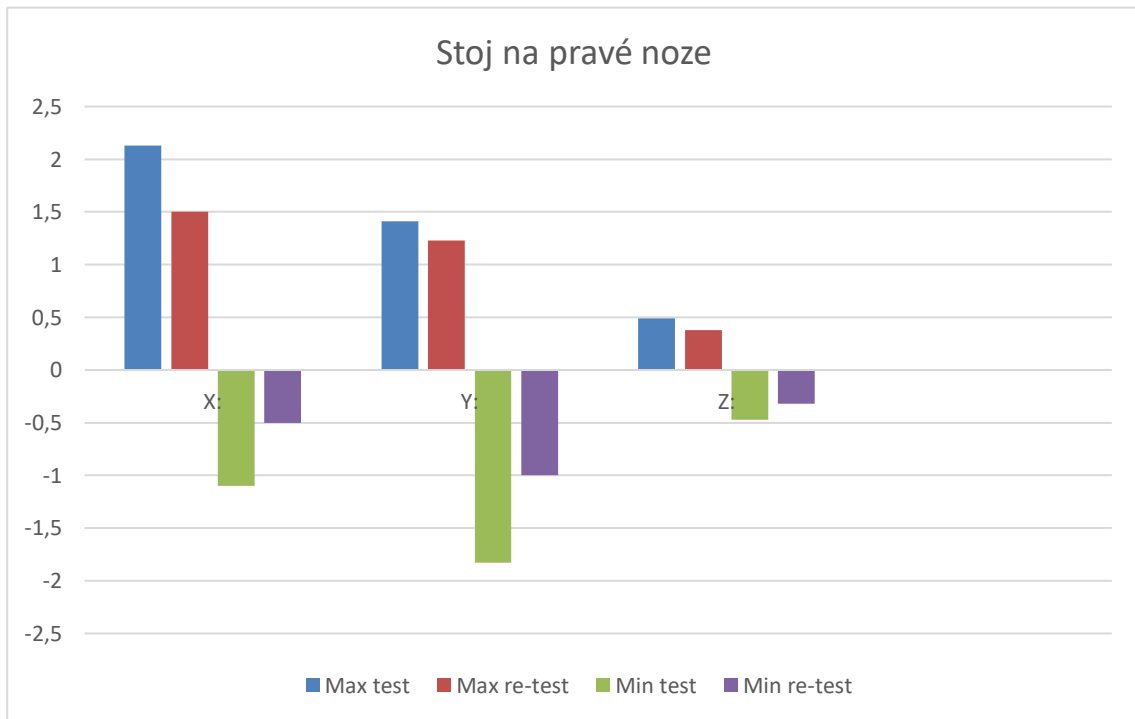
Tabulka 11 Stabilita rozdíl – stoj na levé

	Max test	Max re-test	Min test	Min re-test	Max rozdíl	Min rozdíl
X:	2,13	-1,1	1,5	-0,5	0,63	-0,6
Y:	1,41	-1,83	1,23	-1	0,18	-0,83
Z:	0,49	-0,47	0,38	-0,32	0,11	-0,15

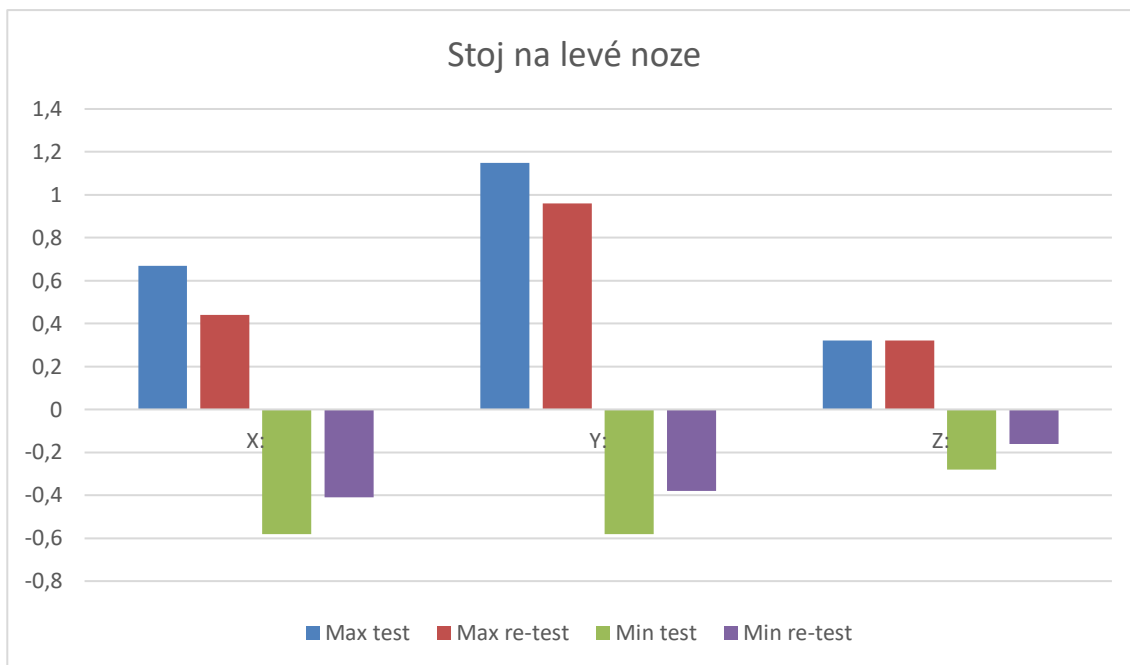
Tabulka 12 Stabilita rozdíl – stoj na pravé



Obrázek 28 Výsledky stabilita – stoj spojný



Obrázek 29 Výsledky stabilita – Stoj na pravé noze



Obrázek 30 Výsledky stabilita – stoj na levé noze

Stroopův test

V následující tabulce jsou vyobrazeny výsledky Stroopova testu a to 3 pokusy z úvodního testování, 3 pokusy z re-testování po intervenci a rozdíl mezi pokusy. Proband se zlepšil ve všech pokusech re-testu.

	Test – počet bodů	Re-test – počet bodů	Rozdíl – počet bodů
První pokus	22	40	18
Druhý pokus	34	42	8
Třetí pokus	39	43	4

Tabulka 13 Stroopův test

Neurodiagnostika

Bylo zjištěno, že probandovi se zlepšil rozsah pohybu v předklonu a rotaci trupu při cvičích vizuálního systému a stimulaci mechanoreceptorů. Nejlepší účinek měly horizontální sakády binokulárně ve vzdálenosti přibližně 35 cm po dobu přibližně 10 s, jemné masírování jizvy na vnitřním kotníku levé nohy a hlazení krku v oblasti šíje. Tyto cviky proband prováděl každý den, 3x-5x denně po dobu dvou měsíců. Po jednom měsíci byl proband otestován, zda na cviky stále reaguje pozitivně (tj. zda se stále zlepšuje rozsah pohybu v hlubokém předklonu a rotaci trupu po jejich provedení) a dále je prováděl další

měsíc. Po uplynutí dvou měsíců byl proband re-testován stejnými metodami jako v úvodním testování, aby byl zjištěn efekt prováděných cviků v průběhu dvou měsíců.

Subjektivní pocity probanda

V rámci léčby postkomočního syndromu je důležité brát v úvahu subjektivní pocity probanda, neboť ty mohou poskytnout cenné informace o tom, jakým způsobem se mění jeho stav a jak reaguje na intervenci. I když subjektivní pocity nelze jednoduše statisticky prokázat, jsou klíčové pro celkové hodnocení účinnosti léčby. Jak je již nastíněno v úvodu kapitoly z dotazníku SCAT5 (tabulka 1) probandovi se zlepšily bolesti hlavy a významné zlepšení bolesti cítil i v oblasti krční páteře. Bolesti hlavy i krční páteře sice občas pociťuje, ale ne tak často a intenzivně. Zlepšila se i jeho ostrost vidění, což také ohodnotil v dotazníku SCAT5 a zároveň to bylo prokázáno při měření statického vizuálního systému pomocí optotypu. Zde bylo naměřeno lepší binokulární vidění o 20 %. Proband na sobě pociťuje i lepší soustředěnost a nemá takové problémy s usínáním. Tato subjektivní zlepšení jsou důležitým ukazatelem účinnosti léčby a naznačují pozitivní vliv neurotréninku na symptomy postkomočního syndromu, i když jejich přesné měření není snadné.

Je důležité podotknout, že na základě práce nelze dělat širší závěry, jelikož je práce prováděna pouze na jednom probandovi. Pro širší závěry je potřeba provést rozsáhlejší šetření na větším počtu vzorků.

6 Diskuse

Cílem této práce bylo odpovědět na otázku, zda neurotrénink zlepší stav postkomočního syndromu u hráče fotbalu.

Výzkumná otázka 1: Bude mít neurotrénink vliv na zlepšení bolesti hlavy a krční páteře?

Výsledky ukázaly zlepšení symptomů PCS jako je bolest hlavy a krční páteře. Proband pociťuje i lepší soustředěnost, nemá takové problémy s usínáním a zlepšila se i jeho ostrost vidění, což se prokázalo i při měření statického vizuálního systému pomocí optotypu. Všechny tyto symptomy zhodnotil v dotazníku SCAT5, který ve studii Hänninena et.al., (2021), „Reliability of the Sport Concussion Assessment Tool 5 baseline testing: A 2 - week test–retest study“ prokázal vysokou spolehlivost při opakovaném testování. Subjektivní pocity jsou důležitým ukazatelem účinnosti léčby a naznačují pozitivní vliv neurotréninku na symptomy postkomočního syndromu.

Studie Rosse, et.al. (2023), s názvem „Multi-Modal Neurorehabilitation for Persisting Post-Concussion Symptoms“ ukázala významné zlepšení závažnosti symptomů díky neurologickým cvikům. Intervence zahrnovaly neuromuskulární reedukační cvičení, cvičení na stabilizaci pohledu (například horizontální a vertikální sakády), cvičení pro zlepšení binokulárního vidění, kognitivní trénink (Stroop test, cvičení využívající zapamatování sekvencí písmen nebo čísel), neinvazivní neuromodulaci (pomocí elektrické nervové stimulace), test stability a terapeutická cvičení. Každý pacient byl léčen individuálně s využitím kombinace výše uvedených možností léčby.

Výzkumná otázka 2: Jak neurotrénink ovlivní vizuální systém?

Proband se při testování vizuálního systému zlepšil ve vergenční flexibilitě, neurokognitivních funkcích, reakčním čase a jak je výše zmíněno i v ostrosti vidění. Zhoršil se však mírně v akomodaci, hloubce ostrosti a přechodu ostření z dálky na blízko. Tato zhoršení však mohou být ovlivněna jiným světlem při testování a re-testování probanda. Ve studii Gallaway et.al., (2017) s názvem „Vision Therapy for Post-Concussion Vision Disorders“, které se účastnilo 175 mužů a žen, bylo zjištěno, že 82 % probandů s otřesem mozku má problémy s viděním. Pro 80 % probandů byla navrhována terapie očních cvičení, kterou prováděli. Zraková terapie měla úspěšný výsledek v naprosté většině probandů, kteří léčbu dokončili.

Výzkumná otázka 3: Jak neurotrénink ovlivní symptomy závratí a problémů se stabilitou?

Proband se zlepšil i v testování stability, kterou jsme měřili pomocí aplikace Physics Toolbox Sensor Suite. Ve studii Park et. al., (2018), „Effectiveness of Vestibular Rehabilitation Therapy for Treatment of Concussed Adolescents With Persistent Symptoms of Dizziness“ se uvádí, že adolescenti, kteří po otřesu mozku při sportu trpí přetrvávajícími příznaky závratí a nerovnováhy, by měli být vyšetřeni na vestibulární dysfunkci. Včasné vyhodnocení a léčba mohou vést ke zkrácení času ztraceného při sportu i k návratu do stavu před vznikem poruchy.

Limity práce

Mezi limity práce bych zařadila nedostatečnou literaturu v oblasti neurotréninku. Jedná se o poměrně novou metodu, tudíž chybí výzkumy i literatura pro řešerše.

Dalším limitem je nemožnost dohlížení a kontroly, zda proband prováděl cviky poctivě a správně každý den. Pokud proband vynechával cviky, nemůžeme očekávat zlepšení výsledků při re-testování a zlepšení příznaků PCS.

Dalším faktorem bych zmínila špatnou měřitelnost příznaků a testovacích cviků, jelikož se jedná o subjektivní pocity. Nemůžeme tedy s jistotou říci, zda se příznaky zlepšily díky neurotréninku nebo placebo efektem. Pro tento případ by bylo vhodné vytvořit experiment s kontrolní a experimentální skupinou, což bylo v plánu i u této diplomové práce ale bohužel nedošlo k re-testování všech probandů. Zjištění, zda testované osobě zařadit cvik neurotréninku se získá pouze na základě rozsahu pohybu, snížení bolesti atd., jak je popsáno v kapitole 2.6.1 testování cviků, což není přímo měřitelné testování. Do budoucna by tedy bylo vhodné vymyslet měřitelné testování.

Doporučení pro další výzkumy

Pro budoucí výzkumy bych doporučila zvážit zjednodušení testování. Metodika testování použitá v této práci se ukázala jako časově náročná a obtížně organizovatelná. Proto by bylo vhodné zaměřit se na jednu konkrétní metodiku testování, která by umožnila efektivnější sběr dat a analýzu výsledků. Takový přístup by mohl přispět k lepšímu porozumění účinků neurotréninku na postkomoční syndrom a poskytnout cenné informace pro další léčebné postupy a intervence v této oblasti. V této práci měl neurotrénink pozitivní efekt, ale byl proveden na malém vzorku probandů. Proto doporučujeme provést další výzkumy na větším vzorku.

7 Závěry

Tato práce se zabývá vlivem neurotréninku na postkomoční syndrom a má za cíl zjistit, zda opravdu neurotrénink zlepšuje jeho stav.

Zjistili jsme, že proband se zlepšil ve vergenční flexibilitě, neurkognitivních funkcích, reakčním čase a ostrosti vidění. Mírně se zhoršil v akomodaci, hloubce ostrosti a přechodu ostření z dálky na blízko. Zlepšení bylo patrné při měření stability ve stoji spojném se zavřenými očima a stabilitě na pravé i levé noze s otevřenými očima. Zlepšil se i ve stroopově testu a jeho symptomy postkomočního syndromu, jako je bolest hlavy, krční páteře, problémy se soustředěním a usínáním, se také zlepšily.

Na závěr lze říci, že výsledky této práce by mohly vést k lepšímu porozumění neurotréninku a jeho vlivu na postkomoční syndrom. Neurotrénink měl v tomto případě pozitivní efekt, a proto doporučujeme další bádání.

8 Použitá literatura

1. Abrahams, S., Fie, S. M., Patricios, J., et al. (2014). Risk factors for sports concussion: An evidence-based systematic review. *British Journal of Sports Medicine*, 48, 91-97.
2. Balaban, C. D., Hoffer, M. E., & Gottshall, K. R. (2012). Top-down approach to vestibular compensation: Translational lessons from vestibular rehabilitation. *Brain Research*, 1482, 101-111. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2012.08.040>
3. Bernell. (2024). RightEye Vision System Eye-Tracking Technology Dostupné z: https://www.bernell.com/product/RIGHTEYE/Visual_Non-Visual
4. Carrick, F. R., Clark, J. F., Pagnacco, G., Antonucci, M. M., Hankir, A., & et al. (2017). Head–eye vestibular motion therapy affects the mental and physical health of severe chronic postconcussion patients. *Frontiers in Neurology*, 8, 414. <https://doi.org/10.3389/fneur.2017.00414>
5. Cobb, E. (Year of Publication not provided). Z-health Post-concussion rehabilitation.
6. Coppel, D. (2024). Mind, Body and Sport: Post-concussion syndrome. National Collegiate Athletic Association. doi:10.3389/fneur.2019.00713
7. Čakrt, O., & Jeřábek, J. (2017). Vestibulární rehabilitace. Dostupné z: <https://www.neurologiepropraxi.cz/pdfs/neu/2017/03/07.pdf>
8. Číhák, R. (2004). Anatomie 3. Praha: Grada. ISBN 80-247-1132-X.
9. Dartmouth Hitchcock Medical Center and Dartmouth Hitchcock Clinics. (2024). Eye exercises. Dostupné z: <https://www.dartmouth-hitchcock.org/otolaryngology/eye-exercises>
10. Doige, N. (2012). *Váš mozek se dokáže změnit* (2. dopl. vyd.). Brno: CPress. ISBN 978-80-264-0111-7.
11. Druga, R., Grim, M., & Dubovský, P. (2011). Anatomie centrálního nervového systému. Praha: Galén, Karolinum. ISBN 978-80-7262-706-6.
12. Fesharaki-Zadeh, A. (2019). Chronic Traumatic Encephalopathy: A Brief Overview. *Frontiers in Neurology*, 10, 713. <https://doi.org/10.3389/fneur.2019.00713>
13. Gallaway, M., Scheiman, M., & Mitchell, G. L. (2017). Vision therapy for post-concussion vision disorders. *Optometry and Vision Science*, 94(1), 68-73. <https://doi.org/10.1097/OPX.0000000000000935> (Cit. 2024-05-21).

14. Gemini. (2024). Optotyp. Dostupné z: https://www.gemini.cz/ocni_vady_a_pojmy/optotyp/
15. Cherry, K. (2022). What Is Neuroplasticity? Verywell Mind. doi:<https://www.verywellmind.com/what-is-brain-plasticity-2794886#toc-types-of-neuroplasticity>
16. Halusková, V. (2023). Neuroplasticita mozku. Jak se v průběhu života mění náš mozek? Jak podpořit neuroplasticitu mozku? Dostupné z: <https://www.brainmarket.cz/nase-novinky/neuroplasticita-mozku/>
17. Hänninen, T., Parkkari, J., Howell, D. R., Palola, V., Seppänen, A., et al. (2021). Reliability of the Sport Concussion Assessment Tool 5 baseline testing: A 2-week test–retest study. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 24(2), 129-134. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2020.07.014>
18. Hobston, W. (2020). From scientist to salesman. *Washington Post*. Dostupné z: https://www.washingtonpost.com/graphics/2020/sports/cte-bennet-omalu/?nonce=mlcnta181a02173b541248dceced92a8bb238&providerName=Washington+Post&utm_source=email&utm_medium=ret-transactional-email&utm_campaign=magic-link-failed-login&email=monika.crkalova@seznam.cz&case=pw
19. Hudák, R., & Kachlík, D. (2021). *Memorix anatomie* (5. vydání). Praha: Triton. ISBN 978-80-7553-873-4.
20. Chudomel, O. (2019). Lehká mozková poranění – konsenzuální odborné stanovisko České neurologické společnosti ČLS JEP. *Česká a slovenská neurologie*, 106-112. Dostupné z: <https://www.csnn.eu/casopisy/ceska-slovenska-neurologie/2019-1-2/lehka-mozkova-poraneni-konsenzualni-odborne-stanovisko-ceske-neurologicke-spolecnosti-cls-jep-107575/download?hl=cs>
21. Iungovav. (2012). Stavba a funkce lidského mozku. Dostupné z: <http://pfyziolmysl.upol.cz/?p=3265>
22. Juráň, V., Smrčka, M., & [Name not provided]. *Učební texty z traumatologie – poranění mozku*. Dostupné z: https://www.med.muni.cz/Traumatologie/Neurochirurgie/Medici_traum.htm
23. Knap, R., et al. (2023). *Diagnostika a trénink vizuálního a kognitivního systému*. VICTORIA, MŠMT. ISBN 978-80-88627-005.
24. Levy, M. L., et al. (2012). Concussions in soccer: a current understanding. *World Neurosurgery*, 78(5), 535-544. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2011.10.032>

25. Lienhard, L., Schmid-Fetzer, U., & Cobb, E. (2023). Simple Exercises to Stimulate the Vagus Nerve. Anglie: Lotus publishing. ISBN 978-1-64411-629-6.
26. Master, C. L., et al. (2022). Vision and Concussion: Symptoms, Signs, Evaluation, and Treatment. *Pediatrics*, 150(2), e2021056047.
27. Master, C. L., et al. (2018). Vision and vestibular system dysfunction predicts prolonged concussion recovery in children. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 28(2), 139–145.
28. McKee, A. C., & Daneshvar, D. H. (2015). The neuropathology of traumatic brain injury. *Handbook of Clinical Neurology*, 127, 45–66.
29. McKee, A. C., et al. (2015). The neuropathology of chronic traumatic encephalopathy. *Brain Pathology*, 25(3), 350–364.
30. McKee, A. C., et al. (2013). The spectrum of disease in chronic traumatic encephalopathy. *Brain*, 136(1), 43–64.
31. Merkunová, A., & Orel, M. (2008). Anatomie a fyziologie člověka pro humanitní obory. Praha: Grada. Psyché. ISBN 978-80-247-1521-2.
32. Mez, J., et al. (2017). Clinicopathological evaluation of chronic traumatic encephalopathy in players of American football. *Jama*, 318(4), 360–370.
33. Mourek, J. (2012). Fyziologie: učebnice pro studenty zdravotnických oborů (2. dopl. vyd.). Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-247-3918-2.
34. Mucha, A., et al. (2014). A brief vestibular/ocular motor screening (VOMS) assessment to evaluate concussions: preliminary findings. *American Journal of Sports Medicine*, 42(10), 2479–2486.
35. Mysliveček, J. (2022). Základy neurověd (3. dopl. vyd.). Triton. ISBN 978-80-7684-007-2.
36. National Institute of Neurological Disorders and Stroke. (2023). Traumatic brain injury (TBI). Dostupné z: <https://www.ninds.nih.gov/health-information/disorders/traumatic-brain-injury-tbi>
37. Národní zdravotnický informační portál. (2024). Krátkozrakost (Myopie). Dostupné z: <https://www.nzip.cz/clanek/382-kratkozrakost-myopie> ISSN 2695-0340.
38. Národní zdravotnický informační portál. (2024). Dalekozrakost (Hypermetropie). Dostupné z: <https://www.nzip.cz/clanek/385-dalekozrakost-hypermetropie> ISSN 2695-0340.

39. Národní zdravotnický informační portál. (2024). Astigmatismus. Dostupné z: <https://www.nzip.cz/clanek/380-astigmatismus> ISSN 2695-0340.
40. Národní zdravotnický informační portál. (2024). Oko: struktura a funkce. Dostupné z: <https://www.nzip.cz/clanek/375-oko-struktura-a-funkce> ISSN 2695-0340.
41. Neuro-Athletic. (2023). Historie NAT. Retrieved from <https://www.neuroathletic.cz/nat-metoda>
42. NeuroTrackerX. (2024). Neurotracker. Dostupné z: <https://www.neurotrackerx.com/individual-use>
43. Optego.Global. (2024). Prism Flippers. Dostupné z: <https://optego.global/products/prism-flippers?variant=44604610675007>
44. Park, K., Ksiazek, T., & Olson, B. (2018). Effectiveness of vestibular rehabilitation therapy for treatment of concussed adolescents with persistent symptoms of dizziness and imbalance. *Journal of Sport Rehabilitation*, 27(5), 485-490. <https://doi.org/10.1123/jsr.2016-0222>
45. Porter, D. (2020). Visual Acuity. American Academy of Ophthalmology. Dostupné z: <https://www.aao.org/eye-health/tips-prevention/visual-acuity-3>
46. Plas, J. (2011). Přednáška z neurochirurgie, 19.5. 2011, ÚVN, Praha.
47. Rodrigues, P. (2020). Sports Vision: Influence on Athlete's Performance. Dostupné z: <https://www.ispo.com/en/health/neuroathletics-gamechanger-or-nonsense>
48. Romeas, T., Guldner, A., & Faubert, J. (2016). 3D-Multiple Object Tracking training task improves passing decision-making accuracy in soccer players. *Psychology of Sport and Exercise*, 22, 1-9. DOI: 10.1016/j.psychsport.2015.06.002.
49. Ross, E. A., Hines, R. B., Hoffmann, M., Jay, K., Antonucci, M. M., et al. (2023). Multi-modal neurorehabilitation for persisting post-concussion symptoms. *Neurotrauma Reports*, 4(1), 297-306. <https://doi.org/10.1089/neur.2022.0081>
50. Růžička, F. (2021). Traumata mozku a neurodegenerativní onemocnění. *Neurologie v praxi*, 460-465. Dostupné z: <https://www.neurologiepropraxi.cz/pdfs/neu/2021/06/02.pdf>
51. Senaptec. (2024). SENAPTEC SENSORY STATION FOR SPORTS. Dostupné z: <https://senaptec.com>
52. Smrčka, M. (2001). Poranění mozku. Grada. ISBN 80-7169-820-2.

53. Štefánek, J. (2011). Postkomoční syndrom. Dostupné z: <https://www.stefajir.cz/postkomocni-syndrom>
54. Taprogge, S. (2023). Neuroathletics: Gamechanger or Placebo Training? Dostupné z: <https://www.ispo.com/en/health/neuroathletics-gamechanger-or-nonsense>
55. Verpillot, A., et al. (2021). PosturePro – Brain Coach Performance Certification. Dostupné z: <https://eu.posturepro.com>
56. Zwierko, T., et al. (2015). The Effects of Sports Vision Training on Binocular Vision Function in Female University Athletes. *Journal of Human Kinetics*, 49(1), 287-296. doi:10.1515/hukin-2015-0131

Seznam obrázků

Obrázek 1 Reflexní oblouk (Trojan, 2005).....	12
Obrázek 2 Funkce nervového systému (Lienhard, 2023).....	12
Obrázek 3 Popis oka (NZIP, 2024).....	14
Obrázek 4 Základní rozdělení mozku (Jungavov, 2012)	19
Obrázek 6 Tau proteiny (hobston, 2020).....	26
Obrázek 5 Shluky Tau proteinů (Hobson, 2020).....	26
Obrázek 7 Čtyři stádia poškození (Fesharaki-Zadeh, 2019).....	27
Obrázek 8 Pyramina náročnosti zatížení NS (Cobb b.r.).....	29
Obrázek 9 Hluboký předklon (Lienhard, 2023).....	30
Obrázek 10 Rotace trupu (Lienhard, 2023)	31
Obrázek 11 Mobilita ramene (Lienhard, 2023)	31
Obrázek 12 Stupnice bolesti (Verpillot et al, 2021)	32
Obrázek 13 Izometrická kontrakce (Lienhard, 2023).....	32
Obrázek 14 Úzký postoj (Lienhard, 2023)	33
Obrázek 15 Tandemový postoj (Lienhard, 2023).....	33
Obrázek 16 Vestibulární cvičení (Darmouth Health, 2024).....	34
Obrázek 17 Optotyp (Gemini 2024)	38
Obrázek 18 Prizmatický flipper (optego, 2024)	38
Obrázek 19 Neurotracker (Neurotrackerx, 2024).....	39
Obrázek 20 Sledování objektů na NeuroTrackeru (Romeas, Guldner a Faubert, 2016)	39
Obrázek 21 Senaptec Sensory Station (senapte, 2024).....	39
Obrázek 22 Sledování pohybu očí (Bernell, 2024).....	40
Obrázek 23 Stroop test (Vlastní zdroj)	41
Obrázek 24 Statická diagnostika re-test (protokol DynaOptic).....	49
Obrázek 25 Statická diagnostika test (protokol DynaOptic)	49
Obrázek 26 Dynamická diagnostika test (DynaOptic)	50
Obrázek 27 Dynamická diagnostika re-test (protokol DynaOptic)	50
Obrázek 28 Výsledky stabilita – stoj spojný	52
Obrázek 29 Výsledky stabilita – Stoj na pravé noze	52
Obrázek 30 Výsledky stabilita – stoj na levé noze	53

Seznam tabulek

Tabulka 1 Hodnocení příznaků.....	44
Tabulka 2 Časová orientace.....	44
Tabulka 3 Krátkodobá paměť 5 slov	44
Tabulka 4 Krátkodobá paměť 10 slov	45
Tabulka 5 Koncentrace	45
Tabulka 6 Neurologické vyšetření.....	46
Tabulka 7 Vyjmenování slov.....	46
Tabulka 8 Statický vizuální systém	47
Tabulka 9 Dynamický vizuální systém.....	47
Tabulka 10 Stabilita rozdíl – stoj spojný	51
Tabulka 11 Stabilita rozdíl – stoj na levé	51
Tabulka 12 Stabilita rozdíl – stoj na pravé	51
Tabulka 13 Stroopův test	53

Seznam příloh

Příloha č. 1 Etická komise

Příloha č. 2 Informovaný souhlas

Příloha č. 3 Standardizovaný dotazník SCAT5

Žádost o vyjádření Etické komise UK FTVS

k projektu výzkumné, kvalifikační či seminární práce zahrnující lidské účastníky

Název projektu: Vliv neurotrainingu na postkomoční syndrom

Forma projektu: výzkumná práce - diplomová práce

Období realizace: červen 2023 – srpen 2023

Výzkum bude realizován v souladu s platnými epidemiologickými opatřeními Ministerstva zdravotnictví ČR.

Předkladatel: Crkalová, Monika, Bc., Katedra zdravotní tělesné výchovy

Hlavní řešitel: Crkalová, Monika, Bc., Katedra zdravotní tělesné výchovy

Místo výzkumu (pracoviště): STACA Elite Institute, České Budějovice

Konzultant: Dominik Kodras

Spoluřešitel(é): -

Vedoucí práce: Mgr. Markéta Křivánková

Finanční podpora: -

Popis projektu: Diplomová práce bude realizována formou experimentu. Cílem projektu bude hledání možnosti pro zlepšení stavů po otřesu mozku, které trvají déle než 6 týdnů od otřesu mozku.

Pro diplomovou práci bude využit standardizovaný dotazník „The Rivermead Post-Concussion Questionare“ a soubor očních a mobilizačních cvičení neurotrainingu.

Neurotraining je forma cvičení a soubor cviků zaměřených na vizuální, senzorycké, propioceptivní a vestibulární systémy. Jedná se o neinvazivní metody, které pozitivně ovlivňují nervovou soustavu. Účastníci výzkumu budou provádět cviky neurotrainingu (např. sledování pohybuující se tužky jedním okem, kruhy zápěstím a kotníkem najednou, dechová cvičení...), vybraná po domluvě s konzultantem. Cvičení budou stanovená hlavní řešitelkou a konzultantem. Cvičení budou prováděna každý den 2x10minut po dobu intervence, která bude trvat 2 měsíce. Na začátku intervence bude probíhat testování a na konci intervence re-test. Testování a re-testování bude probíhat formou očních, koordinačních a rovnovážných cvičení, jako je například balanc na jedné noze, balanc na obou nohách za sebou, tapping rukou i nohou nebo sledování pohybuující se tužky před očima účastníka výzkumu.

Charakteristika účastníků výzkumu:

Součástí výzkumu bude orientačně 10 mužů ve věku 18-40 let, kteří měli otřes mozku a mají postkomoční syndrom déle než 6 týdnů od otřesu mozku. Kontraindikace: Testování nebude probíhat u lidí, kteří mají fokální neurologické příznaky, dezorientaci, nový výskyt asymetrie zornic, zlomeninu páteře nebo lebky, krvácení do mozku dále s akutním (zejména infekční) onemocněním.

Vybírat probandy do výzkumu bude vybírat Monika Crkalová po konzultaci s konzultantem, Dominikem Kodrasem. Oslovovat probandy bude Monika Crkalová v hokejových a MMA klubech v Praze a Českých Budějovicích e-mailem, který má klub zveřejněný na svých oficiálních stránkách – klub@hcmotor.cz, info@tigergym.cz, gladiators.gym@seznam.cz – viz Pozvání k účasti organizacím.

Zajištění bezpečnosti:

Testování bude provádět řešitelka, Monika Crkalová, která má s testováním zkušenosti. Testování bude probíhat za účasti konzultanta, Dominika Kodrase, který je odborníkem na danou problematiku. (Konzultant má kurz neurotrainingu). Bezpečnost bude zajištěna standardním způsobem. Testování proběhne za přítomnosti proškoleného nestranného odborného pracovníka. Budou zajištěny adekvátní podmínky prostředí a adekvátní příprava účastníků k provádění aktivit v rámci daného výzkumu. Rizika prováděného výzkumu nebudou vyšší než běžně očekávaná rizika u aktivit a testování prováděných v rámci tohoto typu výzkumu.

Etické aspekty výzkumu: Jedná se pouze o zletilé účastníky výzkumu, výzkumu se nebudou účastnit děti. Osobní data budou anonymizována. Jména zúčastněných nebudou zveřejněna.

Potenciální střet zájmů: Neexistuje žádná skutečnost, která by mohla ovlivnit objektivitu/integritu výzkumu.

Výzkum není prováděn pro žádnou instituci či organizaci. Nejsm v pracovní právním (ani rodinném) vztahu k žádnému účastníkovi výzkumu. Neexistuje žádná skutečnost, která by mohla ovlivnit objektivitu výzkumu. Nemám soukromý zájem na výsledku výzkumu a ani výzkum nevede k osobnímu prospěchu. Vedoucí práce bude dohlížet nad korektností a nestranností posuzování výsledků výzkumu mou osobou.

Ochrana osobních dat: Data budou shromažďována a zpracovávána v souladu s pravidly vymezenými nařízením Evropské Unie č. 2016/679 a zákonem č. 110/2019 Sb. – o zpracování osobních údajů. Budou získávány pouze následující osobní údaje: jméno, e-mail, věk, data získaná výše uvedenými metodami - tyto údaje budou bezpečně uchovány na heslem zajištěném počítači, přístup k nim bude mít pouze hlavní řešitelka. Uvědomuji si, že text je anonymizován, neobsahuje-li jakékoli informace, které jednotlivě či ve svém souhrnu mohou vést k identifikaci konkrétní osoby – budu dbát na to, aby jednotliví účastníci nebyli rozpoznatelní v textu práce. Osobní data, která by vedla k identifikaci účastníků výzkumu, budou do 1 dne po testování anonymizována. Získaná data budou zpracovávána, bezpečně uchována a publikována v anonymní podobě v diplomové práci, případně v odborných časopisech, monografiích a prezentována na konferencích, případně budou využita při další výzkumné práci na UK FTVS.


Pořizování videí účastníků: V rámci výzkumu bude pořizován videozáznam. K videozáznamům budu mít přístup já a vedoucí práce. Neanonymizované videozáznamy budou po ukončení výzkumu smazány a před smazáním budou bezpečně uchovány na heslem zajištěném počítači v uzamčené místnosti a budou bezprostředně po ukončení výzkumu smazány. Přístup k videu a heslu od počítače bude mít pouze Monika Crkalová. Videozáznam nebude nikdy publikován. Při pořizování videí budu dbát na to, aby na videa nebyly natáčeny osoby, které nejsou součástí výzkumu.

Pořizování fotografií/ audio nahrávek účastníků: Během výzkumu nebudou pořizovány žádné fotografie ani audionahrávky.

V maximální možné míře zajistím, aby získaná data nebyla zneužita.
Text informovaného souhlasu (IS): přiložen

Povinností všech účastníků výzkumu na straně řešitele je chránit život, zdraví, důstojnost, integritu, právo na sebeurčení, soukromí a osobní data zkoumaných subjektů, a podniknout k tomu veškerá preventivní opatření. Odpovědnost za ochranu zkoumaných subjektů leží vždy na účastnících výzkumu na straně řešitele, nikdy na zkoumaných, byť dali svůj souhlas k účasti na výzkumu. Všichni účastníci výzkumu na straně řešitele musí brát v potaz etické, právní a regulační normy a standardy výzkumu na lidských subjektech, které platí v České republice, stejně jako ty, jež platí mezinárodně. Potvrzuji, že tento popis projektu odpovídá návrhu realizace projektu a že při jakékoli změně projektu, zejména použitých metod, zašlu Etické komisi UK FTVS revidovanou žádost.

V Praze dne: 22.5.2023

Podpis předkladatele: 

Datum a podpis odpovědného pracovníka z místa výzkumu:

Vyjádření Etické komise UK FTVS

Složení komise: **Předsedkyně:** doc. PhDr. Irena Parry Martínková, Ph.D.

Členové: prof. MUDr. Jan Heller, CSc.

prof. PhDr. Pavel Slepíčka, DrSc.

PhDr. Pavel Hráský, Ph.D.

Mgr. Eva Prokešová, Ph.D.

Mgr. Tomáš Ruda, Ph.D.

MUDr. Simona Majorová

Projekt práce byl schválen Etickou komisí UK FTVS pod jednacím číslem: 098/2023


dne: 24.5.2023

Etická komise UK FTVS zhodnotila předložený projekt a **neshledala rozpory** s platnými zásadami, předpisy a mezinárodními směrnici pro provádění výzkumu zahrnujícího lidské účastníky.

Řešitel projektu splnil podmínky nutné k získání souhlasu Etické komise UK FTVS.

UNIVERZITA KARLOVA
Fakulta tělesné výchovy a sportu
Josef Martího 31, 162 52, Praha 6

– 20 –


podpis předsedkyně EK UK FTVS

Příloha č. 2 Informovaný souhlas

UNIVERZITA KARLOVA
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU
Josef Martího 31, 162 52 Praha 6-Vešelavín

INFORMOVANÝ SOUHLAS k žádosti 98/2023

Vážený pane, vážená paní,

v souladu se Všeobecnou deklarací lidských práv, nařízením Evropské Unie č. 2016/679 a zákonem č. 110/2019 Sb. – o zpracování osobních údajů a dalšími obecně závaznými právními předpisy (jakož jsou zejména Helsinská deklarace, přijatá 18. Světovým zdravotnickým shromážděním v roce 1964 ve znění pozdějších změn (Fortaleza, Brazílie, 2013); Zákon o zdravotních službách a podmínkách jejich poskytování (zejména ustanovení § 28 odst. 1 zákona č. 372/2011 Sb.) a Úmluva o lidských právech a biomedicině č. 96/2001, jsou-li aplikovatelné), Vás žádám o souhlas s účastí ve výzkumném projektu na UK FTVS v rámci diplomové práce s názvem Vliv neurotrainingu na postkomoční syndrom, prováděné na pracovišti STACA Elite Institute v Českých Budějovicích.

Projekt bude probíhat v období červen 2023 – srpen 2023

Výzkum bude realizován v souladu s platnými epidemiologickými opatřeními Ministerstva zdravotnictví ČR.

Projekt není financován.

Cílem výzkumného projektu je hledání možností pro zlepšení stavů postkomočního syndromu vybranými cviky neurotrainingu.

Způsob zásahu bude neinvazivní. Budete se účastnit dotazování pomocí standardizovaného dotazníku „*The rivermead post concussion symptom questionnaire*“ a testování. Testování bude probíhat formou očních a rovnovážných cvičení. Testování bude probíhat dvakrát v délce šedesáti minut. První testování bude na začátku intervence a druhé (re-testování) na konci intervence po dvou měsících.

Intervence bude zařazována samostatně, každý den po dobu dvou měsíců a bude probíhat 2x10 minut za den. Intervence bude probíhat individuálně doma či před tréninkovou jednotkou, pokud účastníci stále provádí sportovní aktivitu. Správné a bezpečné provedení prabandy zaučí Monika Crkalová pod dohledem Dominika Kodrase. Během výzkumu se probandi můžou obrátit písemně e-mailem na Moniku Crkalovou nebo vedoucí práce Markétu Křivánkovou.

Jedná se o bezbolestný zásah, účastníci výzkumu se budou účastnit testování jednotlivě. Metoda by neměla způsobit žádné nepříjemné pocity či případnou bolest. Testování bude provádět řešitelka, Monika Crkalová s konzultantem Dominikem Kodrasem.

Kontrolní skupina dostane standardizovaný dotazník na začátku a na konci testování experimentální skupiny. Po dokončení testování jim bude nabídnuta stejná varianta intervence jako experimentální skupině. Probandi budou rozděleni do experimentální s kontrolní skupiny náhodně.

Budou zajištěny adekvátní podmínky prostředí a adekvátní příprava účastníků k provádění aktivit v rámci daného výzkumu. Rizika prováděného výzkumu nebudou vyšší než běžně očekávaná rizika u aktivit a testování prováděných v rámci tohoto typu výzkumu. Bezpečnost bude zajištěna standardním způsobem.

Do projektu nemůže být zařazen proband, který má fokální neurologické příznaky jako jsou poruchy řeči, dezorientace, nový výskyt asymetrie zornic, zlomeninu páteře nebo lebky, krvácení do mozku, s akutním (zejména infekčním) onemocněním.

Přínosem tohoto výzkumného projektu pro Vás bude zjištění senzorickeho a rovnovážného stavu.

Vaše účast v projektu je dobrovolná a nebude finančně ohodnocená.

S celkovými výsledky a závěry výzkumného projektu se můžete seznámit v diplomové práci ve studentském systému (SIS) nebo na e-mailové adrese: monika.crkalova@seznam.cz.

Ochrana osobních dat: Data budou shromažďována a zpracovávána v souladu s pravidly vymezenými nařízením Evropské Unie č. 2016/679 a zákonem č. 110/2019 Sb. – o zpracování osobních údajů. Budou

UNIVERZITA KARLOVA
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU
Josef Martího 31, 162 52 Praha 6-Vešelavín

získávány pouze následující osobní údaje: jméno (po intervenci bude smazáno), e-mail, věk, data získaná výše uvedenými metodami - tyto údaje budou bezpečně uchovány na heslem zajištěném počítači, přístup k nim bude mít pouze hlavní řešitelka. Uvědomuji si, že text je anonymizován, neobsahuje-li jakékoli informace, které jednotlivě či ve svém souhrnu mohou vést k identifikaci konkrétní osoby – budu dbát na to, aby jednotliví účastníci nebyli rozpoznatelní v textu práce. Osobní data, která by vedla k identifikaci účastníků výzkumu, budou do 1 dne po testování anonymizována. Získaná data budou zpracovávána, bezpečně uchována a publikována v anonymní podobě v diplomové práci, případně v odborných časopisech, monografiích a prezentována na konferencích, případně budou využita při další výzkumné práci na UK FTVS.

Pořizování videí účastníků: V rámci výzkumu bude pořizován videozáznam. K videozáznamům budu mít přístup já a vedoucí práce. Neanonymizované videozáznamy budou po ukončení výzkumu smazány a před smazáním budou bezpečně uchovány na heslem zajištěném počítači v uzamčené místnosti a budou bezprostředně po ukončení výzkumu smazány. Videozáznam nebude nikdy publikován. Při pořizování videí budu dbát na to, aby na videa nebyly natáčeny osoby, které nejsou součástí výzkumu.

Pořizování fotografií/ audio nahrávek účastníků: Během výzkumu nebudou pořizovány žádné fotografie ani audionahrávky.

V maximální možné míře zajistím, aby získaná data nebyla zneužita.

Jméno a příjmení předkladatele a hlavního řešitele projektu Monika Crkalová
Jméno a příjmení osoby, která provedla poučení: Monika Crkalová Podpis:.....

Prohlašuji a svým níže uvedeným vlastnoručním podpisem potvrzuji, že dobrovolně souhlasím s účastí ve výše uvedeném projektu a že jsem měl(a) možnost si řádně a v dostatečném čase zvážít všechny relevantní informace o výzkumu, zeptat se na vše podstatné týkající se účasti ve výzkumu a že jsem dostal(a) jasné a srozumitelné odpovědi na své dotazy. Byl(a) jsem poučen(a) o právu odmítnout účast ve výzkumném projektu nebo svůj souhlas kdykoli odvolat bez represí, a to písemně Etické komisi UK FTVS, která bude následně informovat předkladatele projektu. Dále potvrzuji, že mi byl předán jeden originál vyhotovení tohoto informovaného souhlasu.

Místo, datum

Jméno a příjmení účastníka Podpis:

Příloha č. 3 Standardizovaný dotazník SCAT5

Downloaded from <http://bjsm.bmj.com/> on April 26, 2017 - Published by group.bmj.com
BJSM Online First, published on April 26, 2017 as 10.1136/bjsports-2017-097506SCAT5

To download a clean version of the SCAT tools please visit the journal online (<http://dx.doi.org/10.1136/bjsports-2017-097506SCAT5>)

SCAT5[®]

SPORT CONCUSSION ASSESSMENT TOOL – 5TH EDITION

DEVELOPED BY THE CONCUSSION IN SPORT GROUP
FOR USE BY MEDICAL PROFESSIONALS ONLY

supported by



FIFA[®]



FEI

Patient details

Name: _____

DOB: _____

Address: _____

ID number: _____

Examiner: _____

Date of Injury: _____ Time: _____

WHAT IS THE SCAT5?

The SCAT5 is a standardized tool for evaluating concussions designed for use by physicians and licensed healthcare professionals¹. The SCAT5 cannot be performed correctly in less than 10 minutes.

If you are not a physician or licensed healthcare professional, please use the Concussion Recognition Tool 5 (CRT5). The SCAT5 is to be used for evaluating athletes aged 13 years and older. For children aged 12 years or younger, please use the Child SCAT5.

Preseason SCAT5 baseline testing can be useful for interpreting post-injury test scores, but is not required for that purpose. Detailed instructions for use of the SCAT5 are provided on page 7. Please read through these instructions carefully before testing the athlete. Brief verbal instructions for each test are given in italics. The only equipment required for the tester is a watch or timer.

This tool may be freely copied in its current form for distribution to individuals, teams, groups and organizations. It should not be altered in any way, re-branded or sold for commercial gain. Any revision, translation or reproduction in a digital form requires specific approval by the Concussion in Sport Group.

Recognise and Remove

A head impact by either a direct blow or indirect transmission of force can be associated with a serious and potentially fatal brain injury. If there are significant concerns, including any of the red flags listed in Box 1, then activation of emergency procedures and urgent transport to the nearest hospital should be arranged.

Key points

- Any athlete with suspected concussion should be REMOVED FROM PLAY, medically assessed and monitored for deterioration. No athlete diagnosed with concussion should be returned to play on the day of injury.
- If an athlete is suspected of having a concussion and medical personnel are not immediately available, the athlete should be referred to a medical facility for urgent assessment.
- Athletes with suspected concussion should not drink alcohol, use recreational drugs and should not drive a motor vehicle until cleared to do so by a medical professional.
- Concussion signs and symptoms evolve over time and it is important to consider repeat evaluation in the assessment of concussion.
- The diagnosis of a concussion is a clinical judgment, made by a medical professional. The SCAT5 should NOT be used by itself to make, or exclude, the diagnosis of concussion. An athlete may have a concussion even if their SCAT5 is "normal".

Remember:

- The basic principles of first aid (danger, response, airway, breathing, circulation) should be followed.
- Do not attempt to move the athlete (other than that required for airway management) unless trained to do so.
- Assessment for a spinal cord injury is a critical part of the initial on-field assessment.
- Do not remove a helmet or any other equipment unless trained to do so safely.

© Concussion in Sport Group 2017

Davis GA, et al. *Br J Sports Med* 2017;0:1–8. doi:10.1136/bjsports-2017-097506SCAT5

1

Copyright Article author (or their employer) 2017. Produced by BMJ Publishing Group Ltd under licence.

IMMEDIATE OR ON-FIELD ASSESSMENT

The following elements should be assessed for all athletes who are suspected of having a concussion prior to proceeding to the neurocognitive assessment and ideally should be done on-field after the first first aid / emergency care priorities are completed.

If any of the "Red Flags" or observable signs are noted after a direct or indirect blow to the head, the athlete should be immediately and safely removed from participation and evaluated by a physician or licensed healthcare professional.

Consideration of transportation to a medical facility should be at the discretion of the physician or licensed healthcare professional.

The GCS is important as a standard measure for all patients and can be done serially if necessary in the event of deterioration in conscious state. The Maddocks questions and cervical spine exam are critical steps of the immediate assessment; however, these do not need to be done serially.

STEP 1: RED FLAGS

RED FLAGS:

- Neck pain or tenderness
- Double vision
- Weakness or tingling/ burning in arms or legs
- Severe or increasing headache
- Seizure or convulsion
- Loss of consciousness
- Deteriorating conscious state
- Vomiting
- Increasingly restless, agitated or combative

STEP 2: OBSERVABLE SIGNS

Witnessed Observed on Video

Lying motionless on the playing surface	Y	N
Balance / gait difficulties / motor incoordination: stumbling, slow / laboured movements	Y	N
Disorientation or confusion, or an inability to respond appropriately to questions	Y	N
Blank or vacant look	Y	N
Facial injury after head trauma	Y	N

STEP 3: MEMORY ASSESSMENT MADDOCKS QUESTIONS²

"I am going to ask you a few questions, please listen carefully and give your best effort. First, tell me what happened?"

Mark Y for correct answer / N for incorrect

What venue are we at today?	Y	N
Which half is it now?	Y	N
Who scored last in this match?	Y	N
What team did you play last week / game?	Y	N
Did your team win the last game?	Y	N

Note: Appropriate sport-specific questions may be substituted.

Name: _____
 DOB: _____
 Address: _____
 ID number: _____
 Examiner: _____
 Date: _____

STEP 4: EXAMINATION GLASGOW COMA SCALE (GCS)³

Time of assessment			
Date of assessment			
Best eye response (E)			
No eye opening	1	1	1
Eye opening in response to pain	2	2	2
Eye opening to speech	3	3	3
Eyes opening spontaneously	4	4	4
Best verbal response (V)			
No verbal response	1	1	1
Incomprehensible sounds	2	2	2
Inappropriate words	3	3	3
Confused	4	4	4
Oriented	5	5	5
Best motor response (M)			
No motor response	1	1	1
Extension to pain	2	2	2
Abnormal flexion to pain	3	3	3
Flexion / Withdrawal to pain	4	4	4
Localizes to pain	5	5	5
Obeys commands	6	6	6
Glasgow Coma score (E + V + M)			

CERVICAL SPINE ASSESSMENT

Does the athlete report that their neck is pain free at rest?	Y	N
If there is NO neck pain at rest, does the athlete have a full range of ACTIVE pain free movement?	Y	N
Is the limb strength and sensation normal?	Y	N

In a patient who is not lucid or fully conscious, a cervical spine injury should be assumed until proven otherwise.

OFFICE OR OFF-FIELD ASSESSMENT

Please note that the neurocognitive assessment should be done in a distraction-free environment with the athlete in a resting state.

STEP 1: ATHLETE BACKGROUND

Sport / team / school: _____

Date / time of injury: _____

Years of education completed: _____

Age: _____

Gender: M / F / Other

Dominant hand: left / neither / right

How many diagnosed concussions has the athlete had in the past?: _____

When was the most recent concussion?: _____

How long was the recovery (time to being cleared to play) from the most recent concussion?: _____ (days)

Has the athlete ever been:

	Yes	No
Hospitalized for a head injury?		
Diagnosed / treated for headache disorder or migraines?		
Diagnosed with a learning disability / dyslexia?		
Diagnosed with ADD / ADHD?		
Diagnosed with depression, anxiety or other psychiatric disorder?		

Current medications? If yes, please list:

Name: _____

DOB: _____

Address: _____

ID number: _____

Examiner: _____

Date: _____

2

STEP 2: SYMPTOM EVALUATION

The athlete should be given the symptom form and asked to read this instruction paragraph out loud then complete the symptom scale. For the baseline assessment, the athlete should rate his/her symptoms based on how he/she typically feels and for the post injury assessment the athlete should rate their symptoms at this point in time.

Please Check: Baseline Post-Injury

Please hand the form to the athlete

	none	mild	moderate	severe			
Headache	0	1	2	3	4	5	6
"Pressure in head"	0	1	2	3	4	5	6
Neck Pain	0	1	2	3	4	5	6
Nausea or vomiting	0	1	2	3	4	5	6
Dizziness	0	1	2	3	4	5	6
Blurred vision	0	1	2	3	4	5	6
Balance problems	0	1	2	3	4	5	6
Sensitivity to light	0	1	2	3	4	5	6
Sensitivity to noise	0	1	2	3	4	5	6
Feeling slowed down	0	1	2	3	4	5	6
Feeling like "in a fog"	0	1	2	3	4	5	6
"Don't feel right"	0	1	2	3	4	5	6
Difficulty concentrating	0	1	2	3	4	5	6
Difficulty remembering	0	1	2	3	4	5	6
Fatigue or low energy	0	1	2	3	4	5	6
Confusion	0	1	2	3	4	5	6
Drowsiness	0	1	2	3	4	5	6
More emotional	0	1	2	3	4	5	6
Irritability	0	1	2	3	4	5	6
Sadness	0	1	2	3	4	5	6
Nervous or Anxious	0	1	2	3	4	5	6
Trouble falling asleep (if applicable)	0	1	2	3	4	5	6
Total number of symptoms:							of 22
Symptom severity score:							of 132
Do your symptoms get worse with physical activity?							Y N
Do your symptoms get worse with mental activity?							Y N
If 100% is feeling perfectly normal, what percent of normal do you feel?							

If not 100%, why?

Please hand form back to examiner

STEP 3: COGNITIVE SCREENING

Standardised Assessment of Concussion (SAC)⁴

ORIENTATION

What month is it?	0	1
What is the date today?	0	1
What is the day of the week?	0	1
What year is it?	0	1
What time is it right now? (within 1 hour)	0	1
Orientation score	of 5	

IMMEDIATE MEMORY

The Immediate Memory component can be completed using the traditional 5-word per trial list or optionally using 10-words per trial to minimise any ceiling effect. All 3 trials must be administered irrespective of the number correct on the first trial. Administer at the rate of one word per second.

Please choose EITHER the 5 or 10 word list groups and circle the specific word list chosen for this test.

I am going to test your memory. I will read you a list of words and when I am done, repeat back as many words as you can remember, in any order. For Trials 2 & 3: I am going to repeat the same list again. Repeat back as many words as you can remember in any order, even if you said the word before.

List	Alternate 5 word lists					Score (of 5)		
						Trial 1	Trial 2	Trial 3
A	Finger	Penny	Blanket	Lemon	Insect			
B	Candle	Paper	Sugar	Sandwich	Wagon			
C	Baby	Monkey	Perfume	Sunset	Iron			
D	Elbow	Apple	Carpet	Saddle	Bubble			
E	Jacket	Arrow	Pepper	Cotton	Movie			
F	Dollar	Honey	Mirror	Saddle	Anchor			
Immediate Memory Score						of 15		
Time that last trial was completed								

List	Alternate 10 word lists					Score (of 10)		
						Trial 1	Trial 2	Trial 3
G	Finger	Penny	Blanket	Lemon	Insect			
	Candle	Paper	Sugar	Sandwich	Wagon			
H	Baby	Monkey	Perfume	Sunset	Iron			
	Elbow	Apple	Carpet	Saddle	Bubble			
I	Jacket	Arrow	Pepper	Cotton	Movie			
	Dollar	Honey	Mirror	Saddle	Anchor			
Immediate Memory Score						of 30		
Time that last trial was completed								

Name: _____
 DOB: _____
 Address: _____
 ID number: _____
 Examiner: _____
 Date: _____

CONCENTRATION

DIGITS BACKWARDS

Please circle the Digit list chosen (A, B, C, D, E, F). Administer at the rate of one digit per second reading DOWN the selected column.

I am going to read a string of numbers and when I am done, you repeat them back to me in reverse order of how I read them to you. For example, if I say 7-1-9, you would say 9-1-7.

Concentration Number Lists (circle one)					
List A	List B	List C			
4-9-3	5-2-6	1-4-2	Y	N	0
6-2-9	4-1-5	6-5-8	Y	N	1
3-8-1-4	1-7-9-5	6-8-3-1	Y	N	0
3-2-7-9	4-9-6-8	3-4-8-1	Y	N	1
6-2-9-7-1	4-8-5-2-7	4-9-1-5-3	Y	N	0
1-5-2-8-6	6-1-8-4-3	6-8-2-5-1	Y	N	1
7-1-8-4-6-2	8-3-1-9-6-4	3-7-6-5-1-9	Y	N	0
5-3-9-1-4-8	7-2-4-8-5-6	9-2-6-5-1-4	Y	N	1
List D	List E	List F			
7-8-2	3-8-2	2-7-1	Y	N	0
9-2-6	5-1-8	4-7-9	Y	N	1
4-1-8-3	2-7-9-3	1-6-8-3	Y	N	0
9-7-2-3	2-1-6-9	3-9-2-4	Y	N	1
1-7-9-2-6	4-1-8-6-9	2-4-7-5-8	Y	N	0
4-1-7-5-2	9-4-1-7-5	8-3-9-6-4	Y	N	1
2-6-4-8-1-7	6-9-7-3-8-2	5-8-6-2-4-9	Y	N	0
8-4-1-9-3-5	4-2-7-9-3-8	3-1-7-8-2-6	Y	N	1
Digits Score: of 4					

MONTHS IN REVERSE ORDER

Now tell me the months of the year in reverse order. Start with the last month and go backward. So you'll say December, November. Go ahead.

Dec - Nov - Oct - Sept - Aug - Jul - Jun - May - Apr - Mar - Feb - Jan	0	1
Months Score	of 1	
Concentration Total Score (Digits + Months)	of 5	

4

STEP 4: NEUROLOGICAL SCREEN

See the instruction sheet (page 7) for details of test administration and scoring of the tests.

Can the patient read aloud (e.g. symptom checklist) and follow instructions without difficulty?	Y	N
Does the patient have a full range of pain-free PASSIVE cervical spine movement?	Y	N
Without moving their head or neck, can the patient look side-to-side and up-and-down without double vision?	Y	N
Can the patient perform the finger nose coordination test normally?	Y	N
Can the patient perform tandem gait normally?	Y	N

BALANCE EXAMINATION**Modified Balance Error Scoring System (mBESS) testing⁵**

Which foot was tested (i.e. which is the non-dominant foot) Left Right

Testing surface (hard floor, field, etc.) _____

Footwear (shoes, barefoot, braces, tape, etc.) _____

Condition	Errors
Double leg stance	_____ of 10
Single leg stance (non-dominant foot)	_____ of 10
Tandem stance (non-dominant foot at the back)	_____ of 10
Total Errors	_____ of 30

Name: _____
 DOB: _____
 Address: _____
 ID number: _____
 Examiner: _____
 Date: _____

5

STEP 5: DELAYED RECALL:

The delayed recall should be performed after 5 minutes have elapsed since the end of the Immediate Recall section. Score 1 pt. for each correct response.

Do you remember that list of words I read a few times earlier? Tell me as many words from the list as you can remember in any order.

Time Started

Please record each word correctly recalled. Total score equals number of words recalled.

Total number of words recalled accurately: _____ of 5 or _____ of 10

6

STEP 6: DECISION

Domain	Date & time of assessment:		
Symptom number (of 22)			
Symptom severity score (of 132)			
Orientation (of 5)			
Immediate memory	_____ of 15 _____ of 30	_____ of 15 _____ of 30	_____ of 15 _____ of 30
Concentration (of 5)			
Neuro exam	Normal Abnormal	Normal Abnormal	Normal Abnormal
Balance errors (of 30)			
Delayed Recall	_____ of 5 _____ of 10	_____ of 5 _____ of 10	_____ of 5 _____ of 10

Date and time of injury: _____

If the athlete is known to you prior to their injury, are they different from their usual self?

Yes No Unsure Not Applicable
 (If different, describe why in the clinical notes section)

Concussion Diagnosed?

Yes No Unsure Not Applicable

If re-testing, has the athlete improved?

Yes No Unsure Not Applicable

I am a physician or licensed healthcare professional and I have personally administered or supervised the administration of this SCAT5.

Signature: _____

Name: _____

Title: _____

Registration number (if applicable): _____

Date: _____

SCORING ON THE SCAT5 SHOULD NOT BE USED AS A STAND-ALONE METHOD TO DIAGNOSE CONCUSSION, MEASURE RECOVERY OR MAKE DECISIONS ABOUT AN ATHLETE'S READINESS TO RETURN TO COMPETITION AFTER CONCUSSION.

CLINICAL NOTES:

Name: _____
DOB: _____
Address: _____
ID number: _____
Examiner: _____
Date: _____



CONCUSSION INJURY ADVICE

(To be given to the person monitoring the concussed athlete)

This patient has received an injury to the head. A careful medical examination has been carried out and no sign of any serious complications has been found. Recovery time is variable across individuals and the patient will need monitoring for a further period by a responsible adult. Your treating physician will provide guidance as to this timeframe.

If you notice any change in behaviour, vomiting, worsening headache, double vision or excessive drowsiness, please telephone your doctor or the nearest hospital emergency department immediately.

Other important points:

Initial rest: Limit physical activity to routine daily activities (avoid exercise, training, sports) and limit activities such as school, work, and screen time to a level that does not worsen symptoms.

- 1) Avoid alcohol
- 2) Avoid prescription or non-prescription drugs without medical supervision. Specifically:
 - a) Avoid sleeping tablets
 - b) Do not use aspirin, anti-inflammatory medication or stronger pain medications such as narcotics
- 3) Do not drive until cleared by a healthcare professional.
- 4) Return to play/sport requires clearance by a healthcare professional.

Clinic phone number: _____

Patient's name: _____

Date / time of injury: _____

Date / time of medical review: _____

Healthcare Provider: _____

© Concussion in Sport Group 2017

Contact details or stamp

INSTRUCTIONS

Words in *italics* throughout the SCAT5 are the instructions given to the athlete by the clinician

Symptom Scale

The time frame for symptoms should be based on the type of test being administered. At baseline it is advantageous to assess how an athlete "typically" feels whereas during the acute/post-acute stage it is best to ask how the athlete feels at the time of testing.

The symptom scale should be completed by the athlete, not by the examiner. In situations where the symptom scale is being completed after exercise, it should be done in a resting state, generally by approximating his/her resting heart rate.

For total number of symptoms, maximum possible is 22 except immediately post injury, if sleep item is omitted, which then creates a maximum of 21.

For Symptom severity score, add all scores in table, maximum possible is $22 \times 6 = 132$, except immediately post injury if sleep item is omitted, which then creates a maximum of $21 \times 6 = 126$.

Immediate Memory

The Immediate Memory component can be completed using the traditional 5-word per trial list or, optionally, using 10-words per trial. The literature suggests that the Immediate Memory has a notable ceiling effect when a 5-word list is used. In settings where this ceiling is prominent, the examiner may wish to make the task more difficult by incorporating two 5-word groups for a total of 10 words per trial. In this case, the maximum score per trial is 10 with a total trial maximum of 30.

Choose one of the word lists (either 5 or 10). Then perform 3 trials of immediate memory using this list.

Complete all 3 trials regardless of score on previous trials.

"I am going to test your memory. I will read you a list of words and when I am done, repeat back as many words as you can remember, in any order." The words must be read at a rate of one word per second.

Trials 2 & 3 MUST be completed regardless of score on trial 1 & 2.

Trials 2 & 3:

"I am going to repeat the same list again. Repeat back as many words as you can remember in any order, even if you said the word before."

Score 1 pt. for each correct response. Total score equals sum across all 3 trials. Do NOT inform the athlete that delayed recall will be tested.

Concentration

Digits backward

Choose one column of digits from lists A, B, C, D, E or F and administer those digits as follows:

Say: *"I am going to read a string of numbers and when I am done, you repeat them back to me in reverse order of how I read them to you. For example, if I say 7-1-9, you would say 9-1-7."*

Begin with first 3 digit string.

If correct, circle "Y" for correct and go to next string length. If incorrect, circle "N" for the first string length and read trial 2 in the same string length. One point possible for each string length. Stop after incorrect on both trials (2 N's) in a string length. The digits should be read at the rate of one per second.

Months in reverse order

"Now tell me the months of the year in reverse order. Start with the last month and go backward. So you'll say December, November ... Go ahead"

1 pt. for entire sequence correct

Delayed Recall

The delayed recall should be performed after 5 minutes have elapsed since the end of the Immediate Recall section.

"Do you remember that list of words I read a few times earlier? Tell me as many words from the list as you can remember in any order."

Score 1 pt. for each correct response

Modified Balance Error Scoring System (mBESS)⁵ testing

This balance testing is based on a modified version of the Balance Error Scoring System (BESS)⁵. A timing device is required for this testing.

Each of 20-second trial/stance is scored by counting the number of errors. The examiner will begin counting errors only after the athlete has assumed the proper start position. The modified BESS is calculated by adding one error point for each error during the three 20-second tests. The maximum number of errors for any single condition is 10. If the athlete commits multiple errors simultaneously, only

one error is recorded but the athlete should quickly return to the testing position, and counting should resume once the athlete is set. Athletes that are unable to maintain the testing procedure for a minimum of five seconds at the start are assigned the highest possible score, ten, for that testing condition.

OPTION: For further assessment, the same 3 stances can be performed on a surface of medium density foam (e.g., approximately 50cm x 40cm x 6cm).

Balance testing – types of errors

- | | | |
|---------------------------------|---|---|
| 1. Hands lifted off iliac crest | 3. Step, stumble, or fall | 5. Lifting forefoot or heel |
| 2. Opening eyes | 4. Moving hip into > 30 degrees abduction | 6. Remaining out of test position > 5 sec |

"I am now going to test your balance. Please take your shoes off (if applicable), roll up your pant legs above ankle (if applicable), and remove any ankle taping (if applicable). This test will consist of three twenty second tests with different stances."

(a) Double leg stance:

"The first stance is standing with your feet together with your hands on your hips and with your eyes closed. You should try to maintain stability in that position for 20 seconds. I will be counting the number of times you move out of this position. I will start timing when you are set and have closed your eyes."

(b) Single leg stance:

"If you were to kick a ball, which foot would you use? [This will be the dominant foot] Now stand on your non-dominant foot. The dominant leg should be held in approximately 30 degrees of hip flexion and 45 degrees of knee flexion. Again, you should try to maintain stability for 20 seconds with your hands on your hips and your eyes closed. I will be counting the number of times you move out of this position. If you stumble out of this position, open your eyes and return to the start position and continue balancing. I will start timing when you are set and have closed your eyes."

(c) Tandem stance:

"Now stand heel-to-toe with your non-dominant foot in back. Your weight should be evenly distributed across both feet. Again, you should try to maintain stability for 20 seconds with your hands on your hips and your eyes closed. I will be counting the number of times you move out of this position. If you stumble out of this position, open your eyes and return to the start position and continue balancing. I will start timing when you are set and have closed your eyes."

Tandem Gait

Participants are instructed to stand with their feet together behind a starting line (the test is best done with footwear removed). Then, they walk in a forward direction as quickly and as accurately as possible along a 38mm wide (sports tape), 3 metre line with an alternate foot heel-to-toe gait ensuring that they approximate their heel and toe on each step. Once they cross the end of the 3m line, they turn 180 degrees and return to the starting point using the same gait. Athletes fail the test if they step off the line, have a separation between their heel and toe, or if they touch or grab the examiner or an object.

Finger to Nose

"I am going to test your coordination now. Please sit comfortably on the chair with your eyes open and your arm (either right or left) outstretched (shoulder flexed to 90 degrees and elbow and fingers extended), pointing in front of you. When I give a start signal, I would like you to perform five successive finger to nose repetitions using your index finger to touch the tip of the nose, and then return to the starting position, as quickly and as accurately as possible."

References

1. McCrory et al. Consensus Statement On Concussion In Sport – The 5th International Conference On Concussion In Sport Held In Berlin, October 2016. British Journal of Sports Medicine 2017 (available at www.bjism.bmj.com)
2. Maddocks, DL; Dicker, GD; Saling, MM. The assessment of orientation following concussion in athletes. Clinical Journal of Sport Medicine 1995; 5: 32-33
3. Jennett, B., Bond, M. Assessment of outcome after severe brain damage: a practical scale. Lancet 1975; i: 480-484
4. McCrea M. Standardized mental status testing of acute concussion. Clinical Journal of Sport Medicine. 2001; 11: 176-181
5. Guskiewicz KM. Assessment of postural stability following sport-related concussion. Current Sports Medicine Reports. 2003; 2: 24-30

CONCUSSION INFORMATION

Any athlete suspected of having a concussion should be removed from play and seek medical evaluation.

Signs to watch for

Problems could arise over the first 24-48 hours. The athlete should not be left alone and must go to a hospital at once if they experience:

- Worsening headache
- Repeated vomiting
- Weakness or numbness in arms or legs
- Drowsiness or inability to be awakened
- Unusual behaviour or confusion or irritable
- Unsteadiness on their feet.
- Inability to recognize people or places
- Seizures (arms and legs jerk uncontrollably)
- Slurred speech

Consult your physician or licensed healthcare professional after a suspected concussion. Remember, it is better to be safe.

Rest & Rehabilitation

After a concussion, the athlete should have physical rest and relative cognitive rest for a few days to allow their symptoms to improve. In most cases, after no more than a few days of rest, the athlete should gradually increase their daily activity level as long as their symptoms do not worsen. Once the athlete is able to complete their usual daily activities without concussion-related symptoms, the second step of the return to play/sport progression can be started. The athlete should not return to play/sport until their concussion-related symptoms have resolved and the athlete has successfully returned to full school/learning activities.

When returning to play/sport, the athlete should follow a stepwise, **medically managed exercise progression, with increasing amounts of exercise.** For example:

Graduated Return to Sport Strategy

Exercise step	Functional exercise at each step	Goal of each step
1. Symptom-limited activity	Daily activities that do not provoke symptoms.	Gradual reintroduction of work/school activities.
2. Light aerobic exercise	Walking or stationary cycling at slow to medium pace. No resistance training.	Increase heart rate.
3. Sport-specific exercise	Running or skating drills. No head impact activities.	Add movement.
4. Non-contact training drills	Harder training drills, e.g., passing drills. May start progressive resistance training.	Exercise, coordination, and increased thinking.
5. Full contact practice	Following medical clearance, participate in normal training activities.	Restore confidence and assess functional skills by coaching staff.
6. Return to play/sport	Normal game play.	

In this example, it would be typical to have 24 hours (or longer) for each step of the progression. If any symptoms worsen while exercising, the athlete should go back to the previous step. Resistance training should be added only in the later stages (Stage 3 or 4 at the earliest).

Written clearance should be provided by a healthcare professional before return to play/sport as directed by local laws and regulations.

Graduated Return to School Strategy

Concussion may affect the ability to learn at school. The athlete may need to miss a few days of school after a concussion. When going back to school, some athletes may need to go back gradually and may need to have some changes made to their schedule so that concussion symptoms do not get worse. If a particular activity makes symptoms worse, then the athlete should stop that activity and rest until symptoms get better. To make sure that the athlete can get back to school without problems, it is important that the healthcare provider, parents, caregivers and teachers talk to each other so that everyone knows what the plan is for the athlete to go back to school.

Note: If mental activity does not cause any symptoms, the athlete may be able to skip step 2 and return to school part-time before doing school activities at home first.

Mental Activity	Activity at each step	Goal of each step
1. Daily activities that do not give the athlete symptoms	Typical activities that the athlete does during the day as long as they do not increase symptoms (e.g. reading, texting, screen time). Start with 5-15 minutes at a time and gradually build up.	Gradual return to typical activities.
2. School activities	Homework, reading or other cognitive activities outside of the classroom.	Increase tolerance to cognitive work.
3. Return to school part-time	Gradual introduction of school-work. May need to start with a partial school day or with increased breaks during the day.	Increase academic activities.
4. Return to school full-time	Gradually progress school activities until a full day can be tolerated.	Return to full academic activities and catch up on missed work.

If the athlete continues to have symptoms with mental activity, some other accommodations that can help with return to school may include:

- Starting school later, only going for half days, or going only to certain classes
- Taking lots of breaks during class, homework, tests
- More time to finish assignments/tests
- No more than one exam/day
- Quiet room to finish assignments/tests
- Shorter assignments
- Not going to noisy areas like the cafeteria, assembly halls, sporting events, music class, shop class, etc.
- Repetition/memory cues
- Use of a student helper/tutor
- Reassurance from teachers that the child will be supported while getting better

The athlete should not go back to sports until they are back to school/learning, without symptoms getting significantly worse and no longer needing any changes to their schedule.



Sport concussion assessment tool - 5th edition

Br J Sports Med published online April 26, 2017

Updated information and services can be found at:
<http://bjsm.bmj.com/content/early/2017/04/26/bjsports-2017-097506S>
[CAT5.citation](#)

These include:

Email alerting service

Receive free email alerts when new articles cite this article. Sign up in the box at the top right corner of the online article.

Notes

To request permissions go to:
<http://group.bmj.com/group/rights-licensing/permissions>

To order reprints go to:
<http://journals.bmj.com/cgi/reprintform>

To subscribe to BMJ go to:
<http://group.bmj.com/subscribe/>