

The Effect of Acute Team-Based Exercise on Visuomotor Processing Speed and Vigilance among Elite eSport Athletes and Healthy Non-Gamers

Nicklas Søndergaard Pedersen¹, Alexander Sloth-Kristensen¹ og Mathias Berner Skriver¹
(18gr10604)

¹School of Medicine and Health, Aalborg University, Denmark

¹Speciale, kandidat i idræt

Purpose: This research project focuses on the subjects of high intensity acute exercise and the benefits of it, while also looking into how it might affect individuals adept in different games in eSports. eSports has evolved rapidly over the course of the last 30 years where the audience and player base now spans several hundred million. The competitive scene of some games in eSports has also flourished in particular for League of Legends (LoL) and Counter Strike: Global Offensive (CS:GO), where viewership and prize pool often breaks one million. The purpose is therefore to test whether a high intensity acute bout of team-based (TB) exercise can enhance elite eSport athletes', in LoL and CS:GO, Visuomotor Processing Speed and vigilance in a Timed Chase Test (TCT) and a Perceptual Vigilance Task (PVT) while comparing the effects of the acute TB exercise with a group of healthy non-gamers.

Method: A crossover design was used with 8 elite eSport athletes and 9 healthy non-gamers. The groups received information that both the control condition and the acute bout of exercise should increase their Visuomotor Processing Speed and Vigilance. On each test day 4-6 participants of either group showed up to either 30 minutes of rest in a declined gaming chair or 30 minutes of floorball in two teams with 3 on each team. The groups were then either placed immediately at the computer after rest to execute the TCT and PVT or had to rest 20 minutes after the acute bout of exercise, whereafter they executed the TCT and PVT. Results from the Pre TCT, Post TCT, and Post PVT were recorded in Inquisit Lab 5.

Results: No significant differences were found for any of the interactions in TCT or PVT. A significant main effect for group and time was found for the TCT, where the elite eSports athletes on average made 28,8 more correct moves compared to the non-gamers across all conditions and time points. Significant differences was found for errortype*condition*time with the amount of Legal Errors (LE) during the TCT being significantly higher from pre to post testing of the acute bout of TB exercise. A significant difference was seen for the duration of the PVT across groups and conditions with reaction times (RT) generally being slower from the first two minutes to the last two minutes.

Conclusion: In conclusion no effect of acute high intensity TB physical exercise was found on the visuomotor processing speed or vigilance on neither elite eSport athletes or healthy non-gamers. The study contributes knowledge as to how elite eSport athletes and healthy non-gamers perform in a new way to use TCT and a novel way to interpret results of a PVT.

Keywords: eSport, Acute Exercise, Visuomotor Processing Speed, Vigilance, Timed Chase Test, Perceptual Vigilance Task, Elite eSport Athletes.

Introduktion

Elektronisk sport (eSport) er de seneste 30 år eksploderet i popularitet over hele verden hurtigere end nogen anden sport i historien (Kowal, Toth, Exton, & Campbell, 2018; Smith & Skinner, 2018). Særligt Multiplayer Online Battle Arena (MOBA)- spil har indenfor de seneste år indtaget eSports-scenen (Bonny, Castenada, & Swanson, 2016) især med udgivelsen af det populære spil, League of Legends (LoL), i 2009 med over 100 millioner aktive spillere om måneden (Statista, 2019). Et andet spil, hvor interessen også har været stor, er indenfor genren First Person shooter (FPS) specielt et spil kaldet Counter-Strike: Global Offensive (CS:GO), hvor Danmark er en af de førende nationer med verdens bedste hold Astralis (Milocanovic, 2018). Den øgede popularitet har også medført et stort kommercielt marked, hvor eSport blev estimeret af en Newzoo global eSports markedsrapport for at generere omkring 700 mio. USD i omsætning baseret på et globalt publikum på næsten 400 millioner mennesker (Smith & Skinner, 2018).

Med den stigende interesse for eSport genren på internationalt såvel som på nationalt plan, følger der også et stort fokus på eSports atleterne og deres evne til at præstere. I moderne sport er der et stort pres for at forbedre præstation hurtigt og være konsekvent i at levere resultater både i amatør- og professionelle kredse (Davis, 2013). Specielt action videospil som CS:GO og LoL stiller store kognitive krav til spillerne (Lee & Heeter, 2017), hvor Boot et al., (2008) bl.a. argumenterer for, at spillerne skal fokusere på flere krævende og overlappende kognitive opgaver. Action videospillene er også præget af et højt tempo, hvilket begrænser eSports atleternes tid til at tage beslutninger og igangsætte motoriske responser (Kowal et al., 2018), hvorfor eksempelvis en kognitiv motorisk færdighed som Visuomotor Processing Speed, som indebærer synkroniseringen af den visuelle information og den fysiske bevægelse, spiller en væsentlig rolle i forhold til eSports atletens præstation. Kowal et al. (2018) argumenter ligeledes for, at action videospillene kræver en dynamisk blanding af højt fokuseret opmærksomhed og årvågenhed, som specielt er relevant for CS:GO og LoL spillere, hvor et kortvarigt glip i opmærksomheden eller årvågenheden kan resultere i, at man taber sin direkte duel mod sin modstander og ens karakter i spillet dør.

Fysisk træning (FT) og dens positive virkninger på kognitionen har i en årrække været veldokumenteret (Basso & Suzuki, 2016; Mandolesi et al., 2018) men synes at være mangelfuldt i

forhold til effekten af FT på elite atlethers kognition, specielt hos elite eSports atleter, hvor optimerede kognitivt motoriske færdigheder er en nødvendighed for at præstere på eliteniveau (Kowal et al., 2018; Lee & Heeter, 2017). I et studie af Kari et al. fra 2016, hvor 115 elite eSports atleter blev adspurgt om FT, fandt studiet, at FT ikke dyrkes i et henseende om at forbedre deres konkurrenceevne (8,7%) men snarere pga. en øget bevidsthed om fordelene ved en sund livsstil (47%) (Kari & Karhulahti, 2016). Yderligere forskning anses derfor som nødvendigt for at belyse effekterne af FT for eSports atleter og de potentielle effekter på deres sportslige præstation.

Udover litteraturen om virkningerne af langvarig FT er der sideløbende blevet foretaget studier, der undersøger effekten af akut FT på kognitionen (Basso & Suzuki, 2016; Chang, Labban, Gapin, & Etnier, 2012; Tomporowski, 2003; Tsai et al., 2013). Fænomenet refererer til udførelsen af én enkelt FT med en varighed fra et par sekunder til flere timer, hvor den største effekt ses, når træningen består af akut aerob træning (Dietrich & Audiffren, 2011; Pontifex, Hillman, Fernhall, Thompson, & Valentini, 2009). Den akutte FT har vist positive effekter på kognitive færdigheder, der involverer hukommelse og opmærksomhed samt kognitive færdigheder, der kræver en motorisk respons (Chang et al., 2012; Mandolesi et al., 2018; Tomporowski, 2003). Mere specifikt kan det forbedre visse aspekter af den kognitive bearbejdning herunder reaktionstid og nøjagtighed (McMorris & Hale, 2012; Tomporowski, 2003; Tsai et al., 2013).

Forbedringerne af kognitionen forårsaget af den akutte FT tilskrives forskellige fysiologiske mekanismer, herunder øget cerebral blodgennemstrømning, øget metabolisme (Querido & Sheel, 2007), samt stigninger i nervevækstfaktorer som Brain-Derived Neurotrophic Factor (BDNF) (Kamijo et al., 2009; Neeper, Gomez-Panilla, Choi, & Cotman, 1995; Tsai, Pan, Cherng, Hsu, & Chiu, 2009; Tsai et al., 2013; Zoladz et al., 2008). Derudover har EEG målinger vist ændringer i Event-Related Potentials (ERP), specifikt ændringer for P300-bølgen, som repræsenterer den neurale aktivitet af basal kognition, herunder motoriske responser, hvor der ses en stigning i amplitude i P300 samt et fald i latenstiden, hvilket indikerer, at flere opmærksomhedsressourcer er tilgængelige til at udføre en kognitiv opgave (Kamijo et al., 2004). Derudover har tidspunktet for udførelsen af kognitivt motoriske tests efter en akut FT vist sig at være afhængig af intensitetsniveauet af den akutte FT, hvor lavere intensitetsniveauer resulterer i de største effekter straks efter akut FT. Høje intense

akutte træningssessioner har dog vist sig nødvendig for at maksimere effekterne, hvis der er en forsinkelse mellem den akutte træningssession og den kognitive motoriske opgave (Chang et al., 2012).

På trods af at flere studier har demonstreret, at akut FT er positivt relateret til kognitiv præstation, hos raske unge mænd (Basso & Suzuki, 2016; Chang et al., 2012; Tomporowski, 2003; Tsai et al., 2013), er der hidtil ingen studier foretaget, der undersøger effekterne på elite eSports atleter. I nærværende studie defineres elite eSports atleter, som individer, der træner mindst 13 timer om ugen samt har niveau til at konkurrere i den bedste nationale liga (Swann, Moran, & Piggott, 2015). Taget de store kognitive krav, det kræver at dyrke eSport på elite niveau, i betragtning (Boot, Kramer, Simons, Fabiani, & Gratton, 2008; Kowal et al., 2018; Lee & Heeter, 2017) findes det derfor relevant at undersøge, om akut FT kan forbedre elite eSports atlethers Visuomotor Processing Speed samt deres evne til at fastholde opmærksomhed og årvågenhed, som er vigtige kognitive motoriske og kognitive færdigheder indenfor eSport og actionvideospil som CS:GO og League of Legends (Kowal et al., 2018). Formålet med studiet er derfor følgende: (1) at undersøge om en høj-intens akut aerob træning kan forbedre elite eSport atlethers Visuomotor Processing Speed samt deres evne til at fastholde opmærksomhed og årvågenhed målt ved hjælp af hhv. en Timed Chase Test (TCT) og Perceptual Vigilance Task (PVT). (2) at undersøge og sammenligne effekterne af den høj-intense akutte aerobe træning med en gruppe raske unge mænd, der spiller computer under 4 timer om ugen. Det forventes, at en akut høj-intens træning vil resultere i positive adfærdsmæssige præstationer for begge grupper i både TCT og PVT, og at gruppen der ikke spiller computer vil opnå de største adfærdsmæssige præstationsforbedringer.

Metode

Deltagere

En gruppe af raske normale forsøgspersoner ($n=9$) ($22,55 \pm 1,90$ år), som spillede computer under 4 timer om ugen (Swann et al., 2015), og en gruppe elite eSports atleter ($n=8$) ($22,55 \pm 1,90$ år) blev rekrutteret. Alle forsøgspersonerne rapporterede sig raske uden evidens for nogen former for neurologiske, metaboliske eller hjertekar sygdomme (Tsai et al., 2013). Forsøgspersonerne indtog ikke medicin, som kunne påvirke funktionerne af nervesystemet (Tsai et al., 2013). Forsøgspersonerne underskrev en informeret samtykkeerklæring, som blev udleveret før forsøgets

start, hvorefter de udfyldte Edinburgh Handedness Inventory (EHI) ($77,43 \pm 40,33$ Laterality Quotient (L.Q.)) (Oldfield, 1971). Forsøgspersonerne måtte 48 timer før hver testsession ikke have udført hård fysisk aktivitet (Ferris, Williams, & Shen, 2007; Mang, Snow, Campbell, Ross, & Boyd, 2014; Tsai et al., 2013) eller have indtaget alkohol 24 timer før. Derudover blev forsøgspersonerne instrueret i ikke at indtage koffein tre timer før hver testsession (Thomas et al., 2017; Tsai et al., 2013).

Tabel 1: Demografisk karakteristika (mean $\pm$ SD) af de to træningsinterventionsgrupper elite og Ikke-elite for henholdsvis forsøgspersoner som spiller computer på elite niveau og som ikke spiller computer mere end 4 timer om ugen

Gruppe	Elite (n = 8)	Ikke-elite (n = 9)
Alder (år)	21,12 $\pm$ 2,94	22,55 $\pm$ 1,90
BMI (kg/m ²)	21,8 $\pm$ 1,55	23,1 $\pm$ 1,88
Spiltid (timer pr. uge)	25,11 $\pm$ 14	1,22 $\pm$ 2,06
VO ₂ max (ml/kg/min)	42,63 $\pm$ 2,24	48,97 $\pm$ 4,08
RPE (FT)	16,05 $\pm$ 2,97	15,21 $\pm$ 1,53
% makspuls (FT)	89,39 $\pm$ 6,01	85,65 $\pm$ 5,68
% makspuls (KON)	37,10 $\pm$ 3,62	32,65 $\pm$ 6,72
EHI	88,67 $\pm$ 13,31	72,44 $\pm$ 52,38 **

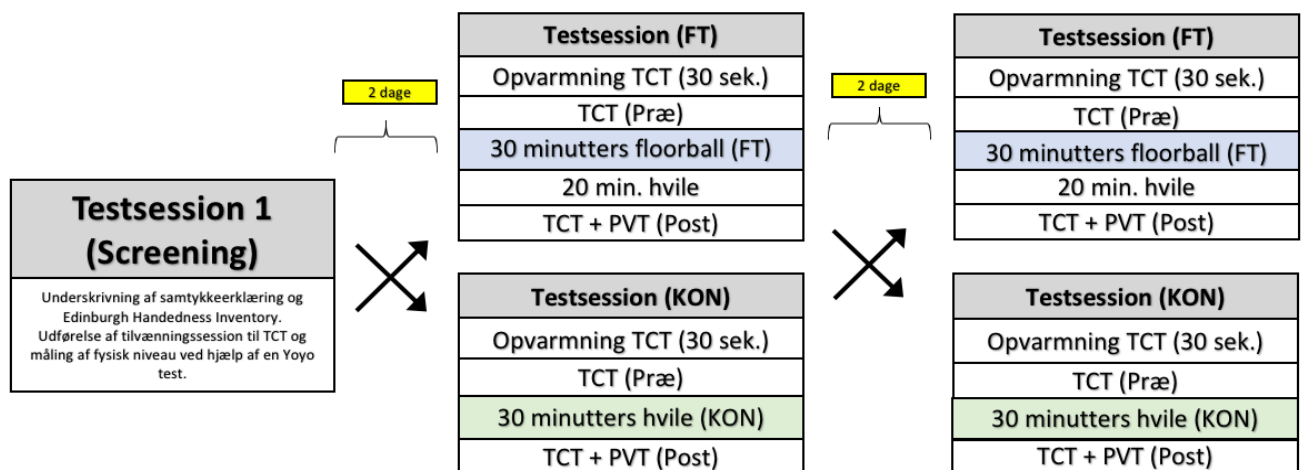
*EHI: Edinburgh Handedness Inventory, % puls under træning og hvile (FT+KON): Normaliseret gennemsnitspuls, BMI: Body Mass Index, RPE: Rating of Percieved Excorition, **Stor SD da en enkelt forsøgsperson var venstrehåndet*

Procedure

Et skematisk overblik over forsøgets procedure kan ses på figur 1. Forsøget bestod af tre testsessioner, henholdsvis Testsession 1 (Screening), en kontrol testsession (KON), og en testsession hvor forsøgspersonerne udførte 30 minutters høj-intens akut FT. Screening og de efterfølgende Testsessioner var adskilt af mindst 48 timer (Mang et al., 2014). Til Screening blev forsøgspersonerne bedt om at underskrive en samtykkeerklæring samt udfylde EHI. Umiddelbart herefter blev de målt og vejret samt fik monteret pulsurre (Suunto Ambit3 run lime HR, SS021261000, Finland). Forsøgspersonerne skulle ligeledes udføre en Time Chased Test (TCT) og en Perceptual Vigilance Test (PVT), som beskrevet i afsnittene Timed Chase Test og Perceptual Vigilance Test, i hhv. 2 min. og 1 min. for at tilvænne forsøgspersonerne til disse, således alle forsøgspersonerne blev bekendt med reglerne og formålet med testen. Dette blev udført, da der under pilotforsøg med TCT ses en tendens til, at alle forsøgspersoner forbedrede sig fra første til anden testgang, men der ses hverken

tendens til fremgang eller forværring fra anden til fjerde testgang om end ingen signifikant forskel blev fundet (Jf. arbejdsblade: Timed Chase Test - Pilotforsøg). Dernæst blev forsøgspersonernes kardiorespiratoriske fitness niveau målt ved hjælp af en Yo-Yo Intermittent Recovery Test 1 (Yo-Yo IR1) (Bangsbo, Iaia, & Krstrup, 2008; Krstrup et al., 2003).

Forsøget var konstrueret som et crossover-design, hvorfor forsøgspersonerne fra elite- og ikke elitegruppen skulle igennem både en kontrol-intervention (KON), og den egentlige intervention (FT), som var forsøgt randomiseret. For at mindske en mulig placebo-effekt blev forsøgspersonerne fortalt, at formålet med forsøget både var at undersøge, hvordan 30 minutters FT og 30 minutters hvile kunne forbedre deres præstation. Forsøgspersonerne blev mødte ved begge testsessioner (KON, FT) i grupper af 4-6 personer. Rating of Perceived Exertion (Borg, 1982; Borg, 1998; Weng, Pierce, Darling, & Voss, 2014) anvendt, hvor forsøgspersonerne rapporterede, hvor på skalaen de lå i starten af hver pause under den akutte FT samt umiddelbart efter endt akut FT (jf. Akut Fysisk Træning). De blev herefter placeret ved hver sin computer, hvor de udførte en opvarmningssession af TCT'en på 30 sekunder. Efter opvarmningssessionen udførte forsøgspersonerne TCT præ-test svarende til ét enkelt forsøg på 120 sekunder. Derefter skulle forsøgspersonerne enten udføre hvile (KON), eller spille 30 minutters floorball i to hold med tre på hvert hold (FT), mens deres puls blev monitoreret. I de situationer, hvor seks forsøgspersoner ikke kunne samles til at spille floorball på samme dag, ville en eller to af studiets forskere være med i den akutte FT. Forsøgspersonerne blev herefter eskorteret til AaB eSports træning faciliteter, hvor de blev instrueret i at lægge sig ned på en AaB eSport gamerstol i en vinkel på 170° og slappe helt af, mens deres puls blev målt. Efter 20 minutter satte forsøgspersonerne sig ved samme PC, som ved præ-TCT, og påbegyndte post-TCT med en 30 sekunders opvarmningssession. Da post-TCT var udført fik forsøgspersonerne en 30 sekunders pause, hvorefter de udførte PVT'en, der havde en varighed på 10 min. (Dorrian, Rogers, & Dinges, 2005; Lenoir et al., 2018; Wilkinson & Houghton, 1982). Til kontrolsessionen blev forsøgspersonerne instrueret i, at de skulle lægge sig ned på en AaB eSport gamerstol i en vinkel på 170° og slappe helt af i 30 minutter.



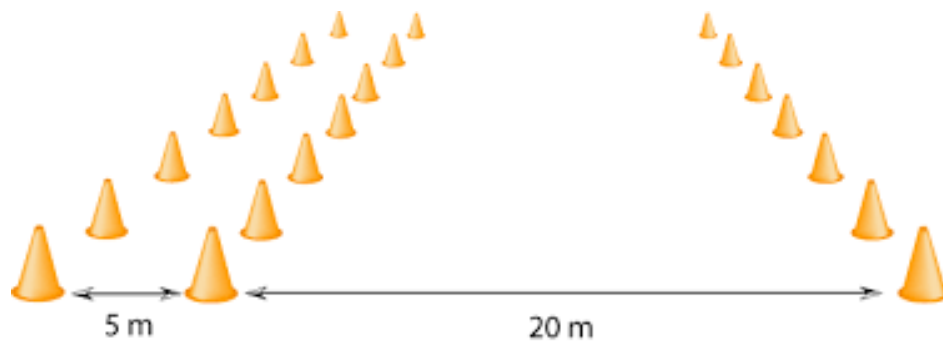
Figur 1: Skematisk overblik over studiets design med tre test-sessioner

Opstilling

Asus MG248Q skærm blev anvendt med Windows 10 styresystem og Inquisit Lab 5 blev anvendt, hvortil forsøgspersonerne indtog en komfortabel position foran skærmen. Hertil blev en Asus Strix Impact mus brugt til testen.

Screening af fysisk niveau

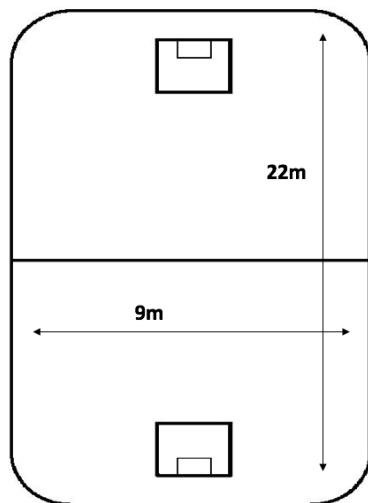
Alle forsøgspersonerne skulle forud for interventionen screenes for deres KFN. Dette blev gjort ved hjælp af en Yo-Yo IR1 (Bangsbo et al., 2008; Krstrup et al., 2003). Forsøgspersonerne fik før testens start en instruktion i udførelsen af testen. En distance blev opmålt på 20 meter og markeret med kegler i begge ender, hvortil 5 meter ekstra yderligere blev markeret i enden, hvor de starter, som vist på figur 2. Forsøgspersonerne skulle som opvarmning udføre de 4 første niveauer af Yo-Yo IR1 (Krstrup et al., 2003). Efter opvarmningen blev forsøgspersonerne instrueret i at stille sig klar nede bagved den inderste keglelinje. Derefter startes testen og forsøgspersonerne blev instrueret i at løbe, når de hørte første bip. Forsøgspersonerne skulle dernæst løbe ned til første keglelinje i modsatte ende før næste bip lød og så tilbage igen før næste bip lød. Dette blev efterfulgt af 10 sekunders aktiv-hvile, hvor de havde 10 sekunder til at jogge ned og runde yderste keglelinje og stille sig klar ved inderste keglelinje igen før næste bip lød. Denne sekvens gentages samtidig med, at hastigheden steg. Første gang en forsøgsperson ikke nåede ned til den anden ende, før bippet lød, fik de en advarsel, og anden gang de ikke nåede det, var de færdige med testen, og den sidste banelængde noteres med i det afsluttende resultat (Krstrup et al., 2003).



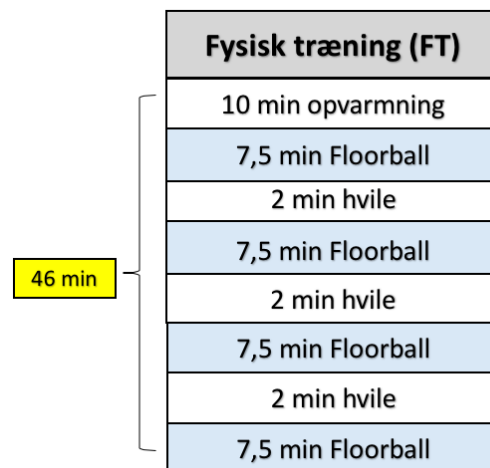
Figur 2: En illustration af løbebanens opstilling til en Yo-Yo IR1 test (Topend Sports, 2018).

Akut fysisk træning

Den akutte FT var inspireret af et forsøg af Thomas et al. (2017), som anvendte hockey som akut FT til at forbedre motor memory consolidation, og som bestod i at spille hockey på en 22x9 meters indendørs hockey bane (Figur 3). Den akutte FT blev modificeret for at tilpasse intensiteten til en høj intensitets akut aerob træning, hvor varigheden ændres til 30 minutters aktiv floorball (Arcelin, Delignieres, & Brisswalter, 1998; Fleury & Bard, 1985; Tsai et al., 2013), og hvor intensitetsniveauet i de aktive perioder af spillet skulle ligge mellem 77-93% af makspulsen eller på 14-16 på RPE for hver enkelt forsøgsperson (Borg, 1998; Sundhedsstyrelsen, 2016). Forsøgspersonerne spillede floorball i intervaller af 7½ min, tre mod tre, og mellem hvert interval var der to minutters hvile (Figur 4). Den samlede varighed var 46 minutter inklusiv opvarmning bestående af fem minutters løb og fem minutters modalitets specifik opvarmning (Thomas et al., 2017). For at sikre at alle forsøgspersonerne udførte den akutte FT med høj intensitet blev forsøgspersonerne, under den akutte FT, udstyret med pulsure således, at de enkelte forsøgspersoners intensitetsniveau kunne monitoreres. Yderligere blev forsøgspersonerne i pauserne udspurgt om RPE. I de 7½ min aktive spil blev forsøgspersonerne bedt om at tjekke deres ure for at se, om deres puls lå over et individuelt bestemt niveau ved 1 min, 4 min og 7½ min, som de var bekendtgjort med umiddelbart inden kampens start. Hvis deres puls lå under dette niveau, blev de instrueret i at være mere aktive i spillet.



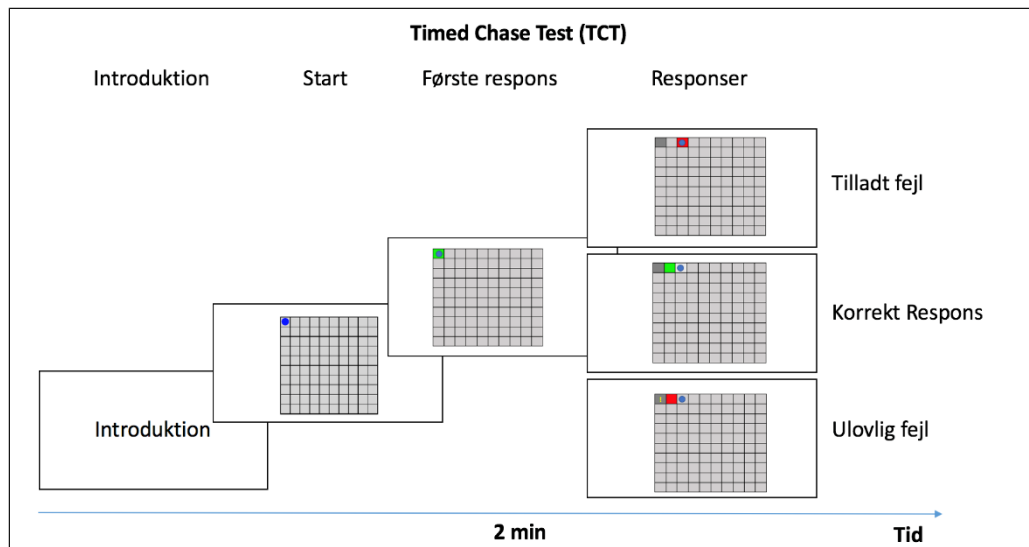
Figur 3: Illustration af hockeybanen med dertilhørende længde- og breddemål af banen (Houman, 2015).



Figur 4: Skematisk overblik over træningsprotokol

Time Chased Test (TCT)

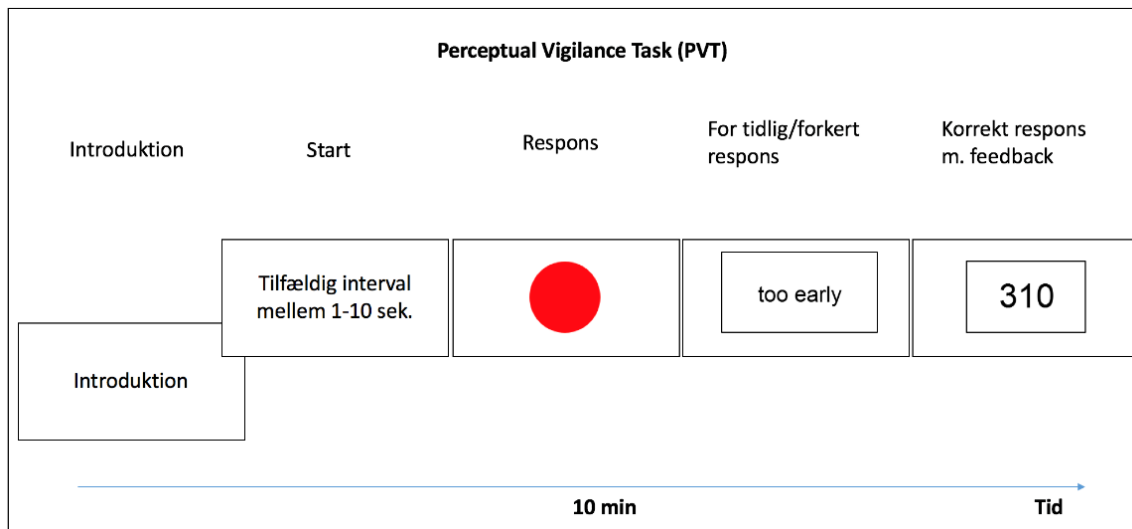
Programmet Inquisit 5 fra Inquisit lab (Milisecond Software, 2018) blev brugt til at udføre en TCT fra Millisecond Test Library (Borchert, 2017). En Timed Chase Test (TCT) blev anvendt til at måle forsøgspersonernes Visuomotor Processing Speed udtrykt ved antallet af korrekte responser og havde en modificeret varighed på 120 sek. (Pietrzak, Cohen, & Snyder, 2007). Den kognitiv-motoriske test blev foretaget på en computer, hvortil en computermus anvendes med højre hånd. Forsøgspersonen blev bedt om hurtigst muligt at klikke på en blå cirkel, der viste sig i et felt af en 10x10 matrix. Når den blå cirkel blev klikket på flyttede den sig 1-2 kvadrater væk i en tilfældig retning fra dens forrige felt til et nyt felt i matricen. Der eksisterer tre forskellige fejltyper i TCT'en, hvoraf 2 er illustreret på figur 5. Legal error (LE) indebærer, at der trykkes på det forkerte felt én gang og svarer til tilladt fejl på figuren, Perseverance error (PE) svarer til, at der trykkes forkert to gange i streg, og Rule-break error (RE) svarer til, at der trykkes forkert 3 gange og er illustreret på figuren med ulovlig fejl.



Figur 5: Forløbet af en Timed Chase Test og de forskellige mulige responser som forekommer under testen. De mørkegrå felter er markeret for at illustrere det sidste korrekte felt.

Perceptual Vigilance Test (PVT)

Programmet Inquisit 5 fra Inquisit lab (Milisecond Software, 2018) blev brugt til at udføre en PVT fra Millisecond Test Library (Borchert, 2017). PVT'en, som illustreret på figur 6, er en reaktionsopgave, hvor én enkelt stimulus er defineret, inden opgaven starter (Borchert, 2018; Donders, 1969; Drummond, Hayduk-Cost, Leguerrier, & Carlsen, 2017). Her var det forsøgspersonens opgave at reagere på stimulus hurtigst muligt, når dette blev vist (Drummond et al., 2017). Det ses på figur 6, at stimulus var en rød cirkel, hvor den korrekte respons var et klik med venstre tast på musen. Hvis responsen blev udført korrekt, blev reaktionstiden vist som feedback på den korrekte respons, og en ny stimulus ville blive vist efter et interval mellem 1-10 sekunder. Hvis forsøgspersonen reagerede for tidligt blev dette bekendtgjort af feedback-teksten "too early", og en ny stimulus ville ligeledes blive vist som beskrevet ved den korrekte respons.



Figur 6: Forløbet af en Perceptual Vigilance Task, hvor de forskellige responser forekommer og feedbacken der gives efterfølgende

Dataanalyse

Rå data fra TCT blev tjekket for LE (3,91 %), PE (1,90 %) og RE (0,56 %) for elitegruppen og LE (2,68 %), PE (1,16 %) og RE (0,33 %) for ikke-elitegruppen, og rå data fra PVT blev opdelt i 5 intervaller af 2 min. og tjekket for for tidlige responser, responser på under 100 ms, samt lapses, som er defineret som RT på over 500 ms (Thomann, 2015, Dorrian, 2005). Responser på under 100 ms blev fjernet fra datasættet, da de ikke blev anset som mulige. For ikke-elitegruppen fandtes 20 lapses (1,14%), og 27 "too early" responser (1,53%) blev fjernet, og for elitegruppen fandtes 14 lapses (0,92%), og 34 "too early" responser (2,23%) fjernet. Hver forsøgspersons gennemsnitlige RT og SD blev udregnet for hvert to minutters interval, da der ønskes at se en forskel i forsøgspersonernes evne til at fastholde opmærksomhed, og dermed deres udvikling i RT over tid i testen.

Rå data fra pulsmålingerne blev anvendt til at udregne forsøgspersonernes gennemsnitlige puls under den FT, hvor den gennemsnitlige puls blev udregnet for hvert interval forsøgspersonerne var aktive. Gennemsnitspulsen blev ligeledes udregnet for hver forsøgspersons interventionshvile i 30 minutter og alle forsøgspersoners maksimale puls blev estimeret ved 220 - alder. Herefter blev gennemsnitspulsen normaliseret til hver forsøgspersons estimerede makspuls.

Statistisk analyse

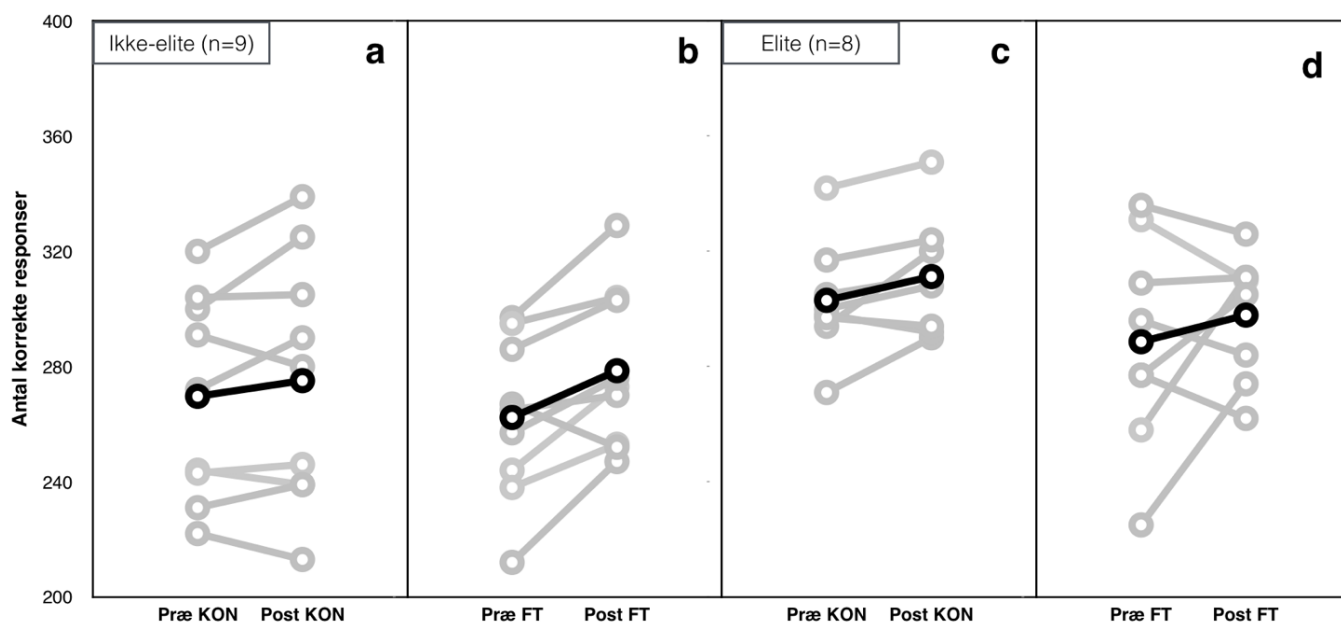
Den statistiske analyse blev udført med IBM SPSS statistics version 25.0 med et signifikansniveau på 5%. Normaliserede pulsmålinger, TCT og PVT opdelt i 2 minutters intervaller (I1: 0-2 min., I2: 2-4 min., I3: 4-6 min., I4: 6-8min., I5: 8-10 min.) blev først testet for normalfordeling, ved Shapiro-Wilk's test for normality, som viste, at data var normalfordelt bortset fra post FT I4 i PVT for ikke-elitegruppen. TCT blev testet med en 3-Way Mixed Model ANOVA (MM ANOVA) med 2 within subjects faktorer condition (Kontrol, FT) og tid (Præ, Post) og 1 between subjects faktor, gruppe (ikke-elite, elite), og PVT blev testet med en 3-way MM ANOVA med 2 within subjects faktorer, condition (Kontrol, FT) og interval på 2 min. (I1, I2, I3, I4, I5), og 1 between subjects faktor, gruppe (ikke-elite, elite). Mauchy's test of sphericity viste, at antagelsen om sphericity ikke var overholdt for interval samt for condition*interval i PVT, hvorfor der korrigeres med Greenhouse-Geisser frihedsgrader. Ligeledes blev der kørt en 4-way MM ANOVA for fejlene i TCT, med 3 within subjects faktorer, fejltype (LE, PE, RE), condition (KON, FT) og tid (Præ, Post), samt 1 between subjects faktor, gruppe (Ikke-elite, elite). I både 3-way MM ANOVA'en for PVT samt 4-way MM ANOVA'en for TCT fejl blev der anvendt Bonferroni post hoc tests til at præcisere den signifikante effekt fra interaktionerne.

En 2-way ANOVA med 1 within subjects faktor, condition (KON, FT) og 1 between subjects faktor, gruppe (ikke-elite, elite) blev anvendt på hver gruppes normaliserede pulsmålinger for at sikre, at forsøgspersonernes puls under den fysiske aktivitet var signifikant forskellige fra forsøgspersonernes hvilepuls under kontrol-sessionen, samt for at tjekke om ikke-elite- og elitegruppens puls under den FT afveg fra hinanden.

Resultater

Timed Chase Test (TCT)

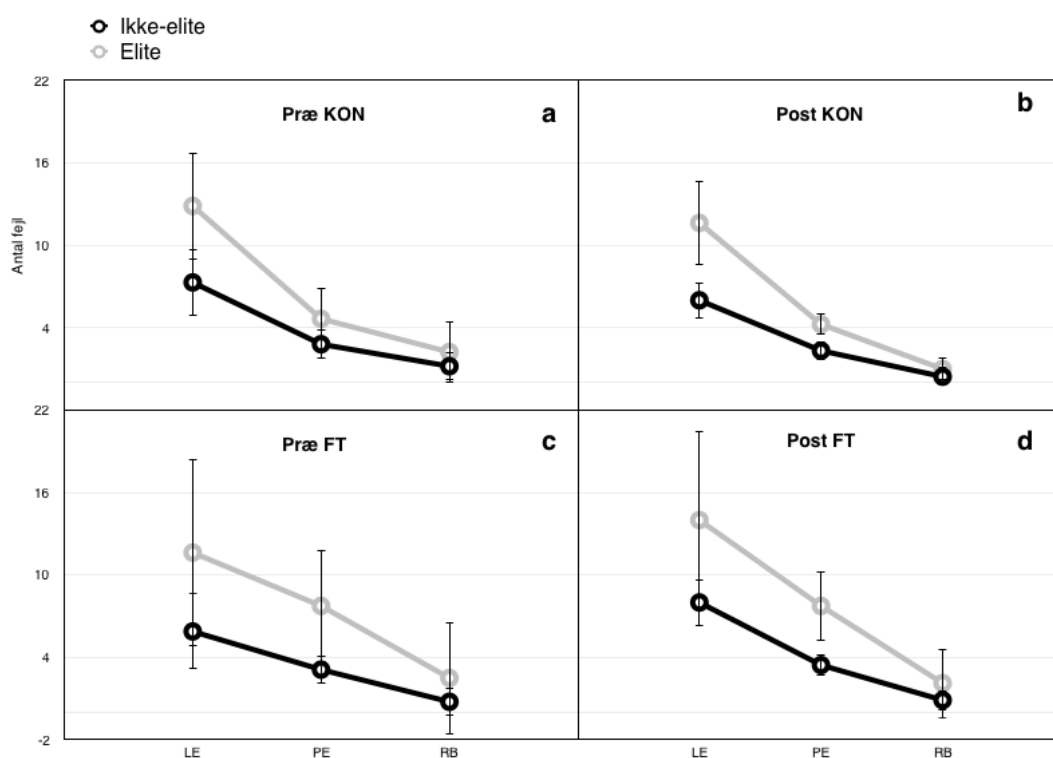
Figur 7 viser det gennemsnitlige antal korrekte responser under TCT for hver forsøgsperson for hhv. ikke-elitegruppen ($n=9$) og elitegruppen ($n=8$). Figur 7a og 7b illustrerer ikke-elitens gns. antal korrekte responser for KON og FT præ-post, hvor figur 7c og 7d illustrerer samme for elitegruppen. Det ses, at ikke-elitegruppen gennemsnitligt øger antallet af korrekte responser med 5,5 responser (1,98%) fra præ KON til post KON, samt med 16,22 responser (5,82%) fra præ FT til post FT. For elitegruppen ses det, at antallet af korrekte responser øges med 8,25 responser (2,65%) fra præ KON til post KON samt ligeledes øges antallet med 9,25 responser (3,10%) fra præ FT til post FT.



Figur 7: Illustration af det gennemsnitlige antal korrekte responser under TCT. Figur 7a og 7b illustrerer ikke-elitens gns. antal korrekte responser for hhv. KON og FT præ-post, hvor figur 7c og 7d illustrerer samme for elitegruppen. Diagrammet markeret med sort repræsenterer det gennemsnitlige antal korrekte responser for hele gruppen.

3-way MM ANOVA for TCT viste ingen signifikant effekt for nogen af interaktionerne condition*tid*gruppe, condition*tid, condition*gruppe eller tid*gruppe ($p > 0,329$) og ingen signifikant effekt for condition ($p = 0,201$). Der findes dog en signifikant main effekt for tid ($F(1,15) = 10,855$, $p = 0,05$), som ses, da forsøgspersonerne på tværs af gruppe og condition forbedrede sig gennemsnitligt med 9,79 korrekte responser (3,49%) fra præ til post tests. Yderligere ses en signifikant effekt for gruppe ($F(1,15) = 4,913$, $p = 0,043$), hvor elitegruppen på tværs af condition og tid havde 28,77 flere korrekte responser (10,6%) end ikke-elitegruppen.

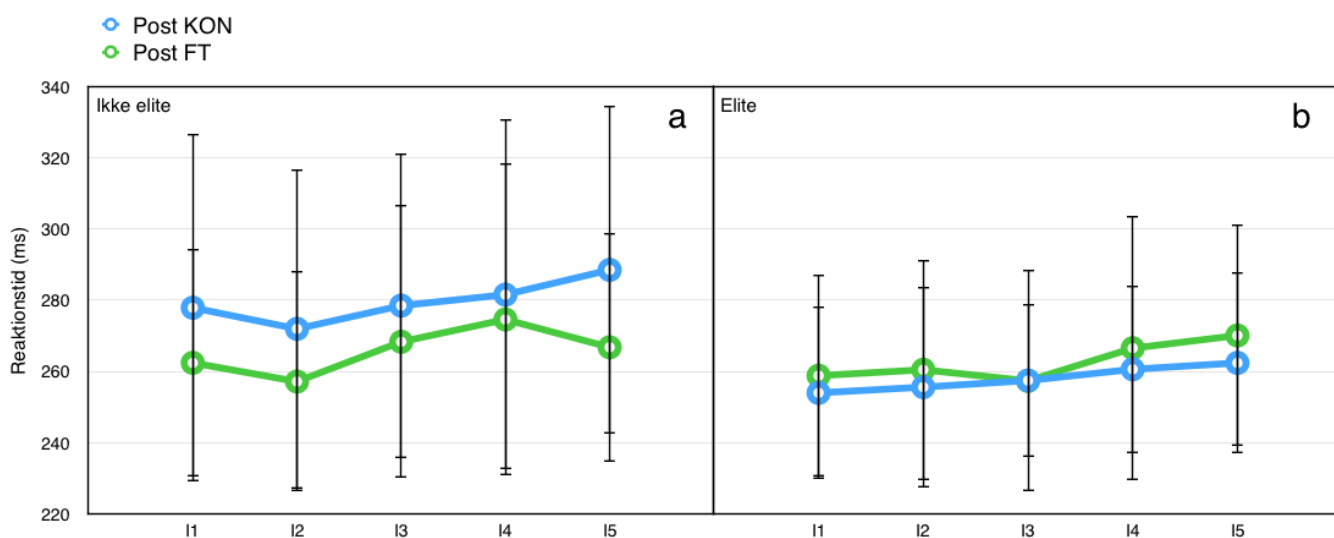
Figur 8 illustrerer gruppernes antal fejl for hver fejltype under hver condition til præ og post. Her ses en tendens til, at ikke-elitegruppen lavede færre fejl end elitegruppen for alle fejltyper og under begge conditions til både præ og post. 4-way MM ANOVA'en afslørede ingen signifikant effekt for interaktionerne fejltype*condition*tid*gruppe, fejltype*condition*gruppe, fejltype*tid*gruppe eller condition*tid*gruppe ($p > 0,489$), men der ses en signifikant effekt for interaktionen fejltype*condition*tid ($F(1.264,18.961) = 4,468, p = 0,040$). Hertil viste Bonferroni post hoc tests en signifikant effekt på antallet af LE fra præ-post FT ($p = 0,010$) på tværs af gruppe, hvor det ses, at antallet af LE stiger fra 8,59 til 10,82 med 20,36%. For Kontrol ses ingen signifikant effekt fra præ-post, og der findes ingen signifikante effekter for hverken PE eller RE ($p > 0,127$). Ligeledes ses der en signifikant effekt ved fejltype*gruppe ($F(2,15) = 5.156, p = 0,012$), hvor Bonferroni post hoc tests afslørede en signifikant forskel i antallet af LE ($p = 0,024$) fejl på tværs af condition og tid, hvor det ses, at elitegruppen gennemsnitligt laver 5,73 flere LE end ikke-elitegruppen. Ingen signifikant effekt ses for PE og RE ($p > 0,076$).



Figur 8: Illustration af antal fejl (gennemsnit $\pm$ SD) for elite- og ikke-elitegruppen, a: Præ KON, b: Post KON, c: Præ FT, d: Post FT. LE: Legal Error, PE: Perseverance Error, RE: Rule-Break Error.

Perceptual Vigilance Task (PVT)

Figur 9 viser ikke-elite- og elitegruppens gennemsnitlige reaktionstid (RT) under PVT (post KON og post FT) i intervaller af 2 min (I1, I2, I3, I4, I5). Det ses, at ikke-elitens RT for hvert interval er mindre ved post FT i forhold til post KON, hvor den samlede gennemsnitlige RT er mindsket fra 279,7 til 265,87ms fra post KON til post FT, hvilket svarer til en gennemsnitlig forbedring på 13,83 ms (5,2%) fra post KON til post FT. Den samme tendens ses ikke hos elitegruppen, som derimod øger deres samlede gennemsnitlige RT fra 258,02 ms til 259,86 (0,71%) fra post KON til post FT.



Figur 9: Elite- og ikke-elitegruppens RT i millisekunder (ms) (gennemsnit $\pm$ SD) for hvert 2 min. interval under PVT, for hver condition (KON+FT). I1: 0-2min, I2: 2-4min, I3: 4-6min, I4: 6-8min og I5: 8-10min.

3-way MM ANOVA'en for PVT viste ingen signifikant effekt ved nogen af interaktionerne condition*interval*gruppe, condition*gruppe, Interval*gruppe, condition*interval ($p > 0,322$), og der ses ingen signifikant effekt ved condition og gruppe ($p > 0,386$). Der ses dog en signifikant effekt for interval ($F(4,60) = 3,373$, $p = 0,015$) på tværs af gruppe og condition, hvor der ved Bonferroni post hoc tests ses en signifikant forværring af RT fra I1-I5 ($p = 0,026$) på 10,28 ms (3,92%), I2-I4 ($p = 0,010$) på 8,15 ms (3,12%) og I2-I5 ($p = 0,011$) på 10,8 ms (4,13%), som illustreret på figur 9. Ved de andre parvise sammenligninger ses ingen signifikant effekt.

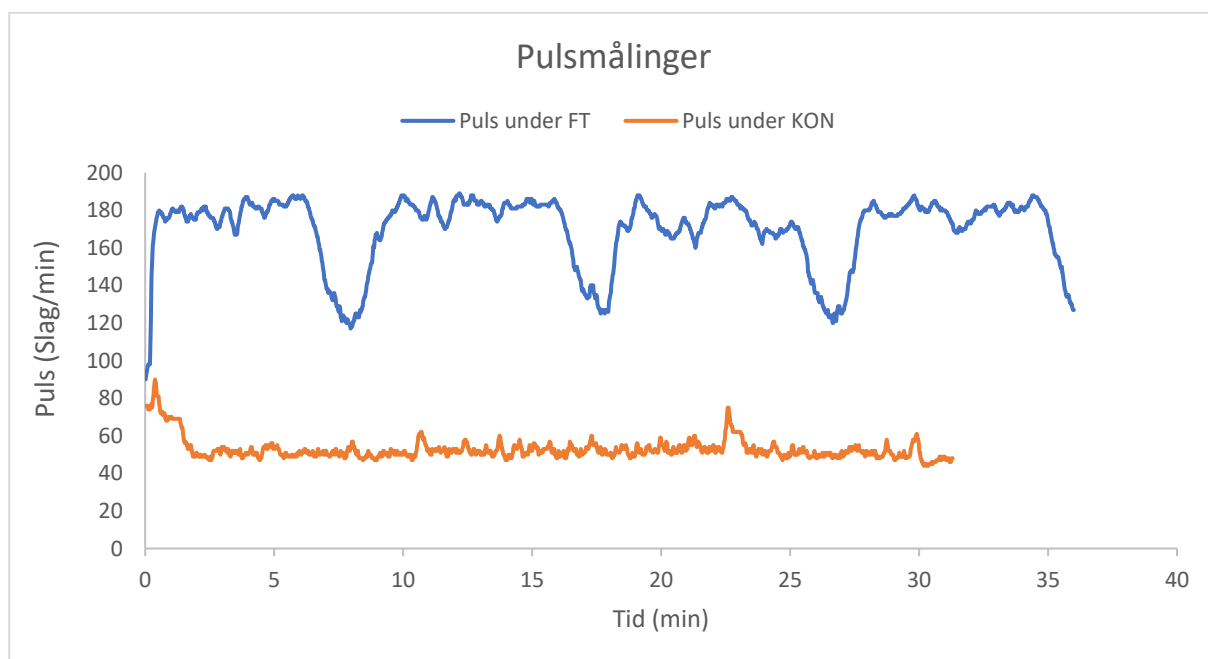
Normaliserede Pulsmålinger

Tabel 2: % makspuls (gennemsnit $\pm$ SD) under FT og KON for elite- og ikke-elitegruppen

	% makspuls (FT)	% makspuls (KON)
Elite (n=8)	89,65 $\pm$ 6,01%	37,10 $\pm$ 3,62%
Ikke-elite (n=9)	85,65% $\pm$ 5,68%	32,68 $\pm$ 6,72%

Ud fra Tabel 2 ses de gennemsnitlige pulsmålinger normaliseret til makspuls for begge grupper for hver condition. En 2-way MM ANOVA afslørede ingen signifikant effekt ved 2-vejs interaktionen condition*gruppe eller gruppe ($p > 0,065$). ANOVA'en afslørede en signifikant effekt ved condition ($F(1,15) = 821,502$, $p < 0,001$), hvor der ses en forskel i normaliseret puls på 54% fra kontrol til FT på tværs af gruppe.

På figur 10 ses et eksempel på en forsøgspersons puls fra ikke-elitegruppen under den akutte FT og til KON. På grafen ses hvordan pulsen fluktuerer mellem høj under den FT og daler i pauserne. Derudover ses der en stabil lav puls under KON.



Figur 10: Et eksempel af en forsøgsperson fra ikke-elitegruppens pulsmålingskurver under FT og KON.

Diskussion

Formålet med nærværende studie var at teste tesen om, hvorvidt akut høj intens FT kunne øge elite eSports atleters samt individer, der ikke spiller jævnligt computers Visuomotor Processing speed,

samt øge deres årvågenhed og evne til at fastholde opmærksomhed i to kognitivt motoriske tests udført på computer. Ligeledes ønskedes det undersøgt, hvorvidt individer der ikke jævnligt spiller computer oplever en større effekt af FT på de tre førnævnte parametre. Resultaterne viste, at der på tværs af gruppe og condition blev præsteret bedre ved post-testen for TCT sammenlignet med præ-testen med 9,8 flere korrekte responser. Ligeledes ses en forskel på grupperne, hvor elitegruppen på tværs af condition og tid havde 28,8 flere korrekte responser end ikke-elitegruppen. Ses der på fejlene under TCT, vises der yderligere, at FT havde en negativ effekt på disse, hvor der blev udført 20,4% flere LE efter FT sammenlignet før FT, og derudover ses det, at elitegruppen generelt laver flere LE end ikke-elitegruppen ved alle tests og conditions. For PVT ses, at begge grupper generelt blev langsommere fra de første 2 minutter til de sidste 2 minutter af testen, som havde en varighed på 10 minutter.

Disse resultater støtter umiddelbart ikke tesen om, at FT kan forbedre elite eSports atleters Visuomotor Processing Speed samt øge deres årvågenhed og evne til at fastholde opmærksomhed eller, at individer der ikke jævnligt spiller computer ser en større effekt af FT på de tre førnævnte parametre.

Normaliserede pulsmålinger

Pulsmålingerne i nærværende forsøg blev anvendt som kvalitetssikring af ikke-elitegruppen og elitegruppen i forhold til, om de opretholdte den samme intensitet under FT og ikke afveg fra hinanden under kontrol, samt hvorvidt de arbejdede med høj intensitet under den akutte FT. Ud fra resultaterne fandtes der ingen signifikant effekt mellem ikke-elitegruppen og elitegruppens aktivitet under hvile og FT, hvilket indikerer, at begge grupper opretholdte den samme intensitet under FT samt, at grupperne ikke afveg fra hinanden under kontrollen. Derudover fandtes en signifikant effekt af condition, hvilket indikerer, at begge grupper havde en signifikant højere normaliseret puls under FT i forhold til under kontrollen. Dette stemmer overens med resultaterne fra Thomas et al., (2017), hvor en lignende høj-intens akut FT blev udført med over 80% af forsøgspersonernes makspuls.

Timed Chase Test (TCT)

Den statistiske analyse viste, at elitegruppen generelt set præsterede bedre på TCT'en end ikke elitegruppen, hvilket indikerer, at elite eSports atleter har en bedre Visuomotor Processing Speed. Forskellen mellem de to grupper kan være grundet deres forskel i gennemsnitlig spillemængde per uge, hvor elitegruppen i gennemsnit spiller og træner 25 timer om ugen imod ikke-elitegruppens, som kun spiller 1 time om ugen. Elitegruppen bliver under deres træning og kampe hele tiden udfordret på at skulle koordinere deres bevægelser med de visuelle stimuli, der opfanges fra computerskærmen og fra modstandernes bevægelser, hvilket derfor forbedrer hastigheden og effektiviteten af den visuelle informationsbearbejdning og respons udførelse (*detektion, responsselektion, motorisk udførelse*) (Miller & Low, 2001). Disse fund stemmer overens med resultaterne rapporteret i Kowal et al., (2018), som fandt at action video game players (AVPGs) har forbedret informationsbearbejdning, i forhold til individer der ikke spiller computer. Derudover fandt studiet, at individer der spiller mere computer præsterede bedre på to kognitive test, der er relateret til visual search speed og task switching ability (Stroop Test, Trail Making Test) (Kowal et al., 2018).

Der blev observeret en forbedring fra præ-post på tværs af gruppe og condition. Dette kan være forårsaget af en mulig placeboeffekt, da alle forsøgspersonerne blev informeret om at formålet med nærværende studie var at undersøge både effekten af den akutte FT, og effekten af hvile på præstationen. Derfor kan det ikke udelukkes, at denne information har forårsaget en placeboeffekt for begge condition. En mulig læringseffekt bør afskrives, da der blev foretaget et indledende pilotforsøg, som ikke observerede en statistisk signifikant læringseffekt (jf. Arbejdsblade: Timed Chase Test – Pilotforsøg).

Der blev ikke fundet en statistisk signifikant forskel mellem de to forskellige conditions, hvilket kan indikere, at en høj intens akut FT ikke forbedrer Visuomotor Processing Speed for hverken elite- eller ikke-elitegruppen. Dette kan være forårsaget af en række forskellige parametre bl.a. rapporteres der, at intensiteten af den akutte træning influere effekten af en akut FT (Basso & Suzuki, 2016; Chang et al., 2012; Tomporowski, 2003). Eksempelvis antyder Yerkes og Dodson's lov, at et omvendt-U forhold eksisterer mellem øget vågenhed, forårsaget af den akutte FT, hvor

moderat er mere fordelagtig for at forbedre den kognitive præstation end lav og høj intensitet (Yerkes & Dodson, 1908).

En anden årsag til, at der ingen direkte effekt af den akutte træning observeres på præstationen i TCT'en kan hænge sammen med kompleksiteten af TCT'en, som ikke blev betragtet som en særlig kompleks opgave. Tages den kompleksitet som særligt elite-gruppen på dagligbasis bliver udsat for i de forskellige spil (LoL, CS:GO), ses der en væsentlig forskel, hvilket derfor kan understøtte argumentet for den manglende kompleksitet i TCT'en. Undersøgelser antyder at kompleksiteten af den kognitivt motoriske opgave er et vigtigt aspekt for at kunne observere en effekt af en akut FT (Brisswalter, Collardeau, & Rene, 2002; Paas & Adam, 1991). Ifølge Kahnemann (1973) er mængden af tilgængelig opmærksomhed varierende og relateret til vurderingen af en kognitiv opgaves krav. Hvis den kognitive opgave ikke er udfordrende nok, så vil individet ikke tildele tilstrækkelig opmærksomhed, som vil lede til, at der ingen effekt observeres på den kognitive præstation (Kahneman, 1973).

Forskellen mellem de to gruppers præstation i TCT'en skal også ses i lyset af gruppernes antal af Legal Errors (LE). Det ses, at elitegruppen havde et større antal af LE, hvilket muligvis kan være grundet, at elitegruppen havde mere fokus på hurtighed end nøjagtighed. Dette understøttes af Kowal et al., (2018) som argumenterer for, at action video game players (AVPG's) anvender en alternativ strategi, end individer der ikke spiller computer, da AVPG's prioriterer hurtighed over antallet af fejl. Derudover viste den statistiske analyse, at begge grupper lavede flere LE efter den akutte FT, hvilket kan indikere at høj-intens akut FT har en negativ effekt på nøjagtigheden. Dette er et modstridende fund i forhold flere tidligere studier, som rapporterer om minimal eller ingen effekt på nøjagtighed og antallet af fejl (McMorris & Hale, 2012; Tomporowski, 2003). Der kan dog argumenteres for at grunden til at begge grupper øger antallet af fejl efter FT kan skyldes, at den anvendte akutte FT i dette studie kan have medført muskeltræthed forårsaget af Floorball, som indeholdte både bevægelser fra overkroppen og underkroppen samt en høj grad af øje-hånd koordination (Thomas et al., 2017). Studier som rapporterer om minimal eller ingen effekt på nøjagtighed anvendte enten cykling eller løb som akut FT, hvorfor studiets fund om en negativ effekt på nøjagtighed og antal fejl bør ses i lyset af den anvendte akutte FT.

Perceptual Vigilance Task (PVT)

Det ses, at begge grupper generelt bliver dårligere fra de første 2 minutter til de sidste 2 minutter i PVT'en, som har til formål at klarlægge forsøgspersonernes evne til at opretholde opmærksomhed over en længere periode. Resultaterne tyder derfor på, at hverken elite eller ikke-elitegruppen opnår en effekt af den høj-intense akutte FT. Det kan blandt andet diskuteres hvorvidt intensiteten af den akutte FT har været for høj. Eksempelvis fandt man i studiet af Kamijo (2004), at mængden af opmærksomhed som blev tildelt den kognitive opgave faldt lige efter høj-intens akut FT, og steg efter moderat intensitets FT. På trods af, at studiets kognitive tests udføres med en forsinkelse på 20 minutter, kan det ikke afvises at forsøgspersonerne ikke har kunne tildele tilstrækkelig eller deres fulde mængde opmærksomhed til PVT'en, hvorfor ingen effekt af den akutte FT observeres for begge grupper. I forhold til Kahneman's central ressource theory kan der argumenteres for, at forsøgspersonerne opbruger deres tilgængelige opmærksomhed før I4 og I5 nås, hvorfor en begrænset mængde tilgængelig opmærksomhed kan resultere i langsommere RT, da enten stimulus detektion eller motorisk udførelse kan være påvirket (Kahneman, 1973; Miller & Low, 2001). Derudover kan der også argumenteres for at deres forværring over tid kan være grundet mental træthed, hvor der i et studie af Langner et al., (2010) beskrives, at mental træthed kan forårsage en reduceret kognitiv effektivitet, som dermed svækker reaktionstiden. Yderligere kan der grundet den kognitiv motoriske opgaves manglende kompleksitet ligeledes argumenteres for, at forsøgspersonerne igennem hele testen ikke har tildelt tilstrækkelig opmærksomhed til opgaven, hvorfor ingen effekt observeres på den kognitivt motoriske præstation som følge af den akutte FT (Brisswalter et al., 2002; Kahneman, 1973; Paas & Adam, 1991).

På trods af manglende signifikans, ses der for ikke-elitegruppen en tendens til lavere reaktionstid i alle fem intervaller efter FT sammenlignet med efter KON. Den gennemsnitlige forskel i RT er dog kun på 13,8 ms, hvorfra der kan argumenteres for, at dette fund er mindre relevant, da en sådan forbedring i RT ikke vil have nogen mærkbar effekt i hverdagen. Studier af Brisswalter et al. (1995) og Reilly & Smith (1986) viste en reduktion af RT i forbindelse med cykling, men her blev RT testet undervejs imens de cyklede, hvor den hurtigste RT ses ved den moderate intensitet. I andre studier af Allard et al. (1989) og Aks et al. (1998) blev det vist, at præstationen i en visual search task var højest efter en akut session af høj intens FT. Hermed kan det diskuteres, hvorvidt denne indikation

på en mindske RT for ikke-elitegruppen for post FT overfor Post KON kan være et resultat af denne akutte træningssession, da resultaterne fra Brisswalter et al. og Reilly & Smith stammer fra moderat intensitets protokoller, hvor FT og den kognitive opgave blev udført simultant, hvilket sætter større krav til et individs opmærksomhed, hvor der i nærværende studie udføres en høj intensitets protokol, hvor testen udføres med en forsinkelse på 20 min. En anden faktor, der kan have betydning for deres præstation ved hver condition, er deres søvn mængde, hvor det er vist, at PVT er sensitiv overfor søvn mangel hos de individer, der udfører testen (Dorrian et al., 2005; Thomann, Baumann, Landolt, & Werth, 2014). Dette parameter er der ikke blevet taget højde for i nærværende studie, hvorfor det ikke kan afvises, at forsøgspersonernes søvn mængde har influeret præstationen under PVT'en.

Studiets begrænsninger

I studiets design eksisterer en række begrænsninger, hvor studiets resultater bør ses i lyset af forsøgets relativt lave antal forsøgspersoner og dermed lave statistiske styrke. Dette har betydet, at risikoen for at lave type II fejl øges, hvormed en falsk nulhypotese accepteres til fordel for en sand alternativ hypotese (Cohen, 1992).

Forsøgspersoner blev fordelt, mellem at starte med den akutte FT eller KON, hvor det var muligt, men pga. leje af hal, tidsbegrænsning og fleksibilitet af forsøgspersonerne, ses kun 11.11% af ikke-elite og 12.5% af elitegruppen lavede kontrolinterventionen som den første, hvormed designet ikke blev randomiseret. Dette betyder essentielt, at forsøgsdesignet i nærværende studie ikke er et randomiseret crossover studie men blot et crossover studie. Denne type af forsøgsdesign kan forårsage "carry-over" effekt, hvor effekter fra det første forsøg kan overføres til det næste forsøg. Dette kan være en mulig forklaring på, at der ses en forbedring efter både FT og KON (Cleophas, 1999).

De kognitive motoriske test, som skulle udføres, er karakteriseret ved at stille høje opmærksomhedskrav til forsøgspersonerne for, at de kan opnå flest mulige korrekte responser under TCT og hurtigst mulige og konsistente RT under PVT. På testdagene var der op til seks forsøgspersoner, der udførte tests på samme tid. Det kan derfor ikke afvises, at forsøgspersonerne blev distraheret af hinanden eller af kliklyden fra computermusen, når der blev trykket.

Ifølge meta-reviewet af Chang et al., (2012) rapporteres der, at effekten af den akutte FT var størst, når denne blev udført om morgenen i forhold til eftermiddagen/aften, hvilket tyder på, at fysiologiske mekanismer, der varierer med døgnrytmen, kan have indflydelse på effekten af akut FT (Chang et al., 2012). Hormonet kortisol er et eksempel på en fysiologisk komponent, der har indflydelse på kognitive funktioner, og samtidig er afhængig af døgnrytmen, hvor kortisolkoncentrationen varierer gennem dagen (Fibiger, Singer, Mller, Armstrong, & Datar, 1984). Dette ses som en begrænsning i nærværende studie, da der grundet pragmatiske forhold, blev foretaget forsøg med ikke-elitegruppen om formiddagen, og elitegruppen om aftenen, hvorfor dette bør tages med i betragtningen af resultaterne.

Det er i forbindelse med fortolkningen af studiets resultater ligeledes væsentlig at pointere, at størstedelen af studier, der undersøger effekten af akut FT, anvender individuel FT såsom løb eller cykling (Basso & Suzuki, 2016; Chang et al., 2012; Tomporowski, 2003). Nærværende studie anvendte en holdbaseret FT (floorball) og adskiller sig fra individuel FT ved dels at indeholde en høj grad af beslutningstagning og forskellige kognitive funktioner samt en social interaktion. Det rapporteres dog i Thomas et al., at resultaterne fra studiet var sammenlignelige med lignende studier, der anvendte individuelt baserede FT (Thomas et al., 2017). Man kan ligeledes argumentere for, at effekten af den akutte FT kan være påvirket af systemisk stress eller muskeltræthed forårsaget af Floorball, som indeholdte både bevægelser fra overkroppen og underkroppen samt en høj grad af øje-hånd koordination. Dette kan ikke afvises at have påvirket den motoriske ydeevne på kort sigt og have andre potentielle underliggende virkninger (Thomas et al., 2017).

Det er ligeledes væsentligt at pointere elitegruppens kardiorespiratorisk fitness niveau (KFN), hvis gennemsnitlige fitness niveau lå på 42,63 ml/kg/min, hvor dette er karakteriseret som værende lavt (Sundhedsstyrelsen, 2016). Derfor kan det ikke afvises, at elitegruppen brugte flere ressourcer under den akutte FT, og derfor havde mindre energi og færre opmærksomhedsressourcer tilgængelige til at udføre de efterfølgende kognitive opgaver (Tsai et al., 2013). For begge grupper kan det være aktuelt at forsøgspersonerne blev for udmattet af den høj-intense træning og derfor ikke havde ressourcer til effektivt at udføre de efterfølgende kognitive opgaver. Derudover kan det

være svært at afvise, at potentielle lavere BDNF niveauer, for forsøgspersonerne med et lavt KFN (Tsai et al., 2013), kunne bidrage til en mindre effekt af den akutte træning, da BDNF koncentration spiller en vigtig rolle som mediator for hjernens neurale funktioner (Åberg et al., 2009).

Praktiske applikationer

Videre arbejde er nødvendigt for at kunne drage konklusioner om, hvorvidt elite eSport atleters Visuomotor Processing Speed og evne til at opretholde opmærksomhed kan forbedres som følge af akut høj-intens FT. Her anbefales det, at inkludere et større antal forsøgspersoner, både ikke-elite samt elite, for at øge den statistiske styrke af dataanalysen. Det ville yderligere være af interesse at udføre longitudinale undersøgelser for bedre at forstå virkningen af forskelligheden af fysisk fitness på kognitivt motoriske præstationer under eller efter akut FT særligt i relation til elite eSports atleter. Slutteligt anbefales det, at der foretages electroencephalographic (EEG)-målinger samt blodprøver, for at kunne underbygge adfærdsmæssige ændringer med fysiologiske og neurofysiologiske parametre.

Konklusion

I nærværende studie blev ingen signifikant effekt fra præ til post FT fundet på hverken elitegruppens eller ikke-elitegruppens Visuomotor Processing Speed eller deres evne til at opretholde opmærksomhed og årvågenhed, som følge af akut høj-intens aerob FT. Dette giver en indikation på, at den akutte FT anvendt i nærværende studie ikke er tilstrækkelig til at fordre en forbedring af elite eSport atleters Visuomotor Processing Speed i TCT'en samt deres evne til at fastholde opmærksomhed og årvågenhed i PVT'en. Der ses dog en signifikant forskel på gruppernes præstation på tværs af condition og tid i TCT, hvilket tyder på, at elite eSports atleter har en bedre Visuomotor Processing Speed i forhold til individer, der ikke jævnligt spiller computer. Studiet bidrager til viden om effekten af akut FT, særligt i relation til hvordan elite eSport atleters, samt individer der ikke jævnligt spiller computer præsterer i en ny måde at anvende TCT på, samt en anderledes måde at vurdere resultaterne fra en PVT.

Anerkendelser

Der skal fra studiets forskere lyde en stor tak til forsøgspersoner, som gav deres tid til at faciliteter arbejdet rapporteret i denne artikel. En særlig tak til AaB eSport, som var behjælpelige med låne af hal og træningsfaciliteter. Slutligt skal der lyde en tak til studiets hovedvejleder Andrew James Thomas Stevenson.

Referencer

- Åberg, M. A. I., Pedersen, N., Toren, K., Svartengran, M., Backstrand, M., Johnson, T., . . . Kuhn, H. G. (2009). Cardiovascular fitness is associated with cognition in young adulthood. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106(49), 1-6.
doi:www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0905307106
- Aks, D. J. (1998). Influence of exercise on visual search: Implication for mediating cognitive mechanisms. *Perceptual and Motor Skills*, 87, 771-783.
- Allard, F., Brawley, L., Deakin, J., & Elliot, F. (1989). The effect of exercise on visual attention performance. *Human Performance*, 2, 131-145.
- Arcelin, R., Delignieres, D., & Brisswalter, J. (1998). Selective effects of physical exercise on choice reaction processes. *Perceptual and Motor Skills*, 87(1), 175-185.
doi:10.2466/pms.1998.87.1.175
- Bangsbo, J., Iaia, F. M., & Krstrup, P. (2008). The yo-yo intermittent recovery test A useful tool for evaluation of physical performance in intermittent sports. *Sports Medicine*, 38(1), 37-51. doi:0112-1642/08/0001-0037/\$48.00/0
- Basso, J. C., & Suzuki, W. C. (2016). The effects of acute exercise on mood, cognition, neurophysiology, and neurochemical pathways: A review. *Brain Plasticity*, 2, 127-152.
doi:10.3233/BPL-160040
- Bonny, J., Castenada, L., & Swanson, T. (2016). Using an international gaming tournament to study individual differences in MOBA expertise and cognitive skills. *Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 16, 3473-3484.
doi:<https://doi.org/10.1145/2858036.2858190>
- Boot, W., Kramer, A., Simons, D., Fabiani, M., & Gratton, G. (2008). The effects of video game playing on attention, memory, and executive control. *Acta Psychologica*, 129, 387-398.
doi:10.1016/j.actpsy.2008.09.005
- Borchert, K. (2017). *Timed chase test* (Lasst updated 04-17-2017 ed.) Milisecond Software.
- Borchert, K. (2018). *Perceptual vigilance task* (Last updated 01-17-2018 ed.) Milisecond Software.
- Borg, G. A. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 14(5), 377-381.
- Borg, G. A. (1998). *Borg's perceived exertion and pain scales* Human Kinetics.

- Brisswalter, J., Collardeau, M., & Rene, A. (2002). Effects of acute physical exercise characteristics on cognitive performance. *Sports Medicine*, 32(9), 555-566. doi:0112-1642/02/0009-0555/\$25.00/0
- Brisswalter, J., Duran, M., Delignieres, D., & Legros, P. (1995). Optimal and non-optimal demand in a dual task of pedalling and simple reaction time effects on energy expenditure and cognitive performance. *Journal of Human Movement Studies*, 29, 15-34.
- Chang, Y. K., Labban, J. D., Gapin, J. I., & Etnier, J. L. (2012). The effects of acute exercise on cognitive performance: A meta-analysis. *Brain Research*, 1453, 87-101. doi:10.1016/j.brainres.2012.02.068
- Cleophas, T. J. (1999). Carryover effects in clinical research. *Human experimentation* (pp. 25-36). Dordrecht: Springer. doi:https://doi.org/10.1007/978-94-011-4663-0_4
- Cohen, J. (1992). Statistical power analysis. *Current Directions in Psychological Science*, 3(1), 98-101.
- Davis, N. (2013). Neurodoping: Brain stimulation as a performance-enhancing measure. *Sports Medicine*, 43, 649-653. doi:10.1007/s40279-013-0027-z
- Dietrich, A., & Audiffren, M. (2011). The reticular-activating hypofrontality (RAH) model of acute exercise. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 35, 1305-1325. doi:10.1016/j.neubiorev.2011.02.001
- Donders, F. C. (1969). On the speed of mental processes. [Over de snelheid van psychische processen] *Attention and Performance II*, , 412-431.
- Dorrian, J., Rogers, N. L., & Dinges, D. F. (2005). Psychomotor vigilance performance: Neurocognitive assay sensitive to sleep loss. 2005, , 39-70.
- Drummond, N. M., Hayduk-Cost, G., Leguerrier, A., & Carlsen, A. N. (2017). Effector-independent reduction in choice reaction time following bi-hemispheric transcranial direct current stimulation over motor cortex. *PLoS ONE*, 12(3), 1-12. doi:10.1371/journal.pone.0172714
- Ferris, L. T., Williams, J. S., & Shen, C. (2007). The effect of acute exercise on serum brain-derived neurotrophic factor levels and cognitive function. *Official Journal of the American College of Sports Medicine*, , 728-734.
- Fibiger, W., Singer, G., Mller, A. J., Armstrong, S., & Datar, m. (1984). Cortisol and catecholamines change as functions of time--of--day and self--reported mood. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 8, 523-530.
- Fleury, M., & Bard, C. (1985). Effects of different types of physical activity on the performance of perceptual tasks in peripheral and central vision and coincident timing. *Ergonomics*, 30(6), 945-958. doi:<https://doi.org/10.1080/00140138708969790>

- Houman, S. (2015). #Floorball, en snak med vanløses træner alexander sundsfjord. Retrieved from https://floorballnyt.blog/2015/01/14/floorball-en-snak-med-vanloses-traener/?fbclid=IwAR0DMRtveWN7tXkNNvwLsXFe2cKWxVQNrXUd6eev8c2y0_FTjNf8z-cpnvM
- Kahneman, D. (1973). Attention and arousal. *Attention and effort* (1st ed., pp. 38-50) PRENTICE-HALL INC.
- Kamijo, K., Hayashi, Y., Sakai, T., Yahiro, T., Tanaka, K., & Nishihira, Y. (2009). Acute effects of aerobic exercise on cognitive function in older adults. *Journal of Gerontology*, , 356-363. doi:10.1093/geronb/gbp030
- Kamijo, K., Nishihara, Y., Hatta, A., Kaneda, T., Wasaka, T., Kida, T., & Kuroiwa, K. (2004). Differential influences of exercise intensity on information processing in the central nervous system. *European Journal of Applied Physiology*, 92, 305-311. doi:10.1007/s00421-004-1097-2
- Kari, T., & Karhulahti, V. M. (2016). Do E-athletes move?: A study on training and physical exercise in elite ESports. *International Journal of Gaming and Computer-Mediated Simulations*, 8(4), 53-66. doi:10.4018/IJGCMS.2016100104
- Kowal, M., Toth, A. J., Exton, C., & Campbell, M. J. (2018). Different cognitive abilities displayed by action video gamers and nongamers. *Computers in Human Behavior*, 88, 255-262. doi:<https://doi.org/10.1016/j.chb.2018.07.010>
- Krustrup, P., Mohr, M., Amstrup, T., Rysgaard, T., Johansen, J., Steensberg, A., . . . Bangsbo, J. (2003). The yo-yo intermittent recovery test: Physiological response, reliability, and validity. *Official Journal of the American College of Sports Medicine*, , 697-705. doi:10.1249/01.MSS.0000058441.94520.32
- Langner, R., Steinborn, M., Chatterjee, A., Sturm, W., & Willmes, K. (2010). Mental fatigue and temporal preparation in simple reaction-time performance. *Acta Psychologica*, 133(1), 64-72. doi:<https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2009.10.001>
- Lee, A., & Heeter, C. (2017). The effects the effects of cognitive capacity and gaming expertise on attention and comprehensionof cognitive capacity and gaming expertise on attention and comprehension. *Journal of Computer Assisted Learning*, 33, 473-485. doi:10.1111/jcal.12193Original
- Lenoir, D., De Pauw, R., Ickmans, K., Schumacher, C., Timmers, I., Kregel, J., & Coppieters, I. (2018). Validity and Test–Retest reliability of the dutch modified perceived deficits questionnaire to examine cognitive symptoms in women with chronic whiplash, chronic idiopathic neck pain, and fibromyalgia. *Pain Practice*, 18(7), 850-863. doi:1530-7085/18/\$15.00
- Mandolesi, L., Poverino, A., Montuori, S., Foti, F., Ferraioli, G., Sorrentino, P., & sorrentino, G. (2018). Effects of physical exercise on cognitive functioning and wellbeing: Biological and psychological benefits. *Frontiers on Psychology*, 9, 1-11. doi:10.3389/fpsyg.2018.00509

- Mang, C. S., Snow, N. J., Campbell, K. L., Ross, C. J. D., & Boyd, L. A. (2014). A single bout of high-intensity aerobic exercise facilitates response to paired associative stimulation and promotes sequence-specific implicit motor learning. *Journal of Applied Physiology*, 117, 1325-1336. doi:10.1152/japplphysiol.00498.2014.
- McMorris, T., & Hale, B. J. (2012). Differential effects of differing intensities of acute exercise on speed and accuracy of cognition: A meta-analytical investigation. *Brain and Cognition*, 80, 338-351. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.bandc.2012.09.001>
- Milisecond Software. (2018). *Inquisit 5 lab* (5.0.13.0 ed.)
- Miller, J., & Low, K. (2001). Motor processes in simple, go/no-go, and choice reaction time tasks: A psychophysiological analysis. *Journal of Experimental Psychology*, 27(2), 266-289. doi:10.1037//0096-1523.27.2.266
- Milocanovic, P. (2018). CS:GO world ranking on december 24th. Retrieved from <https://www.hltv.org/ranking/teams/2018/december/24>
- Neeper, S., Gomez-Panilla, F., Choi, J., & Cotman, C. (1995). Exercise and brain neurotrophins. *Nature*, 373, 109.
- Oldfield, R. C. (1971). The assessment and analysis of handedness: The edinburgh inventory. *Neuropsychologia*, 9, 97-113.
- Paas, F. G., & Adam, J. J. (1991). Human information processing during physical exercise. *Ergonomics*, 34, 1385-1397. doi:10.1080/00140139108964879
- Pietrzak, R. H., Cohen, H., & Snyder, P. J. (2007). Spatial learning efficiency and error monitoring in normal aging: An investigation using a novel hidden maze learning test. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 22, 235-245. doi:10.1016/j.acn.2007.01.018
- Pontifex, M. B., Hillman, C. H., Fernhall, B., Thompson, K. M., & Valentini, T. A. (2009). The effect of acute aerobic and resistance exercise on working memory. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 927-934. doi:10.1249/MSS.0b013e3181907d69
- Querido, J. S., & Sheel, W. A. (2007). Regulation of cerebral blood flow during exercise. *Sports Medicine*, 37(9), 765-782. doi:10.1112-1642/07/0009-0765/\$44.95/0
- Reilly, T., & Smith, D. (1986). Effect of work intensity on performance in a psychomotor task during exercise. *Ergonomics*, 24(4), 601-606. doi:<https://doi.org/10.1080/00140138608968294>
- Smith, A., & Skinner, J. (2018). Esports: The new sports business. Retrieved from <https://www.globalsportsjobs.com/article/esports-as-the-new-sport-business/>
- Statista. (2019). Global MOBA games market share. Retrieved from <https://www.statista.com/statistics/525976/market-share-moba-games-worldwide/>

- Sundhedsstyrelsen. (2016). Intensitetsformer ved fysisk aktivitet. Retrieved from <https://www.sst.dk/da/sundhed-og-livsstil/fysisk-aktivitet/intensitetsformer>
- Swann, C. F., Moran, A., & Piggott, D. (2015). Defining elite athletes: Issues in the study of expert performance in sport psychology. *Psychology of Sport and Exercise*, 16, 3-14. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.psychsport.2014.07.004>
- Thomann, J., Baumann, C. R., Landolt, H., & Werth, E. (2014). Psychomotor vigilance task demonstrates impaired vigilance in disorders with excessive daytime sleepiness. *Journal of Clinical Sleep Medicine*, 10(9), 1019-1024. doi:<http://dx.doi.org/10.5664/jcsm.4042>
- Thomas, R., Flindtgaard, M., Skriver, K., Geertsen, S. S., Christiansen, L., Korsgaard Johnsen, L., . . . Lundbye-Jensen, J. (2017). Acute exercise and motor memory consolidation: Does exercise type play a role? *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 27, 1523-1532. doi:10.1111/sms.12791
- Tomporowski, P. D. (2003). Effects of acute bouts of exercise on cognition. *Acta Psychologica*, 112, 297-234. doi:0001-6918/03/\$
- Topend Sports. (2018). Yo-yo intermittent tests. Retrieved from <https://www.topendsports.com/testing/tests/yo-yo-intermittent.htm>
- Tsai, C., Fu-Chen, C., Chien-Yu, P., Chun-Hao, W., Tsang-Hai, H., & Tzu-Chi, C. (2013). Impact of acute aerobic exercise and cardiorespiratory fitness on visuospatial attention performance and serum BDNF levels. *Psychoneuroendocrinology*, 41, 121-131. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.psyneuen.2013.12.014>
- Tsai, C., Pan, C. Y., Cherng, R. J., Hsu, Y. W., & Chiu, H. H. (2009). Mechanisms of deficit of visuospatial attention shift in children with developmental coordination disorder: A neurophysiological measure of the endogenous posner paradigm. *Brain and Cognition*, 71(3), 246-258. doi:10.1016/j.bandc.2009.08.006
- Weng, T. B., Pierce, G. L., Darling, W. G., & Voss, M. W. (2014). Differential effects of acute exercise on distinct aspects of executive function. *Official Journal of the American College of Sports Medicine*, , 1460-1469. doi:10.1249/MSS.0000000000000542
- Wilkinson, R. T., & Houghton, D. (1982). Field test of arousal: A portable reaction timer with data storage. *Human Factors*, 24(4), 487-493.
- Yerkes, R. M., & Dodson, J. D. (1908). The relation of strength of stimulus to the rapidity of habit formation. *Journal of Comparative Neurology and Psychology*, 18, 459-482.
- Zoladz, J. A., Pilc, A., Majerczak, J., Grandys, M., Zapart-Bukowski, J., & Duda, K. (2008). Endurance training increases plasma brain-derived neutrophilic factor concentration in young healthy men. *Journal of Physiology and Pharmacology*, 59(7), 119-132.

