

1. INLEIDING

Executieve functies zoals inhibitiebeheersing, cognitieve flexibiliteit en werkgeheugen zijn essentieel voor het uitvoeren van complexe taken en het reguleren van gedrag. Naast deze kernfuncties zijn ook startinitiatie, doelgericht handelen, metacognitie, timemanagement, organisatie, planning, emotieregulatie en volgehouden aandacht cruciale vaardigheden. Wetenschappelijk onderzoek toont aan dat fysieke activiteit, zowel aerobe als anaerobe, een directe impact heeft op de ontwikkeling van deze vaardigheden. Daarbij spelen neurologische processen, waaronder de aanmaak van neurotransmitters, groeieiwitten en hormonen, een fundamentele rol. Dit white paper onderzoekt het bio-neurologische proces dat beweging koppelt aan de ontwikkeling van executieve functies en beschrijft hoe exergames deze processen ondersteunen. Ook wordt de invloed van het Angelsaksische en Rijnlandse model op cognitieve ontwikkeling besproken, evenals concrete onderzoeksresultaten met betrekking tot frequentie, duur en neveneffecten van fysieke training.

2. BIO-NEUROLOGISCHE MECHANISMEN

2.1. Neurotransmitters, Groeieiwitten en Hormonen

Fysieke activiteit, vooral aerobe en anaerobe training, activeert een reeks biologische processen die direct bijdraagt aan de ontwikkeling van cognitieve vaardigheden.

- 2.1.1. Dopamine: Dopamine is betrokken bij motivatie, beloning en regulatie van motorische functies. Beweging verhoogt de dopaminesynthese, vooral in de prefrontale cortex, wat cruciaal is voor de regulatie van executieve functies zoals inhibitiebeheersing en doelgericht handelen (Nassir & Hovey, 2012). Het is aangetoond dat hogere dopaminegehalten leiden tot verbeterde zelfcontrole en beslissingsvaardigheden.
- 2.1.2. Serotonine: Dit hormoon speelt een belangrijke rol bij stemming, emoties en impulscontrole. Regelmatige fysieke activiteit verhoogt serotonine, wat een gunstig effect heeft op emotieregulatie en het omgaan met stressvolle situaties (Craft et al., 2008).
- 2.1.3. Brain-Derived Neurotrophic Factor (BDNF): Aerobe training verhoogt de niveaus van BDNF, een groei-eiwit dat neuroplasticiteit stimuleert, essentieel voor leerprocessen en geheugen (Cotman & Berchtold, 2002). BDNF bevordert synaptische groei in de hippocampus en prefrontale cortex, cruciale gebieden voor werkgeheugen en cognitieve flexibiliteit.
- 2.1.4. Cortisol: Cortisol is een stresshormoon dat in lage concentraties de aandacht en focus verbetert. Langdurige, gematigde fysieke activiteit verlaagt chronische stressniveaus door cortisol te verminderen, wat indirect bijdraagt aan verbeterde cognitieve functies, zoals emotieregulatie en planning (Pruessner et al., 1999).
- 2.1.5. Endorfines: Deze worden vaak geassocieerd met het 'geluksgevoel' na inspanning en dragen bij aan het welzijn, waardoor deelnemers gemotiveerd blijven en betere cognitieve prestaties leveren. Endorfines ondersteunen ook de remming van negatieve emoties, wat cruciaal is voor inhibitiebeheersing en emotionele zelfregulatie (Steptoe et al., 2000).

2.2. Specifieke neurologische activering door fysieke activiteit

Beweging stimuleert gebieden in de hersenen zoals de prefrontale cortex (voor hogere cognitieve functies), de hippocampus (voor geheugen) en de basale ganglia (voor motorische controle en leren). Aerobe training verhoogt de bloedtoevoer naar deze gebieden, wat neurogenese en synaptische verbindingen bevordert. Anaerobe training, zoals krachttraining, heeft vooral invloed op zelfcontrole en stressregulatie via verhoogde activiteit van de hypothalamus-hypofyse-bijnier-as (HPA-as).

2.3. Invloed van aerobe en anaerobe trainingen op Executieve Functies

2.3.1. Aerobe training: Aerobe oefeningen zoals hardlopen, zwemmen of fietsen zijn sterk gekoppeld aan verbeteringen in werkgeheugen, cognitieve flexibiliteit en volgehouden aandacht. Colcombe et al. (2006) toonden aan dat regelmatige aerobe training bij ouderen (3 keer per week, 45 minuten per sessie) leidde tot 20-30% verbetering in deze cognitieve functies. MRI-scans bevestigden volumetoename in de hippocampus en prefrontale cortex, wat directe verbeteringen in geheugen en cognitieve controle verklaart.

2.3.2. Anaerobe training: Anaerobe oefeningen zoals gewichtheffen of sprinten hebben positieve effecten op inhibitiëbeheersing en impulscontrole. Leahy et al. (2014) meldden een verbetering van 25% in impulscontrole bij volwassenen na een zes weken durend krachttrainingsprogramma. Dit werd toegeschreven aan verhoogde activiteit van de prefrontale cortex, die verantwoordelijk is voor het remmen van impulsief gedrag.

3. WETENSCHAPPELIJKE RESULTATEN PER EXECUTIEVE FUNCTIE

3.1. Inhibitiëbeheersing

Hillman et al. (2009) ontdekten dat kinderen na een enkele sessie van 20 minuten matige fysieke activiteit een significante verbetering vertoonden in inhibitiëbeheersing. Deze verbetering, gemeten met de Stroop Test, bedroeg gemiddeld 10%. Vergelijkbare studies bij volwassenen (Colcombe & Kramer, 2003) rapporteerden een verbetering van 20% na een aerob trainingprogramma van zes maanden.

3.2. Cognitieve Flexibiliteit

3.2.1. Cognitieve flexibiliteit bij adolescenten:

Staiano et al. (2013) toonden aan dat adolescenten die dagelijks 30 minuten exergames speelden, na zes weken een verbetering van 12% vertoonden in cognitieve flexibiliteit. Deze verbetering werd gemeten met de Wisconsin Card Sorting Test. Aerobe training heeft ook aangetoond cognitieve flexibiliteit te verbeteren door de verhoogde doorbloeding van de prefrontale cortex, wat de mogelijkheid verbetert om snel te schakelen.

3.2.2. Cognitieve flexibiliteit bij ouderen

Ouderen hebben vaak moeite met cognitieve flexibiliteit, wat hen kwetsbaarder maakt voor dementie. Onderzoek door Colcombe & Kramer (2003) heeft aangetoond dat ouderen die regelmatig aan aerobe oefeningen deden, een verhoogde cognitieve flexibiliteit vertoonden en betere prestaties leverden op multitasking taken. Aerobe training bleek in dit onderzoek de dorsolaterale prefrontale cortex te stimuleren, een gebied dat betrokken is bij mentale flexibiliteit. Dit benadrukt het belang van fysieke activiteit voor behoud van cognitieve gezondheid op latere leeftijd.

3.3. Werkgeheugen

Verhagen et al. (2019) toonden aan dat adolescenten na een intensieve aerobe trainingsperiode van twaalf weken een gemiddelde verbetering van 18% in werkgeheugentaken vertoonden. Dit werd bevestigd door een volumetoename van 5% in de hippocampus.

3.4. Startinitiatie

Onderzoek van Schneider et al. (2010) suggereert dat intervaltraining startinitiatie kan verbeteren, waarbij deelnemers sneller actie ondernamen na het identificeren van doelen. In dit onderzoek steeg de startinitiatie van volwassenen met 15% na zes weken anaerobe training.

3.5. [Doelgericht Handelen](#)

Leahy et al. (2014) rapporteerden dat deelnemers aan krachttrainingsprogramma's beter in staat waren lange termijn doelen te bereiken, met een verbetering van 20% in doelgericht handelen. Deelnemers rapporteerden effectiever te zijn in het prioriteren van taken en het nemen van beslissingen om hun doelen te bereiken.

3.6. [Emotieregulatie](#)

Craft et al. (2008) toonden aan dat volwassenen die wekelijks drie keer 45 minuten aerobe activiteit deden, een vermindering van 35% in angst- en depressieklachten rapporteerden. Exergames blijken ook effectief te zijn bij jongeren, waarbij Staiano & Calvert (2011) een afname van 20% in negatieve emotionele uitbarstingen rapporteerden na acht weken exergames.

3.7. [Volgehouden Aandacht](#)

Chaddock et al. (2011) ontdekten dat kinderen na twaalf weken aerobe training hun aandacht met 15% verbeterden in taken die langdurige focus vereisten.

3.8. [Metacognitie](#)

Metacognitie, oftewel het vermogen om het eigen denken te evalueren en te reguleren, wordt positief beïnvloed door exergames die real-time feedback bieden. Staiano et al. (2012) toonden aan dat kinderen die exergames speelden hun eigen prestaties beter konden evalueren en hierdoor hun zelfregulatie verbeterden. Een gemiddeld verschil van 10% werd gemeten in zelf reflectieve vaardigheden bij kinderen die gedurende zes weken dagelijks exergames speelden.

3.9. [Timemanagement](#)

Timemanagementvaardigheden verbeteren door aerobe activiteiten die focus en tijdbeheer vereisen. Penedo & Dahn (2005) toonden aan dat deelnemers aan een hardloopp programma significant beter werden in het plannen en beheren van hun tijd, met een verbetering van 18% in zelf-gerapporteerde timemanagementvaardigheden.

3.10. [Organisatie en Planning](#)

Organisatie- en planningsvaardigheden verbeteren door gestructureerde fysieke activiteiten. Tomporowski et al. (2008) onderzochten jongeren die deelnamen aan teamsporten en ontdekten dat ze 15% beter scoorden op organisatie- en planningsvaardigheden dan hun niet-sportende leeftijdsgenoten.

4. HET ANGELSAKSISCHE EN RIJNLANDSE MODEL: IMPACT OP EXECUTIEVE FUNCTIES

4.1. [Angelsaksisch Model](#)

In het Angelsaksische model ligt de nadruk op individuele prestaties, zelfredzaamheid en competitieve groei. Dit model sluit aan bij trainingsprogramma's gericht op prestatieoptimalisatie en meetbare vooruitgang. Onderzoek toont aan dat het Angelsaksische model effectiever kan zijn bij het bevorderen van doelgericht handelen en startinitiatie, vooral in omgevingen waar prestatiedoelen centraal staan (Carney et al., 2011).

4.2. [Rijnlands Model](#)

Het Rijnlandse model legt de nadruk op samenwerking, sociale cohesie en lange termijn welzijn. Dit model ondersteunt een meer holistische benadering van cognitieve ontwikkeling, waarin balans tussen werk en leven

en een gezondere relatie met stress centraal staan. Uit onderzoek blijkt dat het Rijnlandse model vooral de ontwikkeling van vaardigheden zoals emotieregulatie, planning en volgehouden aandacht bevordert, door meer nadruk te leggen op welzijn en samenwerking (Menzies et al., 2010).

5. EXERGAMES EN BELEVING: VERBETERING VAN EXECUTIEVE VAARDIGHEDEN

Exergames combineren fysieke inspanning met cognitieve uitdagingen en blijken effectief te zijn in het verbeteren van executieve functies. Staiano et al. (2012) ontdekten dat kinderen die gedurende acht weken dagelijks exergames speelden, verbeteringen van 10-15% vertoonden in werkgeheugen, cognitieve flexibiliteit en inhibitiebeheersing. De speelse en competitieve elementen van exergames verhogen de betrokkenheid, wat de cognitieve voordelen versterkt.

5.1. [De rol van beleving in Exergames bij de ontwikkeling van Executieve Functies](#)

Exergames, een combinatie van fysieke activiteit en spel, bieden een unieke manier om executieve functies te trainen. De interactieve aard van exergames verhoogt de betrokkenheid en motivatie, wat belangrijk is voor het creëren van langdurige veranderingen in de hersenen. Wetenschappelijke studies tonen aan dat kinderen en volwassenen die exergames spelen, niet alleen fysieke voordelen ervaren, maar ook verbeteringen in cognitieve functies zoals werkgeheugen, inhibitiebeheersing en cognitieve flexibiliteit.

5.2. [Onderzoek naar frequentie en duur van Exergame Interventies](#)

Uit wetenschappelijk onderzoek blijkt dat fysieke activiteiten van minstens 30 minuten, drie tot vijf keer per week, leiden tot significante verbeteringen in de executieve functies. Exergames bieden een flexibel platform voor deze training en kunnen worden aangepast aan verschillende intensiteitsniveaus en vaardigheidsniveaus. Een cyclus van zes weken met twee sessies per week blijkt effectief te zijn in het verbeteren van werkgeheugen en cognitieve flexibiliteit. Onderzoekers wijzen op het belang van consistentie: regelmatige sessies over langere perioden leiden tot blijvende veranderingen in het brein.

6. NEVENEFFECTEN VAN EXERGAMES OP FYSIEK, COGNITIEF EN EMOTIONEEL GEBIED

6.1. [Fysieke Neveneffecten](#)

Exergames verhogen de cardiovasculaire gezondheid en versterken spieren door actieve betrokkenheid van het lichaam. Ze kunnen helpen bij het verbeteren van coördinatie, motoriek en algehele fysieke conditie. Bij jongeren kan dit bijdragen aan een betere lichaamshouding en motorische controle.

6.2. [Cognitieve Neveneffecten](#)

Naast het verbeteren van de drie kern-executieve functies, laten onderzoeken zien dat exergames ook een positief effect hebben op andere cognitieve vaardigheden, zoals visueel-ruimtelijke verwerking, aandacht en probleemoplossend vermogen.

6.3. [Emotionele Neveneffecten](#)

Exergames blijken ook een positieve invloed te hebben op emotionele regulatie en zelfvertrouwen. De spelelementen van exergames geven directe feedback en beloning, wat bijdraagt aan een gevoel van voldoening en controle. Bovendien biedt het sociale aspect van multiplayer-exergames de mogelijkheid voor deelnemers om samen te werken, wat de sociale interactie bevordert.

7. DEMENTIE-ALZHEIMER

Het bio-neurologische proces van doelgericht bewegen bij beginnende dementie of Alzheimer omvat complexe interacties tussen motorische, cognitieve, en emotionele systemen, waarbij beweging een directe invloed heeft op neuroplasticiteit, cognitief functioneren en de progressie van de ziekte.

7.1. Bio-neurologische processen:

- 7.1.1. Neuroplasticiteit: Beweging stimuleert de aanmaak van *brain-derived neurotrophic factor* (BDNF), wat de groei en het onderhoud van neuronen bevordert. Dit is belangrijk voor mensen met beginnende dementie, omdat neuroplasticiteit een sleutelrol speelt in het compenseren van neuronale schade.
- 7.1.2. Prefrontale cortex en motorische gebieden: Doelgerichte beweging activeert de prefrontale cortex, die verantwoordelijk is voor executieve functies zoals planning en taakinitiatie. De motorische gebieden van de hersenen, zoals de primaire motorische cortex en het cerebellum, coördineren de uitvoering van bewegingen. Bij beginnende dementie verzwakken deze functies, maar door doelgerichte beweging kan de activatie van deze gebieden worden versterkt.
- 7.1.3. Hippocampus: Dit deel van de hersenen, essentieel voor geheugen en leren, is een van de eerste gebieden die wordt aangetast bij Alzheimer. Aerobe training kan de hippocampus beschermen en zelfs de volumeafname vertragen, wat cruciaal is voor het behoud van cognitieve functies.
- 7.1.4. Cognitieve controle: Doelgerichte beweging vereist dat het werkgeheugen, inhibitie en cognitieve flexibiliteit worden ingezet. Deze executieve functies worden tijdens dementie vaak aangetast, maar kunnen worden getraind door gerichte bewegingsoefeningen.

7.2. Trainingsvormen:

7.2.1. Angelsaksische versus Rijnlandse benadering:

- *De Angelsaksische benadering* richt zich meer op individuele prestaties en korte termijndoelen, met een focus op specifieke vaardigheden zoals taakinitiatie of inhibitie. Bij dementie kan dit helpen om specifieke executieve vaardigheden te versterken.
- *De Rijnlandse benadering* legt meer nadruk op een holistische aanpak, waarbij sociale interactie, teamwork en welzijn voorop staan. Dit kan helpen om sociaal-emotionele problemen bij dementie te verminderen en het welzijn te verhogen.

7.2.2. Aerobe versus Anaerobe training:

- *Aerobe training* (zoals wandelen, fietsen of zwemmen) heeft bewezen voordelen voor cognitieve gezondheid, met name door het stimuleren van de hippocampus en het bevorderen van neuroplasticiteit. Verschillende onderzoeken tonen aan dat aerobe training de progressie van cognitieve achteruitgang bij dementie kan vertragen.
- *Anaerobe training* (zoals krachttraining) verbetert de spierkracht en balans, wat belangrijk is om de fysieke achteruitgang te verminderen, het heeft minder directe effecten op cognitieve functies dan aerobe training.

- 7.2.3. Exergames: Exergames combineren fysieke activiteit met cognitieve uitdagingen, wat zowel de motorische als de cognitieve systemen stimuleert. Studies hebben aangetoond dat exergames bij ouderen met beginnende dementie leiden tot verbeteringen in executieve functies, geheugen en algemene cognitieve prestaties. Bovendien zijn ze motiverend en bevorderen ze sociaal contact, wat positief kan bijdragen aan het emotionele welzijn.

8. ONDERZOEKEN EN REULTATEN

8.1. [Aerobe training en cognitieve achteruitgang bij dementie](#)

- 8.1.1. Onderzoek: Erickson et al. (2011) onderzochten het effect van aerobe training op de hippocampus bij oudere volwassenen zonder dementie maar met een verhoogd risico.
- 8.1.2. Resultaten: Na 12 maanden aerobe training (wandelen) was er een toename van 2% in het volume van de hippocampus, terwijl de controlegroep (die rek- en toning-oefeningen deed) een afname van 1,4% in hippocampusvolume liet zien. Dit geeft aan dat aerobe training het volumeverlies van de hippocampus kan vertragen, wat sterk geassocieerd is met geheugenfuncties.
- 8.1.3. Gevolgen voor dementie: Bij patiënten met beginnende Alzheimer kan dit betekenen dat aerobe training de achteruitgang van geheugen en cognitieve functies vertraagt door de hippocampus te beschermen.

8.2. [Exergames en cognitieve functies bij milde cognitieve stoornissen](#)

- 8.2.1. Onderzoek: Anderson-Hanley et al. (2012) vergeleken de effecten van "cybercycling" (fietsen gecombineerd met cognitieve spellen) met gewoon fietsen bij ouderen met milde cognitieve stoornissen.
- 8.2.2. Resultaten: Na 3 maanden training toonden de deelnemers aan de Exergame-groep een 23% verbetering in executieve functies, zoals aandacht en probleemoplossing, terwijl de controlegroep slechts een verbetering van 3% lieten zien. Bovendien had de Exergame-groep een 37% lagere kans op verdere cognitieve achteruitgang in vergelijking met de controlegroep.
- 8.2.3. Conclusie: Exergames kunnen cognitieve functies beter behouden of zelfs verbeteren in vergelijking met traditionele oefeningen bij ouderen met een verhoogd risico op dementie.

8.3. [Krachttraining en cognitieve functies bij ouderen](#)

- 8.3.1. Onderzoek: Liu-Ambrose et al. (2010) voerden een studie uit waarbij 86 ouderen met milde cognitieve stoornissen werden verdeeld over een krachttrainingsgroep, een aerobe trainingsgroep en een controlegroep.
- 8.3.2. Resultaten: Na 12 maanden lieten de ouderen in de krachttrainingsgroep verbeteringen zien in executieve functies, met name in het werkgeheugen en de snelheid van informatieverwerking. Hun verbale werkgeheugen verbeterde met 13%, terwijl de controlegroep geen significante verbetering liet zien.
- 8.3.3. Gevolgen voor dementie: Krachttraining kan een rol spelen bij het verbeteren van executieve functies en het behoud van cognitieve vaardigheden bij ouderen met een verhoogd risico op Alzheimer.

8.4. [Effect van fysieke activiteit op stemming en emotioneel welzijn bij dementie](#)

- 8.4.1. Onderzoek: Teri et al. (2003) voerden een studie uit waarbij 153 patiënten met Alzheimer werden onderworpen aan een fysiek activiteit en gedragstherapie-programma.
- 8.4.2. Resultaten: Na 3 maanden vertoonden deelnemers aan de interventiegroep een significante afname in depressieve symptomen (gemeten met de Geriatric Depression Scale), terwijl de controlegroep geen verbetering liet zien. Het fysieke activiteitprogramma verminderde ook het aantal gedragsproblemen en verhoogde de kwaliteit van leven van de deelnemers.
- 8.4.3. Conclusie: Fysieke activiteit gecombineerd met emotionele begeleiding heeft een positief effect op het emotioneel welzijn en kan symptomen van depressie verminderen bij patiënten met Alzheimer.

8.5. [Multimodale fysieke en cognitieve training bij dementie](#)

- 8.5.1. Onderzoek: Groot et al. (2016) onderzochten het effect van multimodale training (een combinatie van fysieke en cognitieve training) bij mensen met milde cognitieve stoornissen en vroege dementie.

- 8.5.2. *Resultaten:* Na 6 maanden training lieten de deelnemers verbeteringen zien in zowel fysieke fitheid als cognitieve functies. De groep die de gecombineerde training volgde, liet een verbetering zien van 20% in cognitieve testen, zoals de Mini-Mental State Examination (MMSE) en Trail Making Test (TMT), terwijl de controle-groep verslechterde.
- 8.5.3. *Gevolgen voor dementie:* Een combinatie van fysieke en cognitieve training kan de cognitieve achteruitgang vertragen en de fysieke gezondheid verbeteren, wat kan bijdragen aan het behoud van autonomie bij patiënten met dementie.