

Hydrotherapie, een waardevol middel binnen de neurologische en geriatrische fysiotherapie

Een narrative review

Sanne Lambeck en Johan Lambeck



Hydrotherapie is sinds jaar en dag een waardevol middel dat we niet uit het oog moeten verliezen. Ook bij deze vorm van therapie zijn er veel interessante ontwikkelingen, waarbij hydrotherapie ook voor de neurologische en geriatrische patiënt goed te verantwoorden is. Het trainen van valpreventie, aerobe capaciteit en het beïnvloeden van neuroplasticiteit (en de daaraan gekoppelde (anti)inflammatoire processen en cognitieve taken), met behulp van de mogelijkheden die hydrotherapie biedt, zullen hieronder belicht worden.

Auteursgegevens: Sanne Lambeck is fysiotherapeut in de Sint Maartenskliniek te Ubbergen. Johan Lambeck is fysiotherapeut bij de Association IATF te Genève.

Correspondentie: s.lambeck@maartenskliniek.nl

Inleiding

De behandeling van de geriatrische patiënt is veelal gericht op zelfredzaamheid en participierend bewegend functioneren (1) door onder meer het aanbieden van oefeningen ter preventie van vallen bij het gaan en staan. Mogelijke dysfunctionele systemen die kunnen worden aangesproken zijn het myofasciale systeem, het cardio-(cerebro)vasculaire systeem, het immunometabole systeem en het neurocognitieve systeem. In deze narrative review wordt een overzicht gegeven van de effecten die onderdompeling en bewegen in water kan hebben op bovengenoemde systemen als ondersteuning bij de evidence based beslissing die de geriatric fysiotherapeut neemt over de keuze om hydrotherapie in het behandelplan op te nemen.

Er zijn inmiddels een groot aantal systematische reviews en meta-analyses gepubliceerd over hydrotherapie bij ouderen (met een aandoening): sinds 2015 over CVA (2-7), parkinson (8-12), MS (13, 14), neurologie algemeen (15) en ouderen algemeen (16, 17). De algemene conclusie is dat hydrotherapie effectief is, maar een matige effectgrootte heeft ten opzichte van therapie op het droge, overigens wel voldoende om hydrotherapie in een behandelplan op te nemen. Maar in 2017 publiceerde Cumming namens Swim England het rapport *The health & wellbeing effects of swimming* (18). In hoofdstuk 1 over de fysieke gezondheidsvoordelen concludeert de auteur: 'The unique nature of the aquatic environment as a medium for exercise and physical activity has been comprehensively described. What is evident is that water-based exercise can confer a number of specific advantages, as compared to land-based exercise. Water-based exercise prescription should be a key consideration for health care clinicians and commissioners'. Ook de KNGF-richtlijn Beroerte onderschrijft het nut van hydrotherapie voor het verbeteren van spierkracht van het paretische been bij patiënten met een chronisch CVA, met aanbevelingsniveau 1 (19). Hierbij moet gezegd worden dat er literatuur is gebruikt tot 2012, inmiddels is er veel meer verschenen.

Wij onderschrijven de conclusies van Cumming en van de KNGF-richtlijn. De matige resultaten van de reviews en meta-analyses zijn ons inziens deels te wijten aan oefenprogramma's waarbij de prikkel tot adaptatie van een weefsel of systeem onvoldoende was, met daardoor matige behandelresultaten. De in deze review beschreven dosering en soort van oefeningen werden in veel van de publicaties niet gehanteerd en zullen in dit artikel worden besproken.

Verhoging cerebrale bloedvolume bij onderdompeling

De hydrostatische druk tijdens staan of zitten in water tot borsthoogte leidt binnen een paar seconden tot een verplaatsing van perifere veneus bloed naar het mediastinum (het effect van een steunkous). Het gevolg is een stijging van het hartminuutvolume van ca. 30% (20) met toename van de cerebrale perfusie van ca 7%, in combinatie met verhoging van de stroomsnelheid in de aanvoerende slagaderen. Dit is gemeten door Carter in de arteriae cerebri media en cerebri posterior (21). Tarumi wees al in 2014 op het belang van de cerebrale doorbloeding voor cognitieve functies (22).

De genoemde toename van stroomsnelheid geeft een vermeerderde schuifspanning tussen het endotheel van de vaatwand en het doorstromend bloed, de prikkel voor een toename van de expressie van eNOS (endothelial nitric oxide synthase), een enzym dat de productie van stikstofoxide katalyseert (23). Het gevolg is een ontspanning van gladde spiervezels in de vaatwand, leidend tot vasodilatatie. Bailey toonde ook aan dat herhaalde blootstelling aan onderdompeling in warm water een blijvende toename van eNOS tot gevolg heeft met eveneens een aanpassing van de cerebrale vasculaire compliance.

Onderdompeling heeft een effect op het autonome zenuwstelsel. Mano legde al een verband tussen de hydrostatische druk, de afname van de hartslag en een afname van sympathische activiteit: hoe dieper in

het water, hoe groter de afname (24). Recentere literatuur bevestigt dit en wijst uit dat ook temperatuur invloed heeft: tussen ca. 30 en 37 neemt de sympathische activiteit af (25). Inmiddels kan ook het effect op de parasympathicus worden gemeten, meestal als sympathovagale balans, zich uitend in een getal voor de hartslagvariabiliteit (HRV). De HRV geeft de variatie aan tussen de tijdsintervallen tussen opeenvolgende hartslagen. Hoe hoger de variatie tussen tijdsintervallen, hoe beter het sympathische en parasympathische systeem in harmonie met elkaar samenwerken en hoe minder stress. Hildenbrand vond weinig verschil tussen ouderen en jongeren in de HRV bij onderdompeling in verschillende temperaturen: 31, 36 en 39°C (26) HRV nam toe met de temperatuur bij onderdompeling, wat gedeeltelijk verklaard wordt door een hogere parasympathische activiteit die in het water ontstaat. De hogere - afferente - parasympathische activiteit hangt in eerste instantie samen met de regulering van de hormonale volume-homeostase via de hypofyse, waardoor de diurese toeneemt (20) en is temperatuurafhankelijk (27). Een hogere HRV is geassocieerd met een toename van de prefrontale corticale activiteit (28, 29) en met snellere reactietijden en minder fouten tijdens executieve taken (30). Stimulatie van de nervus vagus (welke een belangrijke rol speelt in het parasympathisch zenuwstelsel) verbetert de functie van het werkgeheugen (31) en van *decision making* (32).

... hydrostatische druk en warmte hebben invloed hebben op de cerebrale vasculaire functie ...

Behalve deze bottom-up relatie is er ook een top-down relatie (33): activiteit van de prefrontale cortex beïnvloedt de HRV. De prefrontale cortex is een belangrijke structuur voor executieve functies. Het betrekken van executieve activiteiten in de hydrotherapie heeft zin: het versterkt het effect van onderdompeling op het vegetatieve zenuwstelsel. We komen terug op deze relatie in de sectie over bewegen.

Concluderend: er zijn aanwijzingen dat hydrostatische druk en warmte via verschillende wegen een

positieve invloed hebben op de cerebrale vasculaire functie en hersengebieden die zijn betrokken bij executieve functies.

Voor de effecten van onderdompeling op de functie van hart, longen en nieren verwijzen we naar de uitgebreide review van Pendergast (20).

Trainen van de aerobe capaciteit: wat goed is voor het hart, is goed voor het brein.

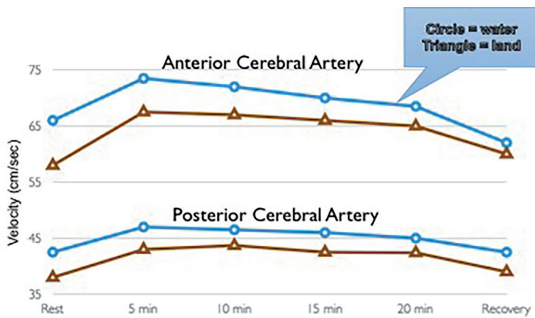
Zoals reeds vermeld, stijgt het hartminuutvolume bij onderdompeling tot aan de sleutelbeenderen; deze is onafhankelijk van de uitgangspositie. Bij de normale watertemperaturen in een hydrotherapiebad tussen 30 en 34°C is de hartslag gelijk of neemt zelfs licht af. Dit betekent dat het slagvolume – zelfs in rust – aan een trainingsprikkel wordt blootgesteld. Dit hogere slagvolume blijft bestaan bij (submaximale) inspanning, mits de pompfunctie van het hart dat toelaat. Met een geringere bewegingsintensiteit (bijvoorbeeld gemeten in Watt's) kunnen dezelfde fysiologische effecten worden bereikt als op het droge (bijvoorbeeld gemeten in % maximale zuurstofopname) In dat geval is de grote hoeveelheid literatuur éénduidig: de fysiologische aanpassingsmechanismen van aerobe training zijn bij training in water hetzelfde als op het droge, ook volgens de reviews van Hall (34) en Pendergast (20). Concreet betekent dit dat mensen die niet of moeilijk kunnen trainen op land (door bijvoorbeeld stijfheid, pijn, obesitas, valgevaar, bewegingsangst) dat in het water wel kunnen, zoals bijvoorbeeld in de aanbeveling van het American College of Sports Medicine (35) of in de Canadese best practice aanbeveling over aerobe training na een CVA (36). De reviews van Daly (37), Bergamin (38) en de meta-analyse van Waller (17) laten zien dat zelfs gezonde ouderen betere effecten hebben op de aerobe capaciteit door trainen in water dan door trainen op land, hoewel de effectmaat klein is.

Energieverbruik tijdens bewegen in water is afhankelijk van de opwaartse kracht en de weerstand van het water. De weerstand neemt kwadratisch toe met de snelheid. Beide zijn afhankelijk van de diepte die wordt gebruikt. Bij staan en springen zal er bij voldoende diepte relatief weinig energie nodig zijn voor de anti-zwaartekracht musculatuur. Bij lopen of joggen in water blijkt dat slechts 30 tot 50% van de snelheid op het droge nodig is om een vergelijkbaar

energieverbruik te hebben (2.6 tot 3.5 versus 5.5 tot 13.4 km/uur) (39). Omdat het energieverbruik met de derde macht van de snelheid verandert, kan ook heel gemakkelijk en snel het energieverbruik worden verlaagd wanneer men de snelheid verlaagt. Dat betekent dat mensen langer en met een hogere dosis kunnen oefenen voordat ze (te) moe zijn, dus ook

vaker kunnen herhalen in de zin van distributed – of massed practice.

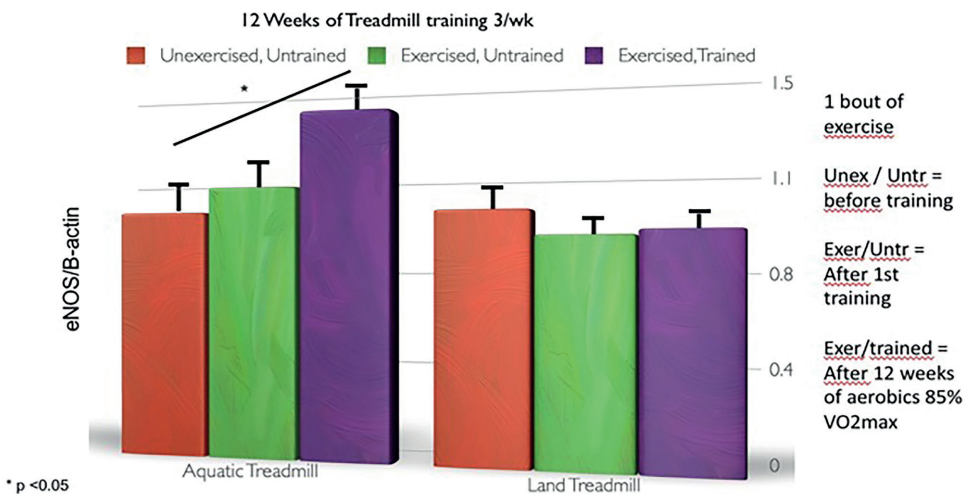
Ook van belang is dat de cerebrale doorbloeding toeneemt met de mate van inspanning. Bij gezonde personen vergeleek Pugh oefeningen in water en op land met vergelijkbaar zuurstofgebruik (40). De stroomsnelheid in de a. cerebri media en de a. cerebri posterior was in het water 8 tot 10% hoger (zie afbeelding 1). Parfitt vond een vergelijkbare stroomsnelheid in de a. cerebri media bij lopen op een onderwaterloopband met een snelheid van 4 km/h of bij rennen op een loopband op het droge op 65% van de VO₂ max (41). Zoals al beschreven is er een verband tussen stroomsnelheid, endotheliale schuifspanning en release van onder meer eNOS bij onderdompeling. Bij inspanning blijft deze relatie in stand (42): wat goed is voor het hart, is goed voor het brein.



Afbeelding 1: Oefenen op het droge en in het water met dezelfde intensiteit (op een fietsergometer) geeft in water een significant hogere doorbloeding is van de twee hersenarteriën (met een hogere stroomsnelheid). Pugh (2015) (40), versie B Becker, 2018, met toestemming.

De stroomsnelheid initieert veranderingen in het endotheel. Dit resulteert in een afname van de stijfheid van de arteriële vaatwand, belangrijk voor de regulering van de bloeddruk. In het water is de diastolische bloeddruk ca. 15% lager dan op het droge, de

Endothelial Function Change



Afbeelding 2: In deze grafiek is te zien dat er een significante toename van eNOS is na 12 weken trainen in water in vergelijking met trainen op land met dezelfde intensiteit. Lambert (2014) (42), versie B Becker, 2018, met toestemming.

systolische en gemiddeld arteriële bloeddruk veranderen weinig (maar wordt niet hoger!) (20). De lange termijn effecten op bloeddruk van trainen in water zijn overigens vergelijkbaar met die van trainen op land (43).

Anti-inflammatoire en neurotrofische effecten

Bewegen in water heeft effecten op het immuno-metabole systeem, vooral op de relatie tussen de suikerstofwisseling en immuunprocessen in het centrale zenuwstelsel. Voordat we hierop in gaan, geven we eerst een inleiding.

Neuroinflammatie is een ontsteking van zenuwweefsel, waarbij het afweersysteem van het centraal zenuwstelsel chronisch verhoogd actief wordt en de expressie van groeifactoren zoals het brain derived neurotrophic factor (BDNF) wordt verminderd. Dit proces wordt ondermeer gelinkt aan diverse neurodegeneratieve aandoeningen met volume- en functieverlies van hersenstructuren zoals bijvoorbeeld de hippocampus (44). Neuroinflammatie kan ook ontstaan bij een chronische low grade inflammation en is deels gerelateerd aan leeftijd – inflammaging (45) - in combinatie met bijvoorbeeld een passieve leefstijl (46), met daardoor ondermeer insuline resistentie (47, 48). Ook chronische pijn is neuro-inflammatoir (49). Neuroinflammatie is gekoppeld aan cognitieve achteruitgang. Hersenstructuren die te maken hebben met executieve functies vertonen een grotere hoeveelheid markers van neuroinflammatie dan bijvoorbeeld de primaire motorische of sensorische cortexen (50). De neuroinflammatie bij neurodegeneratieve aandoeningen wordt in verband gebracht met insuline resistentie in de hersenen (51).

... slechts 30 tot 50% van de snelheid is nodig om een vergelijkbaar energieverbruik te hebben ...

Behalve de dysregulatie in de insuline stofwisseling is er ook een dysbalans tussen pro-inflammatoire en anti-inflammatoire cytokines, zoals de interleukines IL-6 en IL-10. Maar de dysbalans bestaat ook tussen

andere cytokines zoals de leptine en adiponectine. Leptine concentraties zijn gekoppeld aan de hoeveelheid vetweefsel. De grote hoeveelheid literatuur is duidelijk: er is een duidelijke relatie tussen (problemen met) de stofwisseling en de afweer. Versterking van de afweer met positieve effecten op de (suiker) stofwisseling vindt mede plaats door bewegen (52). Onno Meijer voegt daaraan toe dat oefenen alleen effectief is wanneer patiënten zelf kinetische, sensorische, cognitieve en sociale uitdagingen combineren in de zin van omgevingsverrijking (53). Omgevingsverrijking werd in een andere context ook gebruikt door Krakauer: in de vroege revalidatie van de armfunctie bij CVA patiënten gebruikte hij virtual reality met de kernwoorden high-dose, playful, movement exploration: mensen intensief en speels bewegingsoplossingen laten zoeken (54). De kern blijft echter bewegen. Bewegen moet en is goed voor het brein (55).

Anti-inflammatoire effecten zijn ook aangetoond bij training van spierfunctie. Training geeft een ontstekingreactie, ondermeer gekarakteriseerd door een toename van de hoeveelheid cytokines (IL-6 en IL-10) en van BDNF, zowel lokaal als systemisch. BDNF heeft een neuroprotectieve, anti-inflammatoire functie (56), maar is ook betrokken bij de energiestofwisseling van met name cellen in het centrale zenuwstelsel. De toename is onder meer afhankelijk van het aantal actieve spieren, de trainingstijd en de intensiteit van de training. In praktijk betekent dit dat in onderzoek zowel *normale* aerobe training wordt gebruikt, met een meetbare toename van BDNF vanaf 70% VO₂max als hoog intensieve interval training (bijvoorbeeld Tabata) (57). Ook Kang vond dat een 16 weken durende aerobe training bij gezonde ouderen (intensiteit oplopend tot 70% van de VO₂max) een toename liet zien van BDNF, gekoppeld aan een betere geheugenfunctie (als onderdeel van executieve functies, gemeten met de MMSE) (58). BDNF heeft een centrale rol in plasticiteit van de hersenen als gevolg van lichamelijke activiteit en omgevingsverrijking, die zowel de hoeveelheid BDNF in het serum als in de hersenen vergroten. Håkansson vond dat het serum BDNF niveau klinisch significant steeg na een intensieve exergame activiteit met een RPE tussen 11 en 13. Dit was ook significant gecorreleerd met activiteit van het werkgeheugen (59).

Oefenen in water zorgt eveneens voor een toename van anti-inflammatoire cytokines en BDNF, in combinatie met een afname van pro-inflammatoire cytokines. De eerste aanwijzing kwam van een onderzoek met zwemmende ratten met diabetes door Teixeira (60). Resultaten waren dat regelmatig bewegen in water (3 keer per week een uur gedurende 8 weken) een significante afname gaf van de pro-inflammatoire cytokines IL-6, TNF- α , CRP en een toename van de anti-inflammatoire cytokines IL-10, IL-4. Pochmann noemt in haar publicatie over modulatie van cytokines bij Parkinson dat water een anti-inflammatoire omgeving is, waarbij de immuunrespons wordt verzwakt. De immuunrespons is de verhoogde activiteit van het pro-inflammatoire deel van het afweersysteem. In dit onderzoek werd er aerobe training (60% van de VO₂max) en weerstandsoefeningen (2x/week, 60 min) gedaan, gebaseerd op ACSM-richtlijn, aangevuld met spel (61). Er is een inverse relatie tussen pro-inflammatoire cytokines en groeifactoren zoals BDNF (62). Bansi vond dat aerobe training in het water op 60% van de VO₂max bij patiënten met MS na 6 weken een significante toename gaf van de hoeveelheid BDNF (63). Bij een aerobe trainingsgroep op land veranderde de hoeveelheid BDNF niet, in lijn met Cabral (57) en Kang (58).

Ayan toonde dezelfde relatie aan tussen - de veranderingen in - Insuline-like Growth Factor (IGF-1) en de trail making test bij jonge ouderen na een oefenprogramma in water (64). De trail making test meet cognitieve flexibiliteit, één van de executieve functies. Slechte resultaten op de trail making test zijn gecorreleerd aan het slecht uitvoeren van een hindernisbaan (65).

Concluderend: er is derhalve enig bewijs dat neurotrofische effecten in water optreden bij matige aerobe intensiteiten, hetgeen van belang is bij personen die - musculoskeletaal - beperkt zijn in het verhogen van de bewegingsintensiteit. Er is een link met het trainen van cognitieve/executieve functies die door het bewegen in water ook kunnen worden getraind.

Neuroplasticiteit

Neuroplasticiteit is het vermogen van het zenuwstelsel om te reageren en zich aan te passen aan omgevingseisen. Dit omvat een serie van functionele en structurele mechanismen met een neurale en neuro-

vasculaire reorganisatie: synaptogenese, neurogenese en angiogenese (66). Angiogenese is noodzakelijk voor de andere aanpassingen: aanvoer van bloed is noodzakelijk voor neuronale processen, gestimuleerd uit ondermeer BDNF en de vasculaire endotheliale groeifactor (VEGF) (67). Bewegen is een belangrijke prikkel voor angiogenese en bewegen in water heeft een toegevoegde waarde vanwege de genoemde effecten op de cerebrale circulatie. Dat bewegen als uiteindelijke basis voor (sensomotorische) neuroplasticiteit essentieel is, mag bekend worden verondersteld. Bewegen is motorisch leren en werd in 1999 al door Schmidt en Lee omschreven als: 'Het bewerkstelligen van een - relatief permanente - verandering naar bekwaam (skilled) motorisch gedrag, resulterend uit oefenen, aangepast aan de kenmerken van de omgeving, gekoppeld aan foutdetectie' (68). Wanneer we het element foutdetectie toepassen op het (her)leren van evenwichtsvaardigheden, is een zwembad ideaal. Een evenwichtsfout betekent bijvoorbeeld struikelen. Fout gestuurde leerprocessen vergroten neuroplasticiteit en het opnieuw verwerven van vaardigheden. In het zwembad: struikelen móet (69). Bewegen moet zingeving krijgen door vooral de omgeving. Een verrijkte omgeving zoals al eerder in dit artikel is beschreven, heeft enorme gedragsmatige en neurobiologische consequenties (70, 71, 56). De elementen van omgevingsverrijking zijn: (matig) intensief bewegen, sociaal contact, leren van iets nieuws, uitgedaagd worden, bewegingsexploratie, modulatie van aandacht, somato-sensorische stimulering, een probleem oplossen. In één woord: speel! En de patiënt mag er nog moe bij worden ook. Dit kan perfect in het water: op een veilige manier intensieve bewegingsspellen, gekoppeld aan het trainen van het evenwicht. Wanneer dit bovendien met succeservaringen gepaard gaat (het lukt om te springen of snel te lopen, patiënt is gestruikeld maar heeft zich opgevangen, bewegen doet minder pijn, iemand is lekker moe) is dit bovendien goed voor self-efficacy, plezier en andere domeinen die bijvoorbeeld in het *model positieve gezondheid* worden beschreven (72).

Executieve functies

Enkele elementen van omgevingsverrijking behoren tot de zogenaamde executieve functies (EF). Dit zijn cognitieve controleprocessen van taakgerichte acties en aanpassingen van (bewegings)gedrag in complexe

of nieuwe situaties (73). Er zijn tal van deelfuncties beschreven, meestal echter in drie hoofdcategorieën:

- cognitieve flexibiliteit: maken van een alternatieve planning/problemen oplossen,
- respons-inhibitie: gedrag afremmen of stoppen/aandachtsmodulatie, concentratie en
- gebruik van het werkgeheugen: informatie selecteren en tijdelijk vasthouden.

Anatomisch zijn executieve functies in met name de prefrontale cortex gelokaliseerd, waarop ook de nervus vagus voor een deel projecteert. De literatuur legt een relatie tussen executieve functies met reactiesnelheid (74), wendbaarheid (motor agility) (75, 74), omgaan met hindernissen (65) lopen met dubbeltaken (65) en in meer algemene zin; instrumentele ADL (76).

Sinds 2012 zijn er diverse publicaties verschenen over de executieve functies en bewegen in water. Abou-Dest vergeleek de verschillen in de EF tussen een groep regelmatig zwemmende ouderen en een groep mensen met een vooral zittend leven (77). Effectmaten op tests die de EF meten in het voordeel van de zwemmende ouderen waren gemiddeld 1,23 (Cohen's d). Er werd geen correlatie gevonden met de aerobe capaciteit. Dit werd bevestigd in een vervolgonderzoek door Albinet (78). Aquarobics en zwemmen op 40-65% van de hartslagreserve werd vergeleken met een stretching programma. Er was alleen een toename van de EF bij de groep die bij aquarobics en zwemmen was ingedeeld, sterk gecorreleerd aan de hartslagvariabiliteit, dus met de sympathovagale balans (die tijdens onderdompeling in water verbetert). Ook nu was er geen relatie met de aerobe capaciteit. Sato (79) en Kang (80) keken respectievelijk bij zelfstandige ouderen en mensen met een milde vorm van dementie naar EF bij twee vormen van bewegen in water. In de gerandomiseerde groepen werd of een simpel programma aangeboden of een watercognitief programma met elementen als: dubbeltaken, sociaal contact en spel. Beide auteurs kwamen tot de conclusie dat de EF zich significant beter veranderden in de watercognitieve groep. Kang bood zijn programma aan met een intensiteit tussen 10 en 13 rate of perceived exertion (RPE). Fedor gebruikte een vergelijkbare intensiteit van 60-70% van de maximale hartfrequentie (81). Hij vergeleek de EF tussen een usual care-groep en een groep die gedurende slechts één week zes keer een uur aerobief oefende

in het water, met significante veranderingen in de EF. De controlegroep veranderde niet. Ook minder intensieve bewegingsvormen sorteren effect. Bressel vond dat gezonde oudere volwassenen tussen 111-192% meer luisterfouten maakten bij een auditieve dubbel-taak tijdens staan op land in een staggered positie (één voet schuin achter de andere) in vergelijking met staggered staan in borstdiepe water (82). Nissim gebruikte Ai Chi (actieve ontspanning met staande evenwichtstaken in het water) en vergeleek dit met T'ai Chi (83). Er was een duidelijk verschil in zowel werkgeheugen als evenwicht (met de POMA gemeten) tussen beide groepen in het voordeel van Ai Chi. Samenvattend: de mogelijkheden om executieve functies te oefenen zijn in water minstens zo goed mogelijk als op land. Behalve de reguliere redenen: de mogelijkheid om aerobief te trainen en te spelen (exergamen) zijn de toegevoegde extra's: de toegenomen parasympathische activiteit, de grotere cerebrale doorbloeding, het anti-inflammatoire milieu en de grote waarschijnlijkheid dat een toename van neurotrofe factoren in water bij lagere intensiteiten plaatsvindt. Het moge duidelijk zijn dat er enige voorbehoud is: de hoeveelheid onderzoek is nog gering, maar veelbelovend.

Dat geldt ook voor de effecten van bewegen in water op dementie. Myers publiceerde een spectaculaire case-studie over een meestal niet-responsieve Alzheimer patiënt door middel van gemodificeerde Halliwick en Watsu: 'The patient continued to perform aquatic therapy exercises at increasingly advanced levels over the subsequent 3 months, and he eventually could obey a command to walk in the water to the edge of the pool, retrieve a pool toy, and bring it back to the aquatic therapist. Staff noticed that for 2 to 3 hours after his aquatic therapy sessions he was smiling more and talking more clearly without his usual trouble finding words. He even joked with the staff' (84). Hydrotherapie van deze patiënt kan worden bekeken op <https://www.youtube.com/watch?v=aQP1p8lWQys>. Gemodificeerde Halliwick werd ook gebruikt bij een andere case-study van een patiënte met Alzheimer in het eindstadium. Hydrotherapie had ook hier een betere en adequate communicatie tot gevolg, alsmede minder hulp bij transfers en het gaan (85). De literatuur is verder beperkt. Behalve het reeds besproken onderzoek van Kang (80) zijn er twee publicaties van Neville (86) en Henwood (87) over de Watermemories Swimming Club in Australië.

Dit is een algemeen programma met elementen van uithoudingsvermogen, kracht, lenigheid en balans. Er werden positieve effecten op psychologische factoren, welzijn en plezier beschreven. Een goed beschreven interventie – Aquamentie – combineert Halliwick en Ai Chi met de boven beschreven omgevingsverrijking en stimuleren van executieve functies (88). Ook van de Rakt heeft een uitgebreide beschrijving gepubliceerd over de praktische mogelijkheden in het water, gebaseerd op het Halliwick concept (89).

Balansvaardigheden en valpreventie

Voorkómen van vallen is een belangrijke oefendoelstelling bij mensen met een evenwichtsprobleem. Er zijn legio oorzaken die uiteindelijk in een op maat gesneden programma moeten worden aangepakt. Hydrotherapie kan een onderdeel zijn: de omgeving is veilig en allerlei elementen van valpreventie kunnen worden geoefend. Klinisch relevante veranderingen in uitkomstmaten als de Berg Balance Scale (BBS), de POMA test van Tinetti of de Timed Up and Go (in de zin van Minimal Clinical Important Change/Improvement of Minimal Detectable Change) zijn er legio, met als recente voorbeelden Aidar (90), Silva (91), Clerici (92), Ku (93) en Temperoni (94). Hydrotherapie heeft zelfs betere effecten dan therapie op het droge volgens Iliescu (5). In een systematische review was haar clinical message: 'There is strong evidence that aquatic therapy is more effective than land based therapy alone for improving aspects of mobility and balance post stroke'. En in de meta-analyse van Pinto over hydrotherapie bij Parkinson is de conclusie dat: 'Hydrotherapy may be an excellent alternative for individuals with PD who lack confidence to perform movement tasks, have postural instability, and a high risk of falling' (11). De meest recente meta-analyse is van Kim over de vergelijking hydrotherapie en therapie op land van dynamisch evenwicht bij ouderen, met en zonder beperkingen (95). Er werden tien gerandomiseerde trials geïncludeerd, waarvan vijf over parkinson en vijf over gezonde ouderen, osteoporose of hartklachten. Er was geen subgroepanalyse naar specifiek parkinson. Desondanks was de conclusie dat de effectmaten van hydrotherapie ten opzichte van therapie op land gemiddeld iets groter zijn voor dynamisch steady-state evenwicht, pro-actief evenwicht en evenwicht op een test-batterij.

De eerste goede publicatie was van Simmons (96). Dit

gerandomiseerd onderzoek had vier armen: zitten in water, zitten op land, oefenen op land en oefenen in water. De gemiddelde functional reach bij aanvang was tussen 21,6 en 23,1 cm. De functional reach bij de twee groepen die zaten was aan het eind gemiddeld tussen 23,6 en 24,4 cm. De land oefengroep scoorde gemiddeld 28,7 cm en de watergroep had een score van 34 cm. Een paar belangrijke onderdelen van het programma waren:

- lopen met knieheffen: nodig om over hindernissen te kunnen stappen en herstelpassen te oefenen (97). Het trainen van adequate herstelpassen (lange en hoge passen) is van belang zodat deze voldoende voor het lichaamsswaartepunt geplaatst kan worden om het steunvlak te vergroten, i.c.m. de afzetkracht van het standbeen (98). De opwaartse kracht van het water helpt hierbij.
- zijwaarts lopen met kruispassen: nodig bij medio-lateraal verlies van evenwicht.
- op de tenen gaan staan: trainen van het spiervermogen van de kuitmusculatuur.
- cirkels maken met het bekken: het lichaamsswaartepunt bewegen.

De hypothese achter de grote verandering van de functional reach in het water was dat de proefpersonen grotere bewegingen van het lichaamsswaartepunt konden maken zonder angst om te vallen, maar ook dat er evenwichtsfouten werden gemaakt die bijdroegen aan het updaten van de houdingscontrole. Inmiddels vinden we meer dingen belangrijk, echter wordt dit nog weinig in water gebruikt:

- oefenen met dubbeltaken,
- gebruik maken van onverwachte verstoringen; mensen laten struikelen,
- springen en rennen: wendbaarheid,
- gangvariabiliteit: op allerlei (fantasie)manieren durven lopen,
- gaan en staan met een smalle basis,
- evenwicht houden zonder additioneel gebruik van de handen en armen,
- conditietraining als onderdeel van valpreventie en
- gebruik maken van executieve functies tijdens bewegingstaken.

Bij het leren van nieuwe motorische strategieën heeft iemand (veel) tijd nodig: water geeft die tijd om te reageren. Deze traagheid samen met de veiligheid

maakt dat de therapeut ook tijd heeft: om te wachten of evenwichtsaanpassingen doorkomen. Functionele en uitdagende taken met daarin executieve functies kunnen soms beter geoefend worden in een omgeving die minder spannend is, wanneer het op het droge te uitdagend is, waarbij er minder kans is op vallen en letsel en er bovendien meer participatie en therapietrouw is (99, 100).

... bewegen in water is een belangrijke prikkel voor angiogenese ...

Oefenen in water maakt het vanzelfsprekend ook mogelijk al in een vroeg revalidatiestadium te starten, wanneer er nog grote problemen zijn met oprichting tegen de zwaartekracht. Tyson vond dat de belangrijkste redenen waren voor een lage dosering en intensiteit in stroke units: pijn, vermoeidheid en concentratie (101). Als hypothese stellen we dat de factoren pijn en vermoeidheid minder prominent zijn bij hydrotherapie, gesteund door Tripp, die Halliwick-therapie toepaste in de vroege revalidatie. Hij vond klinisch relevante verschillen met de land groep op de Berg Balance Scale en de Functional Ambulation Categories (102). Het water geeft steun en bovendien is het minder zwaar voor de therapeut. Vroeg beginnen is een belangrijke voorspeller voor participatie in een latere fase. En logischerwijs is dit ook een voordeel voor het vroegtijdig gebruiken van alle weefsels en hiermee disuse zoveel mogelijk te voorkomen. Een onderzoek van Lim naar het energieverbruik bij mensen met een CVA laat een lager energieverbruik zien tijdens lopen op een zelf gekozen loopsnelheid in borstdiep water, waardoor langere oefensessies mogelijk zijn (103). Oefenen in ondieper water heeft overigens een verhoging van het energieverbruik tot gevolg, meer in de richting van het energieverbruik passend bij lopen op land (bij dezelfde loopsnelheid). Behalve loopsnelheid is dus ook de waterdiepte waarin wordt gelopen een variabele bij de cardiale belasting, zoals ook al eerder is betoogd. Daarbij komt ook dat groepsactiviteiten in het water veilig zijn, waardoor je met minder therapeuten, mensen mentaal en fysiek flink kunt uitdagen. Het plezier dat ontstaat door met weinig

risico's lekker te kunnen bewegen en te spelen, voor een langere tijd achtereen, is natuurlijk erg belangrijk. De daar vaak mee samengaande succeservaringen en opgebouwd zelfvertrouwen, vormen ook weer een belangrijke basis voor de positieve invloeden als verminderen van depressiviteit (104, 105). Daarnaast wordt vaak benoemd door patiënten dat ze na een hydrotherapie sessie beter slapen en zich meer ontspannen voelen. Een studie uit 2019 laat ook zien dat mensen met parkinson die participeerden in een Ai Chi programma niet alleen minder hoog scoorden op depressieschalen en pijnscores, maar ook beter op de kwaliteit van leven (SF-36). Deze resultaten waren nog een maand na de interventie meetbaar (106).

Het is dus belangrijk veel bewegingservaring op het gebied of op de grens van balans te laten opdoen, het liefst in een rijke/gevarieerde en uitnodigende omgeving (107) en met de nodige inspanning. Vanwege die continue verplaatsing van het lichaamszwaartepunt in het water, meer dan op land, wordt bovendien de motorische hersenschors al direct meer geactiveerd. Dit geldt overigens ook voor de sensorische hersenschors, vanwege waterdruk, stroming en temperatuur (108)

... water is een anti-inflammatoire omgeving, met positieve neurotrofische effecten ...

Priming effect van hydrotherapie

De bedoeling is dat hydrotherapie ook naderhand meetbare effecten heeft. Die effecten zijn er zoals uitgebreid is beschreven in dit artikel. Een fenomeen dat onlangs pas naar voren kwam in de literatuur is de conceptuo-motorische priming door hydrotherapie. Priming is voorbereiding voor het maken van associaties; een versterkende interventie waarbij een verandering van het motorisch gedrag gebaseerd is op eerdere stimuli. Concreet zou dit betekenen dat het zin heeft om te herhalen op het droge van wat in het water is geoefend. Dit is onlangs door Sato bevestigd (29). Hij vond dat passieve onderdompeling een corticale inhibitie van het cholinerge gebied van de prefrontale hersenschors geeft. Dit gebied is belangrijk



Afbeelding 3: Concentratie tijdens een moeilijke dubbeltaak doet beroep op executieve functies.



Afbeelding 4: De therapeut trok onverwacht de handen terug en de patiënt initieert snel een oplossing voor het balansprobleem.



Afbeelding 5: De patiënt loopt snel over de hindernissen. Bewegend water beperkt visuele controle en doet beroep op het werkgeheugen (waar waren de hindernissen ongeveer).



Afbeelding 6: Bewegingservaring op de grens van balans opdoen, in een veilige omgeving, middels het gebruik van een reikpaal. Strekking wordt hierdoor mede gefaciliteerd.

bij het onthouden van een visuo-motorische taak. Na de onderdompeling nam de cholinerge activiteit weer toe en daarmee het vermogen van de hersenschors om beter te onthouden. Hoewel de evidentie nog zeer beperkt is, concludeert Sato dat onderdompeling in water bewegen op land faciliteert.

Samenvatting:

Hydrotherapie is een bekende interventie met inmiddels een grote *body of knowledge*. De effecten van de hydrostatische druk vormen de basis voor belangrijke homeostatische aanpassingen in de circulatie van de hersenen. Daardoor zijn er neurotrofe effecten (zoals een toename van anti-inflammatoire cytokines en BDNF) die mede de rationale vormen van het oefenen van bijvoorbeeld executieve functies als onderdeel van houdings- en bewegingsmotoriek. Dit kan belangrijk

zijn in het kader van valpreventie. Het water leent zich goed voor het opdoen van veel bewegingservaring (variabiliteit), waarbij de grenzen van balans opgezocht kunnen worden, in een veilige en rijke omgeving. Ook kan in het water een zelfde trainingsprikkel worden bereikt als op het droge, van belang voor mensen die deze trainingsprikkel niet of moeilijk kunnen bereiken op land.

Literatuurlijst

1. Koninklijk Nederlands Genootschap voor Fysiotherapie (2015). Beroepsprofiel Geriatriefysiotherapeut. <https://www.kngf.nl/binaries/content/assets/kngf/onbeveiligd/vakgebied/vakinhoud/beroepsprofielen/beroepsprofiel-geriatrie-fysiotherapie-juli-2015.pdf>. [Accessed Augustus 2020]
2. Chae CS, Jun JH, Im S, Jang YJ, Park GY. Effectiveness of hy-

- drotherapy on balance and paretic knee strength in patients with stroke: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. 2020; 99(5): 409-19. <https://doi.org/10.1097/PHM.0000000000001357>
3. **Giuriati S, Servadio A, Temperoni G, Curcio A, Valente D, Galeoto G.** The effect of aquatic physical therapy in patients with stroke: A systematic review and meta-analysis. *Topics in Stroke Rehabilitation*. 2020; 27: 1-14. <https://doi.org/10.1080/10749357.2020.1755816>
 4. **Nayak P, Mahmood A, Natarajan M, Hombali A, Prashanth CG, Solomon JM.** Effect of aquatic therapy on balance and gait in stroke survivors: A systematic review and meta-analysis. *Complementary Therapies in Clinical Practice*. 2020; 39: 101-10. <https://doi.org/10.1016/j.ctcp.2020.101110>
 5. **Iliescu AM, McIntyre A, Wiener J, Iruthayarajah J, Lee A, Caughlin S, et al.** Evaluating the effectiveness of aquatic therapy on mobility, balance, and level of functional independence in stroke rehabilitation: a systematic review and meta-analysis. *Clinical Rehabilitation*. 2020; 34: 56-68. <https://doi.org/10.1177/0269215519880955>
 6. **Saquetto MB, da Silva MC, Martinez BP, Sena C, Pontes SS, da Paixão MTC, et al.** Water-Based Exercise on Functioning and Quality of Life in Poststroke Persons: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases*. 2019; 28(11):104341. <https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis>
 7. **Iatridou G, Pelidou H, Varvarousis D, Stergiou A, Beris A, Givissis P, et al.** The effectiveness of hydrokinesiotherapy on postural balance of hemiplegic patients after stroke: a systematic review and meta-analysis. *Clinical Rehabilitation*. 2017; 32(5): 583-93. <https://doi.org/10.1177/0269215517748454>
 8. **Gomes Neto M, Souza Pontes A, de Oliveira Almeida L, Magalhães da Silva C, da Conceição Sena C, Bernardone Saquetto M.** Effects of water-based exercise on functioning and quality of life in people with Parkinson's disease: a systematic review and meta-analysis. *Clinical Rehabilitation*. 2020. <https://doi.org/10.1177/0269215520943660>
 9. **Carroll LM, Morris ME, O'Connor WT, Clifford AM.** Is Aquatic Therapy Optimally Prescribed for Parkinson's Disease? A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Parkinson's Disease*. 2019; 10(3): 1-18. <https://doi.org/10.3233/JPD-191784>
 10. **Cugusi L, Manca A, Bergamin M, Di Blasio A, Monticone M, Deriu F, et al.** Aquatic exercise improves motor impairments in people with Parkinson's disease, with similar or greater benefits than land-based exercise: a systematic review. *Journal of Physiotherapy*. 2019; 65: 65-74. <https://doi.org/10.1016/j.jphys.2019.02.003>
 11. **Pinto C, Salazar AP, Marchese RR, Stein C, Pagnussat AS.** The Effects of Hydrotherapy on Balance, Functional Mobility, Motor Status, and Quality of Life in Patients with Parkinson Disease: A Systematic Review and Meta-analysis. *PM R*. 2019; 11: 278-91. <https://dx.doi.org/10.1016/j.pmrj.2018.09.031>
 12. **Terrens AF, Soh SE, Morgan PE.** The efficacy and feasibility of aquatic physiotherapy for people with Parkinson's disease: a systematic review. *Disability and Rehabilitation*. 2017; 40(24):2847-56. <https://doi.org/10.1080/09638288.2017.1362710>
 13. **Amedoro A, Berardia A, Conte A, Pelosin E, Valente D, Maggi G, et al.** The effect of aquatic physical therapy on patients with multiple sclerosis: A systematic review and meta-analysis. *Multiple Sclerosis and Related Disorders*. 2020; 41: 102022. <https://doi.org/10.1016/j.msard.2020.102022>
 14. **Corvillo I, Varela E, Armijo F, Alvarez-Badillo A, Armijo O, Maraver F.** Efficacy of aquatic therapy for multiple sclerosis: a systematic review. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2017; 53: 944-52. <https://doi.org/10.23736/S1973-9087.17.04570-1>
 15. **Moritz TA, Snowdon DA, Peiris CL.** Combining aquatic physiotherapy with usual care physiotherapy for people with neurological conditions: A systematic review. *Physiother Res Int*. 2019; 25(1): e1813. <https://doi.org/10.1002/pri.1813>
 16. **Martínez-Carbonell Guillamón E, Burgess L, Immins T, Martínez-Almagro Andreo A, Wainwright TW.** Does aquatic exercise improve commonly reported predisposing risk factors to falls within the elderly? A systematic review. *BMC Geriatrics*. 2019; 19: 1-16. <https://doi.org/10.1186/s12877-019-1065-7>
 17. **Waller B, Ogonowska-Slodownik A, Vitir M, Lambeck J, Heinonen A, Daly D.** The effect of aquatic exercise on physical functioning in the older adult: a systematic review with meta-analysis. *Age and Ageing*. 2016; 0: 1-9. <https://doi.org/10.1093/ageing/afw102>
 18. **Cumming I, Gates A (2017).** The health & wellbeing benefits of swimming. *Swim England's Swimming and Health Commission*.
 19. **Koninklijk Nederlands Genootschap voor Fysiotherapie (2017).** Richtlijn Beroerte 2014, revisie 2017. <https://www.kngf.nl/kennisplatform/richtlijnen/beroerte>. [Accessed Augustus 2020].
 20. **Pendergast DR, Moon RE, Krasney JJ, Held HE, Zamparo**

- P. Human Physiology in an Aquatic Environment. *Compr Physiol.* 2015; 5: 1705-1750. DOI: 10.1002/cphy.c140018
21. **Carter HH, Spence AL, Pugh CJA, Ainslee P, Naylor LH, Green DJ.** Cardiovascular responses to water immersion in humans: impact on cerebral perfusion. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* 2014; 306:636–40. doi:10.1152/ajpregu.00516.2013.
 22. **Tarumi T, Dunsky DI, Khan MA, Liu J, Hill C, Armstrong K, et al.** Dynamic cerebral autoregulation and tissue oxygenation in amnesic mild cognitive impairment. *J Alzheimers Dis.* 2014; 41(3): 765-778.
 23. **Bailey TG, Cable NT, Miller GD, Sprung VS, Low DA, Jones H.** Repeated warm water immersion induces similar cerebrovascular adaptations to 8 weeks of moderate-intensity exercise training in females. *Int J Sports Med.* 2016; 37(10): 757-65. doi: 10.1055/s-0042-106899.
 24. **Mano T, Iwase S, Yamazaki Y, Saito M.** Sympathetic nervous adjustments in man to simulated weightlessness induced by water immersion. *Journal of UOEH.* 1985; 7(Suppl.), 215–227.
 25. **Sato D, Yamazaki Y, Takahashi A, Uetake Y, Nakano S, Iguchi K, et al.** Water immersion decreases sympathetic skin response during colored word Stroop test. *PLoS ONE.* 2017; 12(7): e0180765. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0180765>
 26. **Hildenbrand K, Becker B, Whitcomb R, Sanders JP.** Age-Dependent Autonomic Changes Following Immersion in Cool, Neutral, and Warm Water Temperatures. *International Journal of Aquatic Research and Education.* 2010; 4(2): 127-146.
 27. **Al Haddad H, Laursen PB, Chollet D, Lemaitre F, Ahmaidi S, Buchheit M.** Effect of cold or thermoneutral water immersion on post-exercise heart rate recovery and heart rate variability indices. *Auton Neurosci.* 2010; 156(1/2): 111-116.
 28. **Lane RD, McRae K, Reiman E.M, Chen K, Ahern GL, Thayer JF.** Neural correlates of heart rate variability during emotion. *Neuroimage.* 2009; 44(1): 213-22.
 29. **Sato D, Koya Y, Yuda Y, Koyuki I, Ikarashi K, Onishi H, et al.** Priming effects of water immersion on paired associative stimulation-induced neural plasticity in the primary motor cortex. *J. Environ. Res. Public Health.* 2020; 17(1): 215. doi:10.3390/ijerph17010215
 30. **Hansen AL, Johnsen BH, Sollers JJ III, Stenvik K, Thayer JF.** Heart rate variability and its relation to prefrontal cognitive function: the effects of training and detraining. *Eur J Appl Physiol.* 2004; 93: 263–72. <https://doi.org/10.1007/s00421-004-1208-0>
 31. **Sun L, Peräkylä J, Holm K, Haapasalo J, Lehtimäki K, Ogasawa KH.** Vagus nerve stimulation improves working memory performance. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology.* 2017; 39(10): 954-64. <https://doi.org/10.1080/13803395.2017.1285869>
 32. **Martin CO, Denberg NL, Tranel M, Grannar MA, Bechara A.** The effect of vagus nerve stimulation on decision-making. *Cortex.* 2004; 40: 605-12.
 33. **Thayer JF, Lane RD.** Claude Bernard and the heart–brain connection: Further elaboration of a model of neurovisceral integration. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews.* 2009; 33: 81–88. doi:10.1016/j.neubiorev.2008.08.004
 34. **Hall J, Blake D, Garbutt G.** Acute physiological effects of exercise in water. *Physical Therapy Reviews.* 2001; 6: 215-229
 35. **Moore GE, Durstine JL, Painter PL (Eds)** (2016). ACSM's Exercise management for persons with chronic diseases and disabilities 4. *Human Kinetics.*
 36. **Mackay-Lyons M, Macko R, Eng JJ et al** (2012-2013). Aerobic exercise recommendations to optimize best practice in care after stroke.
 37. **Daly D, Buys R, Vonlanthen G, Vanhullebosch T** (2008). Watertraining voor ouderen met en zonder beperkingen: een systematische review. Groep Biomedische Wetenschappen, FaBeR, KULeuven, ongepubliceerd.
 38. **Bergamin M, Zanuso S, Alvar BA, Ermolao A, Zaccaria M.** Is water-based exercise training sufficient to improve physical fitness in the elderly? *Eur Rev Aging Phys Act.* 2012; 9: 129-141. DOI 10.1007/s11556-012-0097-1
 39. **Evans BW, Cureton KJ, Purvis JW.** Metabolic and circulatory responses to walking and jogging in water. *Research Quarterly.* 1978; 49: 442-449. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001230>
 40. **Pugh CJ, Sprung VS, Ono K, Spence AL.** The Effect of Water Immersion during Exercise on Cerebral Blood Flow. *Med Sci Sports Exerc.* 2015; 47(2): 299-306.
 41. **Parfitt R, Hensman MY, Lucas SJE.** Cerebral blood flow responses to aquatic treadmill exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2017; 49: 1305–12
 42. **Lambert BS, Greene NP, Carradine AT, Joubert DP, Fluckey JD, Riechman SE, et al.** Aquatic Treadmill Training Reduces Blood Pressure Reactivity to Physical Stress. *Med Sci Sports Exerc.* 2014; 46(4): 809-16
 43. **Reichert T, Rocha CR, Barroso BM.** Aquatic training in upright position as an alternative to improve blood pressure in adults and elderly: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med.* 2018; 48(7): 1727-37. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0918-0>

44. **Kielian T.** Neuroinflammation: good, bad or indifferent? *J Neurochem.* 2014; 130: 1-3. <https://doi.org/10.1111/jnc.12755>
45. **Ferrucci L, Fabbri E.** Inflammageing: chronic inflammation in aging, cardiovascular disease and frailty. *Nature Reviews Cardiology.* 2018; 15: 505-22. <https://doi.org/10.1038/s41569-018-0064-2>
46. **Chung HY, Kim DH, Lee EK, Chung KW, Chung S, Lee B, et al.** Redefining chronic inflammation in aging and age-related diseases: proposal of the senoinflammation concept. *Aging Dis.* 2019; 10: 367-82. <https://doi.org/10.14336/AD.2018.0324>
47. **Barrientos RM, Kitt MM, Maier SF.** Neuroinflammation in the normal aging hippocampus. *Neuroscience.* 2015; 309: 84-99. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2015.03.007>
48. *Frontiers in Aging and Neuroscience, themanummer. Neuroinflammation and Cognition (2018).* <https://www.frontiersin.org/research-topics/6461/neuroinflammation-and-cognition#articles>
49. **Loggia ML, Chonde DB, Akeju O, Arabasz G, Catana C, Edwards RR et al.** Evidence for brain glial activation in chronic pain patients. *Brain.* 2015; 138: 604-15. <https://doi.org/10.1093/brain/awu377>
50. **Sartori AC, Vance DE, Slater LZ, Crowe M.** The impact of inflammation on cognitive function in older adults: implications for health care practice and research. *J Neurosci Nurs.* 2012; 44: 206-17. <https://doi.org/10.1097/JNN.0b013e3182527690>
51. **Monte de la SM.** Insulin resistance and neurodegeneration: progress towards the development of new therapeutics for Alzheimer's disease. *Drugs.* 2017; 77: 47-65. <https://doi.org/10.1007/s40265-016-0674-0>
52. Koninklijk Nederlands Genootschap voor Fysiotherapie (2009). KNGF-standaard Beweginginterventie diabetes mellitus type 2. <https://www.kngf.nl/kennisplatform/beweeginterventies/diabetes-mellitus-type-2>. [Accessed Augustus 2020]
53. **Meijer OG, Huang CH, Prins MR, Ruitenbeek J-R.** Zelf uitdagingen kiezen is gezond, Suikerbuik. *Fysiopraxis* December 2014 - Januari 2015.
54. **Krakauer JW, Cortes JC.** A non-task-oriented approach based on high-dose playful movement exploration for rehabilitation of the upper limb early after stroke. *NeuroRehabilitation.* 2018; 43: 31-40. <https://doi.org/10.3233/NRE-172411>
55. **Praag van H, Christie B (Eds).** Inaugurele nummer over effecten van bewegen op hersenfunctie *Brain Plasticity.* 2015; 1: 3-5. <http://DOI.org/10.3233/BPL-159001>
56. **Cotman CW, Berchtold NC, Christie L-A.** Exercise builds brain health: key roles of growth factor cascades and inflammation. *Trends in Neuroscience.* 2007; 30(9): 464-472. <https://doi.org/10.1016/j.tins.2007.06.011>
57. **Cabral-Santos C, Castrillón CIM, Miranda RAT, Monteiro PA, Inoue DS, Campos EZ et al.** Inflammatory cytokines and BDNF response to high-intensity intermittent exercise: effect the exercise volume. *Frontiers in Physiology.* 2016; 7: 509. <https://doi.org/10.3389/fphys.2016.00509>
58. **Kang DW, Bressell E, Kim DY.** Effects of aquatic exercise on insulin-like growth factor-1, brain-derived neurotrophic factor, vascular endothelial growth factor, and cognitive function in elderly women. *Experimental Gerontology.* 2020; 132: 110842. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2020.110842>
59. **Håkansson K, Ledreux A, Daffner K, Terjestam Y, Bergman P, Carlsson R et al.** BDNF Responses in Healthy Older Persons to 35 Minutes of Physical Exercise, Cognitive Training, and Mindfulness: Associations with Working Memory Function. *J Alzheimers Dis.* 2017; 55: 645-57. <https://doi.org/10.3233/JAD-160593>
60. **Teixeira-Lemos E, Nunes S, Teixeira F, Reis F.** Regular physical exercise training assists in preventing type 2 diabetes development: focus on its antioxidant and anti-inflammatory properties. *Cardiovascular Diabetology.* 2011; 10: 12.
61. **Pochmann D, Peccin PK, Ivy Reichert I.** Cytokine modulation in response to acute and chronic aquatic therapy intervention in Parkinson disease individuals: A pilot study, *Neuroscience Letters.* 2018; 674; 30-35. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2018.03.021>
62. **Calabrese F, Rossetti AC, Racagni G, Gass P, Riva MA, Molteni R.** Brain-derived neurotrophic factor: a bridge between inflammation and neuroplasticity. *Frontiers in Cellular Neuroscience.* 2014; 8: 430-440. <https://dx.doi.org/10.3389%2Ffncel.2014.00430>
63. **Bansi J, Bloch W, Gamper U, Kesselring J.** Training in MS: influence of two different endurance training protocols (aquatic versus overland) on cytokine and neurotrophin concentrations during three week randomized controlled trial. *Mult Scler.* 2013; 19(5): 613-621.
64. **Ayán C, Carvalho P, Varela S, Cancela JM.** Effects of water-based exercise training on the cognitive function and quality of life of healthy adult women. *Journal of Physical Activity & Health.* 2017; 14(11): 899-904. <https://doi.org/10.1123/jpah.2017-0036>
65. **Yogev-Seligmann G, Hausdorff JM, Giladi N.** The Role of Executive Function and Attention in Gait. *Movement*

- Disorders. 2008; 23: 329–42. <https://doi.org/10.1002/mds.21720>
66. **Allred RP, Kim S-Y, Jones TA.** Use it and/or lose it—experience effects on brain remodeling across time after stroke. *Frontiers in Human Neuroscience*. 2014; 8: 397. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00379>
 67. **Angels Font M, Arboix A, Krupinski J.** Angiogenesis, Neurogenesis and Neuroplasticity in Ischemic Stroke. *Current Cardiology Reviews*. 2010; 6: 238-44
 68. **Schmidt RA, Lee TD** (1999). Motor control and learning: A behavioral emphasis (3rd ed). *Human Kinetics*
 69. **Abdollahi F, Corrigan M, Lazzaro EDC, Kenyon RV, Patton JL.** Error-augmented bimanual therapy for stroke survivors. *NeuroRehabilitation*. 2018; 43(1): 41-51. <https://doi.org/10.3233/NRE-182413>
 70. **Praag van H, Kempermann G, Gage ZH.** Neuronal consequences of environmental enrichment. *Nature Reviews Neuroscience*. 2000; 11: 191-198.
 71. **Nithianantharajah J, Hannan AJ.** Enriched environments, experience-dependent plasticity and disorders of the nervous system. *Nature Reviews Neuroscience*. 2006; 7: 697-709. <https://doi.org/10.1038/nrn1970>
 72. **Steekelenburg van E, Kersten I, Huber M** (2016). 'Positieve gezondheid' in Nederland, Wie, wat, waarom en hoe? Institute for Positive Health, Amersfoort.
 73. **Diamond A.** Executive functions. *Annu Rev Psychol*. 2013; 64:135-168. <https://doi.org/doi:10.1146/annurev-psych-113011-143750>
 74. **Hilton CL, Cumpata K, Klohr C, Gaetke S, Partner A, Johnson H, et al.** Effect of exergaming on executive function and motor skills in children with autism spectrum disorder: a pilot study. *The American Journal of Occupational Therapy*. 2014; 68: 57-65.
 75. **Fama R, Sulliva EV.** Motor sequencing in Parkinson's disease: relationship to executive function and motor rigidity. *Cortex*. 2002; 38: 753-767.
 76. **Cahn-Weiner D, Boyle PA, Malloy PF.** These of executive function predict instrumental activities of daily living in community-dwelling older individuals. *Applied Neurophysiology*. 2002; 9: 187-191.
 77. **Abou-Dest A, Albinet CT, Boucard G, Audiffren M.** Swimming as a positive moderator of cognitive aging: A cross-sectional study with a multitask approach. *Journal of Aging Research*. 2012; 2012(2): 273185. <https://doi.org/10.1155/2012/273185>
 78. **Albinet CT, Abou-Dest A, André N, Audiffren M.** Executive functions improvement following a 5-month aquaerobicsprogram in older adults: Role of cardiac vagal control in inhibitionperformance. *Biological Psychology*. 2016; 115: 69–77. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biopsycho.2016.01.010>
 79. **Sato D, Seko C, Hashitomi T, Sengoku Y, Nomura T.** Differential effects of water-based exercise on the cognitive function in independent elderly adults. *Aging Clin Exp Res*. 2014; 27: 149-159. <https://doi.org/10.1007/s40520-014-0252-9>
 80. **Kang DK, Park JY, Jung JH, Park JJ.** Development of Combined Aquatic Exercise Program to Improve Functional Fitness and Cognitive Function for Elderly with Mild Dementia. *Exercise Science*. 2015; 24: 415-423. <http://dx.doi.org/10.15857/ksep.2015.24.4.415>
 81. **Fedor A, Garcia S, Gunstad J.** The effects of a brief, water-based exercise intervention on cognitive function in older adults. *Archives of Clinical Neuropsychology*. 2015; 30: 139-147. <https://doi.org/10.1093/arclin/acv001>
 82. **Bressel E, Louder TJ, Raikes AC, Alphonsa S, Kyvelidou A.** Water immersion affects episodic memory and postural control in healthy older adults. *J Geriatr Phys Ther*. 2018; 0: 1-6. <https://doi.org/10.1519/JPT.0000000000000192>
 83. **Nissim M, Hutzler Y, Goldstein A.** A walk on water: comparing the influence of Ai Chi and Tai Chi on fall risk and verbal working memory in ageing people with intellectual disabilities – a randomised controlled trial. *Journal of Intellectual Disability Research*. 2019; 63(6): 603-613. <https://doi.org/10.1111/jir.12602>
 84. **Myers KW, Capek D, Shill H, Sabbagh M.** Aquatic therapy and Alzheimer's disease. *Annals of Long-Term Care, Clinical Care and Aging*. 2013; 21: 36-41.
 85. **Becker BE, Lynch S.** Case report: aquatic therapy and end-stage dementia. *Physical Medicine & Rehabilitation*. 2018; 10: 437-441. <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2017.09.001>
 86. **Neville C, Heywood T, Beattie E, Fielding E.** Exploring the effect of aquatic exercise on behaviour and psychological well-being in people with moderate to severe dementia: a pilot study of the Watermemories Swimming Club. *Australian Journal on Ageing*. 2014; 33: 124-127. <https://doi.org/10.1111/ajag.120as>
 87. **Henwood T, Neville C, Baguley C, Clifton K, Beattie E.** Physical and functional implications of aquatic exercise for nursing home residents with dementia. *Geriatric Nursing*. 2015; 36: 35-39.
 88. **Niks C, Hooft van't P.** Aquementia, introducing a newly developed swimming intervention for people with dementia. *Journal of Psychological Sciences*. 2017; 3: 21-27.

89. **Rakt van de J, McCarthy-Grunwald S.** Physical treatment (hydrotherapy) by individuals with and without dementia. *Int. J. Sports Reh Po.* 2022; 9: 1989 – 2017.
90. **Aidar FJ, Gana de Matos D, Souza de RF, Gomes AB, Saavedra F, Garrido N, et al.** Influence of aquatic exercises in physical condition in patients with multiple sclerosis. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness.* 2018; 58: 684-9. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.17.07151-1>
91. **Silva de LA, Tortelli L, Motta J, Menguer L, Mariano S, Tascia G, et al.** Effects of aquatic exercise on mental health, functional autonomy and oxidative stress in depressed elderly individuals: A randomized clinical trial. *Clinics.* 2019; 74: e322. <https://doi.org/10.6061/clinics/2019/e322>.
92. **Clerici I, Maestri R, Bonetti F, Ortelli P, Volpe D, Ferrazzoli D, et al.** Land Plus Aquatic Therapy Versus Land-Based Rehabilitation Alone for the Treatment of Freezing of Gait in Parkinson Disease: A Randomized, Controlled Study. *Phys Ther.* 2019; 99: 591-600. <https://doi.org/10.1093/ptj/pzz003>.
93. **Ku PH, Chen SF, Yang YT, Lai TC, Wang RY.** The effects of Ai Chi for balance in individuals with chronic stroke: a randomized controlled trial. *Scientific Reports.* 2020; 10: 1201. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-58098-0>
94. **Temperoni G, Curcio A, Losa M, Mangiarotti MA, Morelli D, De Angelis S, et al.** A water-based sequential preparatory approach vs. conventional aquatic training in stroke patients: a randomized controlled trial with a 1-month follow-up. *Frontiers in Neurology.* 2020; 11: 466. <https://doi.org/doi:10.3389/fneur.2020.00466>
95. **Kim YW, Vakula MN, Waller B, Bressel E.** A systematic review and meta-analysis comparing the effect of aquatic and land exercise on dynamic balance in older adults. *BMC Geriatrics.* 2020; 20: 302. <https://doi.org/10.1186/s12877-020-01702-9>
96. **Simmons V, Hansen PD.** Effectiveness of water exercise on postural mobility in the well elderly: an experimental study on balance enhancement. *J Gerontology.* 1996; 51(5): M233-8.
97. **Jung JH, Lee JY, Chung EJ, Kim KY.** The Effect of Obstacle Training in Water on Static Balance of Chronic Stroke Patients. *J Phys Ther Sci.* 2014; 26: 437–40.
98. **Pijnappels M.** Waarom schieten ouderen soms te kort in hun balanshandhaving? *Fysiotheraie en ouderenzorg.* 2005;19: 6-12
99. **Belza B, Topolski T, Kinne S, Patrick DL, Ramsey SD.** Does adherence make a difference? Results from a community-based aquatic exercise program. *Nursing Research.* 2002; 51: 285-91.
100. **Cugusi L, Manca A, Bergamin M, Di Blasio A.** Aquatic exercise improves motor impairments in people with Parkinson's disease, with similar or greater benefits than land-based exercise: a systematic review. *Journal of Physiotherapy.* 2019; 65: 65–74. <https://doi.org/10.1016/j.jphys.2019.02.003>
101. **Tyson SF, Woodward-Nutt K, Plant S.** How are balance and mobility problems after stroke treated in England? An observational study of the content, dose and context of physiotherapy. *Clinical Rehab.* 2018; 32(8): 1145-52. <https://doi.org/10.1177/0269215518777789>
102. **Tripp F, Krakow K.** Effect of an aquatic approach (Halliwick-Therapy) on functional mobility in subacute stroke patients: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil.* 2014; 28(5): 432-9. doi: 10.1177/026921551350494
103. **Lim KI, Rhi SY.** The effects of landed and aquatic treadmill walking at moderate intensity on heart rate, energy expenditure and catecholamine. *J Exerc Nutr Biochem.* 2014; 18(2): 197-203. <http://dx.doi.org/10.5717/jenb.2014.18.2.197>
104. **Aidar FJ, OliVeira RJ, Gama de Matos D, Chilibeck PD, Souza de RF, Carneiro AL, et al.** A randomized trial of the effects of an aquatic exercise program on depression, anxiety levels, and functional capacity of people who suffered an ischemic stroke. *J Sports Med Phys Fitness.* 2018; 58: 1171-7. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.17.07284-X>
105. **Silva da AZ, Israel VL.** Effects of dual-task aquatic exercises on functional mobility, balance and gait of individuals with Parkinson's disease: a randomized clinical trial with a 3-month follow-up, *Complementary Therapies in Medicine.* 2018; 42: 119-124. <https://doi.org/10.1016/j.ctim.2018.10.023>
106. **Perez-de la Cruz S.** Mental health in Parkinson's disease after receiving aquatic therapy: a clinical trial. *Acta Neurol Belg.* 2019; 119: 193-200.
107. **Shumway-Cook A, Woollacott M** (2016). *Motor Control.* 5th ed. Philadelphia, Lippincott Williams and Wilkins.
108. **Sato D, Yamashiro K, Onishi H, Yasuhiro B, Shimoyama Y, Maruyama A.** Whole-hand water flow stimulation increases motor cortical excitability: a study of transcranial magnetic stimulation and movement-related cortical potentials. *J Neurophysiol.* 2014; 113: 822. <https://doi.org/10.1152/jn.00161.2014>