

Beter in balans: over de rol van motoriek, balans en bewegingsinterventies bij kinderen met autisme

Claudia Emck · John F. Stins

Samenvatting

Kinderen met autisme hebben niet alleen problemen met communicatie en sociale interactie. Ze hebben ook motorische problemen, zoals stereotype bewegingen, slechte coördinatie en zwakke motorische vaardigheden. Al deze vaardigheden zijn van belang om te kunnen participeren in schoolse en buitenschoolse activiteiten. Uit veel studies blijkt dat kinderen met autisme afwijkingen vertonen in de balanshandhaving. Deze verminderde lichaamsstabiliteit ligt mogelijk ten grondslag aan diverse grofmotorische problemen. Twee mechanismen spelen daarbij een rol. Ten eerste een abnormale sensorische integratie, hetgeen waarschijnlijk gerelateerd is aan afwijkingen in het cerebellum en ten tweede verhoogde angstniveaus, die gerelateerd zijn aan overactiviteit in neurale kernen, waarin een koppeling plaatsvindt tussen angstregulatie en balanshandhaving, zoals de nucleus parabrachialis. Bewegingsinterventies, zoals psychomotorische balans-training, kunnen effectief zijn in het verbeteren van de sociale en motorische competenties. Ze kunnen leiden tot betere balanshandhaving, maar ook zorgen voor angstreductie, wat participatie aan sport- en spelactiviteiten ondersteunt, wat op haar beurt sociaal isolement helpt verminderen. Op deze wijze dragen bewegingsinterventies bij aan een optimale ontwikkeling van kinderen met autismespectrumstoornissen.

Trefwoorden autismespectrumstoornis · motorische vaardigheid · cerebellum · balans · bewegingsinterventies

Inleiding

Autisme is een neurobiologische ontwikkelingsstoornis, die gekenmerkt wordt door beperkingen in de sociale communicatie en interactie, en de aanwezigheid van beperkt, repetitief gedrag. Sinds de invoering van de DSM-5 hanteert men één overkoepelende classificatie, de autismespectrumstoornis (ASS), die variaties

kent in de mate van ernst en symptomatologie [1]. Hoewel de stoornis vanaf de kinderleeftijd aanwezig is, kan het zijn dat deze pas later gediagnosticeerd wordt. Men gaat ervan uit dat 1% van de Nederlandse bevolking aan een vorm van autisme lijdt, waarbij de diagnose bij jongens vier- tot achtmaal vaker wordt gesteld dan bij meisjes [2]. Angststoornissen, aandachtstekortstoornis met hyperactiviteit (ADHD) en verstandelijke beperking zijn de meest beschreven comorbide stoornissen bij autisme [3, 4]. Daarnaast lijkt er toenemend belangstelling te bestaan voor de samenhang tussen ASS en motorische stoornissen, zoals *developmental coordination disorder* (DCD; motorische ontwikkelingsstoornis

C. Emck · J. F. Stins (✉)
Faculteit der Gedrags- en Bewegingswetenschappen, Vrije
Universiteit Amsterdam, Amsterdam, Nederland
e-mail: j.f.stins@vu.nl

nis), de impact van motorische problemen op het sociaal functioneren van kinderen met ASS (zie bijvoorbeeld [5, 6]) en de regulatie van de lichaamsbalans.

Hoewel motorische problemen niet als hoofdcriterium gelden voor de diagnose van ASS, is het klinisch beeld vaak gekleurd door een scala aan bijzonderheden in de motoriek, zoals stereotype bewegingen, vreemde houdingen, slechte coördinatie, vertraagd bewegen en/of hyperactiviteit (zie bijvoorbeeld [6, 7]). In de DSM-5 [1] is catatonie (gedefinieerd als motorisch overmatig doelloos bewegen of juist onbeweeglijkheid) als zogeheten *specifier* opgenomen: de diagnosticus dient de aan- of afwezigheid van dit specifieke motorische kenmerk in ieder geval bij de nadere precisering van ASS vast te stellen. In de basisschoolleeftijd zien we vooral problemen met de grofmotorische vaardigheden, zoals rennen, springen of balwerpen [8]. Deze vaardigheden zijn bij uitstek van belang om te kunnen participeren in schoolse en buitenschoolse activiteiten. Een belangrijke basis voor grofmotorische vaardigheden is de ontwikkeling van balanshandhaving in de basisschoolperiode, grofweg tussen de 7 en 10 jaar [9]. Verslechterde balanshandhaving is bovendien op zowel gedragsniveau als neurobiologisch niveau gekoppeld aan de regulatie van angst [10–12], een frequent voorkomend symptoom bij kinderen met ASS [13]. Onderkennen van balansproblemen, en de onderliggende neurale determinanten, bij kinderen met ASS, is dan ook relevant voor het begrijpen en mogelijk beïnvloeden van een cascade van ontwikkelingsproblemen bij deze kinderen.

Echter, in de klinische praktijk is nog weinig oog voor de motorische problemen van deze groep kinderen, en de last die deze problemen met zich kunnen meebrengen. Juist voor kinderen met ASS, die per definitie problemen hebben bij het vinden van aansluiting met leeftijdgenoten, kunnen motorische problemen een extra handicap zijn. Bovendien lopen kinderen die moeilijk kunnen participeren in bewegingsactiviteiten, een groot risico op het ontwikkelen van een passieve levensstijl, en de daarmee geassocieerde gezondheidsproblemen [14, 15].

In dit artikel gaan we nader in op de aard en achtergrond van motorische problemen bij kinderen met ASS. We besteden daarbij specifiek aandacht aan de rol van balans en houdingsregulatie en het mogelijk verband tussen problemen met deze balans en houdingsregulatie enerzijds en de hoge angstniveaus bij kinderen met ASS anderzijds. Wat betreft de neurale onderbouwing zullen we stilstaan bij de rol van het cerebellum (dat betrokken is bij balans en sensorische integratie) en de nucleus parabrachialis (die betrokken is bij angstconditionering). Ten slotte bespreken we de mogelijkheden en beperkingen van bewegingsinterventies bij het bevorderen van de ontwikkeling en participatie van kinderen met ASS.

Motorische problemen: vaardigheid en participatie

Bij studies naar de grofmotorische vaardigheden, zoals rennen, springen en balwerpen, bij kinderen met ASS, wordt gebruikgemaakt van diverse meetinstrumenten, zoals de *Movement ABC* [16–19], de *Test of Gross Motor Development* [20–24] en de *Bruininks-Oseretsky test* [25]. Kinderen met ASS blijken op tal van vaardigheden minder goed te presteren dan zich normaal ontwikkelende kinderen. De studies verschillen echter aanzienlijk op kenmerken van de deelnemers ten aanzien van type autisme, hoogte van het IQ en leeftijd. Om motorische problemen bij ASS beter in kaart te brengen, voerden Fournier et al. [26] een grondige meta-analyse uit met 51 studies over motorische coördinatie, armbewegingen, lopen en houdingsstabiliteit. Ze kwamen tot de conclusie dat er overtuigend bewijs is dat mensen met autisme problemen vertonen in hun motorische coördinatie en beperkt zijn in hun grofmotorische vaardigheid, onafhankelijk van het type ASS. Voorts concludeerden ze dat motorische problemen sterker naar voren komen bij taken die gebaseerd zijn op houdingscontrole c. q. balanshandhaving, en ze suggereren dat daar mogelijk een onrijp systeem van houdingsregulatie aan ten grondslag ligt. Fournier et al. [26, 27] stellen aldus dat motorische problemen tot de kernsymptomen van ASS gerekend moeten worden, en dat behandeling van ASS ook gericht moet zijn op het verbeteren van de motorische vaardigheid en coördinatie (o. a. lopen en balans). Miyahara [28] nuanceert deze stellingen enigszins op basis van een metareview over bewegingsproblemen en -interventies bij ASS: ondanks een hoge comorbiditeit van ASS en DCD zijn er toch kinderen met ASS die geen of minimale motorische problemen vertonen. Er moet dus verder onderzoek gedaan worden naar de mechanismen die het verband tussen ASS en motorische problemen kunnen verklaren.

Houdingsregulatie en balansproblemen

Een belangrijke motorische vaardigheid die bij kinderen met autisme vaak zwak ontwikkeld is, is balanshandhaving, oftewel *the ability of a person not to fall* [29]. Daarbij is zowel de statische als de dynamische balans zwak ontwikkeld: statische balans betreft het behouden van de lichaamspositie terwijl men stilstaat of langzame bewegingen uitvoert; dynamische balans betreft het behouden van de lichaamspositie tijdens verplaatsingen en snelle bewegingen. Uit diverse studies is gebleken dat kinderen met ASS slechter presteren op zowel statische als dynamische balansproblemen zoals gemeten met de *Movement ABC* (zie [17–19]). Balansproblemen lijken zich met name voor te doen bij complexe taken en op het niveau van houdingsregulatie [30].

Houdingsregulatie kan goed worden gemeten met balansplaten (*force plates*), zoals een *Wii balance board*.

Deze systemen registreren (met grote nauwkeurigheid) de verplaatsing van het *center of pressure* (COP) dat zich onder de voeten bevindt, het aangrijpingspunt van de grondreactiekrachten. Tijdens gewoon stilstaan is sprake van minieme lichaamszwaai in de links-rechtse en voor-achterwaartse richting, en heeft het COP dus een zeer kleine bewegingsuitslag. Maar een verstoring van de balans (bijv. bij op één been gaan staan, of de ogen dichtdoen tijdens staan) leidt tot instabiliteit, hetgeen zichtbaar is in de vorm en structuur van de verplaatsing van het COP. Wat betreft ASD is het vooral interessant in hoeverre er sprake is van afwijkende sensorische integratie in relatie tot balanshandhaving [31]. In een experimentele setting kan de rol van visuele informatie, proprioceptieve informatie en cognitie worden gemanipuleerd, om te bepalen of veranderingen in deze variabelen leiden tot een afwijkend COP-profiel. Bij een dergelijk onderzoek vonden Travers et al. [32] geen verschil in houdingsregulatie tussen een groep volwassenen met ASS en een controlegroep tijdens staan op twee benen, maar wel tijdens staan op één been. Bovendien bleek posturale instabiliteit gecorreleerd te zijn met de ernst van ASS-symptomen; deelnemers met meer repetitief gedrag en sociale beperkingen vertoonden meer posturale variabiliteit. De resultaten van onze eigen studie [30] komen hiermee overeen: bij kinderen met milde vormen van ASS zien we slechts geringe afwijkingen in de houdingsregulatie, die prominenter naar voren komen wanneer de visuele informatie beperkt wordt. In het onderzoek van Dumas et al. [33] bij jongvolwassenen werd de visuele en proprioceptieve informatie verstoord tijdens het staan. Uit deze studie bleek dat de verschillen in posturale instabiliteit tussen de controlegroep en de ASS-groep toenamen naarmate de beschikbaarheid van betrouwbare zintuiglijke informatie afnam. De onderzoekers suggereren dat ASS gepaard gaat met extra gevoeligheid voor verstoringen van visuele en proprioceptieve informatie. In het onderzoek van Chen et al. [34] moesten kinderen stilstaan, maar mochten ze in sommige condities hun wijsvinger tegen een muur houden, wat functioneerde als een ruimtelijk referentiekader om de balans mee te reguleren, waardoor sprake was van minder lichaamszwaai. Opmerkelijk was dat de ASS-groep meer profijt had van deze *fingertip touch* voor hun houdingsregulatie dan controles. Deze, en vele andere studies, schetsen bij ASS een beeld van aberrante zintuiglijke informatieverwerking bij zowel houdingsregulatie als balanshandhaving. Diverse auteurs (bijv. [35]) suggereren dat bij ASS sprake is van enerzijds een sterke online sensorische regulatie met continue feedbacksturing, en anderzijds problemen met het gebruiken van een intern lichaamsmodel en bijbehorende *feed-forward*sturing.

Een tweede factor die negatief ingrijpt op balansregulatie is angst. Uit onderzoek met experimenteel geïnduceerde angst blijkt dat angst leidt tot slechtere balans-

regulatie, zoals posturale verstijving (*freezing*), hetgeen waarschijnlijk een (aangeboren) defensief gedragspatroon reflecteert [36, 37]. Veel psychiatrische aandoeningen worden gekenmerkt door verhoogde angstniveaus, en dit heeft ook zijn weerslag op de balans. Levitan et al. [38] vonden bijvoorbeeld dat patiënten met *social anxiety disorder* een kleinere bewegingsuitslag vertoonden tijdens het staan dan controles. Ons eigen onderzoek [12] met kinderen met hoge angstniveaus liet echter zien dat bij deze groep sprake was van een toegenomen *postural sway*. Interessant was dat het COP-traject bij deze groep een lagere complexiteit had (entropie), wat duidde op meer bewuste (i. p. v. automatische) controle van de lichaamsbalans. ASS wordt ook gekenmerkt door verhoogde angstniveaus, en het is aannemelijk dat deze angst negatieve effecten heeft op de lichaamsbalans en op tal van andere (sport)activiteiten die een beroep doen op een goed gekalibreerde balansregulatie. Voor zover wij weten, zijn er echter nog geen studies gedaan die expliciet de rol van angst op de balans bij ASS onderzochten.

Neurobiologische factoren

Volgens sommige auteurs moeten we ASS zien als een uiting van *atypical brain development* (ABD). Deze gedachte benadrukt dat allerlei stoornissen, zoals *developmental coordination disorder* (DCD, ASS), en *attention deficit hyperactivity disorder* (ADHD) een hoge comorbiditeit kennen, en worden gekenmerkt door fenotypische overlap, zoals vertraagde ontwikkeling in spraak, cognitie en motoriek [39].

Een bijzondere rol is weggelegd voor het cerebellum. Disfunctioneren van het cerebellum – dat betrokken is bij zowel motorische als cognitieve functies – blijkt geassocieerd te zijn met abnormale connectiviteit, zodanig dat verbindingen *binnen* specifieke hersengebieden sterker, maar verbindingen *tussen* hersengebieden juist minder sterk zijn ontwikkeld dan bij gezonde kinderen. De verminderde connectiviteit betreft met name de prefrontale en andere corticale gebieden (zie ook [27]).

Subtiele afwijkingen in het cerebellum kunnen problemen in de motorische en sociale afstemming en de timing van gedragingen verklaren. Het cerebellum is verantwoordelijk voor lichaamsbalans, coördinatie, timing, automatiseren van bewegingen en sensorische integratie. De bevindingen uit de besproken balansstudies suggereren ook dat het cerebellum op structureel en functioneel niveau is aangedaan bij ASS (zie bijv. [26, 32, 40, 41]). Op anatomisch niveau heeft post mortem onderzoek herhaaldelijk aangetoond dat bij ASS sprake is van een verminderd aantal Purkinjecellen [42]. Er wordt echter ook gesuggereerd dat de basale ganglia bij ASS betrokken zijn.

Balaban et al. [43] zagen een rol weggelegd voor angst; zij toonden aan dat er sprake is van fenoty-

pische en neurale overlap tussen angststoornissen en balansstoornissen, zoals duizeligheid. Daarbij neemt de nucleus parabrachialis een speciale plaats in; deze kern is het centrum van het neuronale circuit waar de interactie tussen emotionele conditionering vanuit de amygdala en de motorische conditionering vanuit het cerebellum plaatsvindt. Als zodanig is de nucleus parabrachialis betrokken bij zowel angstregulatie als balanshandhaving [10, 11]. Het zou kunnen dat deze circuits ook bij ASS zijn aangedaan, maar dit is nog niet onderzocht.

Bewegen als interventie bij ASS

De motorische problemen bij kinderen met ASS waren aanleiding tot een scala aan onderzoeken naar de effectiviteit van bewegingsinterventies. Uit verschillende literatuuroverzichten – met studies naar het effect van onder meer (hard)lopen, zwemmen, krachttraining, paardrijden, fietsen, rolschaatsen, sneeuwwandelen, Kata-training en individuele spierversterkende en strekoefeningen – blijkt dat bewegen bij ASS effectief is in het verbeteren van de sociale en motorische competenties [44–46]. Gunstige effecten op gedragsniveau betroffen vooral een afname van stereotype gedragingen (dwangmatige bewegingen) en agressie, en een toename van taakgericht gedrag op school.

Opvallend is dat cardiovasculaire verbeteringen – c. q. verbeteringen in fysieke fitheid – in de genoemde studies niet of nauwelijks gerapporteerd werden, en dat het werkingsmechanisme van bewegingsinterventies dus anders geluid moet worden. Een verklaring kan zijn dat inadequaat gedrag, met name stereotype bewegingen, afneemt door vermoeidheid. Deze verklaring houdt echter geen stand, omdat in diverse studies taakgericht gedrag juist verbeterde. Lang et al. [44] suggereren daarom dat bewegen een fysieke stimulatie geeft, die vergelijkbaar is met stereotype gedragingen, zoals *body rocking* en fladderen. Sowa en Meulenbroek [45] vonden bovendien dat juist individueel aangeboden bewegingsactiviteiten gunstige effecten hebben, vermoedelijk omdat deze voorspelbaarder en minder prikkelrijk zijn dan groepsactiviteiten. Vanuit ons bewegingswetenschappelijk perspectief is het echter niet ondenkbaar dat bewegingsactiviteiten zoals paardrijden, fietsen en Kata-training, bijdragen aan het verbeteren van de balanshandhaving, en daarmee een reductie van angstgevoelens en een versterking van de competentiebeleving bewerkstelligen.

Bewegingsinterventies in klinisch perspectief

Bewegingsactiviteiten kunnen zinvol en effectief zijn voor kinderen met ASS, maar ze moeten wel op maat worden aangeboden. Voor de klinische toepassing betekent dit dat de expertise van een kinderfysiotherapeut of psychomotorisch therapeut ingezet moet wor-

den. Het therapeutisch interveniëren beoogt dan niet alleen het vergroten van de motorische vaardigheid, maar tevens het vergroten van het lichaamsbewustzijn, met andere woorden, het zich toe-eigenen van het eigen lichaam. Dit sluit aan bij de visie van Eigsti [6] die ASS vanuit een *embodiment*perspectief beschouwt en stelt dat kinderen met ASS vanaf het begin van hun ontwikkeling in mindere mate in staat zijn om gebruik te maken van lichamelijke – sensomotorische – informatiebronnen. In tegenstelling tot zich normaal ontwikkelende kinderen leren kinderen met ASS daarom moeilijker hoe zij zich kunnen verhouden tot hun sociale omgeving. Zij hebben minder toegang tot deze belichaamde informatie, zoals blijkt uit de motorische problemen van deze kinderen en het gebruik van gebaren en lichaamstaal. De eerder besproken verminderde connectiviteit en afwijkingen in het cerebellum vormen hiervoor waarschijnlijk de neurobiologische basis. Eigsti [6] pleit voor bewegingsinterventies waarbij expliciete instructies worden gegeven, zodat via cognitieve informatieverwerking ook lichamelijke ervaringen worden bewerkstelligd. Bewegen bevordert hiermee niet alleen de fysieke gezondheid (inclusief balans, flexibiliteit en coördinatie), maar ook het psychosociaal functioneren.

Hoewel neurobiologische factoren niet (of met moeite) rechtstreeks te beïnvloeden zijn, is het wel mogelijk om door middel van bewegen de gevolgen te minimaliseren en wellicht bij te dragen aan compensatoire hersenontwikkeling (zie o. a. [47]). Immers, door bewegingsproblemen kunnen kinderen met autisme bewegingsactiviteiten gaan vermijden, waardoor er weinig motorische en sociale leerervaringen worden opgedaan. Het verschil in competenties met zich normaal ontwikkelende kinderen wordt hierdoor steeds groter; dit wordt ook wel de *skill learning gap* genoemd [48]. Psychomotorische interventies kunnen tegenwicht bieden aan dit zichzelf versterkend proces. Motorische en sociale aspecten van bewegingsinterventies zijn in de praktijk moeilijk te scheiden en dit vergroot naar onze mening juist de relevantie van deze interventies. Zo is er een grote overlap in de fenotypen van ASS en DCD, waarbij beide groepen zowel motorische als sociale problemen vertonen, die elkaar wederzijds beïnvloeden [5, 49]. Vroege interventie op de motorische problematiek is dan raadzaam, en indien sociale aspecten daar mede een rol in spelen, bevordert vroege interventie de participatie van kinderen met ontwikkelingsproblemen.

Omdat kinderen met autisme anders reageren op sensorische prikkels dan leeftijdgenoten wordt in de klinische praktijk veelvuldig gebruikgemaakt van Sensorische Integratie Therapie (SIT). In deze therapie worden onder andere tactiele, proprioceptieve en motorische prikkels aangeboden, en in die zin zou men SIT als vorm van bewegingsinterventie kunnen beschouwen. Lang et al. [44] stellen echter in hun systemati-

sche review dat er geen wetenschappelijke basis is voor het gebruik van SIT, en dat SIT mogelijk zelfs inadequaat gedrag bevordert of versterkt, omdat het doorgaans onder schooltijd wordt aangeboden en het een aantrekkelijke onderbreking kan vormen van de reguliere taken. SIT zou op deze wijze contraproductief kunnen werken en de participatie in reguliere activiteiten met leeftijdgenoten ondermijnen.

Er zijn verschillende redenen waarom balansttraining een zinvolle bewegingsinterventie kan zijn bij kinderen met ASS. Ten eerste omdat, zoals hiervoor beschreven, er subtiele afwijkingen zijn in de houdingsregulatie, die tot uiting kunnen komen als balansproblemen, en die daarmee de ontwikkeling van basale motorische vaardigheden negatief beïnvloeden [30]. Ten tweede omdat angstproblemen veelvuldig voorkomen bij kinderen met ASS [13, 50, 51] en omdat de regulatie van angst en de regulatie van balans met elkaar samenhangen [11, 12]. Balans kan getraind worden door middel van diverse bewegingsactiviteiten, die wel aangepast moeten zijn aan specifieke kenmerken van doelgroepen. Zo suggereert Sahli et al. [52] bijvoorbeeld het gebruik van circusactiviteiten bij jonge kinderen, maakten Fong en Tsang [53] gebruik van taekwondo-training, en ontwikkelden Jelsma et al. [54] een WiiFit-interventie voor kinderen met DCD. Bart

et al. [55] ontwikkelden een balansttraining voor kinderen met comorbide angst- en balansstoornissen, die resulteerde in een verbeterde balanshandhaving in combinatie met afname van angst en toename van zelfvertrouwen bij de onderzoeksgroep. Het betrof hier kinderen van 5–7 jaar oud, een leeftijd waarop cognitief georiënteerde interventies beperkt effectief zijn [56]. Er zijn dus vele vormen van balansttraining denkbaar, wat mogelijkheden biedt om deze aan te passen aan de specifieke mogelijkheden en beperkingen van kinderen met ASS. In dit opzicht is het ook interessant dat de balanshandhaving bij ASS ook verbeterd kan worden door hydrotherapie en zwemmen [57, 58].

Conclusie

Kinderen met ASS hebben doorgaans motorische problemen die participatie in activiteiten met leeftijdgenoten extra bemoeilijken. Omdat balanshandhaving een belangrijke basis is voor motorische ontwikkeling en vaardigheid, en balanshandhaving negatief beïnvloed wordt door hoge angstniveaus (een veelvoorkomend symptoom bij autisme), draagt een psychomotorische balansttraining als vroege interventie mogelijk bij aan het optimaliseren van de ontwikkeling van kinderen met ASS.

Literatuur

1. American Psychiatric Association. Diagnostic and statistical manual of mental disorders, 5e druk. DSM-5. Washington DC: American Psychiatric Publishing; 2013.
2. Gezondheidsraad. Autismespectrumstoornissen: een leven lang anders. Den Haag: Gezondheidsraad; 2009. publicatienr. 2009/09.
3. Charman T, Pickles A, Simonoff E, et al. IQ in children with autism spectrum disorders: data from the special needs and autism project (SNAP). *Psychol Med*. 2011;41:619–27.
4. Simonoff E, Pickles A, Charman T, et al. Psychiatric disorders in children with autism spectrum disorders: prevalence, comorbidity, and associated factors in a population-derived sample. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry*. 2008;47:921–9.
5. Sumner E, Leonard HC, Hill EL. Overlapping phenotypes in autism spectrum disorder and developmental coordination disorder: a cross-syndrome comparison of motor and social skills. *J Autism Dev Disord*. 2016;46:2609–20.
6. Eigsti I. A review of embodiment in autism spectrum disorders. *Front Psychol*. 2013;4(24):1–10.
7. Emck C. Double trouble? Movement behaviour and psychiatric conditions in children: an opportunity for treatment and development. *Arts Psychother*. 2014;41:214–22.
8. MacDonald M, Lord C, Ulrich D. The relationship of motor skills and social communicative skills in school-aged children with autism spectrum disorder. *Adapt Phys Activ Q*. 2013;30:271–82.
9. Mickle KJ, Munro BJ, Steele JR. Gender and age affect balance performance in primary school-aged children. *J Sci Med Sport*. 2011;14:243–8.
10. Balaban CD, Thayer JF. Neurological bases for balance – anxiety links. *J Anxiety Disord*. 2001;15:53–79.
11. Erez O, Gordon CR, Sever J, et al. Balance dysfunction in childhood anxiety: findings and theoretical approach. *J Anxiety Disord*. 2004;18:341–56.
12. Stins JF, Ledebt A, Emck C, et al. Patterns of postural sway in high anxious children. *Behav Brain Funct*. 2009;5:42.
13. White SW, Oswald D, Ollendick T, Scahill L. Anxiety in children and adolescents with autism spectrum disorders. *Clin Psychol Rev*. 2009;29:216–29.
14. Curtin C, Anderson SE, Must A, Bandini L. The prevalence of obesity in children with autism: a secondary data analysis using nationally representative data from the National Survey of Children's Health. *BMC Pediatr*. 2010;10:11.
15. Pan C-Y. Motor proficiency and physical fitness in adolescent males with and without autism spectrum disorders. *Autism*. 2012;18:156–65.

16. Henderson SE, Sugden DA, Barnett AL. Movement assessment battery for children, 2e druk. London: Harcourt Assessment; 2007.
17. Green D, Charman T, Pickles A, et al. Impairment in movement skills of children with autistic spectrum disorders. *Dev Med Child Neurol.* 2009;51:311–6.
18. Liu T, Breslin CM. Fine and gross motor performance of the MABC-2 by children with autism spectrum disorder and typically developing children. *Res Autism Spectr Disord.* 2013;7:1244–9.
19. Whyatt CP, Craig CM. Motor skills in children aged 7–10 years, diagnosed with Autism Spectrum Disorder. *J Autism Dev Disord.* 2012;42:1799–809.
20. Ulrich D. Test of gross motor development, 2e druk. Austin: TX:Pro-EdInc; 2000.
21. Berkeley SL, Zittel LL, Pitney LV, Nichols SE. Locomotor and object control skills of children diagnosed with autism. *Adapt Phys Activ Q.* 2001;18:405–16.
22. Breslin CM, Rudisill ME. The effect of visual supports on performance of the TGMD-2 for children with autism spectrum disorder. *Adapt Phys Activ Q.* 2011;28:342–53.
23. Emck C, Bosscher RJ, Wieringen PCW van, et al. Gross motor performance and physical fitness in children with psychiatric disorders. *Dev Med Child Neurol.* 2011;53:150–6.
24. Staples KL, Reid G. Fundamental movement skills and autism spectrum disorders. *J Autism Dev Disord.* 2010;40:209–17.
25. Dewey D, Cantell M, Crawford SG. Motor and gestural performance in children with autism spectrum disorders, developmental coordination disorder, and/or attention deficit hyperactivity disorder. *J Int Neuropsychol Soc.* 2007;13:246–56.
26. Fournier KA, Hass CJ, Naik SK, et al. Motor coordination in autism spectrum disorders: asynthesis and meta-analysis. *J Autism Dev Disord.* 2010;40:1227–40.
27. Fournier KA, Kimberg CI, Radonovich KJ, et al. Decreased static and dynamic postural control in children with autism spectrum disorders. *Gait Posture.* 2010;32:6–9.
28. Miyahara M. Meta review of systematic and meta analytic reviews on movement differences, effect of movement based interventions, and the underlying neural mechanisms in autism spectrum disorder. *Front Integr Neurosci.* 2013;7:16.
29. Pollock AS, Durward BR, Rowe PJ, Paul JP. What is balance? *Clin Rehabil.* 2000;14:402–6.
30. Stins JF, Emck C, Vries E de, et al. Attentional and sensory contributions to postural sway in children with autism spectrum disorders. *Gait Posture.* 2015;42:199–203.
31. Minshew NJ, Sung K, Jones BL, Furman JM. Underdevelopment of the postural control system in autism. *Neurol.* 2004;63:2056–61.
32. Travers BG, Powell PS, Klinger LG, Klinger MR. Motor difficulties in autism spectrum disorder: linking symptom severity and postural stability. *J Autism Dev Disord.* 2013;43:1568–83.
33. Doumas M, McKenna R, Murphy B. Postural deficits in autism spectrum disorder: the role of sensory integration. *J Autism Dev Disord.* 2016;46:853–61.
34. Chen F-C, Tsai C-L. A light fingertip touch reduces postural sway in children with autism spectrum disorders. *Gait Posture.* 2016;43:137–40.
35. Nobile M, Perego P, Piccinini L, et al. Further evidence of complex motor dysfunction in drug naïve children with autism using automatic motion analysis of gait. *Autism.* 2011;15:263–83.
36. Carpenter MG, Frank JS, Silcher CP, Peysar GW. The influence of postural threat on the control of upright stance. *Exp Brain Res.* 2001;138:210–8.
37. Stins JF, Roerdink M, Beek PJ. To freeze or not to freeze? Affective and cognitive perturbations have markedly different effects on postural control. *Hum Mov Sci.* 2011;30:190–202.
38. Levitan MN, Crippa JA, Bruno LM, et al. Postural balance in patients with social anxiety disorder. *Braz J Med Biol Res.* 2012;45:38–42.
39. Dewey D, Bernier FP. The concept of atypical brain development in developmental coordination disorder (DCD) – a new look. *Curr Dev Disord Rep.* 2016;3:161–9.
40. Memari AH, Ghanouni P, Shayestehfar M, Ghaheri B. Postural control impairments in individuals with autism spectrum disorder: a critical review of current literature. *Asian J Sports Med.* 2014;5(3):e22963.
41. Rinehart NJ, Tonge BJ, Bradshaw JL, et al. Gait function in high-functioning autism and Asperger's disorder: evidence for basal-ganglia and cerebellar involvement? *Eur Child Adolesc Psychiatry.* 2006;15:256–64.
42. Hannant P, Cassidy S, Tavassoli T, Mann F. Sensorimotor difficulties are associated with the severity of autism spectrum conditions. *Front Integr Neurosci.* 2016;10:28.
43. Balaban CD, Jacob RG, Furman JM. Neurologic bases for comorbidity of balance disorders, anxiety disorders and migraine: neurotherapeutic implications. *Expert Rev Neurother.* 2011;11:379–94.
44. Lang R, O'Reilly M, Healy O, et al. Sensory integration therapy for autism spectrum disorders: a systematic review. *Res Autism Spectr Disord.* 2012;6:1004–18.
45. Sowa M, Meulenbroek R. Effects of physical exercise on autism spectrum disorders: a meta-analysis. *Res Autism Spectr Disord.* 2012;6:46–57.
46. Sam K-L, Chow BC, Tong K-K. Effectiveness of exercise-based interventions for children with autism: a systematic review and meta-analysis. *Int J Learn Teach.* 2015;1:98–103.
47. Halperin JM, Healy DM. The influences of environmental enrichment, cognitive enhancement, and physical exercise on brain development: Can we alter the developmental trajectory of ADHD? *Neurosci Biobehav Rev.* 2011;35:621–34.
48. Wall AET. The developmental skill-learning gap hypothesis. Implications for children with movement difficulties. *Adapt Phys Activ Q.* 2004;21:197–218.
49. Emck C, Bosscher RJ, Wieringen PCW van, et al. Psychiatric symptoms in children with gross motor problems. *Adapt Phys Activ Q.* 2012;29:161–78.
50. Ozsivadjian A, Knott F. Anxiety problems in young people with autism spectrum disorder: a case series. *Clin Child Psychol Psychiatry.* 2011;16:203–14.

51. Kim JA, Szatmari P, Bryson SE, et al. The prevalence of anxiety and mood problems among children with autism and Asperger syndrome. *Autism*. 2000;4:117–32.
52. Sahli S, Ghroubi S, Rebai H, et al. The effect of circus activity training on postural control of 5–6-year-old children. *Sci Sports*. 2013;28:11–6.
53. Fong SM, Tsang WN. Taekwondo training improves sensory sensibility organization and balance control in children with developmental coordination disorder: a randomized control trial. *Res Dev Disabil*. 2012;33:85–95.
54. Jelsma D, Geuze RH, Mombarg R, Smits-Engelsman BCM. The impact of Wii Fit intervention on dynamic balance control in children with probable Developmental Coordination Disorder and balance problems. *Hum Mov Sci*. 2014;33:404–18.
55. Bart O, Bar-Haim Y, Weizman E, et al. Balance treatment ameliorates anxiety and increases self-esteem in children with comorbid anxiety and balance disorder. *Res Dev Disabil*. 2009;30:486–95.
56. Freeman JB, Choate-Summers ML, Moore PS, et al. Cognitive behavioral treatment for young children with obsessive-compulsive disorder. *Biol Psychiatry*. 2007;61:337–43.
57. Bumin G, Uyanık M, Yılmaz I, et al. Hydrotherapy for Rett syndrome. *J Rehabil Med*. 2003;35:44–5.
58. Yılmaz I, Yanardağ M, Birkan B, Bumin G. Effects of swimming training on physical fitness and water orientation in autism. *Pediatr Int*. 2004;46:624–6.

Claudia Emck psychomotorisch therapeut/psycholoog/
bewegingswetenschapper

John F. Stins psycholoog, bewegingswetenschapper