

Nascholing arm-handfunctie bij kinderen met Cerebrale Parese

Utrecht, september 2018

DE SPASTISCHE HAND BIJ KINDEREN MET CEREBRALE PARESE

Orthesiologie en de overige behandelmogelijkheden

1 Inleiding

Van de kinderen met Cerebrale Parese (CP) ervaart 60% problemen met hun handfunctie. De gestoorde handfunctie van kinderen met unilateraal aangedane CP is zelfs de belangrijkste motorische beperking gebleken voor de participatie van deze kinderen in activiteiten van het dagelijks leven.¹ De gestoorde handfunctie heeft invloed op vrijwel alle aspecten van het dagelijks leven: ADL, sport, spel, school en later het werk.^{2 3}

2 De classificaties van de handfunctie bij CP (zie bijlage)

Bij de kinderen met CP met een gestoorde handfunctie, zien we in de meeste gevallen een typische bewegingsstoornis ontstaan, waarbij er een disbalans is ten nadele van de supinatoren en extensoren.

In de Zancolli classificatie is aandacht voor de beschrijving van het daardoor afwijkende grijp- en loslaatpatroon van de hand.⁴ Deze indeling is overigens van oorsprong bedoeld voor de indicatiestelling voor de handchirurgie. Bij de classificatie is niet expliciet beschreven of de handfunctie in een test/onderzoekssituatie of in een functionele situatie beoordeeld wordt, het is daarom bij het vergelijken van resultaten goed dit onderscheid te vermelden. In het Zweeds CP register werd in de populatie van 367 kinderen met CP de handfunctie bij 69% van de kinderen geclassificeerd volgens Zancolli 1, 23 % Zancolli 2 en slechts 2 procent volgens Zancolli 3. Bij slechts weinig kinderen was er op de leeftijd van 4 jaar reeds sprake van spasticiteit in de flexoren.²

Voor de beschrijving van afwijkende positie van de duim wordt de House classificatie gebruikt.⁵ Er zijn aanwijzingen dat de intra-observer betrouwbaarheid van de House classificatie van de duim op basis van een videoregistratie goed is, met een geringe betrouwbaarheid tussen verschillende observers.⁶ In het Zweeds CP register werd in de populatie van kinderen met CP bij 40 % een afwijkende stand van de duim in de palm gevonden in tenminste één hand en zelfs bij 15 % in beide handen.²

Het bimanueel gebruik (performance) van de handen bij het hanteren van objecten door kinderen van 4-18 jaar met CP kan geclassificeerd worden met de MACS, vergelijkbaar met de manier waarop de bewegingsvaardigheid bij het verplaatsen door de GMFCS geclassificeerd kan worden.^{7,8} In het eerder genoemde onderzoek uit het Zweeds CP register werd bij 64 % van de kinderen gevonden dat zij onafhankelijk waren van hulp door anderen bij leeftijdsrelevante activiteiten (MACS I en II), terwijl 14 % geen voor hun dagelijkse activiteiten bruikbare actieve handfunctie had en daarbij volledig van hulp van anderen afhankelijk waren (MACS V).²

De kinderen met een spastische CP unilateraal aangedaan kunnen hun dagelijkse activiteiten meestal uitvoeren zonder volledig gebruik te maken van bilaterale handfunctie, 87 % had daarmee MACS I of II. Van de kinderen met een spastische diplegie was 69% als MACS I en II geclassificeerd. Voor de kinderen met een dyskinetische bewegingsstoornis was dit slechts in 20% het geval. De meeste kinderen met een tetraplegie of een dyskinetische CP hebben een slechte handfunctie. 93 % van de kinderen met een tetraplegie en 71 % van de kinderen met een dyskinetische CP heeft permanente aanwezigheid van assistentie voor het hanteren van objecten bij hun dagelijkse activiteiten nodig en wordt derhalve als MACS IV en V geclassificeerd.²

3 Aandacht voor het natuurlijk beloop

In de literatuur zijn nog nauwelijks studies over de lange termijn gevolgen van CP voor de handfunctie op het niveau van functiestoornissen beschreven. In een case studie van 26 kinderen rapporteerde Georgiades et al echter bij 8 kinderen (> 30 %) een progressie van het flexiepatroon in de tijd.⁹ In de conclusies en aanbevelingen uit de CP richtlijn (2015) zijn vooral de adviezen voor beoogde *korte termijn* effecten op het niveau van functiestoornissen van de handvaardigheid geformuleerd.¹⁰ Bij de loopstoornissen van kinderen met CP is aandacht voor de *lange termijn* prognose door het beïnvloeden natuurlijk beloop, zoals de spitsvoet en crouch gait, al jarenlang gemeengoed. Ook bij de handfunctiestoornissen is aandacht voor de *lange termijn gevolgen* voor de handfunctie op basis van het natuurlijk beloop van meerwaarde. Bij de kinderen met CP en een gestoorde handfunctie is er in het natuurlijk beloop vaak sprake van de ontwikkeling van deformiteiten in de loop der jaren aan de bovenste extremiteit. Deze deformiteiten zorgen voor functie verlies door o.a. verminderende prepositionering van de hand en/of door pijn/verzorgingsklachten.¹¹ Je kan daarbij onderscheid maken tussen deformiteiten op jonge (onder de 6-8 jaar) en op latere leeftijd. Daarnaast is een onderscheid tussen de functionele en affunctionele hand zinvol.

Deformiteiten op jonge leeftijd bij de functionele hand

Bij kinderen met CP zien we vaak een vertraagde ontwikkeling van de gedissocieerde bewegingen, waaronder de duim abductie en de onderarm supinatie. Het is van het belang de voorwaarden voor gedissocieerde bewegingen te behouden tijdens de ontwikkeling van de handfunctie. Zo is er bij beperkte duim abductie vaak hinder van de duim in de palm en onvoldoende opening van de 1-ste webspace, maar ook kan bij een verlate dissociatie w.b. supinatie er al op jonge leeftijd een pronatiecontractuur ontstaan.

Deformiteiten op jonge leeftijd bij de affunctionele hand

Belangrijkste doel van de behandeling is het voorkomen van zodanige verkorting van de lange flexoren dat er pijn en verzorgingsproblemen in de handpalm ontstaan.

Deformiteiten op oudere leeftijd bij de functionele hand (they (might) grow into deficit)

Heel belangrijk is het voorkomen van swannecks door palmairflexie in de pols bij actieve vingerextensie. Hier is nog (te) weinig aandacht voor. Er is ook een 2-de belang bij het voorkomen van verkorting van de lange flexoren. Door verkorting van de lange vingerflexoren bij langdurige palmairflexie stand van de pols kan namelijk ook een onomkeerbare afname van de selectiviteit van de vinger bewegingen ontstaan, hetgeen de hand in zijn functionele mogelijkheden beperkt. Daarnaast is de recidief adductie(flexie)contractuur van de duim en secundair daardoor ontstaan van instabiele duim het meest voorkomende probleem (progressie in de House classificatie met alle functionele en pijn problemen tot gevolg).

Deformiteiten op oudere leeftijd bij de affunctionele hand

Belangrijkste doel van de behandeling is het voorkomen van zodanige verkorting van de lange flexoren dat er pijn en verzorgingsproblemen in de handpalm ontstaan. Daarnaast kunnen het faciliteren van de ADL (bv mouwpassage), balans bij sport en cosmetiek een overwegingen vormen in het beleid.

Developmental disregard

Door het ervaren ongemak met het gebruik van de aangedane hand, gaan kinderen met een hemiparese tijdens hun ontwikkeling deze hand minder inzetten, voor deze learned non-use is in 2002 door DeLuca de term "Developmental Disregard" geïntroduceerd.¹² Deze Developmental Disregard heeft op zichzelf tevens een versterkend ongunstig effect op het bovenbeschreven natuurlijkbeloop (vergroeiingen) van de handfunctie op functiestoornis niveau.

4 De keuze uit de behandelopties voor verbetering van de handfunctie bij kinderen met CP

Om de armhandfunctie bij kinderen met CP te beïnvloeden noemt de richtlijn CP vier behandelopties:¹⁰

1. Oefentherapie/ BITT (Bimanual Intensive Task specific Therapy)/ hCIMT (hybride Constraint Induced Movement Therapy)
2. Botuline toxine
3. Arm-handchirurgie
4. Orthesiologie

	strength training	BITT/hCIMT	BTX	surgery	orthotics
Sensibility		+			+
power deficit	+	+		?	+
Spasticity		+	+	+	+

Figuur 1 The treatment box

5 (Hybride)CIMT en BITT

De Cochrane review uit 2007 geschreven door Hoare over de effectiviteit van CIMT concludeert dat er een significant effect op tweehandige vaardigheden gevonden wordt met CIMT.¹³ Gordon vindt in een RCT van 20 kinderen met unilaterale CP leeftijd 4,5 tot 14 jaar, dat bimanuele vaardigheidstraining (BITT) een positief effect heeft op de AHA en op frequentie van gebruik van de bovenste extremiteit, gemeten met accelerometers.¹⁴ Pauline Aarts beschrijft in 2010 de effecten

van de piratengroep, waarin 6 weken gemodificeerde CIMT, gevolgd door 2 weken BITT. Zij vindt positieve effecten van de piratengroep op onder meer de AHA en goal attainment scaling.¹⁵ Gordon et al publiceerden in 2011 een gerandomiseerde trial waarin BITT vergeleken wordt met CIMT in totaal 42 kinderen met unilaterale CP van 3,5 tot 10 jaar.¹⁶ Beide groepen lieten vergelijkbare verbetering zien op de Jebsen Taylor handfunctie test, een tijdsgebonden handfunctietest op vaardigheidsniveau, en ook op de AHA (als maat voor de kwaliteit van inschakeling vd aangedane hand in bimanuele taken). De BITT groep liet meer verbetering zien op Goal Attainment Scaling. Sakzewski vindt een langdurige verbetering van de armhandfunctie bij een groep kinderen in de leeftijd van 5 tot 16 jaar met unilateraal aangedane armhandfunctie tgv CP ook in follow up na 26 weken zowel na CIMT alsook na BITT op de Melbourne assessment of Unilateral Upper Limb function (MUUL, meetinstrument voor de capaciteit van de aangedane arm/hand op activiteiten niveau) en op de AHA en ook op de COPM en het onderdeel persoonlijke verzorging van de LIFE-H18.¹⁷

Bij de oefentherapie is intensiteit van oefenen van inzet van de aangedane hand van groot belang. Ter vergelijking, kinderen van 1 tot anderhalf jaar die leren lopen zetten per uur 2367,6 stappen, meer dan 10.000 per dag en leggen per uur 701,2 m af, per dag meer dan 25 voetbalvelden.¹⁸

In een dierexperimentele studie bleek training van de aangedane extremititeit vroeg in de kinderleeftijd in combinatie met een opgelegde beperking, een “restraint”, van de niet aangedane extremititeit effectiever om de structuren van het centrale zenuwstelsel te herstellen, dan training in adolescentie of alleen een “restraint”.¹⁹ Het feit dat de neurale plasticiteit in het zich ontwikkelende brein hoger is op jongere leeftijd, heeft positieve en negatieve gevolgen. Oefening leidt tot verbetering van geleerde vaardigheden door middel van reorganisatie van neurale netwerken met een groter effect wanneer de training plaatsvindt op jongere leeftijd, omdat er dan een postnatale uitbarsting van synaptogenese is. Omgevingsverrijking heeft een positief effect op leren en geheugen. Sensorische deprivatie heeft echter negatieve effecten, omdat ontwikkelende neuronen afhankelijk zijn van een stabiel niveau van neuronale depolarisatie.²⁰ Daarom moet voorzichtig omgegaan worden met het aanbrengen van een beperking van de niet aangedane extremititeit op jonge leeftijd. Training van de aangedane arm daarentegen vanaf jonge leeftijd als ondersteunende hand in tweehandig spel en bij betekenisvolle tweehandige vaardigheden en doelen, lijkt ondersteund te worden door deze bewijsovereenkomst.

6 Botuline Toxine A (BoNT-A)

In de update van de Cochrane review naar het additionele effect van BoNT-A in de behandeling van de bovenste extremiteit bij kinderen met een spastische CP is de conclusie dat een combinatie van BoNT-A en ergotherapie effectiever is dan ergotherapie alleen in het verminderen van tonus en verbetering van Range of Motion (ROM). De combinatie van BoNT-A en ergotherapie geeft enige verbetering van vaardigheden, er werd wel effect op de uitkomst vd QUEST (meetinstrument voor de capaciteit vd aangedane armhand op activiteiten niveau) en COPM gezien, niet op de MUUL en de PEDI).²¹ Als bijwerking wordt regelmatig krachtsvermindering opgemerkt. De effecten van BoNT-A in de BoBiVa studie op functieniveau tonen eveneens een vermindering van spasticiteit van de pols- en vingerflexoren en vermindering van kracht van de sleutelgreep en de functionele unimanuele kracht bij 6 weken, maar ook een verbetering van actieve duimabductie.²² Er was geen additioneel effect van BoNT-A op GAS, de ABILHand-Kids (vragenlijst over de uitvoering van 21 activiteiten) en de AHA.²³ Het negatieve effect van BoNT-A op (functionele) kracht zou hierin mogelijk een rol kunnen spelen. In deze studies is nog geen effectief onderscheid gemaakt bij de inclusie tussen kinderen waarin de spasticiteit op de voorgrond stond, dan wel de het krachtdeficit.

7 Chirurgie

De literatuur van de armhandchirurgie bij CP betreft voornamelijk case series, met nadruk op de chirurgische techniek, waardoor de level of evidence in systematic reviews laag is.²⁴ In dit overzicht is om die reden afgezien van een verdere beschrijving in detail van deze resultaten.

8 De orthesiologie

Het gebruik van een orthese van de spastische hand kan overwogen worden, hierbij moeten draagcomfort en acceptatie afgewogen worden tegen de functionele winst.¹⁰ De kinderen geven de voorkeur aan gebruikersvriendelijke handspalken als het gaat om hygiëne bij gebruik in hun speelomgeving (zoals bv de zandbak en het sportveld), het makkelijk aan en afdoen van de orthese, proprioceptief gevoel bij het dragen van de spalk en de cosmetiek.

De handorthesen kunnen worden onderverdeeld in non-functionele en functionele orthesen. De non-functionele orthese is primair gericht op het beïnvloeden van de uitkomst in het ICF domein lichaamsfuncties en structuren en worden meestal als nachtspalk gedragen. De tweede soort orthesen betreft de functionele spalken, die zijn ontworpen om de uitkomsten in de ICF domeinen activiteiten en participatie te verbeteren. In de systematic review van Jackman et al waarin

uitsluitend randomised en quasi-randomised controlled trials over orthesen voor kinderen met CP werden geïnccludeerd, kon slechts 1 studie worden geïnccludeerd m.b.t. functionele orthesen (lycra garment).²⁵ Daarin werd een positief effect in combinatie met goal-directed training gerapporteerd. Voor de non-functional orthesen voldeden vijf studies aan de inclusie criteria en ook hier werd een voorzichtige trend in het voordeel van de spalkgroep gezien. Echter de haalbaarheid van RCT's in het onderzoek naar het effect van orthesen is een sterk beperkende factor voor het uitvoeren van dergelijke studies; dit verklaart mede het lage aantal studies in de systematic review. Daarom wordt vaak voor een ander studie design gekozen. Deze resultaten komen dan echter niet terug in de systematic reviews, maar zijn wel degelijk waardevol voor de dagelijkse praktijk. Zo vond ten Berge in haar studie een positief effect van het dragen van een confectie neopreen duimspalk op de handfunctie gemeten met goal attainment scaling.²⁶ Louwers vond een positief effect van het dragen van een statische pols en duimspalk op het spontane gebruik van de aangedane hand van kinderen met CP met Zancolli 1 en 2 in bimanuele activiteiten, in het bijzonder verbeterden de prestaties op activiteiten, waarbij grijpen en loslaten een onderdeel vormden.²⁷ Burtner publiceerde positieve effecten van functionele spalken op grip, pinch en handvaardigheid.²⁸ Daarbij dient opgemerkt te worden dat de design kenmerken van de in deze studies gebruikte orthesen op essentiële punten functionele nadelen met zich meebrachten. Zonder deze nadelen mogen we verwachten dat de uitkomsten zelfs gunstiger zouden zijn geweest. In de cursus wordt uitgebreid ingegaan op de verbeterpunten in het design van handorthesen welke leiden tot een grotere functionaliteit en hogere gebruikerswaardering.

9 Samenvatting

De in 2013 gepubliceerde systematische review van Novak naar interventies voor kinderen met een CP geeft een overzicht van de bewijskracht voor de verschillende interventies. Daarin komt voren dat van de interventies gericht op de armhandfunctie de bimanuele training, BoNT-A (vermindering van spasticiteit en in combinatie met ergotherapie ook op activiteitsniveau), (h)CIMT, context-focussed therapy tot de zogenaamde “green light” interventies behoren, dwz met high level of evidence bewezen interventies.²⁴ Er is echter een publicatiebias in de systematic reviews in het nadeel studies naar arm-hand chirurgie en orthesiologie, nl tgv de financieringsmogelijkheden van het onderzoek, de methodologische uitvoerbaarheid en de medisch ethische haalbaarheid, blijven deze interventies in de systematic reviews achter in bewijskracht voor hun effectiviteit. Orthesen met de juiste designkenmerken kunnen functioneel zijn en effectief in contractuurmanagement.

CIMT en BITT, BITT zijn beiden effectief ter verbetering van vaardigheden, waarbij CIMT iets meer effect lijkt te hebben op unilaterale capaciteit en kwaliteit van bewegen en BITT meer effect lijkt te hebben bij het bereiken van de gestelde tweehandige doelen. Een combinatie van CIMT en BITT is natuurlijk mogelijk. Met CIMT is ander gebruik en meer inzet van de aangedane hand gemakkelijker uit te lokken. De hand wordt hierbij echter niet ingezet als ondersteunende hand, zoals normaal bij twee handige activiteiten het geval is. BITT vergt meer van de therapeut, omdat het kind nu op een andere manier de hand moet gebruiken en niet moet vervallen in zijn “oude” manier van bewegen. De intensiteit van de behandeling is bij beide behandelmogelijkheden een belangrijke factor om de bestaande patronen te doorbreken en kind en ouders een andere manier van inzetten van de hand aan te laten wennen. Om ervoor te zorgen dat het kind de hand ook na stoppen van de therapie blijft gebruiken is het belangrijk om betekenisvolle doelen te kiezen.

BoNT-A injecties hebben een duidelijk positief effect op functies als tonus vermindering, verbetering van actieve ROM, maar ook een negatief effect op kracht. Het is daarom zeker zinvol om BoNT-A te gebruiken bij kinderen die erg veel last hebben van een hoge tonus van pols- en vingerflexoren om bij voorbeeld het dragen van spalken mogelijk te maken. Op activiteitsniveau is het effect van BoNT-A injecties beperkt en is de invloed van CIMT en BITT duidelijk groter.

Literatuurlijst

Deze reader is mede samengesteld uit de tekstbijdragen van Lucianne Speth en Nanne Land in de reader van de VRA basiscursus CP 2017.

1. Fedrizzi E, Pagliano E, Andreucci E, Oleari G. Hand function in children with hemiplegic cerebral palsy: prospective follow-up and functional outcome in adolescence. *Dev Med Child Neurol* 2003; 45: 85–91.
2. Arner M, Eliasson AC, Nicklasson S, Sommerstein K, Hagglund G.
Hand function in cerebral palsy. Report of 367 children in a population-based longitudinal health care program. *J Hand Surg Am* 2008; 33: 1337–47.
3. Teplicky R, Law M, Russell D. The effectiveness of casts, orthoses, and splints for children with neurological disorders. *Infants Young Child* 2002; 15: 42–50.
4. Zancolli EA, Zancolli ER. Surgical management of the hemiplegic spastic hand in cerebral palsy. *Surg Clin North Am* 1981;61:395–406.
5. House JH, Gwathmey FW, Fidler MO. A dynamic approach to the thumb-in-palm deformity in cerebral palsy. Evaluation and results in fifty-six patients. *J Bone Joint Surg* 1981;63A:216–225
6. Waters PM, Zurakowski D, Patterson P, Bae DS, Nimec D. Interobserver and intraobserver reliability of therapist-assisted videotaped evaluations of upper-limb hemiplegia. *J Hand Surg Am*. 2004 Mar;29(2):328-34
7. Eliasson A-C, Rösblad B, Krumlinde-Sundholm L, Beckung E, Arner M, Öhrvall A-M, Rosenbaum P. Manual Ability Classification System (MACS) for children with cerebral palsy: scale development and evidence of validity and reliability. *Dev Med Child Neurol* 2006;48:549 –554.
8. Palisano R, Rosenbaum P, Walter S, Russell D, Wood E, Galuppi B. Development and reliability of a system to classify gross motor function in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*. 1997 Apr;39(4):214-23

9. Georgiades M, Elliott, Wilton J, Blair E, Blackmore M and Garbellini S. The Neurological Hand Deformity Classification for children with cerebral palsy. Australian Occupational Therapy Journal (2014) doi: 10.1111/1440-1630.12150
10. https://revalidatiegeneeskunde.nl/sites/default/files/attachments/Kwaliteit/Richtlijnen/richtlijn_cerebrale_parese_revisie_2015_-_def.pdf
11. Becher JG, Gorter JW, Vermeulen RJ, van Schie P, Wiegerink D; Cerebrale Parese . In Hadders-Algra M, Maathuis K, Pagangalila RF, Becher JG, de Moor JMH, redactie Kinderrevalidatie: Van Gorcum 2015: 351-391
12. DeLuca S, Echols K, Landesman Ramey S, Taub E. Pediatric Constraint-Induced Movement Therapy for a Young Child With Cerebral Palsy: Two Episodes of Care. Phys Ther. 2003; 83:1003-1013
13. Hoare BJ, Wasiak J, Imms C, Carey L. Constraint-induced movement therapy in the treatment of the upper limb in children with hemiplegic cerebral palsy. Cochrane Database of Systematic Reviews 2007, Issue 2. Art. No.: CD004149
14. Gordon AM, Schneider JA, Chinnan A, et al: Efficacy of a hand-arm bimanual intensive therapy (HABIT) in children with hemiplegic cerebral palsy: a randomized control trial. Dev Med Child Neurol 2007; 49:830-838
15. Aarts PB, Jongerius PH, Geerdink YA, van Limbeek J, Geurts AC. Effectiveness of Modified Constraint-Induced Movement Therapy in Children With Unilateral Spastic Cerebral Palsy: A Randomized Controlled Trial. Neurorehabil Neural Repair 2010 24: 509-18
16. Gordon AM, Hung YC, Brandao M, Ferre CL, Kuo HC, Friel K, Petra E. Bimanual Training and Constraint-Induced Movement Therapy in Children With Hemiplegic Cerebral Palsy: A Randomized Trial. Neurorehabil Neural Repair 2011 25: 692-702
17. Sakzewski L, Ziviani J, Abbott JF, Macdonell RA, Jackson GD, Boyd RN. Randomized trial of constraint-induced movement therapy and bimanual training on activity outcomes for

- children with congenital hemiplegia. *Developmental Medicine & Child Neurology* 2011, 53: 313–320.
18. K. E. Adolph, W. G. Cole, M. Komati et al. How Do You Learn to Walk? Thousands of Steps and Dozens of Falls Per Day. *Psychol Sci.* 2012 ; 23(11): 1387–1394.
 19. Friel K, Chakrabarty S Kuo HC, Martin J. Using Motor Behavior during an Early Critical Period to Restore Skilled Limb Movement after Damage to the Corticospinal System during Development. *The Journal of Neuroscience* 2012, 32 (27): 9265-9276.
 20. Johnston MV. Plasticity in the Developing Brain: Implications for Rehabilitation. *Dev Disabil Res Rev* 2009, 15: 94-101.
 21. Hoare BJ, Wallen MA, Imms C, Villanueva E, Rawicki HB, Carey L. Botulinum toxin A as an adjunct to treatment in the management of the upper limb in children with spastic cerebral palsy (UPDATE). *Cochrane Database Syst Rev.* 2010 Jan 20;(1):CD003469. Review
 22. Speth L, Janssen-Potten Y, Leffers P, Rameckers E, Defesche A, Winkens B, Becher J, Smeets R, Vles JS. Effects of botulinum toxin A and/or bimanual task-oriented therapy on upper extremity impairments in unilateral Cerebral Palsy: An explorative study. *Eur J Paediatr Neurol.* 2015 May;19(3):337-48
 23. Speth L, Janssen-Potten Y, Leffers P, Rameckers E, Defesche A, Winkens B, Becher J, Smeets R, Vles H. Effects of botulinum toxin A and/or bimanual task-oriented therapy on upper extremity activities in unilateral Cerebral Palsy: a clinical trial. *BMC Neurology* 2015, 15:143 (19 August 2015)
 24. Novak I, McIntyre S, Morgan C, Campbell L, Dark L, Morton N, Stumbles E, Wilson SA, Goldsmith S. A systematic review of interventions for children with cerebral palsy: state of the evidence. *Dev Med Child Neurol.* 2013 Oct;55(10):885-910

25. Jackman M, Novak I, Lannin N. Effectiveness of hand splints in children with cerebral palsy: a systematic review with meta-analysis. *Dev Med Child Neurol*. 2013 Jul 15.
26. Ten Berge SR, Boonstra AM, Dijkstra PU, Hadders-Algra M, Haga N, Maathuis CG. Clin Rehabil. A systematic evaluation of the effect of thumb opponens splints on hand function in children with unilateral spastic cerebral palsy. 2012 Apr;26(4):362-71
27. Louwers A, Meester-Delver A, Folmer K, Nollet F, Beelen A. Immediate effect of a wrist and thumb brace on bimanual activities in children with hemiplegic cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*. 2011 Apr;53(4):321-6.
28. Burtner PA, Poole JL, Torres T, et al. Effect of wrist hand splints on grip, pinch, manual dexterity, and muscle activation in children with spastic hemiplegia: a preliminary study. *J Hand Ther* 2008; 21: 36–42.