

## CI-terapi för barn med hemiplegi

ANN-CHRISTINE ELIASSON OCH ANDREW M GORDON

### Sammanfattning

Constraint Induced Movement Therapy (CI-terapi) har på senare tid fått mycket uppmärksamhet och framstår som en lovande träningsmetod för barn med cerebral pares av typen hemiplegi. Träningsmetoden bygger på två huvudprinciper: Den ena är att man begränsar barnets möjlighet att använda sin bäst fungerande hand. Ofta sker det genom att man använder en skena eller en styv vante. Den andra principen innebär att barnet samtidigt intensivt tränar sin hemiplegiska hand. CI-terapin sker under en tidsbestämd period. Kunskapen kring metoden ökar och ett flertal artiklar har publicerats som utvärderar behandlingseffekterna. I denna artikel presenteras en översikt över metoden CI-terapi, den kunskap som finns idag om behandlingseffekter och exempel ges på hur CI-terapi har anpassats för att göras barnvänlig.

**Ann-Christine Eliasson**, leg arbetsterapeut, professor. Handikapp och Habilitering, Astrid Lindgrens Barnsjukhus och Karolinska Institutet.

**Andrew M Gordon**, professor. Department of Biobehavioral Sciences, Teachers College, and Department of Rehabilitation Medicine, College of Physicians and Surgeons, Columbia University, USA

**CI-TERAPI UTARBETADES** under 50-talet av Edward Taub (1) som baserade metoden på neurofysiologisk forskning. Taub visade att om apor utsattes för unilateral rhizotomi så att den sensoriska informationen från ena sidans arm och hand avlägsnades medan motoriken bibehölls, slutade apan att använda den känslösa armen och handen.

Om man däremot under ett par veckor hindrade apan från att använda den ickeafficerade armen och handen, och kombinerade detta med träning, så återfick apan den motoriska förmågan i den afficerade armen och handen.

Taub's tolkning var att oförmågan att använda armen berodde på att aporna snabbt lärde sig att armen var obrukbar som en konsekvens av den akuta fasen efter operationen. Detta beteende benämndes "learned non-use" (1). Taub och hans kollegor genomförde ett flertal studier för att vidareutveckla koncepten "learned non-use" och "forced use" (1,2).

### CI-terapi för vuxna

De studier av apor som diskuteras ovan låg sedan till grund för studier hos vuxna personer som drabbats av stroke. De första kliniska försöken att applicera metoden på människor genomfördes för över 25 år sedan. Ostendorf

och Wolf publicerade 1981 (3) den första fallstudien, där en 50-årig kvinna som drabbats av stroke fick träna enligt principen ”forced use”. Kvinnan rapporterade att det var lättare att använda armen efter en period då den friska armen och handen immobiliserats. Detta följdes senare av en större studie där man använde sig av principen ”forced use” och en rad studier där ”forced use” kombinerades med olika träningsmetoder (4,5)

Metoden utvecklades gradvis och kom att benämnas Constraint-Induced Movement Therapy (6). Effekten av CI-terapi för att förbättra handfunktion efter stroke har sedan utvärderats när det gäller olika sätt att förhindra aktivitet i den friska handen, olika typer av träningsmetoder och utvärderingsinstrument samt i olika faser i sjukdomsförloppet (se översiktsartikel 7). Idag är det typiska träningsupplägget för vuxna som tränar enligt CI-terapi att man förhindrar aktivitet i den friska handen 90 procent av vaken tid och kombinerar detta med ett strukturerat träningsprogram på sex timmar.

Undersökningar med Funktionell magnetröntgen, FMRI och transkranial magnetstimulering av hjärnan före och efter C-terapi har visat på kortikal reorganisation i området runt infarkten efter träningen. Detta i sin tur har lett till hypoteser om hjärnans plasticitet och vilken roll CI-terapi kan spela för att åstadkomma kortikal reorganisation (8-10).

Sammanfattningsvis visar de studier som genomförts på att CI-terapi har positiva effekter på arm och handfunktion för vuxna personer som drabbats av stroke (7,11)

## CI-terapi för barn

### Litteraturoversikt

Det har publicerats ett stort antal fallstudier som fokuserar på CI-terapi för barn och under senare år har även flera större studier tillkommit (12,13).

Två studier redovisar resultat när endast ”forced use” användes, utan samtidig intensiv träning (14,15). I alla andra studier så kombinerades ”forced use” med träning och kallas då CI-terapi.

Olika utvärderingsinstrument användes i studierna, men gemensamt för alla är att de redovisade positiva effekter av träningen. Det förefaller alltså som om CI-terapi är en lovande

behandlingsmetod för barn med hemiplegi.

Av publicerade studier är fyra randomiserade, kontrollerade studier (14,15, 16,17) men ingen av studierna kan sägas ha högsta evidensvärde, det vill säga nivå I enligt AAC-PDMs kriterier. Anledningen till detta är att studierna var relativt små. Av de återstående studierna var en prospektiv med kontrollgrupp (18), tre studier använde en ABBA design (19,20 21) och slutligen en studie använde ABA design (22). Dessa studier kan klassificeras som Nivå II, o III eller lägre när det gäller evidensvärde.

Man kan alltså konstatera att trots de positiva behandlingsresultat som redovisas i studierna är evidensen för metoden fortfarande något osäker.

Studierna uppvisar en stor variation i behandlingsupplägg när det gäller det sätt på vilket man förhindrat barnet att använda den bästa handen, hur lång tid varje dag man tillämpat metoden, hur lång interventionsperioden varit, hur intensivt barnen tränat samt vilka utvärderingsinstrument man valt. Detta försvårar förstås ytterligare när man försöker dra slutsatser om hur effektiv metoden är och hur den ska doseras (12).

De studier som genomförts ger upphov till en rad viktiga frågor när det gäller användande av CI-terapi för barn.

### Inklusionskriterier

Alla barn som deltagit i de redovisade studierna hade en hemiplegi och orsakerna till denna inkluderade förutom cerebral pares även förvärvad hjärnskada och stroke. Gemensamt för studierna är att orsaken till hemiplegin inte lyftes fram som betydelsefull indikator för vilka barn som kan tänkas ha nytta av behandlingsmetoden.

Barnen som ingick i studierna hade, med få undantag, en hemiplegi av mild eller moderat svårighetsgrad. Endast en studie inkluderade även barn med en svår hemiplegi (18).

I dag vet vi inte om hemiplegins svårighetsgrad är en indikator för vilken effekt man kan tänkas få av CI-terapi. Resultaten pekar ändå på att metoden kan användas på barn i alla åldrar, små barn, skolbarn och tonåringar (21).

Yngre barn med svår hemiplegi visade sig också ha nytta av metoden, de lärde sig att komma igång och använda handen, men fram-

”I dag vet vi inte om hemiplegins svårighetsgrad är en indikator för vilken effekt man kan tänkas få av CI-terapi.”

## ”Att ha sin bäst fungerande hand fixerad under hela dygnet är inte barnvänligt”

för allt uppvisade dessa barn en ökad förmåga att använda handen i bimanuella aktiviteter (18).

### Ålder och hjärnans plasticitet

Hjärnans stora plasticitet hos små barn talar för att dessa skulle ha större nytta än äldre barn och ungdomar av CI-terapi.

Att stimulera till tidig användning av den hemiplegiska handen skulle kunna främja att oskadade delar av hjärnan utvecklas bättre och att man på så sätt optimerar hur skickligt barnet blir att använda handen.

Men det skulle också kunna vara så, att om man begränsar barnets möjlighet att använda den icke hemiplegiska handen så påverkas utvecklingen av de kortiko-spinala bansystemen som kontrollerar denna hand negativt, med nedsatt finmotorik som följd.

I dag vet vi inte i vilken utsträckning det existerar kritiska perioder för hjärnans utveckling av motoriken hos människor. Det är ändå på sin plats att vara försiktig när man begränsar små barns förmåga att använda sin bäst fungerande hand och att man inte låter dem använda skenor och dylikt under längre tidsperioder. Eliasson och medarbetare har introducerat en modifierad två timmar per dag-modell som kan sägas vara mindre invasiv (18).

Åldern på de barn som ingick i studierna varierade mellan sju månader och 17 år. Det är idag inte möjligt att fastställa vilken som är den optimala åldern för CI-terapi, på grund av att designen varierade mellan de olika studierna.

Man kan dock ifrågasätta om det verkligen är så att regeln ”ju förr dess bättre” stämmer. Eliasson och medarbetare kunde visa att barn som var kring fyra år förbättrades mer än yngre barn runt ett och ett halvt år (18). Andra studier har inte kunnat visa på skillnader i resultat mellan barn i åldrarna fyra-åtta år och de i åldrarna nio till 13 år (21). De här resultaten pekar på att det kan vara andra faktorer, som skadans svårighetsgrad och barnets förmåga att aktivt medverka i träningen, som avgör vid vilken ålder metoden har bäst effekt. Uppenbart är dock att de träningsaktiviteter man väljer måste anpassas till barnets utvecklingsnivå – annars förlorar barnet intresset för uppgifterna.

Ungdomar är ofta högt motiverade för att förbättra sin motoriska förmåga (19,23) och deras framsteg vid CI-terapi kan bero på att de engagerat sig mycket i träningen.

När det gäller yngre barn så förefaller det mer naturligt att lära sig att spontant ta med den sämre armen och handen i aktiviteter. Då lär sig barnen att införliva den hemiplegiska handen i kroppsbilden (18).

Att den hemiplegiska handen och armen kan bli en del i ett spontant rörelsemönster hos yngre barn kan förklaras av fenomenen ”learned-non use” som myntades av Taub (2). Det kan vara så att äldre barn och ungdomar framförallt tränar upp handens motorik i termer av snabbhet och precision.

### Att förhindra aktivitet i den bäst fungerande handen

Olika metoder för att förhindra aktivitet har använts för vuxna, som mitella, ibland kombinerat med handskena (splint), handske eller specialkonstruerad vante. Intensiv träning utan särskild anordning att förhindra aktivitet har också rapporterats.

Taub och Wolf påpekar att träningen förlorar i intensitet om man inte helt immobiliserar den bäst fungerande handen – men i dag vet vi inte om detta påverkar metodens effektivitet. Det är dock viktigt att ha patientsäkerheten och fallrisk i åtanke om man planerar träning där mitella används.

Även för barn har en rad olika typer av begränsningar använts för den dominanta handen: Gipsskenor, handskar, vantar, mitellor och man har även försiktigt hållit fast barnets arm och hand (20).

I två studier av Eliasson och medarbetare (18,19) fick barnen använda en vante på handen. Barnen tilläts att utnyttja den hemiplegiska armen och handen som stöd i aktiviteterna. Fördelar med detta var att det då fanns fler möjliga träningsaktiviteter att välja bland och man slapp också påpeka vad barnet inte får göra.

I de olika studierna begränsades barnets handfunktion under långa tidsperioder, från två till 24 timmar per dygn. För att detta ska vara möjligt måste man hitta sätt att göra det på som är acceptabla för barnet. Valet av metod för att begränsa rörligheten är antagligen viktigare för barnets trivsel än för träningsresultaten. Att ha sin bäst fungerande hand fixerad under hela dygnet är inte barnvänligt och det finns dessutom inga tydliga fördelar. Studieresultaten antyder också att färre familjer då genomför programmet (14,16).

### Träningsintensitet

Programmets intensitet relateras oftast till hur länge barnet använder sin skena/vante. För barn över fyra år var träningsperioderna ofta koncentrerade till två veckor, eller tio dagar. Barnet använde sina skenor/vantar när de tränade och aldrig mindre än sex timmar per dag. Designen i dessa studier följde i princip dem som redovisats för vuxna personer med stroke.

För yngre barn har en modifierad version av CI-terapi utvecklats i syfte att göra metoden mer barnvänlig.

Den modifierade versionen innebär att barnen tränar färre timmar per dag, men träningsperioden är istället utsträckt över en längre tidsperiod (18,20).

En fördel med detta är att det är lättare att fylla två timmar med träningsaktiviteter som är meningsfulla för barnet jämfört med kanske sex timmar – speciellt för barn med svår hemiplegi och för de minsta barnen. De kortare träningspassen gör det också möjligt för barnen att direkt integrera sina nya färdigheter i vardagsaktiviteter. Eftersom de olika metoderna använts för olika åldrar med olika instrument vet vi inget om deras olika effektivitet.

Det har genomförts studier där barnen hade skena på sin bäst fungerande hand hela dygnet i tre – sex veckor och under denna tidsperiod tränade sin hemiplegiska hand sex timmar per dag. Den frustration som uppstår när de inte kan genomföra aktiviteter de normalt klarar av kan minska barnens motivation att träna den hemiplegiska handen. Att upprätthålla en sådan hög träningsintensitet är också svårt.

Detta bekräftas i en nyligen publicerad studie, där man försökte uppnå sex timmars träning per dag. Man fann att under dessa träningsstimmar var barnet bara fokuserat på uppgiften 60 procent av tiden (17).

Även om barnet och familjen fullföljer ett program med hög intensitet så är det troligt att det innebär en stor påfrestning för hela familjen. Särskilt krävande är det för barn med svår hemiplegi och bristande koncentrationsförmåga.

Om barnet inte vill medverka måste man vara beredd att avbryta programmet.

Av de studier som hittills publicerats har man inte på något övertygande sätt visat att åldern skulle ha avgörande betydelse – och man

kan därför vänta tills barnet är motiverat och bättre förberett. Även om vi idag inte kan uttala oss om vilken intensitet som är den optimala vid CI-terapi så är troligtvis just intensiteten i programmet en avgörande faktor för behandlingsresultaten.

### Tränings betydelse

Både CI-terapi och ”forced use” innebär att man förhindrar aktivitet i den bästa handen och att man tränar den hemiplegiska handen. Om man förhindrar aktivitet i den bättre handen kommer den hemiplegiska handen per automatik att användas mer.

I de flesta studier har CI-terapi modifierats i syfte att göra den mer barnvänlig. Av de större studier som publicerats är det två där man i strikt mening använt metoden ”forced use” och gipsat barnets bättre arm och hand utan träning (14,15). CI-terapi inkluderar alltid en strukturerad träningsperiod som har utformats något olika, men har det gemensamt att man hämtat inspiration från litteraturen om motoriskt lärande (24,25).

### ”Forced use”

Ett viktigt argument mot att under en period helt immobilisera den bättre handen genom att gipsa in den, är att vi idag inte vet vilka effekter detta kan ha på lång sikt. Det kan vara så att den motoriska utvecklingen hämmas i den för barnet så viktiga bästa handen.

Det förefaller också som om risken för frustration hos barnet och familjen överskuggar de vinster man kan förvänta sig.

En modifierad form av CI-terapi där barnet har en skena eller vante under del av dagen och att då man samtidigt utnyttjar denna stund till specifik träning är därför att föredra.

### Strukturerad träning

En form av träning som använts i studier av CI-terapi benämns Strukturerad träning.

Det här träningskonceptet har hämtat sin inspiration från litteraturen om motoriskt lärande (26) men man vill också använda träningsprinciper som ”shaping” och repetitiv träning, definierade av Taub.

Shaping innebär att man successivt bygger upp svårighetsgraden i en uppgift. En uppgift kan delas upp i mindre delar som barnet tränar innan alla delar sätts samman. Genom att

”De kortare träningspassen gör det också möjligt för barnen att direkt integrera sina nya färdigheter i vardagsaktiviteter.”

”Använder man spel som är spännande och intressanta för barnet klarar de av att träna längre stunder.”

sedan öka kraven på precision och snabbhet kan man göra uppgiften mer krävande.

Övningarna syftar till att få barnet att träna specifika rörelser och man väljer ut övningar och aktiviteter som stimulerar till just de rörelser man vill förstärka. Man kan säga att i den här typen av träning så är det barnets rörelsemönster som står i fokus – inte hur väl de lyckas genomföra aktiviteten.

Olika typer av spel kan till exempel användas för att träna barnets förmåga att supinera och extendera armen, eller för att förbättra greppförmågan.

I Strukturerad träning får barnet tydliga instruktioner om hur det ska utföra aktiviteten. Även om rörelserna i sig är viktiga så kan man ta hänsyn till vad barnet tycker är roligt och försöka hitta aktiviteter som både tränar det man specifikt strävar efter, och samtidigt är motiverande för barnet. Feedback är en viktig komponent i denna typ av träning och den är alltid positiv. Hur intensiv träningen är beror på barnets förmåga.

Repetitioner är en annan viktig komponent i Strukturerad träning. Inläring bygger på att man utför en uppgift många gånger. Barnet repeterar vissa uppgifter och får tydlig feedback när uppgiften slutförts. Många spel innehåller just denna repetitiva komponent och passar därför ofta bra att använda. Använder man spel som är spännande och intressanta för barnet klarar de av att träna längre stunder.

Strukturerad träning i form av shaping och repetitiv träning går att utforma så att den är barnvänlig, men kan trots detta vara svår att genomföra för små barn. Denna form av träning är beskriven i flera av de artiklar som publicerats om CI-terapi (16,17,21). Konceptet Strukturerad träning har framförallt utvecklats vid Teachers College vid Columbia University i USA. Hit kommer barnen och tränar i grupp med två till fyra barn i varje grupp. Varje barn har en egen terapeut som i samråd med de övriga i teamet kan anpassa träningen till barnets behov och som kan följa dess framsteg och planera vidare behandling (12).

#### **Aktivitetinriktad träning**

En annan modell för träning som redovisas i studier av CI-terapi kan benämnas Aktivitetinriktad träning. Också detta koncept hämtar inspiration från litteratur om motorisk inlär-

ning (25,27). Men i denna metod står inte rörelsekvälitet i fokus. Här är det i stället att lyckas i aktiviteten som är viktigt.

Inget sätt att utföra en aktivitet betraktas som fel – barnet får själv hitta de rörelsemönster och rörelsestrategier som är effektiva och funktionella. Aktiviteter bryts inte ned i delkomponenter utan tränas alltid i sin helhet. Träningen ska vara rolig och motiverande för barnet och ge barnet möjlighet att använda sin hand i en mängd olika aktiviteter.

De aktiviteter som tränas påminner om de som används i Strukturerad träning, men som nämndes tidigare så skiljer sig terapeutens fokus åt mellan metoderna. När man använder sig av spel i Aktivitetinriktad träning så är det hur bra barnet lyckas genomföra uppgiften som uppmärksammas – inte rörelsemönstret.

Barnet uppmuntras till problemlösning så att det ska hitta den rörelsestrategi som passar de egna förutsättningarna bäst. Den bärande tanken är att barnet ska utnyttja kognitiva strategier för att förbättra sin handfunktion och de rörelsemönster barnet använder är underordnade. Målet är att barnet ska komma underfund med hur det kan utnyttja sin sämre hand på ett funktionellt sätt – hur handen trots skadan kan vara användbar.

Det är viktigt att aktiviteternas svårighetsgrad är individanpassad och att de alltid utmanar barnets förmåga. Repetitioner ingår som en del av konceptet – men bara så länge som de är meningsfulla för barnet.

Barnets motivation att använda den hemiplegiska handen är antagligen den viktigaste faktorn för att man ska kunna upprätthålla träningsintensiteten.

De flesta aktiviteter som används ska kunna göras med en hand. I vissa uppgifter kan det dock vara möjligt för barnet att använda handskanden för att hålla fast föremål.

Den här typen av CI-terapi med Aktivitetinriktad träning har använts som hemträning för små barn. För små barn är det viktigt att träningen sker i barnets vardagsmiljö eftersom träningen måste anpassas efter barnets dagliga rutiner. Små barn klarar också bara att genomföra korta stunder av träning. Den miljö som barnet befinner sig i är betydelsefull för hur väl man kan genomföra programmet. En miljö som är rik på lekmöjligheter där man på ett naturligt sätt kan variera träningen kan få stor be-



tydelse för inläringen.

I Aktivitetsinriktad träning är det föräldrar eller förskolepersonal som ansvarar för träningen. Föräldrarna får handledning av terapeut en gång per vecka. Handledningen består av att man diskuterar barnets framsteg och vilka aktiviteter som är lämpliga att träna, men det är också viktigt att man motiverar och stödjer föräldrarna/förskolepersonalen. En förutsättning för att föräldrarna och/eller förskolepersonal ska kunna ta detta ansvar är att de får utbildning innan träningsperioden inleds.

CI-terapi med Aktivitetsinriktad träning för ungdomar har också bedrivits i form av lägerverksamhet (23). Här har ungdomarna fått träna sin hemiplegiska hand i vardagliga aktiviteter som att laga mat, äta och diska. De har också tränat i fritidsaktiviteter som frisbeegolf, boule, basket och kortspel.

### Utvärderingsinstrument

I de studier som hittills publicerats har en rad olika utvärderingsinstrument använts. Det kan förklaras av att studierna täcker allt, från småbarn till ungdomar. Men det är också så att det finns en brist på relevanta test.

Tre olika perspektiv måste belysas när man utvärderar CI-terapi. För det första måste man testa vad barnet har för kapacitet när det gäller förmågan i den hemiplegiska handen. För det andra måste man mäta barnets bimanuella förmåga. Här är man intresserad både av barnets kapacitet och vad det verkligen gör i vardagen. Slutligen måste man ta reda på familjens upplevelse av behandlingsresultat.

Det vanligaste utvärderingsinstrumentet hittills i CI-terapistudier är Jebsen-Taylor Test of Hand Function (28,29). Det är ett test som mäter tidsåtgång för att utföra olika uppgifter för en hand i taget. Delar av Oseretsky Test of Motor Proficiency har också använts (30). Testet har då modifierats så att barnet med den hemiplegiska handen fått utföra de uppgifter som enligt testet ska utföras med dominant hand. QUEST har också använts till yngre barn. QUEST är utvecklat för att mäta effekter av Bobath-behandling och innehåller få uppgifter som mäter handfunktion (31). Det enda test som finns som mäter hur barnet använder sin hemiplegiska hand i bimanuella uppgifter är Assisting Hand Assessment (AHA) (32,33). AHA som utvecklats av Krumlinde-Sund-

holm och Eliasson har visat sig ha god validitet och reliabilitet för barn med hemiplegi.

### Referenser

1. Taub E, Harger M, Grier HC, Hodos W. Some anatomical observations following chronic dorsal rhizotomy in monkeys. *Neuroscience* 1980;5(2):389-401.
2. Taub E, Crago JE, Burgio LD, Grooms TE, Cook EW, III, DeLuca SC, Miller NE. An operant approach to rehabilitation medicine: overcoming learned nonuse by shaping. *J Exp Anal Behav* 1994 Mar;61(2):281-93.
3. Ostendorf CG, Wolf SL. Effect of forced use of the upper extremity of a hemiplegic patient on changes in function. A single-case design. *Phys Ther* 1981 Jul;61(7):1022-8.
4. Wolff PH. Impaired temporal resolution in developmental dyslexia. *Ann NY Acad Sci* 1993;682:87-103.
5. Taub E, Wolf SL. Constraint induced movement techniques to facilitate upper extremity use in stroke patients. *Topics in Stroke Rehabilitation* 1997;3(4):38-61.
6. Taub E, Uswatte G, Pidikiti R. Constraint-Induced Movement Therapy: a new family of techniques with broad application to physical rehabilitation--a clinical review [see comments]. [Review] [91 refs]. *Journal of Rehabilitation Research & Development* 1999 Jul;36(3):237-51.
7. Wolf SL, Blanton S, Baer H, Breshears J, Butler AJ. Repetitive task practice: a critical review of constraint-induced movement therapy in stroke. *Neurologist* 2002 Nov;8(6):325-38.
8. Liepert J, Bauder H, Wolfgang HR, Miltner WH, Taub E, Weiller C. Treatment-induced cortical reorganization after stroke in humans. *Stroke* 2000 Jun;31(6):1210-6.
9. Levy CE, Nichols DS, Schmalbrock PM, Keller P, Chakeres DW. Functional MRI evidence of cortical reorganization in upper-limb stroke hemiplegia treated with constraint-induced movement therapy. *Am J Phys Med Rehabil* 2001 Jan;80(1):4-12.
10. Liepert J, Miltner WH, Bauder H, Sommer M, Dettmers C, Taub E, Weiller C. Motor cortex plasticity during constraint-induced movement therapy in stroke patients. *Neurosci Lett* 1998 Jun;250(1):5-8.
11. Wolf SL, Winstein CJ, Miller JP, Taub E, Uswatte G, Morris D, Giuliani C, Light KE, Nichols-Larsen D. Effect of constraint-induced movement therapy on upper extremity function 3 to 9 months after stroke: the EXCITE randomized clinical trial. *JAMA* 2006 Nov;296(17):2095-104.
12. Gordon AM, Charles J, Wolf SL. Methods of

”En miljö som är rik på lekmöjligheter där man på ett naturligt sätt kan variera träningen kan få stor betydelse för inläringen.”

- constraint-induced movement therapy for children with hemiplegic cerebral palsy: development of a child-friendly intervention for improving upper-extremity function. *Arch Phys Med Rehabil* 2005 Apr;86(4):837-44.
13. Hoare B, Imms C, Carey L, Wasiak J. Constraint-induced movement therapy in the treatment of the upper limb in children with hemiplegic cerebral palsy: a Cochrane systematic review. *Clin Rehabil* 2007 Aug;21(8):675-85.
14. Willis JK, Morello A, Davie A, Rice JC, Bennett JT. Forced use treatment of childhood hemiparesis. *Pediatrics* 2002 Jul;110(1 Pt 1):94-6.
15. Sung IY, Ryu JS, Pyun SB, Yoo SD, Song WH, Park MJ. Efficacy of forced-use therapy in hemiplegic cerebral palsy. *Arch Phys Med Rehabil* 2005 Nov;86(11):2195-8.
16. Taub E, Ramey SL, DeLuca S, Echols K. Efficacy of constraint-induced movement therapy for children with cerebral palsy with asymmetric motor impairment. *Pediatrics* 2004 Feb;113(2):305-12.
17. Charles JR, Wolf SL, Schneider JA, Gordon AM. Efficacy of a child-friendly form of constraint-induced movement therapy in hemiplegic cerebral palsy: a randomized control trial. *Dev Med Child Neurol* 2006 Aug;48(8):635-42.
18. Eliasson AC, Krumlinde-Sundholm L, Shaw K, Wang C. Effects of constraint-induced movement therapy in young children with hemiplegic cerebral palsy: an adapted model. *Dev Med Child Neurol* 2005 Apr;47(4):266-75.
19. Eliasson AC, Bonnier B, Krumlinde-Sundholm L. Clinical experience of constraint induced movement therapy in adolescents with hemiplegic cerebral palsy - a day camp model. *Dev Med Child Neurol* 2003 May;45(5):357-9.
20. Naylor CE, Bower E. Modified constraint-induced movement therapy for young children with hemiplegic cerebral palsy: a pilot study. *Dev Med Child Neurol* 2005 Jun;47(6):365-9.
21. Gordon AM, Charles J, Wolf SL. Efficacy of constraint-induced movement therapy on involved upper-extremity use in children with hemiplegic cerebral palsy is not age-dependent. *Pediatrics* 2006 Mar;117(3):e363-e373.
22. Karman N, Maryles J, Baker RW, Simpser E, Berger-Gross P. Constraint-induced movement therapy for hemiplegic children with acquired brain injuries. *J Head Trauma Rehabil* 2003 May;18(3):259-67.
23. Bonnier B, Eliasson AC, Krumlinde-Sundholm L. Effects of constraint-induced movement therapy in adolescents with hemiplegic cerebral palsy: a day camp model. *Scand J Occup Ther* 2006 Mar;13(1):13-22.
24. Winstein CJ. Knowledge of results and motor learning-implications for physical therapy. *Phys Ther* 1991;71:140-9.
25. Schmidt RA, Wirsberg C. *Motor Learning and Performance*. Champaign: Human Kinetics; 2000.
26. Hufschmidt HJ, Hufschmidt T. Antagonist inhibition as the earliest sign of sensory-motor reaction (Abs.). *Nature* 1954;174:607.
27. Missiuna C. Strategies for success: working with children with developmental coordination disorder. *PHYS OCCUP THER PEDIATR* 2001;20(2-3):1-4.
28. Jebsen RH, Taylor N, Trieschmann RB, Trotter MJ, Howard LA. An objective and standardized test of hand function. *Arch Phys Med Rehabil* 1969;(June):311-9.
29. Taylor N, Sand PL, Jebsen RH. Evaluation of hand function in children. *Arch Phys Med Rehabil* 1973 Mar;54(3):129-35.
30. Bruininks R. Bruininks-Oseretsky test of motor proficiency. Minnesota: American guidance service; 1978.
31. DeMatteo C, Law M, Russel DJ, Pollock N, Rosenbaum P, Walter S. *Quality of upper extremity skills test manual*. Hamilton, Ontario: Canchild, McMaster University; 1992.
32. Krumlinde-Sundholm L, Eliasson AC. A Rasch-built measure intended for children with unilateral upper limb impairments. *Scan J Occ Ther*. 10, 16-26. 2003.
33. Krumlinde-Sundholm L, Holmefur M, Kottorp A, Eliasson AC. The Assisting Hand Assessment: current evidence of validity, reliability, and responsiveness to change. *Dev Med Child Neurol* 2007 Apr;49(4):259-64.