

Träning av arbetsminnet

Av Torkel Klingberg, professor i Kognitiv Neurovetenskap, Karolinska Institutet.

Arbetsminne kan beskrivas som förmågan att hålla information aktuell under en kort stund, vilket är nödvändigt för många komplexa kognitiva uppgifter såsom läsförståelse, problemlösning och uppmärksamhetsförmågan. Arbetsminnet är en grundläggande kognitiv funktion som krävs för många mentala aktiviteter. Tidigare trodde man att arbetsminnet var konstant, men forskning visar att med systematisk träning kan man utveckla arbetsminneskapaciteten hos både barn och vuxna. Hjärnabbildning visar att arbetsminnesträning medför ökad aktivitet i frontal- och parietalloben.

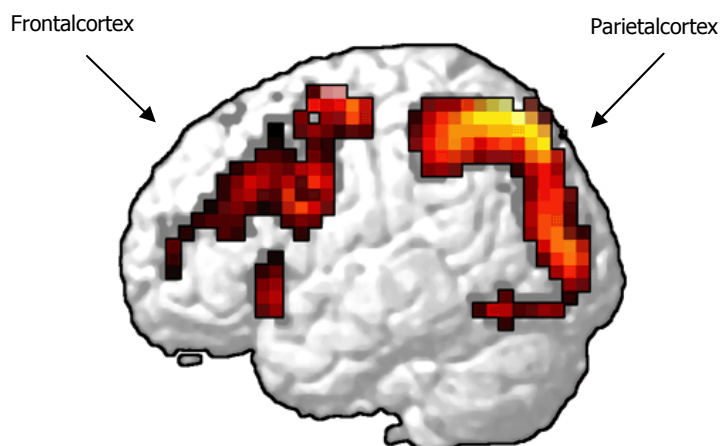
Arbetsminne är nödvändigt för många mentala uppgifter

Arbetsminne kan beskrivas som förmågan att hålla information aktuell under en kort tid. Man kan mäta arbetsminneskapaciteten exempelvis genom att testa hur många siffror man kan återge efter att ha hört dem en gång (auditiva arbetsminnet) eller hur många saker man kan komma ihåg genom att ha sett dem en gång (visospatiala arbetsminnet). I vardagen används arbetsminne för att komma ihåg instruktioner om vad vi ska göra härnäst, för att lösa problem och för att kontrollera vår uppmärksamhet; ”komma ihåg vad vi ska koncentrera oss på”.

Har man ett nedsatt arbetsminne så upplevs det ofta som att man har svårigheten att koncentrera sig. Man kan exempelvis ha problem att koncentrera sig på det man läser, man kan också glömma vad det var man skulle göra medan man går från ett rum till ett annat. Barn med arbetsminnesproblem glömmar ofta vad de skall göra härnäst, vilket gör det svårt att utföra aktiviteter enligt en instruktion.

Något som man också uppmärksammat när det gäller arbetsminnet och dess funktion, är att det finns en stark länk mellan arbetsminneskapacitet och förmågan att utestänga distraktioner och irrelevant information. Genom att använda sig av en s k ”cocktail party effekt”, i.e. vår förmåga att kunna fokusera på *en* röst i en högljudd omgivning, visar att den förmågan är relaterad till arbetsminneskapaciteten (Conway et al., 2001). Nyligen genomförda studier visar också på att ett sämre arbetsminne är relaterat till oförmågan att fokusera på relevanta uppgifter och mer dagdrömmeri (Kane et al., 2005).

Man har i flera decennier forskat kring hur hjärnan fungerar då man använder arbetsminnet. Studier har visat att frontalcortex (pannloben) är mycket viktig. Andra viktiga strukturer är parietalcortex (hjässloben) och de basala ganglierna. Det är också viktigt att signalering med transmittorsubstansen dopamin fungerar korrekt.



Figur 1. Områden som aktiveras vid en arbetsminnesuppgift (från Klingberg et al. 2002).

Arbetsminnesproblem uppstår vid många kliniska tillstånd

Arbetsminneskapaciteten varierar från individ till individ. Arbetsminnet kan påverkas av t ex stress och för lite sömn. Ett normalt arbetsminne når sin kulmen vid 25-30 års ålder, sedan minskar kapaciteten med ca 5-10% per decennium.

Generellt kan man säga att arbetsminnet försämras då frontalloben, eller det dopaminerga systemet störs. Stroke som drabbar frontalloben resulterar således i arbetsminnesproblem, liksom allvarligare skullskador (Robertson and Murre, 1999). I dessa fall leder arbetsminnesproblemen till svårigheter med koncentration och planering. Ett tillstånd där man på senare år uppmärksammat arbetsminnesproblemen är Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD). Ett annat tillstånd är mera allmänna inlärningssvårigheter dvs problem med skolämnen, framförallt matematik och läsförståelse, som inte beror på bristande intelligens eller fysisk eller psykisk sjukdom. Det har visat sig att sådana inlärningssvårigheter kan kopplas direkt till brister i arbetsminnet (Gathercole och Pickering, 2000).

ADHD är ett allvarligt funktionshinder

ADHD definieras som svåra problem med uppmärksamhet, impulsivitet och hyperaktivitet. ADHD drabbar 3-5 % av barn mellan 6-16 år, vilket gör den till den vanligaste neuropsykiatriska diagnosen. Ungefär 40 000 barn i Sverige är drabbade. När barnen växer upp minskar ofta hyperaktiviteten, men uppmärksamhetsproblemen kvarstår i en majoritet av fallen och kan leda till problem med skolgång, utbildning samt inom arbetslivet (Socialstyrelsen, 2002).

Anatomiska studier visar också på att frontalloben, liksom basala ganglierna statistiskt sett är mindre på barn med ADHD, även om detta varierar från individ till individ. Det finns också tecken på att dopaminsystemet fungerar lite annorlunda hos dem med ADHD. Detta skulle kunna vara de neurologiska orsakerna till arbetsminnesproblemen vid ADHD.

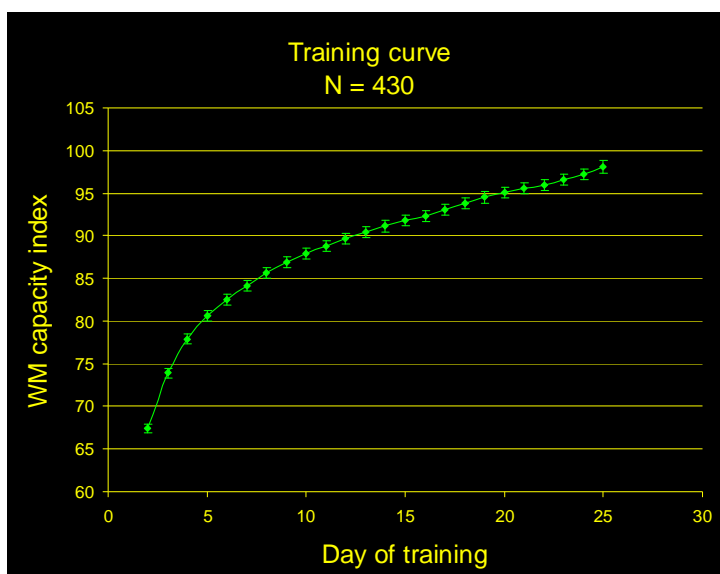
Arbetsminnesuppgifter verkar också vara en typ av uppgifter som barn med ADHD har särskilda svårigheter med (Dowson et al., 2004; Kempton et al., 1999; Westerberg et al., 2004; Castellanos och Tannock, 2002). Dessa problem skulle kunna förklara många av de symptom som innebär att man har problem att 'komma ihåg vad man ska koncentrera sig på' samt att utföra saker enligt instruktioner som man måste hålla i arbetsminnet.

Kan arbetsminnet förbättras?

Arbetsminnets kapacitet har traditionellt setts som något statiskt som inte går att förändra. Torkel Klingberg, MD PhD och Helena Westerberg, MD PhD båda vid avdelningen för neuropediatrik vid Astrid Lindgrens Barnsjukhus, har dock forskat kring hur arbetsminnet skulle kunna förbättras genom träning. Torkel Klingberg har i många år kartlagt hjärnaktiviteten vid arbetsminnesuppgifter genom forskning vid Karolinska Institutet och Stanforduniversitet. Helena Westerberg har en bakgrund inom klinisk psykologi, med erfarenhet av att arbeta med barn med koncentrationssvårigheter. Metoderna är bland annat inspirerade från vad man vet om annan typ av träning som förändrar hjärnan, d v s som leder till plasticitet (Buonomano och Merzenich, 1998). Metoden utarbetades tillsammans med Jonas Beckeman och David Sjölander, som har många års erfarenhet av produktion och design av lek-och-lär datorspel.

Träningen består av ett antal arbetsminnesuppgifter som utförs på en dator. Svårighetsnivån anpassas automatiskt enligt en specifik algoritm. Varje dag utför barnen en förutbestämmd mängd uppgifter, vilket tar ungefär 30-45 minuter. Barnen tränar fem dagar i veckan i fem veckor. Under träningsperioden sparas träningsresultaten i en databas för att sedan kunna analyseras av användaren. Idag finns tre tillgängliga programvaror som passar olika åldrar.

Figur 2 visar hur prestationen gradvis förbättras under träning.



Figur 2. Under träningsperioden lagras träningsresultatet i datorn för att sedan laddas över till en server. Utifrån dessa data kan man sedan följa den gradvisa arbetsminnesutvecklingen. Figuren ovan visar träningsdata av 430 barn under 25 dagars träning.

Första träningsstudien: lovande resultat

I den första studien (Klingberg et al., 2002) ingick barn i åldern 7-13 år med ADHD. Studien jämförde två grupper: en behandlingsgrupp och en kontrollgrupp. I behandlingsgruppen anpassades svårighetsnivån i programmet efter barnets förmåga för att få maximal träningseffekt. I jämförelsegruppen använde man samma program, men svårighetsnivån anpassades inte. Istället fick man hela tiden träna med lätta uppgifter, t ex att komma ihåg två siffror. Detta antogs inte ge samma träningseffekt. Före och efter träning testades barnen med neuropsykologiska uppgifter och man analyserade hur mycket bättre träningsgruppen blev jämfört med kontrollgruppen.

Genom att jämföra förändringen i de två grupperna kontrollerar man för icke-specifika effekter såsom att man blir bättre på att ta en test två gånger. Det visade sig att träningsgruppen hade blivit signifikant mycket bättre på arbetsminnesuppgifter, även sådana som inte var del av träningsprogrammet. Dessutom förbättrades de på en uppgift som mäter inhibitionsförmåga, något som barn med ADHD har svårt med. Övrigt nog förbättrades de också på problemlösningssuppgifter som är högt korrelerade med IQ mätningar.

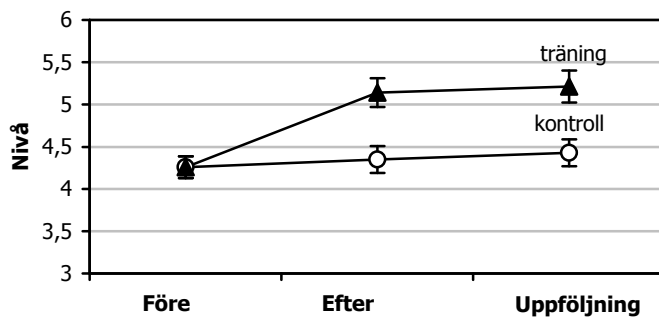
Resultaten bekräftas i en andra studie

Två brister i den första studien var det låga antalet försökspersoner, samt att man inte utförde någon skattning av ADHD-symptom. Det fanns heller ingen uppföljning för att se hur länge resultaten varade. En andra studie utfördes därför på fyra olika kliniker i Sverige (Klingberg et al., 2005). Studien lades också upp som en randomiserad, placebo-kontrollerad dubbelblind studie. Precis som i första studien jämfördes två olika varianter av träningsprogrammet: en med svåra uppgifter och en med lätta (=kontroll). Skattning av symptom samt neuropsykologiska tester utfördes före, efter, samt tre månader efter träning.

När neuropsykologisk testning utfördes efter träning visade det sig att träningsgruppen hade förbättrats signifikant mycket mer än kontrollgruppen på arbetsminnesuppgifter. Dessutom hade de förbättrat inhibitionsförmåga och problemlösningssförmåga. Så mycket som 90% av effekten kvarstod tre månader efter avslutad träning på flera uppgifter.

Föräldraskattning visade en signifikant minskning av symptom. Lärarskattningen var inte signifikant, men sammanslagning av föräldra- och lärarskattning visade på en signifikant minskning av koncentrationssvårigheterna.

Resultaten i den andra studien bekräftade alltså fynden från den första studien vad det gäller förbättring på neuropsykologiska tester. Dessutom såg man förbättring då ADHD symptomen skattades.



Figur 3. Prestation i en visuospatiell arbetsminnesuppgift före och efter träning samt uppföljning tre månader senare. En signifikant förbättring sker efter träning, och effekten kvarstår till mer än 90 %. (Klingberg et al. 2005).

Träning av arbetsminnet efter stroke

Arbetsminnet försämras ofta väsentligt efter stroke och allvarligare skallskador (Robertson and Murre, 1999). Den här kognitiva försämringen kan upplevas som problem med uppmärksamhet och planering, och dessa kognitiva symptom är en av de viktigaste orsakerna till varför man har svårt att gå tillbaka till samma arbetsuppgifter som före skadan. Vi har därför utvärderat om träning av arbetsminnet kan hjälpa personer med stroke (Westerberg et al., 2007).

I den genomförda studien ingick 18 personer, mellan 34 och 65 år som drabbats av stroke 1-3 år tidigare. Alla genomgick neuropsykologiska tester och lottades sedan till en behandlingsgrupp som fick träna arbetsminnet, eller till en kontrollgrupp. När de testades igen efter fem veckor visade det sig att träningsgruppen förbättrats på en rad tester som mäter arbetsminnet, samt andra tester som brukar användas för att mäta kognitiva svårigheter vid stroke ("paced auditory serial addition task" och Ruff 2&7). Genom att jämföra självskattning av kognitiva problem i de båda grupperna såg man att de i behandlingsgruppen upplevde färre kognitiva besvär i det dagliga livet efter träning.

Även om studien var liten och behöver replikeras, så tyder den på att även äldre vuxna kan förbättra sitt arbetsminne, och att metoden skulle kunna användas kliniskt vid strokerehabilitering.

Träning och förändring av hjärnaktivitet

Vad är det då som händer i hjärnan när vi tränar? Med en MR kamera och en teknik som kallas funktionell MR kan man mäta var hjärnan aktiveras, och hur aktiviteten förändras. Vi använde oss av den tekniken för att studera hur hjärnaktivitet såg ut före, under och efter träning hos unga, friska vuxna personer (Olesen et al., 2004). I två olika experiment kunde vi se att träning ökade aktiviteten i pannloben (frontalcortex) och hjässlob (parietalcortex) då personerna utförde arbetsminnesuppgifter.

Dessa resultat visar att de neurala system som är associerade till arbetsminnet är plastiska, d v s förändringsbara. Det är också intressant att notera var i hjärnan denna förändring skedde. Områdena var belägna i de multimodala delarna av hjärnan, d v s

områden som inte är knutna till något specifikt sinne såsom syn eller hörsel. Dessa multimodala områden är istället aktiva vid en rad olika komplexa mentala uppgifter. Förbättrad funktion i ett sådant område skulle kunna förklara hur träningseffekten kan spridas visar många olika tester, som vi sett i studierna där barn med ADHD har tränat.

Arbetsminnesträning hos äldre

Arbetsminnets kapacitet försämras med ökande ålder. Från ca 25 år sjunker dess kapacitet med 5-10% för varje tioårsperiod. För att undersöka om denna nedgång kan kompenseras av träning, inledde Westerberg och kollegor (Westerberg et al., 2007) en studie med 50 äldre vuxna (50-60 år) och 50 yngre vuxna (20-30 år). Deltagarna i varje åldersgrupp randomiserades till antingen arbetsminnesträning eller en kontrollgrupp som använde en "lågdosvariant" av programmet med enkel nivå på uppgifterna, vilket inte förväntades ge någon effekt. Detta var en "dubbelblind" studie, där både de psykologer som utförde de neuropsykologiska testerna och deltagarna själva var omedvetna om vilken grupp de tillhörde.

Neuropsykologisk testning före och efter träning visade att träningsgruppen (de som tränade arbetsminnesträning där svårighetsgraden hela tiden ökade i takt med att deras kapacitet höjdes) förbättrades signifikant på icke-tränade uppgifter, vilka mätte arbetsminneskapacitet (span board och digit span), såväl som på förmåga att bibehålla uppmärksamheten (PASAT). Utöver detta visade självskattningar av vardagliga kognitiva funktioner (CFQ) att träningsgruppen upplevde signifikant färre kognitiva problem i vardagen, såsom att bättre komma ihåg komplicerade instruktioner.

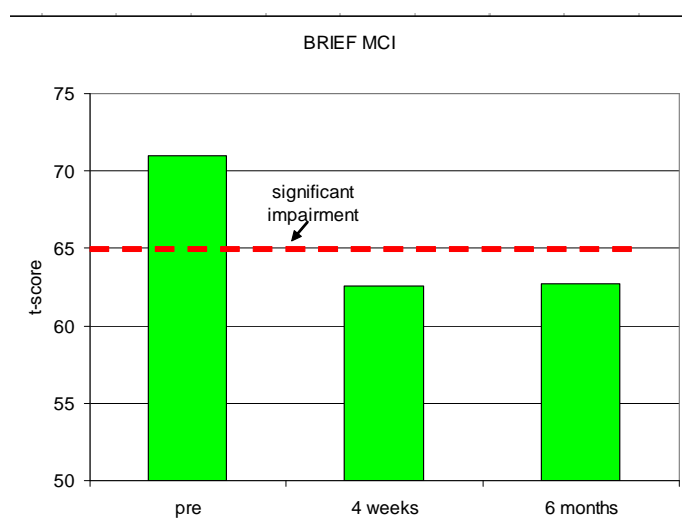
Bibehållna effekter

Arbetsminnesträningens långtidseffekter är svårare att mäta än de omedelbara effekter som träningen ger, p g a att forskningsdeltagare hoppar av och att det är svårt att behålla kontrollgruppen "blind" och "icke behandlad" under en längre tid. Dock har det i två kontrollerade, randomiserade studier (Klingberg et al., 2005; Westerberg et al., 2007) visats att träningseffekterna var signifikanta vid en tremånadersuppföljning. I en skolstudie utförd av Dahlin et al., visade uppföljningstestning av både tränings- och kontrollgrupp att förbättringar på test som mäter läsförståelse och matematisk problemlösningförmåga fortfarande var signifikant sex månader efter avslutad träning.

I en undersökning utförd av Cogmed, intervjuades föräldrar till barn som genomgått träning fem månader efter avslutad träning. En fråga de fick var: "Upplever du att ditt barns träningseffekter har minskat, ökat eller på samma nivå idag som för 5 månader sedan då ni precis avslutat träning?" Av 50 familjer svarade 82 % att de upplevde effekterna lika starka eller t o m starkare 5 månader efter avslutad träning. Dessa fynd är också samstämmiga med en studie utförd av Steven Bozylinski (2007) med 16 barn och ungdomar med ADHD. Studien visade att de signifikanta effekterna på ett test (BRIEF)

som bl a mäter metakognition (bl a arbetsminne, planeringsförmåga etc) var i stort sett oförminskade fem månader efter avslutad träning.

Resultaten ovan indikerar att Cogmed Arbetsminnesträning har en långtidseffekt. Möjligen beror dessa långtidseffekter även på den positiva spiral som sätts igång när en förhöjd arbetsminneskapacitet leder till att den tränande kan delta i vardagens mer kognitivt krävande aktiviteter på ett nytt sätt och därigenom får naturlig träning och vidmakthållande av träningens initiala resultat. Liknande positiva spiraler har visats efter insatser som riktat in sig på att förbättra läsförmåga.



Figur 4. Effekter av Cogmed Arbetsminnesträning mätt i BRIEF metacognition index, 4 veckor efter träning och 6 månader efter träning (Bozylinski, 2007).

Cogmed Arbetsminnesträning i jämförelse med annan form av kognitiv träning

Studier fokuserade på arbetsminnesträningens effektivitet väcker frågan om andra typer av kognitiva funktioner också går att förbättra genom träning. I en nyligen utförd studie (Thorell et al., in press) jämfördes arbetsminnesträning med träning som gick ut på att hålla tillbaka impulser, vilket också anses spela en roll i symptomen vid ADHD, i synnerhet hos yngre barn. Barnen som deltog i denna studie var 4-5 år och randomiserades till 4 grupper: 1) Cogmed Arbetsminnesträning; 2) Datoriserad träning i att motstå eller hålla tillbaka impulser; 3) Användandet av ett vanligt kommersiellt dataspel; 4) Passiv kontrollgrupp (ingen behandling alls). Både gruppen som tränade arbetsminnet och impulskontroll förbättrades på uppgifterna som ingick i själva träningen. Men när barnen testades före och efter träning på kognitiva uppgifter som skiljde sig från de som ingick i träningsprogrammen, visade endast arbetsminnesgruppen signifikanta resultat i jämförelse med kontrollgruppen. Varken gruppen som tränade impulskontroll eller det kommersiella dataspel förbättrades på några kognitiva uppgifter. Den här studien illustrerar två viktiga saker; först och främst visar det sig att det inte är nog att kunna visa en förbättring på tränade uppgifter, vilket ofta är fallet i pseudo-vetenskapliga studier av kognitiv träning. För det andra verkar kognitiva

förmågor skilja sig avseende vilken nivå träning av dessa generaliseras eller sprids till andra kognitiva funktioner. Arbetsminnet tycks vara särdeles mottagligt för träning och generaliserbarhet.

Beständiga förbättringar

En del av den pågående forskningen handlar om sambandet mellan inlärningssvårigheter och arbetsminnesbrister. Cogmed Arbetsminnesträning är under ständig utveckling. Denna sker bl a genom att vi gång på gång utvärderar effekterna av olika vidareutvecklande insatser i det rådande träningsprogrammet.

Träningsdata från alla studier och från vårt kliniska arbete registreras och är tillgängligt, vilket innebär att vi kontinuerligt samlar information till vår databas och kan analysera denna för att ytterligare fördjupa vår kunskap om hur barn och vuxna förbättrar sin inlärning på det mest effektiva sättet.

Slutsatser

Cogmed Arbetsminnesträning är väldokumenterad vetenskapligt sett och forskning sker fortlöpande på universitet över världen. Träningen förbättrar prestationsförmågan på kognitiva uppgifter som kräver arbetsminne och koncentrationsförmåga, men förbättrar även uppmärksamhetsförmågan i vardagen. Effekterna är kliniskt starka, bestående och tycks förekomma i alla åldersgrupper; såväl bland barn/ungdomar, vuxna och äldre individer.

Torkel Klingberg är professor vid Neuropediatrika enheten vid Astrid Lindgrens Barnsjukhus i Stockholm. Han är en av grundarna och delägarna till Cogmed Systems AB, tillsammans med Helena Westerberg, Jonas Beckeman, David Sjölander och Karolinska Innovations AB. Torkel Klingberg är också verksam som konsult för Cogmed inom forskning & utveckling, samt medverkar i styrelsen för Cogmed.

För mer information

Besök www.cogmed.com eller kontakta oss på info@cogmed.com.

Referenser

- Barkley RA (1997), Behavioral inhibition, sustained attention, and executive functions: constructing a unifying theory of ADHD. *Psychol Bull* 121:65-94
- Bozylinski (2007) CHADD Conference, Washington, DC.
- Buonomano DV, Merzenich MM (1998), Cortical plasticity: from synapses to maps. *Ann Rev Neurosci* 21:149-186
- Castellanos FX, Tannock R (2002), Neuroscience of attention-deficit/hyperactivity disorder: the search for endophenotypes. *Nat Rev Neurosci* 3:617-628
- Conway AR, Cowan N, Bunting MF (2001) The cocktail party phenomenon revisited: the importance of working memory capacity. *Psychon Bull Rev* 8:331-335.
- Conway AR, Kane MJ, Engle RW (2003) Working memory capacity and its relation to general intelligence. *Trends Cogn Sci* 7:547-552.
- Daneman M, Carpenter PA (1980) Individual differences in working memory and reading. *J Verbal Learning Verbal Behav* 19:450-466.
- Gathercole, SE, Pickering, SJ (2000) Working memory deficits in children with low achievement in the national curriculum at 7 years of age. *Br J Educ Psychol.* Jun;70 (Pt 2):177-94.
- Gibson B, et al. (2006) Computerized training of working memory in ADHD. Conference for Children and Adults with attention deficit/hyperactivity disorder, Chicago (abstract).
- Kane MJ, Brown LH, McVay JC, Silvia PJ, Myin-Germeys I, Kwapil TR (2007) For whom the mind wanders, and when: an experience-sampling study of working memory and executive control in daily life. *Psychol Sci* 18:614-621.
- Klingberg T, Fernell E, Olesen P, Johnson M, Gustafsson P, Dahlström K, Gillberg CG, Forssberg H, Westerberg H (2005), Computerized training of working memory in children with ADHD – a randomized, controlled trial. *J American Academy of Child and Adolescent Psychiatry* 44 (2):177-186.
- Klingberg T, Forssberg H, Westerberg H (2002), Training of working memory in children with ADHD. *J Clin Exp Neuropsych* 24:781-791
- Martinussen R, Hayden J, Hogg-Johnson S, Tannock R (2005) A meta-analysis of working memory impairments in children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry* 44:377-384.
- McNab F, Klingberg T (2008) Prefrontal cortex and basal ganglia control access to working memory. *Nat Neurosci* 11:103-107.
- Olesen P, Westerberg H, Klingberg T (2004), Increased prefrontal and parietal brain activity after training of working memory. *Nature Neurosci* 7:75-79
- Rappoport MD, Chung KM, Shore G, Denney CB, Isaacs P (2000), Upgrading the science and technology of assessment and diagnosis: laboratory and clinic-based assessment of children with ADHD. *J Clin Child Psych* 29:555-568

Robertson I, Murre J (1999), Rehabilitation of brain damage: Brain plasticity and principles of guided recovery. *Psychol Bull* 125:544-575

Socialstyrelsen (2002), ADHD hos barn och vuxna.

SüB HM, Oberauer K, Wittmann WW, Wilhelm O, Schulze R (2002) Working-memory capacity explains reasoning ability - and a little bit more. *Intelligence* 20:261-288.

Thorell, LB, Lindqvist, S, Bergman, S, Bohlin, G, Klingberg, T (in press) Training and transfer effects of executive functions in preschool children. *Developmental Science*.

Vogel EK, McCollough AW, Machizawa MG (2005) Neural measures reveal individual differences in controlling access to working memory. *Nature* 438:500-503.

Westerberg H, Jacobaeus H, Hirvikoski T, Clevberger P, Ostensson J, Bartfai A, Forssberg H, Klingberg T (2007). Computerized working memory training after stroke – a pilot study. *Brain Injury* 21 (1) 21-9.

Westerberg H, Hirvikoski T, Forssberg H, Klingberg T (2004), Visuo-spatial working memory: a sensitive measurement of cognitive deficits in ADHD. *Child Neuropsychology* 10 (3) 155-61.

Westerberg, H, Brehmer, Y, D'Hondt, N, Söderlund, D, Bäckman, L (2007) Computerized training of working memory – A new method for improving cognition in aging. *Aging Research Conference*. Sidney.

Läs mer

Om arbetsminne

Baddeley A (2003) Working memory: looking back and looking forward. *Nat Rev Neurosci* 4:829-839.

Conway (ed) *Variation in working memory* (2007) Oxford Univ. Press.

Om arbetsminne och ADHD

Barkley RA (1997) Behavioral inhibition, sustained attention, and executive functions: constructing a unifying theory of ADHD. *Psychol Bull* 121:65-94.

Barkley RA, Murphy KR (2006) *Attention-deficit hyperactivity disorder a clinical workbook*. New York: The Guilford Press.

Castellanos FX, Tannock R (2002) Neuroscience of attention-deficit/hyperactivity disorder: the search for endophenotypes. *Nat Rev Neurosci* 3:617-628.

Martinussen R, Hayden J, Hogg-Johnson S, Tannock R (2005) A meta-analysis of working memory impairments in children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry* 44:377-384.

Westerberg H, Hirvikoski T, Forssberg H, Klingberg T (2004), Visuo-spatial working memory: a sensitive measurement of cognitive deficits in ADHD. *Child Neuropsychology* 10 (3) 155-61.

Om arbetsminnet och normalt åldrande

Wilde NJ, Strauss E, Tulskey DS (2004). *J Clin Exp Neuropsychol*, 26.

Om arbetsminnet relaterat till utbildning och studier

Gathercole SE, Pickering S (2003) Working memory deficits in children with low achievements in the national curriculum at 7 years of age. *British Journal of Educational Psychology* 70:177-194.

Gathercole, S, Alloway, T.P. (2009) *Working memory and learning – a practical guide for teachers*.