

STARFSEMI FRAMHEILANS OG FORSPÁRRÉTTMÆTI VERKEFNA OG PRÓFA Í BERNSKU OG ÆSKU

Jónas G. Halldórsson, sálfræðingur

Útdráttur

Niðurstöður nýlegra rannsókna benda til þess að starfsemi framheilans birtist strax í bernsku og þróist síðan stig af stigi. Framkvæmdastjórn virðist þó ávallt einkenni þessarar starfsemi. Verkefni sem meta starfsemi framheilans þurfa að vera í samræmi við aldur eða þroskastig barnsins.

Hefðbundin þroskaþróun ætluð ungbörnum hafa nánast ekkert forspárgildi um þroska- eða greindarvísitölu síðar þegar um er að ræða heilbrigð börn yngri en 20 mánaða. Nýlegar niðurstöður gefa hins vegar til kynna að ákveðin atriði hafi verulegt forspárgildi jafnvel við 6 mánaða aldur. Atriði með gott forspárgildi breytast með aldri en grundvallareinkenni þeirra virðist þó hið sama og tengist frumkvæði og marksæknu atferli.

Hér er sú tilgáta sett fram og rökstudd að sami grundvallarþáttur einkenni verkefni sem hafa gott forspárgildi og verkefni sem talin eru meta framheilastarfsemi og lausn þeirra byggja á svipuðum ferlum í starfsemi miðtaugakerfisins.

Starfsemi framheilans í bernsku og æsku

Þróunartaugasálfræði eða taugasálfræði barna er tiltölulega ný grein innan sálfræðinnar. Eitt viðfangsefna þróunartaugasálfræði hefur verið að kanna hvenær á þroskaferli einstaklingsins ákveðin svæði heilans, svo sem framheilinn (þ.e. þriðja stigs svæði heilabarkar fremri hluta heilans, þýðing á *prefrontal area*), taka til starfa og hvernig starfsemin breytist með aldri.

Welsh og Pennington (1988) benda á að nýta megi og samtvinna upplýsingar frá þróunarsálfræði og klínískri taugasálfræði fullorðinna við að skýra starfsemi framheilans í bernsku og æsku. Klínísk taugasálfræði býr meðal annars yfir upplýsingum varðandi það hvers konar atferli stjórnast af framheila á fullorðinsárum. Þróunarsálfræði hefur hins vegar rannsakað hvernig ýmiss konar atferli breytist með aldri án þess að tengja slíkt sérstaklega þroska heilans og heilastarfsemi.

Welsh og Pennington (1988) nota hugtakið "framkvæmdastjórn" (þýðing á *executive function*) til að lýsa hlutverki framheilans í starfsemi miðtaugakerfisins á þróunarferli einstaklingsins. Framkvæmdastjórn er skilgreind sem hæfileiki til að vinna stöðugt og markvisst að lausn verkefna. Slík vinna felur meðal annars í sér: (a) frumkvæði og áhuga á að kanna og leysa ný verkefni; (b) áætlun um að bæla atferli eða ákveðna svörun eða fresta henni þar til aðstæður eru hagstæðari; (c) vel skipulagða framkvæmdaáætlun; (d) að fylgjast með hvernig verki miðar og aðlaga sig að nýjum upplýsingum og breytingum í umhverfi; og (e) mynd af verkefninu í huganum þar sem meðal annars birtast gagnlegar upplýsingar úr minnisgeymd og það markmið sem stefnt er að.

Öll þessi atriði hafa verið sett í sambandi við starfsemi framheilans (sjá t.d. Luria 1980; Stuss og Benson 1984). Framheilinn tengist öllum öðrum svæðum heilans, hann hefur aðgang að upplýsingum frá öðrum svæðum og hann virðist aðsetur vilja, frumkvæðis og skipulags og gegnir lykilhlutverki á samhæfingu miðtaugakerfisins.

Welsh og Pennington (1988) lýsa niðurstöðum rannsókna á dýrum og fullorðnu fólki með skaða á framheila sem gefa til kynna að framkvæmdastjórn skerðist verulega. Aðrir með skaða á framheila eiga erfitt með að vinna markvisst að lausn verkefnis, að fresta svörun til að ná settu marki og að aðlaga sig að aðstæðum. Fullorðið fólk með framheilaskaða á oft erfitt með að sýna frumkvæði, skipuleggja fram í tímann, setja sér mark, vinna markvisst að einhverju, fylgjast með hvernig gengur að ná settu marki og breyta til með hliðsjón af því ef þörf krefur. Það skortir á sveigjanleika eða

aðlögunarhæfni. Framheilaskaði virðist hins vegar ekki hafa áhrif á starfsemi fyrsta stigs hreyfi- og skynsvæða eða greindarvísitölu.

Ákveðin verkefni eða próf hafa reynst gagnleg við að meta starfsemi framheilans þegar um unglinga og fullorðna er að ræða. Má þar nefna sem dæmi Wisconsin flokkunarprófið (sjá t.d. Milner 1963). Þessi verkefni hafa hins vegar reynst haldlítill þegar börn hafa verið annars vegar, að minnsta kosti þegar aldurnorm hafa ekki verið til staðar. Verkefnin hafa þá verið of erfið, börn hafa ekki getað leyst þau á sama hátt og fullþroska einstaklingar. Sumir fræðimenn á sviði taugasálfræði fullorðinna hafa þess vegna haldið því fram að framheilinn taki ekki til starfa fyrr en um unglingsaldur (t.d. Golden 1981). Af þessum ástæðum hafa atriði sem meta starfsemi framheilans verið tekin út úr taugasálfræðilegum prófasöfnum fullorðinna þegar þau hafa verið aðlöguð að börnum.

Ýmsir þeir sem tengst hafa taugasálfræði barna eru á annari skoðun hvað þetta varðar (Passler o.fl. 1985; Welsh og Pennington 1988). Þeir halda því fram og rökstyðja að merki um framkvæmdastjórn birtist strax í æsku og jafnvel á fyrsta aldursári barns og þróist síðan að minnsta kosti fram að kynþroska og ef til vill lengur. Lykilatriðið hér er að þau verkefni sem notuð eru til að meta starfsemi framheilans í bernsku og æsku verða að vera í samræmi við þroskastig hverju sinni.

En hvað er það sem bendir til þess að framheilinn starfi strax í frumbersku?

Welsh og Pennington (1988) benda á þá athyglisverðu niðurstöðu rannsókna að þótt framheilinn sé eitt þeirra svæða sem fær mýelin taugaslíður seint á þroskaferli þá er tengslamyndun milli fruma ekki seinna á ferðinni þar en í öðrum hlutum heilans.

Í öðru lagi er það nefnt að rannsóknir Diamond og Goldman-Rakic á mjög ungum öpum hafa bent til þess að framheilinn gegni strax ákveðnu hlutverki í bernsku. Ákveðinn afmarkaður heilaskaði er veittur á tilraunastofu og áhrif mismunandi staðsetningar á atferli könnuð. Til samanburðar eru sömu verkefni lögð fyrir heilbrigð ung börn.

Þau einföldu verkefni sem notuð eru, eru talin meta fyrstu merki um framkvæmdastjórn, að barnið eða apinn skipuleggi, aðlagi sig að aðstæðum og stefni markvisst að settu marki.

Tvö verkefni hafa verið rannsökuð sérstaklega í þessu sambandi, "að leita að hlut" og "að ná í hlut".

"Að leita að hlut" felst í því að leikfangi er komið fyrir undir öðru af tveimur ílátum sem eru á hvolfi. Barnið er viðstatt og horfir á. Eftir 2-5 sek er barninu leyft að leita að leikfanginu. Í annað skiptið er farið eins að nema hvað leikfanginu er komið fyrir undir hinu ílátinu. Venjulegar niðurstöður eru þær að börn um 8 mánaða aldur og um tveggja mánaða apar leita í annað skiptið aftur undir fyrra ílátinu. Sú hugmynd að leikfangið sé þar hefur verið styrkt í fyrra skiptið og barnið aðlagar sig ekki að upplýsingum um breytingar í umhverfi, bælar ekki niður atferli sem hefur verið styrkt en er óviðeigandi og leiðir ekki til lausnar verkefnisins. Tólf mánaða gömul börn og fjögurra og hálf mánaðar gamlir apar leysa þetta verkefni hins vegar auðveldlega. Sé þetta gömlum öpum veittur framheilaskaði gera þeir hins vegar aftur sömu villu og yngri apar. Skaði á hvirfilgeira (*parietal area*) eða dreka (*hippocampus*) hefur hins vegar ekki þessi áhrif á atferli.

Þetta verkefni hefur verið gagnrýnt að því leyti að hér gæti verið um minnisveikleika að ræða fremur en skort á framkvæmdastjórn. Því hefur annað verkefni verið rannsakað, "að ná í hlut".

"Að ná í hlut" byggist á því að ná settu marki með því að fara í kringum ákveðna hindrun. Leikfangi er komið fyrir í gegnsæjum kassa. Barnið þarf að teygja sig í gegnum op á hlið kassans til að ná því. Það þarf því að bæla niður tilhneigingu til að teygja sig beint af augum. Það þarf síðan að skipuleggja nýja áætlun byggða á skynrænum upplýsingum frá umhverfinu. Hér er ekki um að ræða þátttöku skammtímaminnis í lausn verkefnisins þar sem leikfangið er ávallt í sjónmáli. Reyndar hefur komið í ljós að börn leysa verkefnið hraðar sé kassinn úr ógegnsæju efni enda þarf þá ekki að bæla niður það viðbragð sem liggur beinast við, að teygja sig beint af augum. Um 7 mánaða gömul börn rétta hendina beint af augum. Þau geta ekki bælt þetta atferli eða sýnt nauðsynlegan sveigjanleika til að aðlagja sig að nýjum upplýsingum. Tólf mánaða gömul börn eiga hins vegar ekki í erfiðleikum með að leysa þetta verkefni. Sömu þróun er að sjá hjá ungum öpum og framheilaskaði veldur því að þeir bera fyrir sig frumstæðari viðbrögð á ný.

Welsh og Pennington (1988) álykta að bæði þessi verkefni reyni á framkvæmdastjórn framheilans. Þau byggjast á því að vinna stöðugt og markvisst þrátt fyrir tafir og hindranir. Fylgjast þarf með árangri, bæla niður rangar svaranir og prófa aðrar byggðar á nýjum upplýsingum frá umhverfinu.

Welsh og Pennington (1988) benda á að þetta þurfi þó að rannsaka nánar og kanna enn frekar réttmæti þess að tengja ofangreind verkefni við starfsemi framheilans.

Hvað varðar eldri börn á forskólaaldri þá telja Welsh og Pennington (1988) að atferli sem sýnir "sjálfstjórn" (þýðing á *self-control*) sé merki um starfsemi framheilans og framkvæmdastjórn. Sjálfstjórn felur það í sér að aðlaga marksækið atferli að aðstæðum í umhverfi, t.d. að fresta ákveðinni svörun þar til aðstæður leyfa. Þessa tilgátu má styðja með nýlegum rannsóknum sem benda til þess að ofvirkni og athyglisbrestur tengist seinþroska eða skerðingu í framheila (Gorenstein o.fl. 1989).

Klínísk reynsla segir að börn með alvarlega þroskaseinkun eru oft síðri en börn á sambærilegum þroskaaldri hvað framkvæmd, vinnubrögð og aðlögun snertir. Welsh og Pennington (1988) nefna nokkrar rannsóknir sem benda í sömu átt, það er að vangefin börn sýni ákveðna veikleika hvað varðar skipulag, áætlun fram í tímann, sveigjanleika og rökhugsun miðað við heilbrigð börn á sama þroskaaldri. Hefðbundin þroska- og greindarpróf meta ekki þessa þætti, þætti sem trúlega tengjast framheilastarfsemi og framkvæmdastjórn.

Ætla má að skert starfsemi framheilans í bernsku og æsku hafi ekki síður alvarlegar afleiðingar en skert starfsemi þessara svæða á unglings- og fullorðinsárum og að slík skerðing hafi ávallt verulegt forspárgildi um færni og aðlögunarhæfni síðar meir. Filley o.fl. (1987) rannsökuðu áhrif alvarlegs höfuðáverka á börn og unglinga. Niðurstöður þeirra bentu til þess að framheilaskaði gæti orsakað langvarandi og alvarlega tilfinningalega erfiðleika, sem háðu einstaklingi mjög.

Niðurstöður þær sem lýst hefur verið benda til þess að starfsemi framheilans birtist strax í bernsku og þróist síðan stig af stigi. Framkvæmdastjórn er þó ávallt einkenni þessarar starfsemi. Verkefni sem meta starfsemi framheilans þurfa að vera í samræmi við þroskastig einstaklingsins. Vinna þarf að því að þróa áreiðanleg og réttmæt atriði sem meta framheilastarfsemi á hinum ýmsu þroskaskiðum og kanna forspárgildi þeirra. Mikilvægt er að slík atriði séu hluti af taugasálfræðilegum prófasöfnum ætluðum börnum.

Forspárgildi verkefna og prófa í bernsku og æsku

Eins og lýst var í fyrri kafla bendir margt til þess að hefðbundin greindar- og þroskapróf hafi oft fremur takmarkað forspárgildi varðandi þætti svo sem frumkvæði, aðlögunarhæfni, markvisst atferli og námsárangur þegar um framheilaskaða er að ræða (sjá t.d. Welsh og Pennington 1988). Einnig var minnst á niðurstöðu rannsóknar sem benti til þess að seinþroski í framheila tengdist ofvirkni og athyglisbresti (Gorenstein o.fl. 1989). Klínísk reynsla gefur til kynna að oft nýti ofvirk börn með athyglisbrest ekki greind sína sem skyldi. Í slíkum tilfellum er greindarvísitala fremur haldlítill þegar spá á um náms- og aðlögunarhæfni. Sama má segja um ákveðna sértæka námserfiðleika sem birtast þrátt fyrir meðalgreind. Hér er það sem atriði er meta sérstaklega starfsemi framheila og annarra þriðja stigs svæða heilabarkarins kunna að koma að gagni hvað varðar forspá um náms- og aðlögunarhæfni og horfur.

Rannsóknir hafa sýnt að hefðbundin ungbaraþroskapróf svo sem Bayley ungbaraþrófið hafa nánast ekkert forspárgildi um niðurstöður seinni prófana þegar um heilbrigð börn yngri en 20 mánaða er að ræða (Bayley 1969; Anastasi 1982; Hrnir o.fl. 1985; Messer o.fl. 1986; Maisto og German 1986; Ross 1989). Forspárgildi þessara prófa er hins vegar verulegt þegar um mikla þroskaseinkun er að ræða (Anastasi 1982; Goodman 1989; Ross 1989). Einnig eykst forspárgildi þroskaprófa hvað varðar greindarvísitölu heilbrigðra barna eftir 20 til 30 mánaða aldur (Anastasi 1982; Messer o.fl. 1986). Anastasi (1982) lýsir rannsóknum sem benda til miðlungs (*moderate*) fylgni milli niðurstæða þroska- eða greindarprófs eftir 20 mánaða aldur og greindarvísitölu síðar á forskólaaldri. Fylgni milli niðurstæðu greindarprófs og greindarvísitölu síðar verður síðan há á skólaaldri (Anastasi 1982). Anastasi (1982) vísar hins vegar til *California Guidance* rannsóknarinnar sem sýndi að þrátt fyrir þessa háu fylgni virtist greind nokkuð óstöðug þegar litið var á einstaklinga. Þannig breyttist greindarvísitala 59% barnanna um 15 greindarvísitölustig eða meira. Vera kann að leita megi orsaka þessara breytinga í umhverfisþáttum en ástæðan getur einnig verið sú að hefðbundin greindarpróf meti ekki ákveðna þætti heilastarfsemi sem miklu ráða um vitsmunapróun og aðlögun barnsins.

Nýlegar rannsóknir benda til þess að ákveðin verkefni kunni að hafa verulegt forspárréttmæti jafnvel þegar um er að ræða heilbrigð ungbörn við 6-12 mánaða aldur. Messer o.fl. (1986) rannsökuðu sambandið milli "marksækiðs atferlis" (þýðing *á mastery behavior*) í bernsku og færni í æsku. Marksækið atferli er skilgreint sem atferli sem einkennist af einbeittni, úthaldi og könnun. Niðurstöður sýndu jákvæða fylgni milli tíma sem barnið eyddi í að skoða eða kanna einkenni leikfangs við 6 mánaða aldur og úthald og einbeitingu við að leysa verkefni við 12 mánaða aldur við niðurstöðutölur á McCarthy prófinu við 30 mánaða aldur. Slík fylgni fannst ekki þegar niðurstaða Bayley ungbarnaprófsins við 6 og 12 mánaða aldur var skoðuð.

Messer o.fl. (1986) ályktuðu að ofangreindar niðurstöður bentu til þess að verkefni sem spá vel fyrir um færni síðar breytist með aldri, þótt grundvallareinkenni þeirra haldi sér. Þetta grundvallareinkenni tengist marksæknu atferli. Þessir höfundar vekja þó athygli á því að hér er um fylgnirannsókn að ræða og aðrar skýringar kunni að finnast. Því sé nauðsynlegt að rannsaka enn frekar sambandið milli marksækiðs atferlis og forspár og kanna sérstaklega hvaða breytur leiða til marksækiðs atferlis og hvaða áhrif það hefur á þróunarferilinn.

Hrncir o.fl. (1985) fundu forspárgildi þáttar sem kallaður var "frumkvæði að marksæknu atferli" (þýðing á *spontaneous mastery*). Þessi þáttur var mældur hjá sömu börnum við 12 og 18 mánað aldur og niðurstöður reyndust mjög sambærilegar. Frumkvæði að marksæknu atferli felur í sér eins og orðin gefa til kynna frumkvæði og áhuga á því að tileinka sér upplýsingar og ná tökum á verkefnum.

Hefðbundin þroskaþróf ætluð ungbörnum hafa mjög takmarkað forspárgildi um greindarvísitölu síðar þegar um er að ræða heilbrigð börn yngri en 20 mánaða. Niðurstöður rannsókna benda hins vegar til þess að ákveðin atriði hafi verulegt forspárgildi jafnvel við 6 mánaða aldur. Séu þær niðurstöður gildar má álykta að hefðbundin ungbarnapróskaþróf meti ekki vissa mikilvæga þætti í atferli og heilastarfsemi barnsins. Þætti sem geta gefið mikilvægar upplýsingar um færni og aðlögun barnsins síðar. Slíkar upplýsingar geta oft verið gagnlegar, en í þessu sambandi er það ekki síður áhugavert fyrir þróunartaugasálfræðinga að velja fyrir sér hver sé grundvöllur forspár í starfsemi heilans í bernsku og æsku og hvort þessi grundvöllur tengist ef til vill starfsemi framheilans og annarra þriðja stigs svæða heilabarkarins.

Forspá og framheilastarfsemi í bernsku og æsku

Niðurstöður þær sem lýst hefur verið benda til þess að atriði sem best spá fyrir um getu síðar og atriði sem talin eru meta starfsemi framheilans í bernsku og æsku breytist eftir aldri, þau þurfa að hæfa þroskastigi barnsins hverju sinni. Í báðum tilfellum virðist þó vera ákveðinn grundvallarþáttur sem máli skiptir á öllum þroskastigum.

Hér er sett fram sú tilgáta, byggð á því sem á undan hefur komið fram, að sami grundvallarþáttur einkenni verkefni sem hafa gott forspárgildi og verkefni sem talin eru meta starfsemi framheilans í bernsku og æsku. Þennan grundvallarþátt mætti kalla framkvæmdastjórn. Einkenni framkvæmdastjórnar eru frumkvæði, athygli, einbeiting, markviss vinnubrögð, aðlögun að aðstæðum og áhugi á að kanna nýja möguleika og leysa verkefni.

Samkvæmt þessari kenningu ættu atriði sem talin eru meta framheilastarfsemi í bernsku og síðar einnig að hafa gott forspárgildi um færni eða greindarvísitölu, náms- og aðlögunarhæfni.

Áhugamenn um þróunartaugasálfræði hljóta að velja fyrir sér mögulegum grundvelli þessarar kenningar í heilastarfsemi. Hér er því haldið fram að hefðbundin ungbarnapróskaþróf meti fyrst og fremst starfsemi fyrsta og annars stigs svæða heilabarkar. Mat á starfsemi þriðja stigs svæða svo sem framheila er hins vegar vanrækt. Þriðja stigs svæði þekja stóran hluta heilans og gegna meðal annars mikilvægu samhæfingar- og skipulagshlutverki. Það er því eðlilegt að ætla að atriði sem meta starfsemi þessara þriðja stigs svæða sérstaklega hafi verulegt forspárgildi og oft á tíðum meira forspárgildi en þau atriði sem að mestu reyna á fyrsta og annars stigs svæði.

Pörf er á rannsóknum til að kanna enn frekar starfsemi framheilans í bernsku og æsku og hvernig sú starfsemi tengist forspá jafnt meðal heilbrigðra einstaklinga og einstaklinga sem eiga við þroskaseinkun eða skerta starfsemi heilans að stríða.

Abstract

Welsh and Pennington (1988) review the literature on prefrontal functioning in infancy and childhood. The cognitive construct "executive function" is adopted as a behavioral marker of prefrontal functioning. Research indicates that prefrontal executive functions emerge in the first year of life and continue developing through childhood and adolescence. The key theme is that test items which are intended to assess children's prefrontal functioning must be developmentally appropriate. It is well known that traditional tests of infant development have little or no predictive validity at least for normal children younger than 20 months of age. However, recent studies indicate certain tasks may have considerable predictive value even for infants as young as 6 months of age. Tasks of good predictive validity change with age, however it is suggested that these tasks assess a common trait called "mastery behavior" (Messer et al. 1986) or "spontaneous mastery" (Hrncir et al. 1985). It is being suggested here that tasks supposed to evaluate prefrontal functioning in infancy and childhood and tasks of good predictive validity are in fact assessing the same traits and the same processes in the developing brain.

Heimildaskrá

Anastasi, A. (1982). *Psychological testing* (5. útgáfa). New York: MacMillan.

Bayley, N. (1969). *Manual for the Bayley Scales of Infant Development*. New York: Psychological Corporation.

Filley, C.M., Cranberg, L.D., Alexander, M.P. og Hart, E.J. (1987). Neurobehavioral outcome after closed head injury in childhood and adolescence. *Archives of Neurology*, 44, bls. 194-198.

Golden, C.J. (1981). The Luria-Nebraska Children's Battery: Theory and formulation. Í G.W. Hynd og J.E. Obrzut (ritstjórar), *Neuropsychological assessment and the school-age child* (bls. 277-302). New York: Grune & Stratton.

Goodman, J.F. (1989). Letters to the editor: Use and abuse of infant tests; Predictive validity; Concurrent validity. *Developmental and Behavioral Pediatrics*, 10(3), bls. 165-166.

Gorenstein, E.E., Mammato, C.A. og Sandy, J.M. (1989). Performance of inattentive-overactive children on selected measures of prefrontal-type function. *Journal of Clinical Psychology*, 45(4), bls. 619-632.

Hrncir, E.J., Speller, G.M. og West, M. (1985). What are we testing? *Developmental Psychology*, 21(2), bls. 226-232.

Luria, A.R. (1980). *Higher cortical functions in man* (endurskoðuð útgáfa). New York: Basic Books.

Maisto, A.A. og German, M.L. (1986). Reliability, predictive validity, and interrelationships of early assessment indices used with developmentally delayed infants and children. *Journal of Clinical Child Psychology*, 15(4), bls. 327-332.

Messer, D.J., McCarthy, M.E., McQuiston, S., MacTurk, R.H., Yarrow, L.J. og Vietze, P.M. (1986). Relation between mastery behavior in infancy and competence in early childhood. *Developmental Psychology*, 22(3), bls. 366-372.

Milner, B. (1963). Effects of different brain lesions on card sorting: The role of the frontal lobes. *Archives of Neurology*, 9, bls. 90-100.

Passler, M.A., Isaac, W. og Hynd, G.W. (1985). Neuropsychological development of behavior attributed to frontal lobe functioning in children. *Developmental Neuropsychology*, 1, bls. 349-370.

Ross, G. (1989). Some thoughts on the value of infant tests for assessing and predicting mental ability. *Developmental and Behavioral Pediatrics*, 10(1), bls. 44-47.

Stuss, D.T. og Benson, D.F. (1984). Neuropsychological studies of the frontal lobes. *Psychological Bulletin*, 95(1), bls. 3-28.

Welsh, M.C. og Pennington, B.F. (1988). Assessing frontal lobe functioning in children: Views from developmental psychology. *Developmental Neuropsychology*, 4(3), bls. 199-230.