



Teksti: TAINA PORANEN-CLARK

Varhainen motorinen kehitys on yhteydessä kognitiiviseen suorituskykyyn varhaisessa vanhuudessa

Kuva: ANTERO AALTONEN

Kyky liikkua itsenäisesti haluaa, milloin haluaa ja miten haluaa, on tärkeää niin varhaisessa lapsuudessa kuin myöhemmin vanhuudessa.

Varhaisempi kävelemään oppiminen on yhteydessä parempaan kognitiiviseen suorituskyykyyn vanhuudessa. Vireät aivot vanhuudessa pitävät puolestaan yllä laajempaa elinpiiriä.

Kävelemään oppiminen on yksi merkittävimmistä tapahtumista pienen lapsen elämässä. Lapsi, joka on aikaisemmin ollut hyvinkin riippuvainen toisista ihmisistä päästäkseen paikasta toiseen, pääseekin nyt itsenäisesti liikkumaan ja tutkimaan ympäristöään. Kun lapsi ottaa ensimmäisiä askeliaan, ei varmaankaan tulla ajatelleeksi, että tämän motorisen kehityksen virstanpylvään saavuttamisella voisi olla yhteyksiä vanhuuden toimintakyykyyn.

Se, että lapsi saavuttaa tämän kehitysvaiheen, vaatii monen ihmisen kehitykseen liittyvän eri osaluheen keskinäistä vuorovaikutusta – muun muassa riittävän kehittyneen hermolihaskäytännön sekä aivojen ja keskushermoston kehityksen, riittävän fyysisen kasvun sekä riittävän määrän erilaisia vuorovaikutus- ja liikekokemuksia (Malina 2004). Uusien motoristen taitojen oppiminen vaatii myös ongelmanratkaisutaitoa, sillä uusien ratkaisujen etsintä ja valintojen teko, ovat keskeisessä roolissa oppimisprosessin aikana (Thelen 2000). Nouseminen pystyasentoon ja tasapainon ylläpitäminen askelluksen aikana ei ole aluksi helppoa.

Lapset oppivat kävelemään keskimäärin vuoden iässä. Varhaisessa lapsuudessa samaan aikaan motorinen kehityksen kanssa tapahtuu nopeaa aivojen ja keskushermoston kehitystä (Malina 2004). Se, että joku lapsi oppii kävelemään aikaisemmin kuin toinen johtuu hyvin monesta asiasta. Fysiologiseen kasvuun ja kehitykseen liittyvien tekijöiden lisäksi siihen saattaa vaikuttaa esimerkiksi geeniperimä, persoonallisuudenpiirteet tai ympäristön vaikutukset.

Eteenpäin pyrkivä ja päämääräsuuntautunut luonteenpiirre ja kyky ja halu omaksua nopeasti uusia asioita saattavat edesauttaa niin kävelemään oppimisessa kuin myös myöhemmin elämässä esimerkiksi parempien arvosanojen saavuttamisessa kouluiässä tai haasteellisten työpakkojen tavoittelamisessa aikuisuudessa. Voisiko siis olla niin, että lapsi, joka oppii kävelemään hieman aikaisemmin kuin toinen ikätoverinsa olisikin koko elämänsä niin sanotusti askeleen edellä ikätovereitaan?

Kyky liikkua on tärkeä osa itsenäistä toimintakyykyä

Liikkumiskyky, se, että pystyy itsenäisesti liikkumaan, minne haluaa, milloin haluaa ja miten haluaa, on tärkeää niin varhaisessa lapsuudessa kuin myöhemmin vanhuudessa. Liikkumiskyvyllä tarkoitetaan

kaikkia erilaisia tapoja, joilla ihmiset liikkuvat ympäristössään paikasta toiseen (Satariano ym. 2012). Liikkumiskyvyn heikkeneminen vanhuudessa alkaa noin 60–70 ikävuoden tietämillä (Sainio ym. 2012). Liikkumiskyvyn vaikeudet saattavat vaikeuttaa pääsyä palvelujen luokse, vähentävät mahdollisuuksia sosiaalisiin kontakteihin sekä ennustavat edelleen liikkumisvaikeuksien lisääntymistä. Itsenäinen liikkumiskyky mahdollistaa aktiivisen osallistumisen ympäröivän yhteiskunnan toimintaan.

Liikkumiskyky vaatii myös kognitiivista prosessointia (Wood et al. 2005). Kognitiivisella suorituskyykyllä tarkoitetaan kykyä hyödyntää aivojen tiedonkäsittelyprosessien avulla hankittua tietoa. Suorituskyyky on riippuvainen useista kognitiivisista toiminnoista. Suunnitelmallisessa kognitiivisessa prosessoinnissa ja joustavassa kognitiivisessa suorituskyykyssä tarvittavien kognitiivisten toimintojen voima, nopeus ja monimutkaisuus kasvavat vauvaiästä varhaiseen aikuisuuteen, jonka jälkeen ne alkavat heikentyä kohti vanhuutta (Craik & Bialystok 2006). Kognitiivisten kykyjen kehitykseen vaikuttavat varhaislapsuuden kokemukset, kotiympäristö, koulutus, työelämä ja valinnat elintapojen suhteen (Whalley ym. 2004).

Suunnittelu ja toteutus edellyttävät kognitiivista toiminnanohjausta

Toiminnanohjauksessa tarvitaan monimutkaisia kognitiivisia prosesseja kuten esimerkiksi informaation säilyttämistä työmuistissa, tarkkaavaisuuden ylläpitoa ja kontrollia sekä keskittymistä tiettyyn tehtävään, vaikka ympärillä olisi häiriötekijöitä (Rose, Feldman & Jankowski 2012). Aivojen etuaivolohkon alueet tukevat toiminnanohjauksessa tarvittavia kognitiivisia toimintoja ja ovat samalla myös osallisena tavoitteellisissa motorisissa suorituksissa. Lisäksi etuaivolohkon alueet kypsyvät nuoruudessa viimeimpänä ja osoittavat vanhuudessa ensimmäisenä normaaliin ikääntymiseen liittyviä heikentymisen merkkejä (Seidler ym. 2010). Ikääntymismuutokset tiedonkäsittelyssä vaikuttavat motoristen tehtävien suorittamiseen. Kognitiivinen heikentyminen vanhuudessa voi johtaa siihen, että prosessointinopeus hidastuu, uusien asioiden omaksuminen hidastuu tai ongelmanratkaisukyky vaikeutuu. Lisäksi ulkoisten ärsykkeiden tunnistaminen, liikkeen havainnointi ja liikkeiden eri vaiheiden ohjelmointi vaikeutuvat. Erityisesti ongelmat näkyvät, kun tehtävät vaikeutuvat, ympäristö on vieras tai haasteellinen tai, kun pitää pystyä keskittymään useampaan asiaan samanaikaisesti (Salthouse 2009).

Elinpiirin laajuus kertoo elämänlaadusta

Liikkuminen naapurustossa tapahtuu usein kävelen, kun taas kauemmaksi kotoa lähdetään liikkeelle usein julkisilla liikennevälineillä tai omalla autolla. Mitä kauemmaksi kotoa henkilö liikkuu sitä kognitiivisesti vaativammaksi liikkuminen saattaa tulla (Schooler 1984). Vieraassa ympäristössä liikkuminen

Henkilöt, jotka oppivat aikaisemmin kävelemään varhaislapsuudessa, suoriutuivat paremmin kognitiivisesta testistä varhaisessa vanhuudessa noin 64 vuoden iässä.

vaatii kenties enemmän tarkkaavuutta ja työmuistia ja jopa ongelmanratkaisutaitoja reittivalintoja tehtäessä, kuin jos liikkuisi kodin lähistöllä tutussa ympäristössä. Rajoittunut elinpiiri saattaa toisaalta myös heikentää kognitiivista suorituskykyä, sillä vähäinen liikkuminen kodin ulkopuolelle ei välttämättä tuo riittävästi kognitiivisia haasteita.

Liikkumisaktiivisuus elinpiirissä -mittari kuvaa alueen laajuutta, jolla henkilö liikkuu, sitä kuinka usein henkilö liikkuu kyseisellä alueella sekä mahdollista avun tarvetta liikkumiseensa (Parker, Bodner & Allman 2003). Liikkumisaktiivisuus elinpiirissä -mittari kuvastaa siis henkilön fyysistä sekä psykososiaalista kyvykkyyttä suhteessa ympäristön vaatimuksiin sekä henkilön osallisuutta ympäröivässä yhteiskunnassa (Barnes ym. 2007). Aikaisemmissa tutkimuksissa on todettu, että laajempi elinpiiri on yhteydessä muun muassa mieskupuoleen, nuorempaan ikään, parempaan terveyteen ja toimintakykyyn (Sartori ym. 2012). Lisäksi laajemman elinpiirin omaavilla henkilöillä, on todettu olevan parempi elämänlaatu (Rantakokko, Mänty & Rantanen 2013).

Aikaisemmat poikittaistutkimukset ovat osoittaneet vahvaa näyttöä kognitiivisen toimintakyvyn ja liikkumiskyvyn välisestä yhteydestä vanhuudessa (Demnitz ym. 2016). Fyysisen aktiivisuuden myönteiset vaikutukset kognitiiviseen toimintakykyyn on tiedetty jo pitkään. Myös kognitiivisen heikentymisen vaikutukset päivittäisistä toimista selviämiseen on havaittu. Pitkittäistutkimuksista saadussa ajallisten yhteyksien selvittelyssä tutkimustulokset ovat olleet epäyhtenäisiä (Clouston et al. 2013). Tulokset ovat osoittaneen muun muassa, että kävelyvaikeudet tietyvästi ennustavat dementiaa ja toisaalta kognitiivisen toimintakyvyn heikentymisen tiedetään lisäävän fyysisen toimintakyvyn heikentymistä. Henkilöt, jotka kärsivät muistiongelmista ja joiden kävelynopeus on keskimääräistä hitaampi, saattavat olla riskissä sairastua myöhemmin dementiaan tai saada muita toiminnanvaujuuksia (Shimada ym. 2017).

Elämäntutkimus kartoittaa lapsuuden, elämäkokemusten ja ympäristön vaikutusta toimintakyvyn muutoksiin

Elämäntutkimus epidemiologiset tutkimukset ovat osoittaneet, kuinka ympäristön altistukset, erityisesti tiettyjen kehityksellisten herkkyyksien aikana lapsuudessa ja nuoruudessa, saattavat aiheuttaa kauaskantoisia seurauksia myös vanhuuden kognitiiviseen ja fyysiseen toimintakykyyn (Kuh & Shlomo 2004).

Elämäntutkimus lähestymistapana nostaa kognitiivisen reservikapasiteetin keskeiseksi käsitteeksi puhuttaessa kognitiivisesta ikääntymisestä. Kog-

nitiivisella reservikapasiteetilla tarkoitetaan sitä, että tietyt aivojen rakenteelliset ja toiminnalliset ominaisuudet saattavat toimia ikään kuin puskurina ikääntymisestä tai dementoivista sairauksista johtuvia aivomuutoksia vastaan (Richards & Deary 2005). Henkilö, jolla on hyvä kognitiivinen reservikapasiteetti, saattaa säilyttää kognitiivisen toimintakyvynsä hyvällä tasolla pidempään esimerkiksi alkavasta muistisairaudesta huolimatta.

Kognitiivista reservikapasiteettiä kerryttää muun muassa koulutus, haasteellinen työ ja monet muut elämän varrella tehdyt valinnat, jotka vaikuttavat aivotoimintaan (Smart, Gow & Deary 2014). Parempi varhaisen elämän kognitiivinen kyvykkyyden on yhteydessä parempaan kognitiiviseen reservikapasiteettiin vanhuudessa (Kuh ym. 2009) ja suojaaa siis kognitiiviselta heikentymiseltä, jonka mukana saattaa tulla myös liikkumiskyvyn vaikeuksia (Auyeung ym. 2008).

Parempi kognitiivinen kyvykkyyden varhaisessa aikuisuudessa – parempi fyysinen suorituskyky varhaisessa vanhuudessa

Väitöstutkimuksen ”Relationship between cognitive performance and mobility over the life course” (Poranen-Clark 2018) tarkoituksena oli selvittää kognitiivisen suorituskyvyn ja liikkumiskyvyn välisiä yhteyksiä läpi elämänkaaren. Elämäntutkimus näkökulmasta tämän ilmiön tutkimisessa otettiin huomioon aivojen kehityksen kannalta merkityksellisiä ajankohtia: *varhaislapsuus*, jolloin tapahtuu nopeaa aivotoiminnan kehitystä samanaikaisesti motorisen kehityksen kanssa; *varhainen aikuisuus*, noin 20-ikävuoden tietämällä, joka on ajankohta, jolloin aivojen kehitys saavuttaa huippunsa; sekä *vanhuus*, elinvuodet elinkaaren loppupuolella, jolloin väistämättömät ikääntymiseen liittyvät heikentymiset alkavat näkyä aivojen tiedonkäsittelytoiminnoissa.

Tulokset osoittivat, että iäkkäillä henkilöillä, joilla oli parempi kognitiivinen toiminnanohjaus, oli myös laajempi liikkumisaktiivisuus elinpiirissä. Tätä yhteyttä selittivät heidän parempi alaraajojen toimintakykynsä ja se, ettei heillä ollut vaikeuksia käyttää kulkuneuvoja liikkumiseensa. Tuloksista selviää myös, se että kahden vuoden seurannassa kognitiivinen toiminnanohjaus ennusti voimakkaammin liikkumisaktiivisuutta elinpiirissä kuin toisin päin.

Parempi kognitiivinen kyvykkyyden varhaisessa aikuisuudessa on yhteydessä parempaan fyysiseen suorituskykyyn varhaisessa vanhuudessa, noin 61 vuoden iässä, jonka kautta välittyy myös epäsuora yhteys kymmenen vuotta myöhemmin mitattuun fyysiseen toimintakykyyn. Henkilöt, jotka oppivat aikaisemmin kävelemään varhaislapsuudessa, suo-

riutuivat paremmin kognitiivisesta testistä varhaisessa vanhuudessa noin 64 vuoden iässä.

Tulokset lisäävät ymmärrystä kognitiivisen suorituskyvyn ja liikkumiskyvyn välisestä yhteydestä niin vanhuudessa kuin yli elämänsäkaaren lapsuudesta ja nuoruudesta vanhuuteen. Väistämättömällä ikääntymiseen liittyvällä aivojen toiminnan heikentymisellä saattaa olla vaikutusta myös liikkumiskykyyn. Erityisesti kognitiivisen toiminnanohjauksen heikentyminen vanhuudessa saattaa vähentää iäkkään henkilön liikkumisaktiivisuutta elinpiirissä. Samalla mahdollisuudet sosiaaliseen kanssakäymiseen vähentyvät ja pääsy yhteiskunnallisiin palveluihin saattaa estyä. Elinpiirin kaventuminen saattaa täten myös kiihdyttää kognitiivista heikentymistä.

Terveydenhuollossa tulisikin ottaa huomioon, että kognitiivinen toiminnanohjaus saattaa olla heikentynyt ennen kuin muistiongelmien alkavat haitata arjessa selviytymistä. Toiminnanohjauksen testaaminen osana ikääntyneiden terveystarkastuksia voisi mahdollistaa sen, että toimintakykyä heikentäviin ongelmiin voitaisiin puuttua aikaisessa vaiheessa.

Aivoterveystestistä huolehtiminen on tärkeää koko elämänsäkaaren ajan

Aivot kehittyvät kiivaasti koko lapsuuden ja nuoruuden ajan saavuttaen kypsyyden varhaisessa aikuisuudessa keskimäärin kahdenkymmenen ikävuoden tietämillä (Salthouse 2009). Lapsuuden ja nuoruuden

voisi siis olettaa olevan erityisen tärkeitä ajanjaksoja aivojen kehityksen sekä kognitiivisten toimintojen kehityksen kannalta. Varhaisen lapsuuden ja nuoruuden kokemukset muokkaavat aivoja vaikuttaen aivojen kehittymiseen ja toimintaan.

Edellä mainittu väitöstudium lisäsi ymmärrystä siitä, että aivoterveystestistä huolehtiminen on tärkeää koko elämänsäkaaren ajan. Erityisesti lapsuudessa ja nuoruudessa tulisi huolehtia turvallisesta lapsen kasvusta ja kehityksestä tukevasta kasvuympäristöstä kehityksen maksimoimiseksi. Vanhuudessa toiminnanohjauksessa tarvittavia kognitiivisia toimintoja harjoittamalla voitaisiin mahdollisesti ylläpitää ikääntyneiden henkilöiden liikkumiskykyä ja näin parantaa heidän mahdollisuuksiaan itsenäiseen ja aktiiviseen vanhenemiseen sekä laajemman elinpiirin säilyttämiseen.

TAINA PORANEN-CLARK, TtM (väit.), KM

Projektikoordinaattori, tutkijatohtori

Päivä Farmilla -hanke

Tutkimus- ja kehittämiskeskus GeroCenter -säätiö ja Gerontologian tutkimuskeskus ja liikuntatieteellinen tiedekunta,

Jyväskylän yliopisto

Sähköposti: taina.poranen-clark@gerocenter.fi

Kirjoittajan väitöskirja ”Relationship between cognitive performance and mobility over the life course” tarkastettiin Jyväskylän yliopistossa 19.10.2018.

NÄIN TUTKITTIIN

Väitöstudiumin ”Relationship between cognitive performance and mobility over the life course” (Poranen-Clark 2018) tarkoituksena oli selvittää kognitiivisen suorituskyvyn ja liikkumiskyvyn välisiä yhteyksiä läpi elämänsäkaaren. Tutkimukseen osallistui ”Iäkkäiden ihmisten liikkumiskyky ja elinpiiri – LISPE -tutkimuksesta 157, 76-91 vuotiasta henkilöä Jyväskylän ja Muuramen alueelta (Rantanen 2012). Heiltä oli mitattu kognitiivinen suorituskky kognitiivista toiminnanohjasta mittaavalla Trail Making Testillä (Reitan & Wolfson 1993) ja liikkumisaktiivisuus elinpiirissä Life-Space Assessment -kyselyllä (Baker, Bodner & Allman 2003) vuosina 2014 ja 2016. Helsingin syntymäkohortti tutkimuksen aineistosta, joka käsittää vuosina 1934–44 Helsingin yliopistollisessa sairaalassa syntyneiden ja v. 1971 Helsingissä asuvia henkilöitä (Eriksson ym. 2001). Aineistosta käytettiin tässä tutkimuksessa kahta osatutkimusaineistoa,

joista toinen käsitti 360 miestä, jotka olivat suorittaneet armeijan kognitiivista kyvykkyyttä mittaavan testin nuorina aikuisina, ja toinen käsitti 368 miestä ja naista, joilta oli neuvolakorteista saatu tieto heidän kävelemään oppimisistänsä. Nämä henkilöt osallistuivat klinisiin tutkimuksiin, joissa heidän kognitiivista ja fyysistä suorituskkyä mitattiin vanhuudessa. Tietokonepohjaisella kognitiivista suorituskkyä mittaavalla Cog State -testistöllä (Darby ym. 2002) mitattiin mm. reaktionopeutta, työmuistia, tarkkaavaisuutta sekä oppimiskykyä keskimäärin 64 vuoden iässä. Fyysistä toimintakykyä arvioitiin SF-36 kyselyllä (Aalto, Aro & Teperi 1999) keskimäärin 61 ja 71 vuoden iässä. Kyselyssä tutkittavat arvioivat kykyään suoriutua erilaisista päivittäisessä elämässä vastaantulevista fyysistä suorituskkyä vaativista tehtävistä kuten ostosten kantamisesta, portaiden noususta tai tiettyjen matkojen kävelystä.

Eteenpäin pyrkivä ja päämääräsuuntautunut luonteenpiirre ja kyky ja halu omaksua nopeasti uusia asioita saattavat edesauttaa niin kävelemään oppimisessa kuin myös myöhemmin elämässä esimerkiksi parempien arvosanojen saavuttamisessa kouluiässä tai haasteellisten työpakkojen tavoittelemisessa aikuisuudessa.

LÄHTEET:

- Aalto, A., Aro, A. R. & Teperi, J.** 1999. RAND-36 terveyteen liittyvän elämäntilanteen mittarina: Mittarin luotettavuus ja suomalaiset väestöarvot. *Stakes Helsinki*.
- Auyeung, T. W., Kwok, T., Lee, J., Leung, P. C., Leung, J., et al.** 2008. Functional decline in cognitive impairment—the relationship between physical and cognitive function. *Neuroepidemiology* 31 (3), 167–173.
- Baker, P. S., Bodner, E. V. & Allman, R. M.** 2003. Measuring life-space mobility in community-dwelling older adults. *Journal of the American Geriatrics Society* 51 (11), 1610–1614.
- Barnes, L. L., Wilson, R. S., Bienias, J. L., Mendes de Leon, Carlos F., Kim, H. N., et al.** 2007. Correlates of life space in a volunteer cohort of older adults. *Experimental Aging Research* 33 (1), 77–93.
- Clouston, S. A., Brewster, P., Kuh, D., Richards, M., Cooper, R., et al.** 2013. The Dynamic Relationship between Physical Function and Cognition in Longitudinal Aging Cohorts. *Epidemiologic Reviews* 35 (1), 33–50.
- Craik, F. I. & Bialystok, E.** 2006. Cognition through the lifespan: mechanisms of change. *Trends in Cognitive Sciences* 10 (3), 131–138.
- Darby, D., Maruff, P., Collie, A. & McStephen, M.** 2002. Mild cognitive impairment can be detected by multiple assessments in a single day. *Neurology* 59 (7), 1042–1046.
- Demnitz, N., Esser, P., Dawes, H., Valkanova, V., Johansen-Berg, H., et al.** 2016. A systematic review and meta-analysis of cross-sectional studies examining the relationship between mobility and cognition in healthy older adults. *Gait & Posture* 50, 164–174.
- Eriksson, J. G., Forsen, T., Tuomilehto, J., Osmond, C. & Barker, D. J.** 2001. Early growth and coronary heart disease in later life: longitudinal study. *British Medical Journal (Clinical research ed.)* 322 (7292), 949–953.
- Kuh, D., Cooper, R., Hardy, R., Guralnik, J., Richards, M., et al.** 2009. Lifetime cognitive performance is associated with midlife physical performance in a prospective national birth cohort study. *Psychosomatic Medicine* 71 (1), 38–48.
- Kuh, D. & Shlomo, Y. B.** 2004. A life course approach to chronic disease epidemiology: tracing the origins of ill-health from early to adult life. (2nd Edition) Oxford University Press.
- Malina, R. M.** 2004. Motor development during infancy and early childhood: overview and suggested directions for research. *International Journal of Sport and Health Science* 2, 50–66.
- Parker, M., Baker, P. S. & Allman, R. M.** 2002. A life-space approach to functional assessment of mobility in the elderly. *Journal of Gerontological Social Work* 35 (4), 35–55.
- Poranen-Clark, T.** 2018. Relationship between cognitive performance and mobility over the life course <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-39-7536-4>
- Rantakokko, M., Mänty, M. & Rantanen, T.** 2013. Mobility decline in old age. *Exercise and sport sciences reviews* 41 (1), 19–25.
- Rantanen, T., Portegijs, E., Viljanen, A., Eronen, J., Saajanaho, M., et al.** 2012. Individual and environmental factors underlying life space of older people – study protocol and design of a cohort study on life-space mobility in old age (LISPE). *BMC Public Health* 12, 1018.
- Reitan, R., Wolfson, D. (Ed.)** 1993. The Halstead-Reitan Neuropsychologic Test Battery: Theory and clinical interpretation. Tucson, AZ: Neuropsychology Press.
- Richards, M. & Deary, I. J.** 2005. A life course approach to cognitive reserve: a model for cognitive aging and development? *Annals of Neurology* 58 (4), 617–622.
- Rose, S. A., Feldman, J. F. & Jankowski, J. J.** 2012. Implications of infant cognition for executive functions at age 11. *Psychological Science* 23 (11), 1345–1355.
- Sainio, P., Stenholm, S., Vaara, M., Rask, S., Valkeinen, H. & Rantanen, T.** 2012. Fyysinen toimintakyky. In Koskinen, S., Lundqvist, A. & Ristiluoma, N. (Eds.), *Health, functional capacity and welfare in Finland in 2011* (pp. 120–124). Helsinki: National Institute for Health and Welfare (THL), Report 68/2012.
- Salthouse, T. A.** 2009. When does age-related cognitive decline begin? *Neuro-biology of Aging* 30 (4), 507–514.
- Satariano, W. A., Guralnik, J. M., Jackson, R. J., Marottoli, R. A., Phelan, E. A., et al.** 2012. Mobility and aging: new directions for public health action. *American Journal of Public Health* 102 (8), 1508–1515.
- Sartori, A. C., Wadley, V. G., Clay, O. J., Parisi, J. M., Rebok, G. W., et al.** 2012. The relationship between cognitive function and life space: the potential role of personal control beliefs. *Psychology and Aging* 27 (2), 364.
- Schooler, C.** 1984. Psychological effects of complex environments during the life span: A review and theory. *Intelligence* 8 (4), 259–281.
- Seidler, R. D., Bernard, J. A., Burutolu, T. B., Fling, B. W., Gordon, M. T., et al.** 2010. Motor control and aging: links to age-related brain structural, functional, and biochemical effects. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews* 34 (5), 721–733.
- Shimada, H., Makizako, H., Tsutsumimoto, K., Verghese, J. & Suzuki, T.** 2017. Motoric cognitive risk syndrome: association with incident dementia and disability. *Journal of Alzheimer's disease* 59 (1), 77–84.
- Smart, E. L., Gow, A. J. & Deary, I. J.** 2014. Occupational complexity and lifetime cognitive abilities. *Neurology* 83 (24), 2285–2291.
- Thelen, E.** 2000. Motor development as foundation and future of developmental psychology. *International Journal of Behavioral Development* 24 (4), 385–397.
- Whalley, L. J., Deary, I. J., Appleton, C. L. & Starr, J. M.** 2004. Cognitive reserve and the neurobiology of cognitive aging. *Ageing Research Reviews* 3 (4), 369–382.
- Wood, K. M., Edwards, J. D., Clay, O. J., Wadley, V. G., Roenker, D. L., et al.** 2005. Sensory and cognitive factors influencing functional ability in older adults. *Gerontology* 51 (2), 131–141.