

Kaj se lahko naučimo od Jacquesa Mehlerja, klasičnega kognitivnega znanstvenika

Amanda Saksida*

Institute for Maternal and Child Health - IRCCS Burlo Garofolo, Trst, Italija

Povzetek: Prispevek prikazuje življenjsko delo enega od akterjev tako imenovane kognitivne revolucije, Jacquesa Mehlerja, ki je bil eden uspešnejših evropskih raziskovalcev razvoja človeške kognicije, še posebej razvoja govora. Ob tem članek predstavi glavne predpostavke klasične kognitivne znanosti – modularnost uma ter vlogo narave in vzgoje pri razvoju in delovanju miselnih procesov – in opiše, katere vpoglede v delovanje uma je omogočilo njegovo empirično raziskovanje v preteklih desetletjih. Na kratko tudi predstavi nova spoznanja, ki so kognitivno znanost v zadnjih dveh desetletjih dodobra spremenila in ki so deloma vplivala tudi na njegovo delo. Način, kako je Mehler ta nova spoznanja vedno znova integriral v svoje delo, lahko predstavlja enega od modelov sinteze empiričnega in teoretskega raziskovanja.

Ključne besede: klasična kognitivna znanost, modularnost uma, razvoj govora, Jacques Mehler

What can we learn from Jacques Mehler, a classical cognitive scientist

Amanda Saksida*

Institute for Maternal and Child Health - IRCCS Burlo Garofolo, Trieste, Italy

Abstract: The article shows the life work of one of the key figures of the so-called cognitive revolution, Jacques Mehler, who was one of the most successful European researchers in the field of the development of the human mind, especially the development of language. The article presents the main assumptions of classical cognitive science – the modularity of the mind and the role of nature and nurture in the development and functioning of the mind – and describes which insights into the functioning of the mind have been enabled by Mehler's empirical research over the past decades. New findings that have changed cognitive science over the last two decades and that have partly influenced his work are also briefly presented. The way in which Mehler has repeatedly integrated these new insights into his work can represent one of the models of the synthesis of empirical and theoretical research.

Keywords: classical cognitive science, modularity of mind, language acquisition, Jacques Mehler

*Naslov/Address: dr. Amanda Saksida, Institute for Maternal and Child Health - IRCCS Burlo Garofolo, Via dell'Istria 65/1, 34137 Trst, Italija, e-mail: amanda.saksida@burlo.trieste.it

Članek je licenciran pod pogoji Creative Commons Attribution 4.0 International licence. (CC-BY licenca).
The article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY license).

V letu 2020 je v Parizu v starosti 83 let po dolgi nevrodegenerativni bolezni umrl Jacques Mehler, eden izmed pomembnih mladih akterjev tako imenovane kognitivne revolucije, ki se je zgodila v 60-ih letih prejšnjega stoletja in je pomenila odmik od takrat prevladujočega behaviorizma k proučevanju vrojenih lastnosti kognicije. Ta revolucija je pomenila začetek njegove kariere in od takrat naprej je bil eden temeljnih raziskovalcev človeške kognicije, še posebej razvoja govora. V dobrega pol stoletja svojega profesionalnega delovanja je zaslovel po metodološko inovativnih empiričnih raziskavah specifičnih odzivov na govor in vrojenih mehanizmov za učenje govora, ki jih je večinoma izvajal z nekaj dni ali nekaj mesecev starimi dojenčki. V letu po njegovi smrti se je odvila vrsta komemorativnih dogodkov, ki so pretresali njegovo življenje in delo (npr. objave v poljudno-znanstvenih revijah v Franciji in Italiji v letu 2020, simpozij »Think big! In Memoriam Jacques Mehler« na konferenci BCCCD21, posebna izdaja revije *Cognition* v letu 2021 idr.). Ob teh dogodkih se sprožajo vprašanja o tem, kako na klasična vprašanja o delovanju kognicije in o vlogi vrojenih mehanizmov gledamo danes v luči novih dognanj, predvsem s področja nevroznanosti. Kako torej danes v kognitivnih znanostih razumemo izraza »vrojeno« in »modularno«? Kako bi nova dognanja v svoje delo vključil Mehler, če bi bil še dejaven? In kaj se od njega lahko še vedno naučimo? Na ta vprašanja lahko vsaj delno odgovorimo skozi podrobnejši pregled njegovega dela.

Kot mnogi drugi je tudi Jacques Mehler zašel v kognitivno znanost od drugod; študij kemije je opravil v Oxfordu in Buenos Airesu, kamor se je njegova družina iz Barcelone zatekla med drugo svetovno vojno. Že kmalu pa se je začel zanimati za kognitivno znanost. Doktorat na MIT je opravil pri Georgeu A. Millerju leta 1964 in v tem času sodeloval tudi z Noamom Chomskim, ki je nekaj let pred tem s kritiko Skinnerjeve knjige *Jezikovno vedenje* (*Verbal behavior*; Chomsky, 1959) prispeval k zatonu behaviorizma ter sprožil tako imenovano kognitivno revolucijo. Sledil je podoktorski študij v Ženevi pri Jeanu Piagetu. Delo s Piagetom je pomenilo poglobljeno spoznavanje empiričnih metod raziskovanja človeškega uma, vendar pa se je Mehler v tem času obenem dokončno odcepil od klasičnega behaviorizma in piagetovskega pogleda na razvoj, ki je predvideval med seboj ločene stadije v razvoju govora. Njun razkol je med drugim pripeljal do tega, da je bil Piaget leta 1975 pripravljen odpovedati svoje edino in dolgo pričakovano srečanje s Chomskim, če bo na njem prisoten tudi Mehler (Piattelli-Palmarini, 1981). Piaget je bil namreč odklonilen do sistematičnih kritik njegove teorije razvoja, in tako je tudi za Mehlerja trdil: »Lui n'a jamais compris ce que je dis« (»Nikoli ni razumel, kaj želim povedati«; Piattelli-Palmarini, 2001). V tem času je Mehler med drugim osnoval revijo *Cognition* in jo v 35 letih urednikovanja utrdil kot eno najpomembnejših referenčnih revij s področja kognitivne znanosti. Obenem je vzpostavil svoj psiholingvistični laboratorij v Parizu (*Laboratoire de Sciences Cognitives et Psycholinguistique*, EHESS-ENS). Po četrto stoletja dela v Franciji in po njegovem mnenju prezgodnji upokojitvi pa se je leta 2001 z nezmanjšano vnemo lotil še vzpostavitev laboratorija *Language, Cognition and Development Lab* na SISSA-ISAS v Trstu. S

svojim radoživim in prodornim umom je v vsem tem času ustvaril veliko in plodovito družino kolegov in študentov, med katerimi so tako etablirana imena¹ kot tudi vzhajajoče zvezde² kognitivne znanosti.

Klasična kognitivna znanost in Mehlerjev doprinos

Mehler je kot direktor pariškega laboratorija veljal za klasičnega kognitivnega znanstvenika, ki je človeško kognicijo raziskoval v skladu z osnovnima predpostavkama, da je um modularen ter da je večina miselnih procesov vrojenih. Ideja o modularnosti uma se je deloma napajala iz raziskav zgodnje nevrologije (dela Gustava Fritscha, Eduarda Hitziga, Paula Broce in Carla Wernickeja), vendar pa jo je v drugi polovici 20. stoletja najbolj izpeljal Jerry Fodor. Fodorjeva različica teorije o modularnosti uma, ki jo je povzel tudi Mehler, ne nudi neposredne navezave na fiziološke procese, predpostavlja pa, da na vsakem področju (modulu) uma/kognicije veljajo drugačni načini učenja in zaznavanja (angl. *domain specificity*), ki niso neposredno vezani na drug modul (angl. *information encapsulation*) in ki niso nujno vezani na eno samo čutilo (Fodor, 1983). Ideja o vrojenosti miselnih procesov je, podobno, izhajala iz spoznanja o visoki specializaciji nekaterih delov kognicije že zelo zgodaj v razvoju, še najbolj izrazito v razvoju govora (Chomsky, 1959). Skladno s to idejo je učenje pravzaprav zgolj sprožanje nastavitve parametrov, ki so sami po sebi vrojeni (Gibson in Wexler, 1994). Kognitivna znanost, ki je predpostavljala modularnost uma in vrojenost miselnih procesov, je pomenila neposredno kritiko behaviorizma, ki je predpostavljala splošne mehanizme učenja za vse miselne procese in po katerem je učenje vedno neposredni odziv na zunanje dražljaje (Skinner, 1963). Razprava o vlogi narave in vzgoje je sicer stara tisočletja, in mnenja o tem, da so nekateri miselni procesi vrojeni, saj jih lahko opazujemo takoj po rojstvu ali še pred njim (Izard idr., 2009), se še danes silovito krešejo z mnenji, da so ti procesi posledica učinkovitih splošnih učnih mehanizmov, ki delujejo takoj po rojstvu (Verguts in Fias, 2004).

V teh teoretskih okvirih je Mehler izpeljal vrsto empiričnih raziskav o tem, kako je človeško zaznavanje selektivno in pogojeno z vrojenim znanjem tudi na področju prepoznavanja in učenja materne jezika. Ugotovil je, da je zlog osnovna zaznavna enota v govoru in da je prepoznavna zloga kot osnovne zaznavne enote pomembna pri učenju in segmentaciji besed (Cutler in Mehler, 1993; Cutler idr., 1986; Mehler idr., 1981), in to že od rojstva naprej (Bertoncini in Mehler, 1981; Mehler idr., 1981). Vendar pa so že novorojenčki

¹Lila Gletiman, Susan E. Carey, Elisabeth Spelke, Stanislas Dehaene, Ghislaine Dehaene-Lambertz, Emmanuel Duopoux, Luca Bonatti, Massimo Piattelli Palmarini, Marcela Pena, Franck Ramus, Marina Nespor itd.

²Judit Gervain, Agnes Kovacs, Erno Teglás, Ansgar Endress, Jean-Remy Hochmann, Silvia Benavides-Varela, Alan Langus itd.

pozorni tudi na druge pomembne elemente govora, kot so premori in spremembe v intonaciji (Bertoncini idr., 1995; Christophe idr., 1994; Christophe idr., 2001). Skupaj s študenti je raziskoval zmožnost razločevanja različnih jezikov ob rojstvu in ugotovil, da novorojenčki prepoznajo materin glas ter ritem jezika, ki so ga poslušali že pred rojstvom, ter ga ločijo od jezika z drugačnim ritmom, vendar pa ne ločijo dveh ritmično podobnih jezikov (Mehler idr., 1988; Nazzi idr., 1998; Ramus idr., 2000). Sodeloval je tudi pri raziskavah vrojenih glasbenih zmožnosti in pomagal pokazati, da obstajajo vrojene razvojne motnje tudi na področju glasbe (Peretz idr., 2002).

Kljub določeni meri skepse glede neposredne povezave med (vrojenimi) miselnimi procesi in njihovo fiziološko (nevrolško) podlago je bil Mehler zavezan eksperimentalnemu delu ter sodelovanju pri metodoloških inovacijah, potrebnih za raziskave zgodnjega razvoja. To je kasneje omogočilo tudi nekatera dognanja s področja nevrologije kognitivnih procesov, ki jih je preučeval. Med drugim je prvi uporabil NIRS (angl. *near-infrared spectroscopy*) tehniko optične topografije pri novorojenčkih ter tako pokazal, da človek že ob rojstvu procesira govor v levi možganski polovici (Peña idr., 2003). Sodeloval pa je tudi pri raziskavah s tehnikami MRI in PET, ki so pokazale, da potekajo različne matematične operacije v različnih možganskih centrih (Dehaene idr., 1996) ter da se lahko reprezentacije tujega jezika v možganski skorji spreminjajo s stopnjo znanja jezika (Pallier idr., 2003; Perani idr., 1996, 1998).

Mehlerjeva integracija novih idej v klasično kognitivno znanost

Kognitivna znanost se je na prelomu tisočletja zopet začela korenito spreminjati. Trem desetletjem kognitivnega »nativizma« – tj. idej o vrojenosti in specializiranosti miselnih procesov – so začele slediti študije o vplivu zunanjih dejavnikov na človeški razvoj. Bolj množično so se začele zbuhati kritike teorije o modularnosti uma ter selektivnih zaznavnih in učnih mehanizmov. Tako je naraslo tudi zanimanje za vlogo splošnih statističnih učnih mehanizmov pri učenju govora, na primer zaznavanja pogostosti pojavitve osnovnih gradnikov jezika, fonemov, zlogov, besed, ter pogojnih verjetnosti sopojavljanja teh gradnikov v jeziku (Saffran, Aslin in Newport, 1996; Saffran, Newport in Aslin, 1996; Swingley, 2005). To je po naključju sovpadlo tudi z Mehlerjevim premikom iz Pariza v Trst leta 2001. Novi laboratorij v Trstu se je začel ukvarjati z odnosom med statističnim učenjem in osnovnimi predpostavkami klasične kognitivne znanosti. S skupino mladih sodelavcev je Mehler preučeval lastnosti in omejitve statističnega učenja pri segmentaciji in učenju besed (Bonatti idr., 2005). Izkazalo se je, da je statistično učenje močan splošni učni mehanizem, ki lahko privede do lažnih spominov in je prisotno celo pri drugih sesalcih (Endress in Mehler, 2009; Toro in Trobalón, 2005), vendar pa ima tudi jasne omejitve, ki so vidne posebej pri procesiranju govora, tako pri odraslih kot pri dojenčkih: deluje drugače na samoglasnikih kot na soglasnikih (Bonatti idr., 2007; Mehler idr., 2006; Toro idr., 2008) ter je omejeno

z ritmičnimi in prozodičnimi lastnostmi jezika – kadar so si statistične in prozodične informacije v nasprotju, se človeški um bolj zanaša na slednje (Ferry idr., 2016; Peña idr., 2002; Saksida idr., 2017; Shukla idr., 2007).

Če bi bilo večino kognitivnih procesov mogoče razložiti s splošnimi učnimi mehanizmi, bi bil to dodaten dokaz, da možgani niso organizirani strogo modularno. Ker gre za eno osrednjih vprašanj kognitivne znanosti, so bila tudi dela s področja razvoja govora na prelomu stoletja usmerjena v ugotavljanje, ali je neko vedenje oz. odziv lahko posledica teh splošnih mehanizmov, ali pa obstaja nek specializiran odziv, lasten zgolj govoru (Marcus idr., 1999; Werker in Tees, 1999; Yang, 2004). Novi laboratorij v Trstu se je na to odzval s študijami, ki dokazujejo zmožnost učenja enostavnih algebrskih, slovničnih podobnih pravil že ob rojstvu (Gervain idr., 2008), ter da je ta zmožnost omejena z lastnostmi naravnih človeških jezikov (Endress in Hauser, 2009; Endress idr., 2007; Hochmann idr., 2008).

Drugi del raziskav v laboratoriju je Mehler nadaljeval z raziskavami kategoričnih razlik med samoglasniki in soglasniki ter ugotovil, da so mehanizmi za razločevanje in pomnjenje različni za samoglasnike in soglasnike tako pri dojenčkih kot pri odraslih, kar zopet nakazuje na zelo specializiran odziv možganov na različne sestavne dele jezika (Benavides-Varela idr., 2012; Hochmann idr., 2011; Nesporec idr., 2003).

Tretji del raziskav je obravnaval dva enostavna, a specializirana mehanizma zaznavanja, ki opredeljujeta zmožnost učenja in pomnjenja, tj. zaznavanje identitete (ponavljanja, npr. ponavljanja zlogov) in zaznavanje robov (npr. boljše pomnjenje zlogov na robovih besed), in pokazal, da lahko z njimi razložimo velik del lastnosti učenja naravnih in umetnih jezikov (Benavides-Varela in Mehler, 2015; Endress idr., 2005; Endress idr., 2009; Ferry idr., 2016). Obenem pa so v laboratoriju potekale tudi raziskave o tem, kako razvoj govora, kot specializiranega znanja, vpliva na druge dele človeške kognicije, na primer na centralne nadzorne in izvršilne funkcije. Pokazali so na primer, da lahko vsakodnevno poslušanje dveh ali več jezikov vpliva na izvršilne funkcije že kmalu po rojstvu: dojenčki iz dvojezičnih družin so že pri 7 mesecih izkazovali boljše kontrolo in inhibicijo kot njihovi enojezični vrstniki (Kovács in Mehler, 2009a, 2009b).

Mehlerjeva izhodiščna pozicija je bila torej jasna in večina objavljenih del se je ukvarjala z omejitvami splošnih učnih mehanizmov ter visoko specializiranimi mehanizmi, ki so po njegovem prepričanju najverjetneje vrojeni (specializirani mehanizmi zaznavanja, stavčni ritem in prozodija, soglasniko-samoglasniki). Vendar pa je pri svojem delu ostajal trdno zavezan empiričnemu preverjanju glavnih teoretskih vprašanj s pomočjo čim bolj objektivnega in nepristranskega opazovanja človeških odzivov od rojstva naprej, pravzaprav podobno kot Piaget, čeprav so ju ločevala nesoglasja. Ker mu je empirično raziskovanje omogočalo vsaj delno distanco od teoretskega dela, ostaja odprto vprašanje, kako bi na razvoj kognitivne znanosti gledal danes.

Kognitivna znanost danes v odnosu do Mehlerjevega dela

Predstavljena teoretska vprašanja kognitivne znanosti so bila v zadnjih letih soočena z novimi podatki, ki so kazali na to, da lahko splošni kognitivni primanjkljaji zaradi spremenjenega vnosa podatkov pripeljejo do specifičnih razvojnih motenj. Na primer, specifična jezikovna motnja bi bila lahko posledica centralnega primanjkljaja v procesiranju hitrih zvočnih dražljajev (Karmiloff-Smith, 1998). Podobno sosledje morda velja tudi za disleksijo (Goswami, 2015; Hari in Renvall, 2001; Helenius idr., 1999); vendar pa mnenja o izvoru učnih razvojnih motenj ostajajo deljena (Ramus in Szenkovits, 2008). Tudi zato še vedno prevladujejo kognitivni modeli, ki predvidevajo modularnost posameznih področij kognicije (Baddeley, 2017; Barrett, 2005; Peretz in Coltheart, 2015; Sperber in Wilson, 2002).

Ker so kognitivni procesi nujno posledica dejavnosti možganov, ideja modularnosti uma tudi v svojih novejših različicah vselej predpostavlja, da so specializirani procesi tisti, ki zasedajo nek točno določen predel možganskega tkiva (Zerilli, 2019a). To idejo so nedavna spoznanja v nevroznanosti dodobra načela z dokazi, da so posamezni možganski moduli, ki so bili tradicionalno razumljeni kot osnovni kognitivni moduli (Pascual-Leone in Hamilton, 2001), v resnici deli nevronske mreže, ki pa so v možganih pogosto uporabljene večkrat in za različne namene (angl. *neural reuse*, *neural redeployment*) (Anderson, 2010; Anderson in Finlay, 2014; Dehaene, 2004). Še več, bistvo specializacije nevronske mreže verjetno ni v njenih osnovnih gradnikih, možganskih moduli, temveč v načinu, kako so ti gradniki povezani. Zato je mogoče za iste kognitivne funkcije opazovati dejavnost različnih nevronske mreže, ali pa obratno, dejavnost istih (ali vsaj navidezno istih) nevronske mreže za različne kognitivne funkcije (Zerilli, 2019b). Primer za slednje so ekspertne veščine, ki jih eksperti lahko navidezno opravljajo avtomatizirano, vendar pa obenem ohranjajo centralni nadzor nad dinamiko dogajanja, kar bi lahko nakazovalo, da je za dva procesa odgovorno eno (ali vsaj na videz eno) nevronske mreže (Guida idr., 2016).

Čeprav so se kognitivni modeli delovanja kognicije v preteklosti lahko ogradili od modelov nevrološkega delovanja, ker ti niso bili v neposrednem nasprotju s prvimi, ima ponujen model organizacije nevronske mreže neposredne posledice tudi za kognitivne modele, saj predpostavlja, da so vsa specializirana znanja modularna samo v zelo abstraktnem smislu, ter da so nujno posledica učenja in ne vrojena. Vendar pa obenem ponudi svežo rešitev uganke, s katero se že dolgo soočajo raziskovalci specifičnih razvojnih motenj, ki se jim izmika enoznačna razlaga izvora teh motenj (za disleksijo glej npr. Elliott in Grigorenko, 2014). Možno je namreč, da kognitivni profili in razvojne motnje niso posledica lastnosti in pomanjkljivosti v posameznih možganskih moduli, temveč predvsem načina, kako so organizirane nevronske mreže (Grayson idr., 2014; Siugzdaite idr., 2020). Organizacija nevronske mreže pa je v veliki meri odvisna od dogodkov v času nastajanja človeškega bitja, torej še pred rojstvom (Mahmoudzadeh idr., 2013).

To pa je pravzaprav pot, ki ji je sledil tudi Mehler, ko je zametke razvoja govora iskal in razpoznaval v obdobju globoko pred prvo besedo, že takoj po rojstvu. Na novorojena človeška bitja je vedno gledal kot na aktivne, zavedajoče se soudeležence pri lastnem razvoju, in logična posledica tega pogleda je bila, da so se nekateri njegovi študentje in sodelavci lahko spustili na področje raziskovanja izkušenj in znanj, ki jih zarodki pridobijo že pred rojstvom (Panneton idr., 2020). Nove raziskave tako med drugim ugotavljajo, kako lahko pri zarodkih merimo in spodbujamo njihovo zmožnost slušne (glasba, govor, glas) ali vidne prepoznavne (obrazne poteze) ter pomnjenja in kako lahko to učinkuje na organizacijo nevronske mreže že pred rojstvom (Donovan idr., 2020; Granier-Deferre idr., 2011; Reid idr., 2017). In tako se nadaljuje naloga, ki si jo je zadal Mehler: ugotoviti, koliko lahko prispeva dejavnost in stimulacija na zmožnost zaznavanja in razločevanja ter na učenje, vendar pa ne več pri novorojenčkih, kot je to počel on, temveč že pred rojstvom.

Sklep

Jacques Mehler je svoje področje zapustil v času, ko je gotovosti v zvezi z razumevanjem kognicije na videz manj, saj so se zrahljali klasični kognitivni modeli. Vendar pa se zdi, da so nedavna spoznanja o povezljivosti možganov odprla nove možnosti za razumevanje razvoja in delovanja uma. In prav mogoče je, da bi se tudi Mehlerjevo delo, če bi bil še vedno dejaven, usmerilo v raziskovanje nevronske mreže, ki sodelujejo pri procesiranju jezika od rojstva naprej ali pa še pred rojstvom (Benavides-Varela idr., 2017). Gotovo pa je, da bi ga radovednost in natančnost, ki ju je gojil pri svojem delu, še naprej vodila v tehtno pretresanje mej ter omejitvev modelov razvoja in delovanja človeškega uma. In prav to je vodilo, ki je lahko koristno za vsakogar, ki ga zanima razvoj človeškega uma. Z natančnim pretresanjem možnosti, ki jih odpira vsak model delovanja človeškega uma, in možnih odgovorov, ki jih nudijo človeški odzivi na dražljaje, lahko vsakdo od nas prispeva delež novega vedenja o pomenu in funkciji modulov – vrojenih ali priučenih, anatomskih ali kognitivnih – ki omogočajo specializirana znanja, lastna človeku.

Literatura

- Anderson, M. L. (2010). Neural reuse: A fundamental organizational principle of the brain. *Behavioral and Brain Sciences*, 33, 245–313.
- Anderson, M. L. in Finlay, B. L. (2014). Allocating structure to function: The strong links between neuroplasticity and natural selection. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7, članek 918.
- Baddeley, A. D. (2017). Modularity, working memory and language acquisition. *Second Language Research*, 33(3), 299–311.
- Barrett, H. C. (2005). Enzymatic computation and cognitive modularity. *Mind in Language*, 20(3), 259–287.
- Benavides-Varela, S., Hochmann, J.-R., Macagno, F., Nespors, M. in Mehler, J. (2012). Newborn's brain activity signals the origin of word memories. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 109(44), 17908–17913.
- Benavides-Varela, S. in Mehler, J. (2015). Verbal positional memory in 7-month-olds. *Child Development*, 86(1), 209–223.
- Benavides-Varela, S., Siugzdaite, R., Gómez, D. M., Macagno, F., Cattarossi, L. in Mehler, J. (2017). Brain regions and functional interactions supporting early word recognition in the face of input variability. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(29), 7588–7593.
- Bertoncini, J., Floccia, C., Nazzi, T. in Mehler, J. (1995). Morae and syllables: Rhythmical basis of speech representations in neonates. *Language and Speech*, 38(4), 311–329.
- Bertoncini, J. in Mehler, J. (1981). Syllables as units in infant speech perception. *Infant Behavior and Development*, 4, 247–260.
- Bonatti, L. L., Peña, M., Nespors, M. in Mehler, J. (2005). Linguistic constraints on statistical computations. *Psychological Science*, 16(6), 451–459.
- Bonatti, L. L., Peña, M., Nespors, M. in Mehler, J. (2007). On consonants, vowels, chickens, and eggs. *Psychological Science*, 18(10), 924–925.
- Chomsky, N. (1959). A review of B. F. Skinner's verbal behavior. *Language*, 1, 26–58.
- Christophe, A., Dupoux, E., Bertoncini, J. in Mehler, J. (1994). Do infants perceive word boundaries? An empirical study of the bootstrapping of lexical acquisition. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 95(3), 1570–1580.
- Christophe, A., Mehler, J. in Sebastián-Gallés, N. (2001). Perception of prosodic boundary correlates by newborn infants. *Infancy*, 2(3), 385–394.
- Cutler, A. in Mehler, J. (1993). The periodicity bias. *Journal of Phonetics*, 21(1/2), 103–108.
- Cutler, A., Mehler, J., Norris, D. in Segui, J. (1986). The syllable's differing role in the segmentation of French and English. *Journal of Memory and Language*, 25, 385–400.
- Dehaene, S. (2004). Evolution of human cortical circuits for reading and arithmetic: The "neuronal recycling" hypothesis. V S. Dehaene, R. Duhamel, M. Hauser in G. Rizzolatti (ur.), *From monkey brain to human brain* (str. 133–157). MIT Press.
- Dehaene, S., Tzourio, N., Frak, V., Raynaud, L., Cohen, L., Mehler, J. in Mazoyer, B. (1996). Cerebral activations during number multiplication and comparison: A PET study. *Neuropsychologia*, 34(11), 1097–1106.
- Donovan, T., Dunn, K., Reid, V. M., Penman, A. in Young, R. J. (2020). Fetal eye movements in response to a visual stimulus. *Brain and Behavior*, 10(8), članek e01676.
- Elliott, J. G. in Grigorenko, E. L. (2014). *The dyslexia debate*. Cambridge University Press.
- Endress, A. D., Dehaene-Lambertz, G. in Mehler, J. (2007). Perceptual constraints and the learnability of simple grammars. *Cognition*, 105(3), 577–614.
- Endress, A. D. in Hauser, M. D. (2009). Syntax-induced pattern deafness. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106(49), 21001–21006.
- Endress, A. D. in Mehler, J. (2009). The surprising power of statistical learning: When fragment knowledge leads to false memories of unheard words. *Journal of Memory and Language*, 60(3), 351–367.
- Endress, A. D., Nespors, M. in Mehler, J. (2009). Perceptual and memory constraints on language acquisition. *Trends in Cognitive Sciences*, 13(8), 348–353.
- Endress, A. D., Scholl, B. J. in Mehler, J. (2005). The role of salience in the extraction of algebraic rules. *Journal of Experimental Psychology: General*, 134(3), 406–419.
- Ferry, A. L., Fló, A., Brusini, P., Cattarossi, L., Macagno, F., Nespors, M. in Mehler, J. (2016). On the edge of language acquisition: Inherent constraints on encoding multisyllabic sequences in the neonate brain. *Developmental Science*, 19(3), 488–503.
- Fodor, J. A. (1983). *The modularity of mind*. MIT Press.
- Gervain, J., Macagno, F., Cogoi, S., Peña, M. in Mehler, J. (2008). The neonate brain detects speech structure. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105(37), 14222–14227.
- Gibson, E. in Wexler, K. (1994). Triggers. *Linguistic Inquiry*, 25(3), 407–454.
- Goswami, U. (2015). Sensory theories of developmental dyslexia: Three challenges for research. *Nature Reviews Neuroscience*, 16(1), 43–54.
- Granier-Deferre, C., Bassereau, S., Ribeiro, A., Jacquet, A.-Y. in DeCasper, A. J. (2011). A melodic contour repeatedly experienced by human near-term fetuses elicits a profound cardiac reaction one month after birth. *PLOS ONE*, 6(2), članek e17304.
- Grayson, D. S., Ray, S., Carpenter, S., Iyer, S., Costa Dias, T. G., Stevens, C., Nigg, J. T. in Fair, D. A. (2014). Structural and functional rich club organization of the brain in children and adults. *PLOS ONE*, 9(2), članek e88297.
- Guida, A., Campitelli, G. in Gobet, F. (2016). Becoming an expert: Ontogeny of expertise as an example of neural reuse. *Behavioral and Brain Sciences*, 39, članek e123.
- Hari, R. in Renvall, H. (2001). Impaired processing of rapid stimulus sequences in dyslexia. *Trends in Cognitive Sciences*, 5(12), 525–532.
- Helenius, P., Uutela, K. in Hari, R. (1999). Auditory stream segregation in dyslexic adults. *Brain: A Journal of Neurology*, 122(5), 907–913.

- Hochmann, J.-R., Azadpour, M. in Mehler, J. (2008). Do humans really learn AⁿBⁿ artificial grammars from exemplars? *Cognitive Science*, 32(6), 1021–1036.
- Hochmann, J.-R., Benavides-Varela, S., Nespors, M. in Mehler, J. (2011). Consonants and vowels: Different roles in early language acquisition. *Developmental Science*, 14(6), 1445–1458.
- Izard, V., Sann, C., Spelke, E. S. in Streri, A. (2009). Newborn infants perceive abstract numbers. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106(25), 10382–10385.
- Karmiloff-Smith, A. (1998). Development itself is the key to understanding developmental disorders. *Trends in Cognitive Sciences*, 2(10), 389–398.
- Kovács, A. M. in Mehler, J. (2009a). Cognitive gains in 7-month-old bilingual infants. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106(16), 6556–6560.
- Kovács, A. M. in Mehler, J. (2009b). Flexible learning of multiple speech structures in bilingual infants. *Science*, 325(5940), 611–612.
- Mahmoudzadeh, M., Dehaene-Lambertz, G., Fournier, M., Kongolo, G., Goudjil, S., Dubois, J., Grebe, R. in Wallois, F. (2013). Syllabic discrimination in premature human infants prior to complete formation of cortical layers. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(12), 4846–4851.
- Marcus, G. F., Vijayan, S., Bandi Rao, S. in Vishton, P. M. (1999). Rule learning by seven-month-old infants. *Science*, 283(5398), 77–80.
- Mehler, J., Dommergues, J. Y., Frauenfelder, U. in Segui, J. (1981). The syllable's role in speech segmentation. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 20, 298–305.
- Mehler, J., Jusczyk, P., Lambertz, G., Halsted, N., Bertoncini, J. in Amiel-Tison, C. (1988). A precursor of language acquisition in young infants. *Cognition*, 29(2), 143–178.
- Mehler, J., Peña, M., Nespors, M. in Bonatti, L. (2006). The “soul” of language does not use statistics: Reflections on vowels and consonants. *Cortex*, 4(42), 846–854.
- Nazzi, T., Bertoncini, J. in Mehler, J. (1998). Language discrimination by newborns: Toward an understanding of the role of rhythm. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 24(3), 756–766.
- Nespors, M., Peña, M. in Mehler, J. (2003). On the different roles of vowels and consonants in speech processing and language acquisition. *Lingue e Linguaggio II*, 203–230.
- Pallier, C., Dehaene, S., Poline, J., Lebihan, D., Argenti, A. M., Dupoux, E. in Mehler, J. (2003). Brain imaging of language plasticity in adopted adults: Can a second language replace the first? *Cerebral Cortex*, 13, 155–161.
- Panneton, R., Bremner, J. G. in Johnson, S. P. (2020). Infancy studies come of age: Jacques Mehler's influence on the importance of perinatal experience for early language learning. *Cognition*, 213, članek 104543.
- Pascual-Leone, A. in Hamilton, R. (2001). The metamodal organization of the brain. *Progress in Brain Research*, 134, 425–445.
- Peña, M., Bonatti, L. L., Nespors, M. in Mehler, J. (2002). Signal-driven computations in speech processing. *Science*, 298(5593), 604–607.
- Peña, M., Maki, A., Kovačić, D., Dehaene-Lambertz, G., Koizumi, H., Bouquet, F. in Mehler, J. (2003). Sounds and silence: An optical topography study of language recognition at birth. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100(20), 11702–11705.
- Perani, D., Dehaene, S., Grassi, F., Cohen, L., Cappa, S. F., Dupoux, E., Fazio, F. in Mehler, J. (1996). Brain processing of native and foreign languages. *Cognitive Neuroscience and Neuropsychology*, 7, 2439–2444.
- Perani, D., Paulesu, E., Galles, N. S., Dupoux, E., Dehaene, S., Bettinardi, V., Cappa, S. F., Fazio, F. in Mehler, J. (1998). The bilingual brain proficiency and age of acquisition of the second language. *Brain*, 121, 1841–1852.
- Peretz, I., Ayotte, J., Zatorre, R. J., Mehler, J., Ahad, P., Penhune, V. B. in Hw, Q. (2002). Congenital amusia: A disorder of fine-grained pitch discrimination. *Neuron*, 33, 185–191.
- Peretz, I. in Coltheart, M. (2015). Modularity of music processing. *Nature Neuroscience*, 6(7), 688–691.
- Piattelli-Palmarini, M. (1981). Language and learning: The debate between Jean Piaget and Noam Chomsky. *Language*, 57(4), 948–953.
- Piattelli-Palmarini, M. (2001). Portrait of a “classical” cognitive scientist: What I have learned from Jacques Mehler. V M. Dupoux (ur.), *Language, brain, and cognitive development: Essays in Honor of Jacques Mehler* (str. 3–21). The MIT Press.
- Ramus, F., Hauser, M. D., Miller, C., Morris, D. in Mehler, J. (2000). Language discrimination by human newborns and by cotton-top tamarin monkeys. *Science*, 288(5464), 349–351.
- Ramus, F. in Szenkovits, G. (2008). What phonological deficit? *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 61(1), 129–141.
- Reid, V. M., Dunn, K., Young, R. J., Amu, J., Donovan, T. in Reissland, N. (2017). The human fetus preferentially engages with face-like visual stimuli. *Current Biology*, 27(12), 1825–1828.
- Saffran, J. R., Aslin, R. N. in Newport, E. L. (1996). Statistical learning by 8-month-old infants. *Science*, 274(5294), 1926–1928.
- Saffran, J. R., Newport, E. L. in Aslin, R. N. (1996). Word segmentation: The role of distributional cues. *Journal of Memory and Language*, 62(35), 606–621.
- Saksida, A., Langus, A. in Nespors, M. (2017). Co-occurrence statistics as a language-dependent cue for speech segmentation. *Developmental Science*, 20(3), članek e12390.
- Shukla, M., Nespors, M. in Mehler, J. (2007). An interaction between prosody and statistics in the segmentation of fluent speech. *Cognitive Psychology*, 54(1), 1–32.
- Siugzdaite, R., Bathelt, J., Holmes, J. in Astle, D. E. (2020). Transdiagnostic brain mapping in developmental disorders. *Current Biology*, 30(7), 1245–1257.
- Skinner, B. F. (1963). Behaviorism at fifty. *Science*, 140(3570), 951–958.

- Sperber, D. A. N. in Wilson, D. (2002). Pragmatics, modularity and mind-reading. *Mind in Language*, 17(4), 3–23.
- Swingle, D. (2005). Statistical clustering and the contents of the infant vocabulary. *Cognitive Psychology*, 50(1), 86–132.
- Toro, J. M., Nespore, M., Mehler, J. in Bonatti, L. L. (2008). Finding words and rules in a speech stream: Functional differences between vowels and consonants. *Psychological Science*, 19(2), 137–144.
- Toro, J. M. in Trobalón, J. B. (2005). Statistical computations over a speech stream in a rodent. *Perception in Psychophysics*, 67(5), 867–875.
- Verguts, T. in Fias, W. (2004). Representation of number in animals and humans: A neural model. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 16(9), 1493–1504.
- Werker, J. F. in Tees, R. C. (1999). Influences on infant speech processing: Toward a new synthesis. *Annual Review of Psychology*, 50, 509–535.
- Yang, C. (2004). Universal grammar, statistics or both? *Trends in Cognitive Sciences*, 8(10), 451–456.
- Zerilli, J. (2019a). Neural redundancy and its relation to neural reuse. *Philosophy of Science*, 86(5), 1191–1201.
- Zerilli, J. (2019b). Neural reuse and the modularity of mind: Where to next for modularity? *Biological Theory*, 14(3), 1–20.