

Aivot kuulevat morfeemin

Morfologisesti kompleksisten sanojen käsittely aivoissa

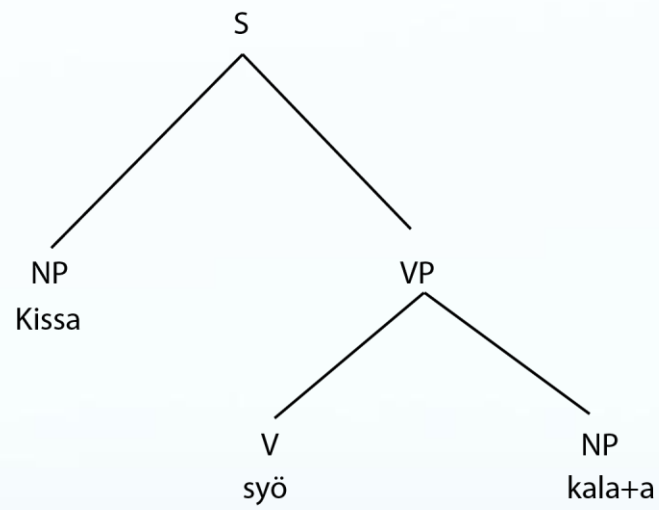
Alina Leminen

Kognitiivisen aivotutkimuksen yksikkö, kognitiotieteen osasto, HY

20.9.2011

Aivot, kieli, käsitteet ja mieli

- Kissa syö kalaa



Tutkimuskysymyksiä

- Miten aivot käsittelevät kompleksisia sanoja?
- Käsitelläänkö sanat kokonaisina yksikköinä vai ovatko aivot herkkiä sanan sisäiselle rakenteelle?
- Käsitelläänkö erityyppisiä kompleksisia sanoja aivoissa samalla tavalla?
- Miten kompleksisen sanan jäsenitys etenee ajassa ja on toteutunut aivoissa?

Sanojen rakenne

- Morfologisesti kompleksinen sana: koostuu useasta morfeemista (pienimmästä merkitysyksiköstä)
- Vapaat morfeemit (esim. 'sauna')
- Sidonnaiset morfeemit (esim. '-n')
- Taivutus: 'sauna'+ 'n'
- Johtaminen: 'sauna'+ 'ton'
- Yhdyssana: 'sauna'+ 'osasto'

Morfologia suomen kielessä

- Nominin n. 140 erilaista taivutusmuotoa (Hakulinen ym. 2004)
- Verbin 200 taivutusmuotoa (Hakulinen ym. 2004)
- Produktiivinen johtamismorfologia:
 - pystytään parseeroimaan jopa 4 suffiksin uusia johdoksia, esim. 'apinallistattaminen' (Brattico ym. 2007)

Morfologisesti kompleksisten sanojen käsittely

- Psykolingvistiset mallit
 - Ei dekompositiota, vain kokosanaedustumat (Butterworth, 1983)
 - Pakollinen dekompositio (Taft, 1975)
 - Hybridimallit
 - MRM-malli (Frauenfelder & Schreuder, 1992)
 - AAM-malli
 - Schreuder & Baayen (1995)
 - SAID-malli (suomen kieli, Niemi et al. 1994)
 - sekä dekompositio että kokosanaedustuma

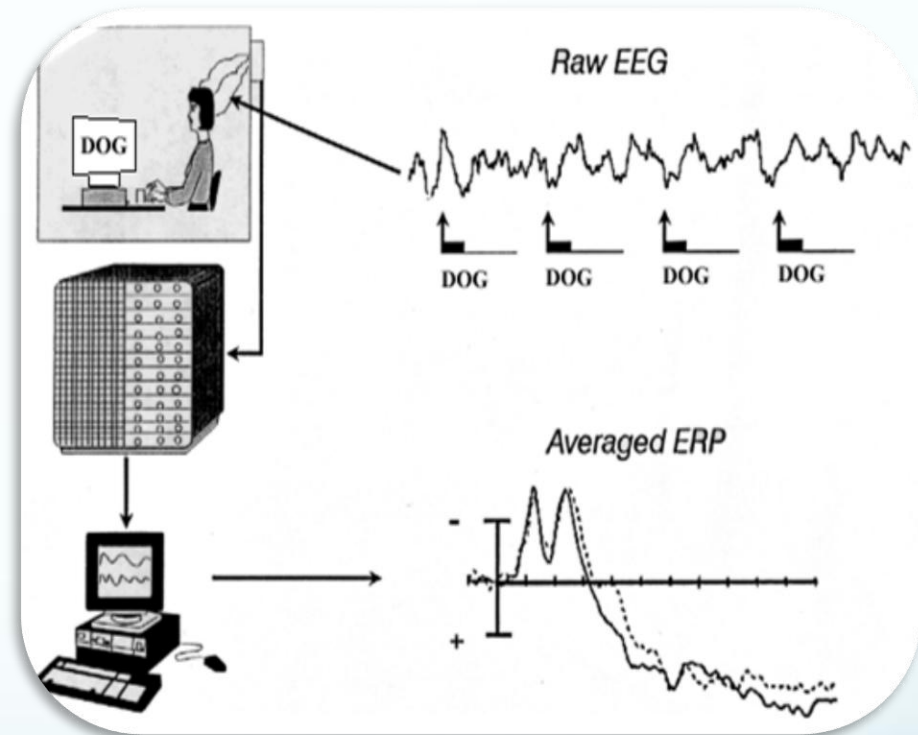
Morfologisesti kompleksisten sanojen käsittely

- Rastle & Davis (2008), Meunier & Longtin (2007)
- Visuaalisesti esitetyn morfologisesti kompleksisen sanan prosessointi:
 - varhainen dekompositio (masked priming; darkness-DARK, corner-CORN vs. brothel-BROTH)
 - myöhempi semanttinen integraatio (overt priming)

Miten morfologinen käsittely etenee ajassa? Miten aistipiiri vaikuttaa morfologiseen prosessointiin?

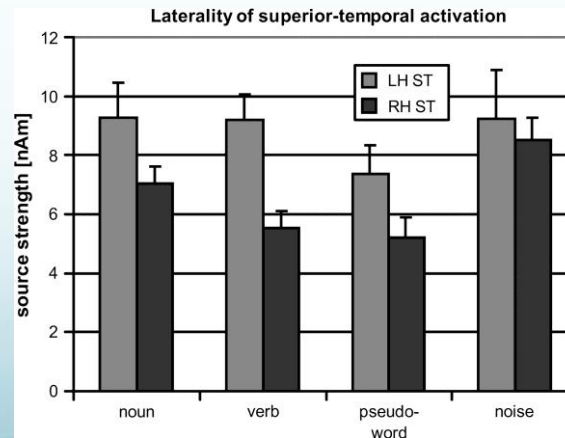
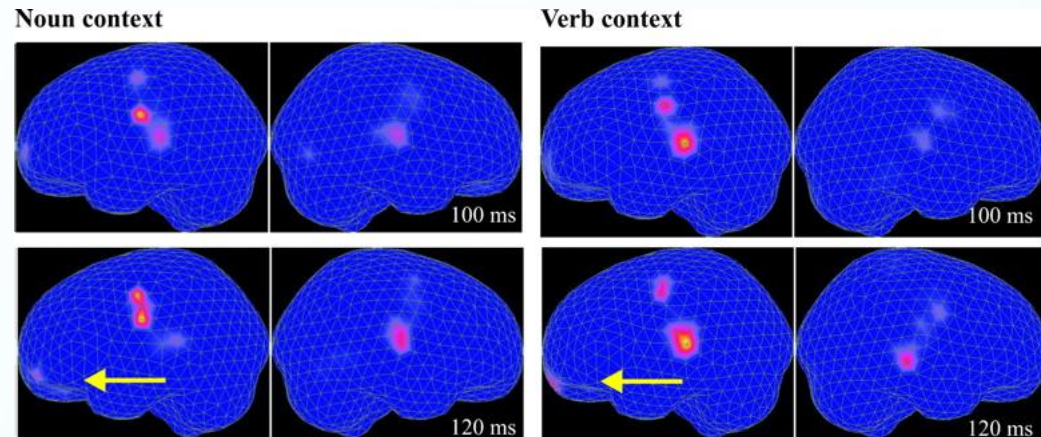
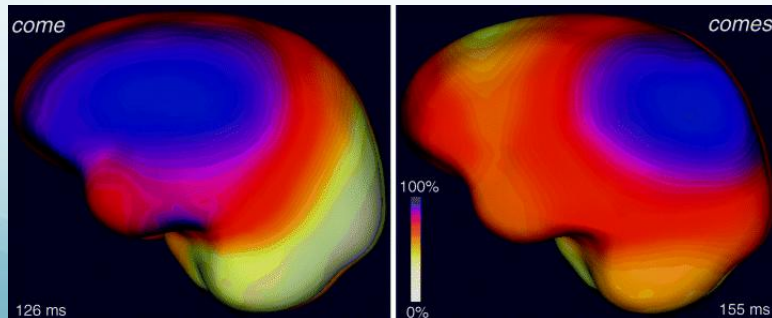
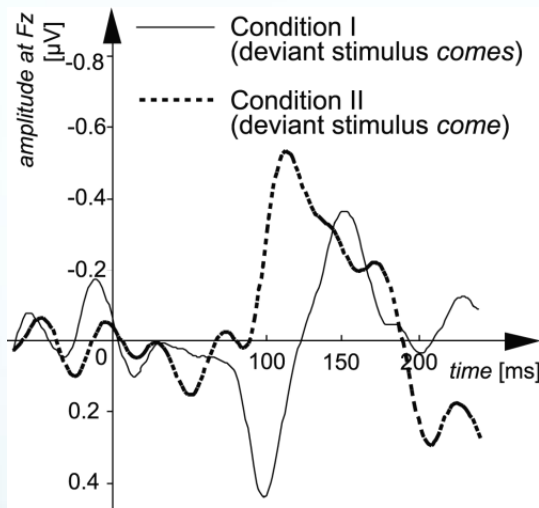
Tutkimusmenetelmiä

- Herätevaste (Event-Related Potential/Field, ERP/ERF)
- Eristetään raakasignaalista ajallisesti tiettyyn ärsykkeeseen liittyvä vaste
 - Keskiarvoistus vaimentaa “satunnaista” kohinaa
 - Ilman huolellista signaalinkäsittelyä ei saada minkäänlaisia tuloksia
 - Yleensä tarvitaankin ryhmäkeskiarvo tilastollisten merkitsevyyksien löytämiseksi



Morfeemit aivoissa

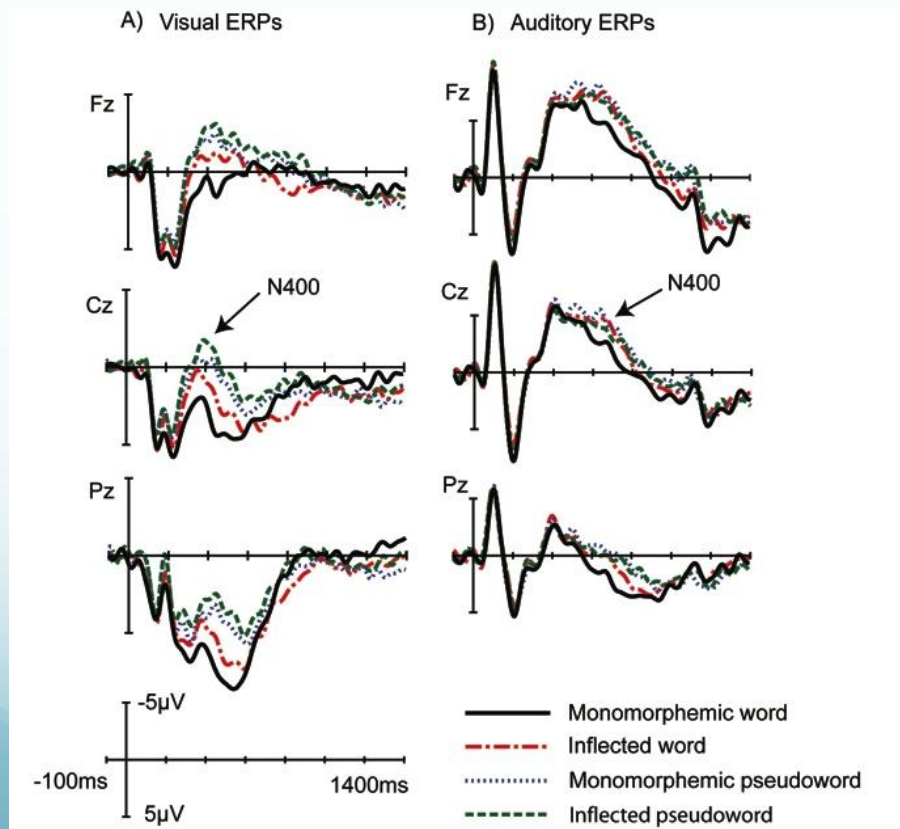
- Morfeemit (myös suffiksit) aktivoituvat jopa ilman tietoista tarkkaavaisuutta



- Lyö+t
- Vyö+t
- Ryö+t

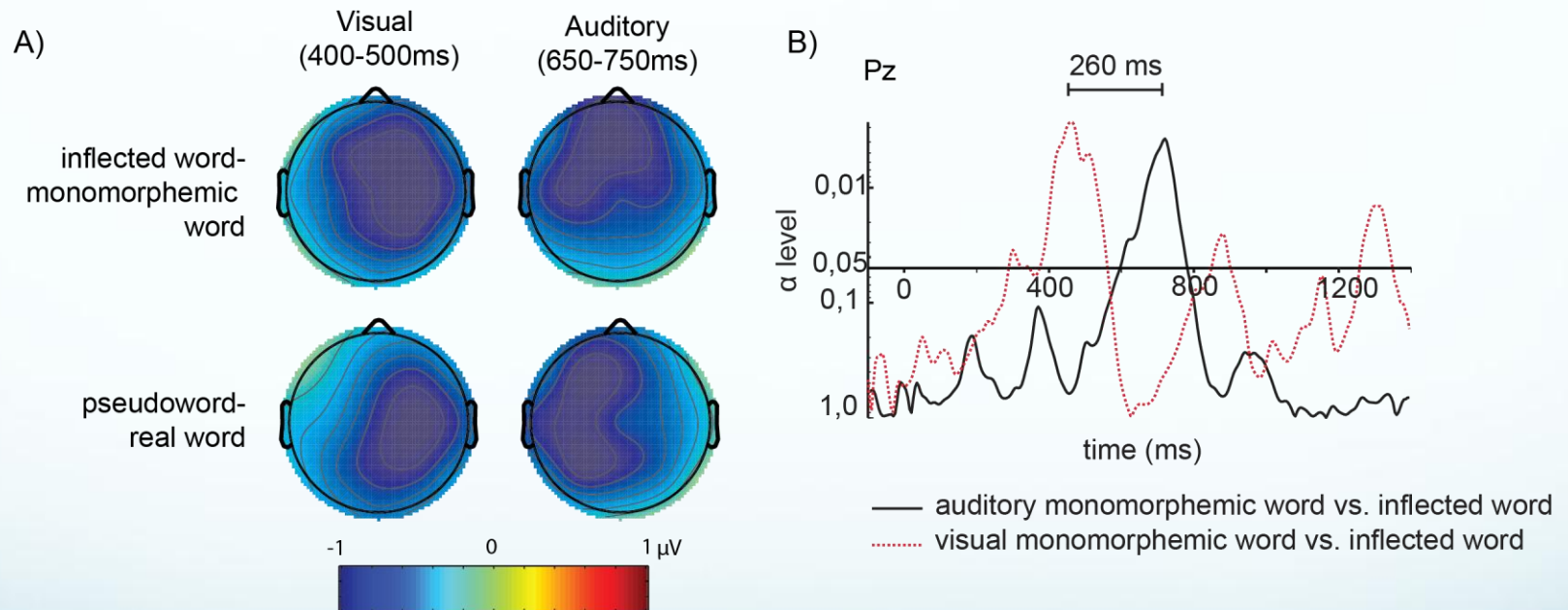
Taivutettujen sanojen käsittely aivoissa

- Miten ja milloin taivutettujen sanojen morfologinen parserointi tapahtuu? Onko se modalityspesifi?



- Taivutetut ja yksimorfeemiset sanat sekä epäsanat
- Isompi N400-vaste taivutetuille vs. morfologisesti yksinkertaisille sanoille
- Samankaltainen prosessi visuaalisessa ja auditiivisessa modalityetissa

Taivutettujen sanojen käsittely aivoissa



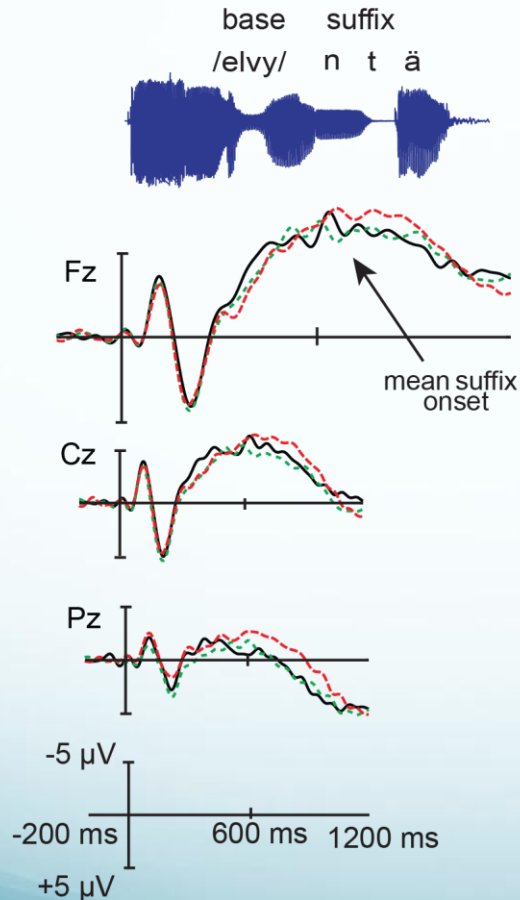
Vasteet heijastavat leksikaalista hakua sekä morfeemien semanttista integraatiota

Johdosten käsittely aivossa

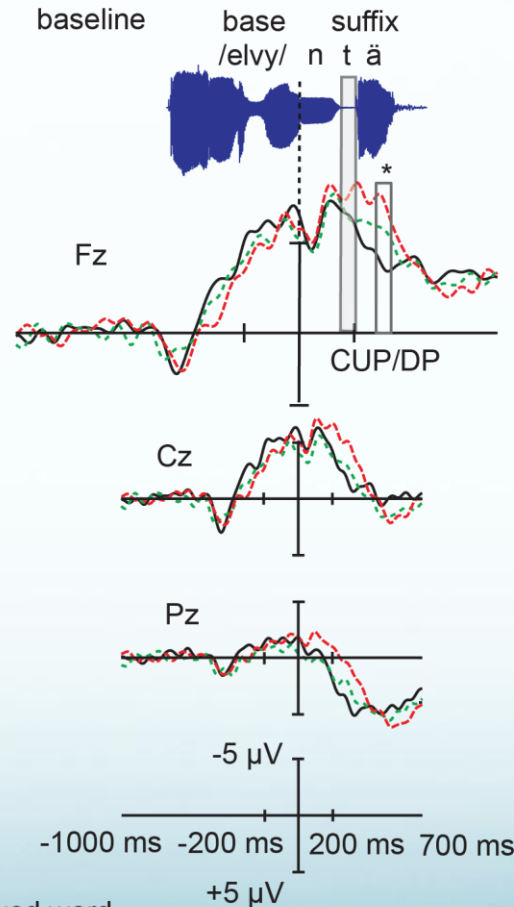
- Taustaoletuksena kaksivaihteinen malli (Meunier & Longtin, 2007; Rastle & Davis, 2008) sekä nk. hybridimallit (esim. Schreuder & Baayen, 1995)
- Meunier & Longtin (2007):
 - quickify-quick=priming
 - sportation-sport=ei primingia
- Mitä aivoissa tapahtuu erityyppisten uusien johdosten käsittelyn aikana erit. auditiivisessa modaliteetissa?
 - Vaikeutuuko morfosyntaktinen lisensointi ja semanttinen integraatio kaikkien epäsanon kohdalla?

Johdosten käsittely aivossa

A) Stimulus onset time-locked ERPs



B) Suffix onset time-locked ERPs



- Melo+nta
- Elvy+ntä
- Lelu+nta

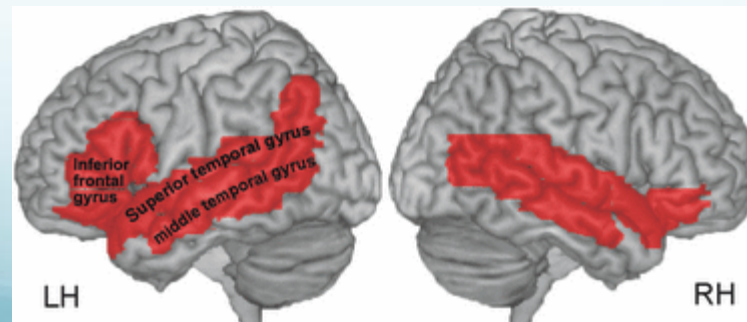
- Suurempi N400-tyyppinen vaste virheellisille johdoksille kuin oikeille johdoksille

Johdosten käsittely aivossa

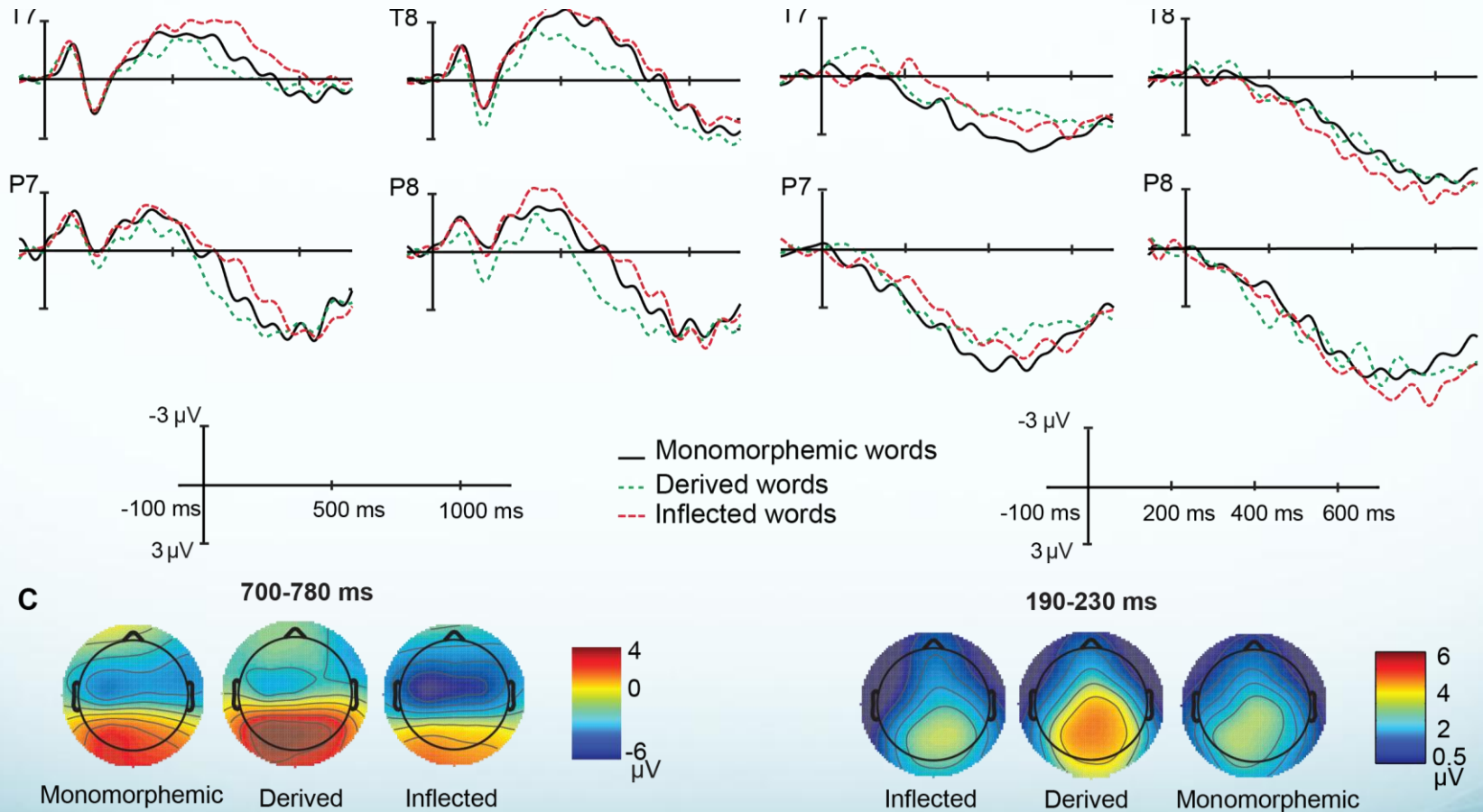
- Semanttinen yhteensopivuus morfeemien välillä olennainen tekijä johdosten parseroinnin aikana
- Tulokset yhteensopivat kaksivaiheisen mallin kanssa
- Auditiiivisissa sanoissa morfologinen jäsenitys tapahtuu samanaikaisesti esitetyn informaation kanssa
 - olennainen informaatio käsitellään rinnakkain (yhteensopiva Cohort-mallin kanssa)

Taivutus ja johtaminen aivoissa

- Käsitelläänkö johdettuja ja taivutettuja sanoja samalla tavalla aivoissa?
- Esim. Bozic ja Marslen-Wilson (2010)
 - “processing derivational complexity does not selectively engage the same left-lateralized decompositional subsystem that is involved in the processing of grammatical compositionality in inflected words. Instead, processing derivational morphology seems to engage a larger, bilateral network of regions, which have been associated with processing lexical meaning”



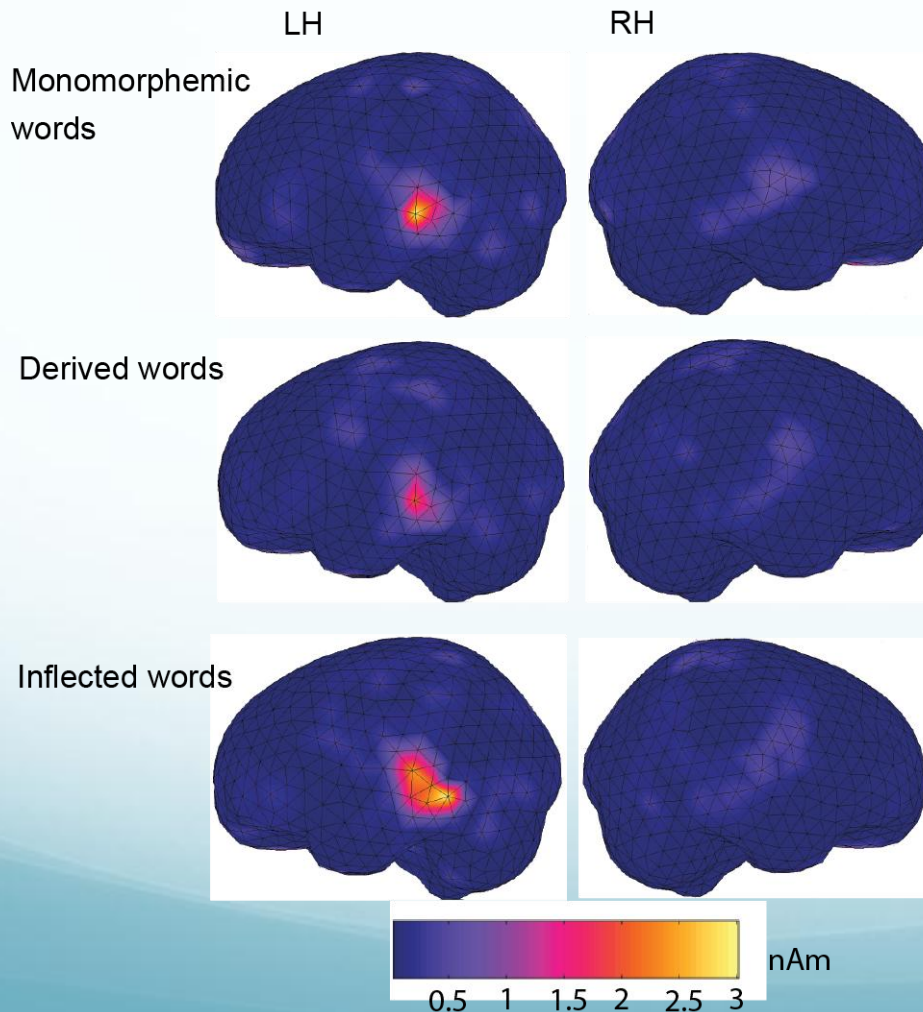
Taivutus ja johtaminen



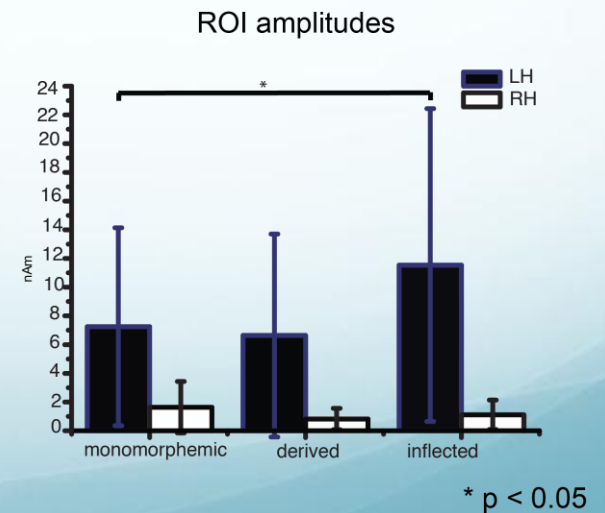
Taivutus ja johtaminen

170-210 ms

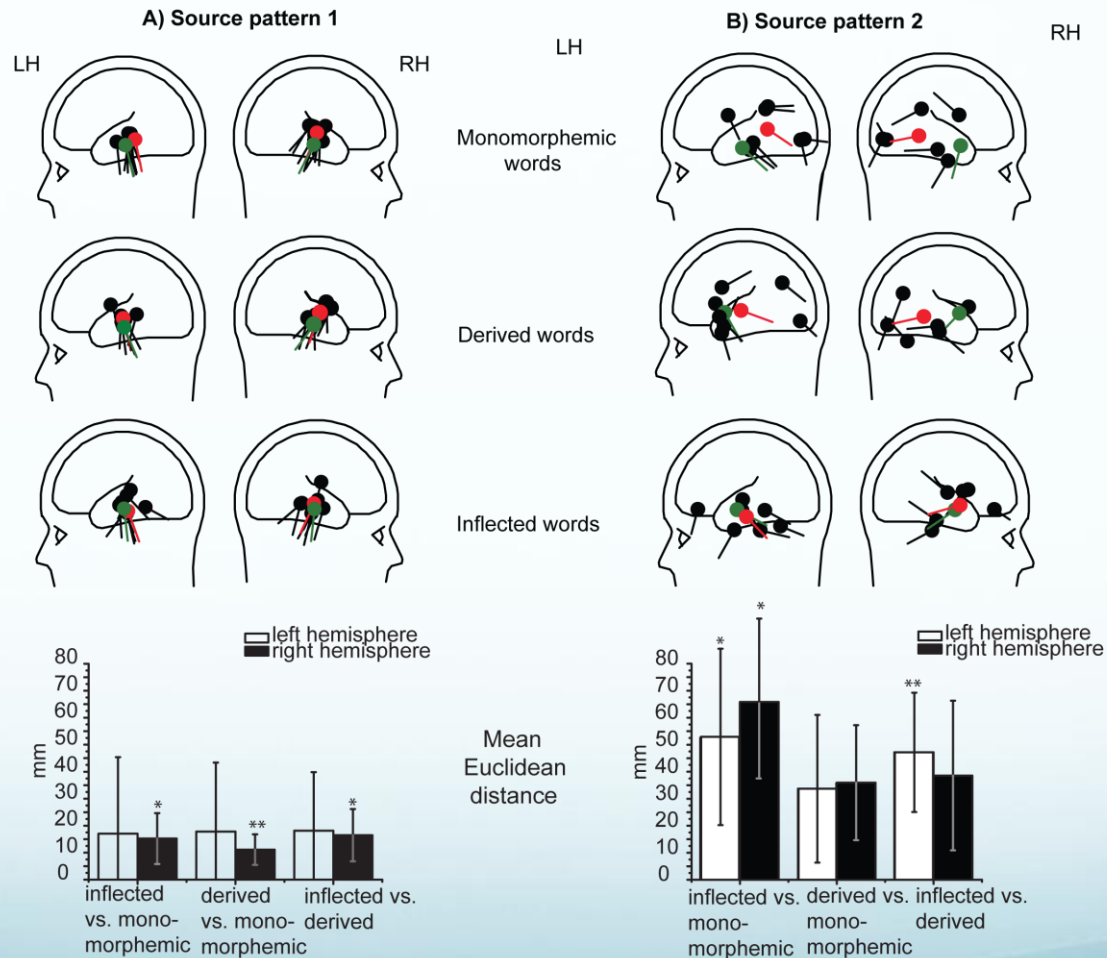
Minimum current estimates



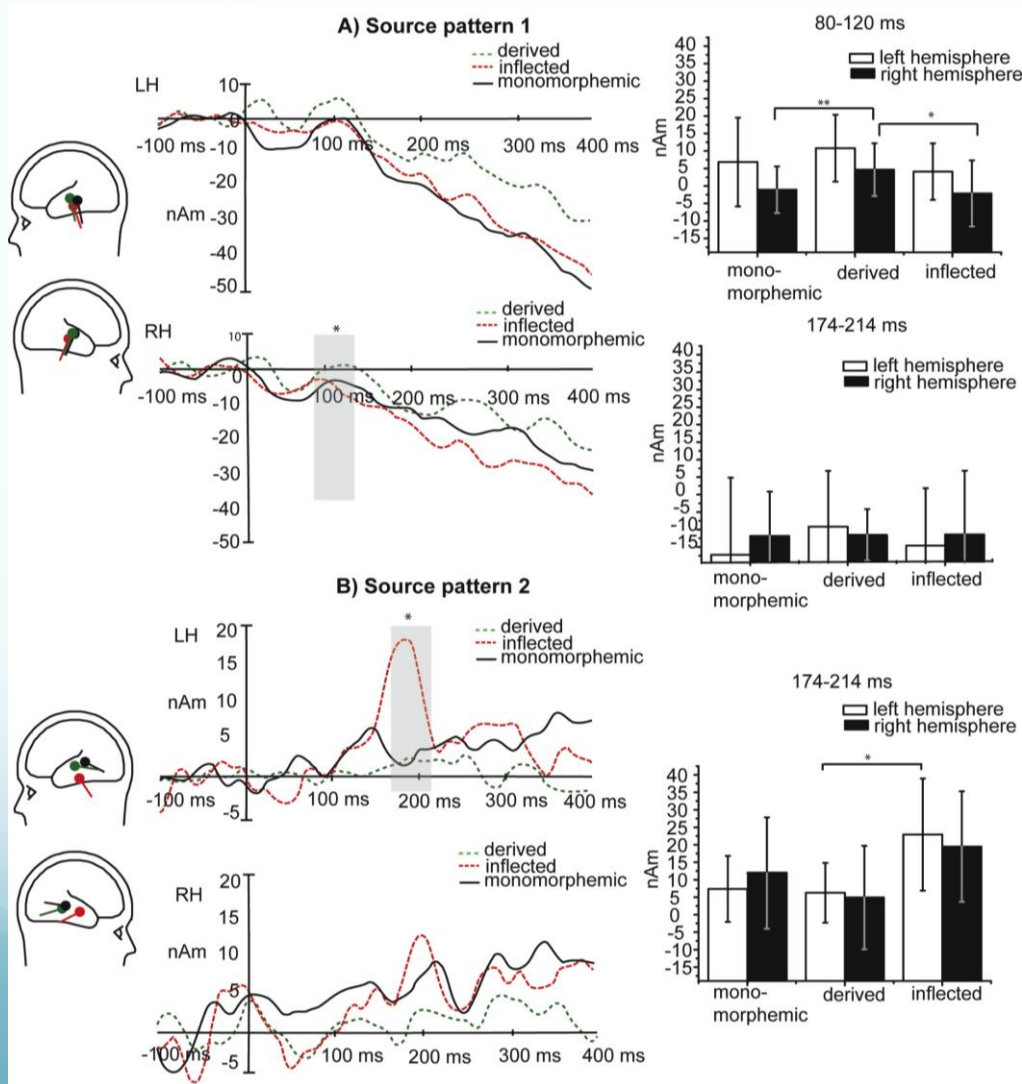
- Suurempi vasemman ohimolohkon aktivaatio taivutetuille vs. yksimorfeemisille sanoille



Taivutus ja johtaminen

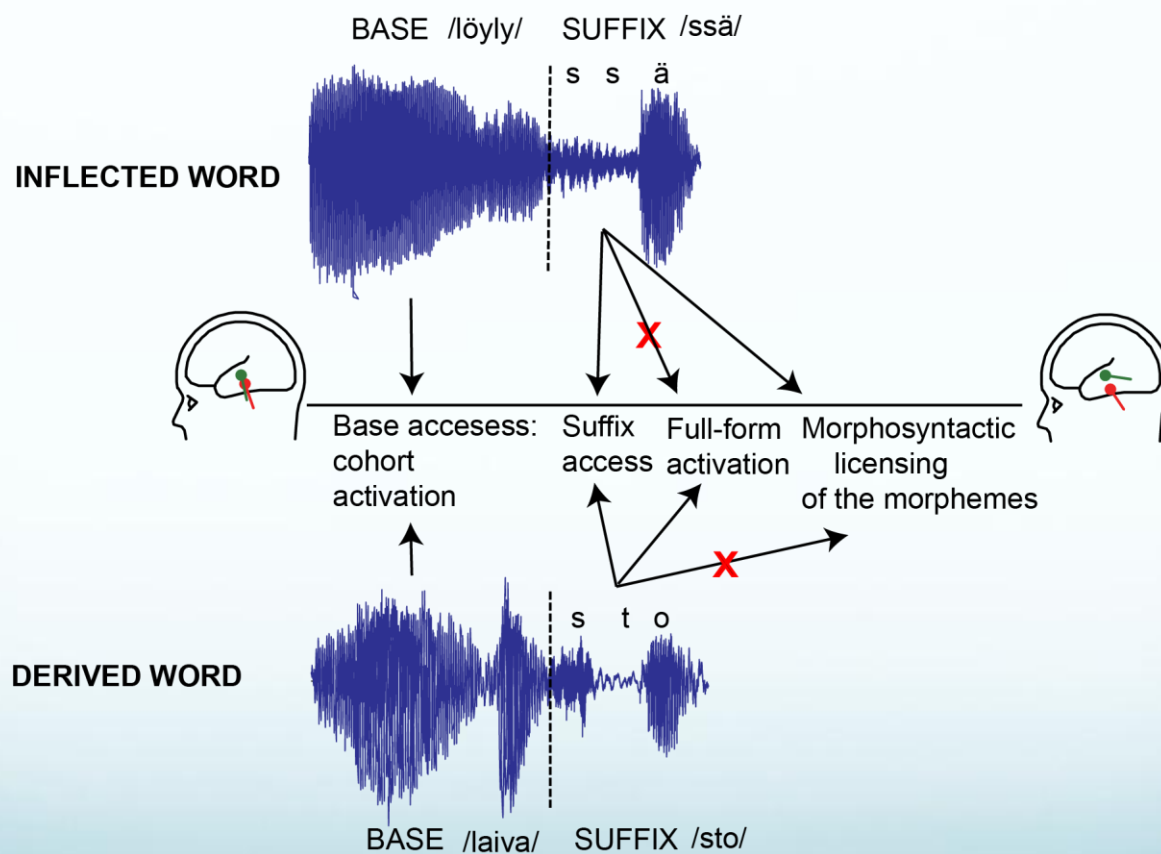


Taivutus ja johtaminen



- Taivutettujen sanojen käsittely aktivoi systemaattisemmin vasemman ohimolohkon alueita
 - Morfeemien morfosyntaktinen lisensointi ja integraatio
- Johdettujen sanojen käsittely aktivoi kokosanaedustuman sekä suffiksin edustuman

Morfologinen käsittely



Yhteenveto

- Puhuttujen ja kirjoitettujen taivutettujen sanojen käsittely aktivoi morfeemit, kun taas puhuttujen johdettujen sanojen käsittelyn aikana aktivoituu sekä kokosanaedustuma sekä morfeemit
- Puhuttujen taivutettujen sanojen käsittely aiheuttaa suuremman otsalohkon vasemman puoleisen vasteen sekä suuremman ohimolohkon aktivaation verrattuna johdettuihin sanoihin
- Taivutuksen ja johtamisen taustalla olevat hermostolliset mekanismit ovat sekä erillisiä että itsenäisiä. Tätä tukee myös havainto vasteiden lineaarisesta summautumisesta yhdistelytilanteessa (johtaminen + taivutus) (Leinonen ym. 2008, Brain Research)

Yhteenveto

- Sanan merkityksellä on ratkaiseva rooli onnistuneen morfologisen analyysin kannalta, erityisesti johdoksilla
- Menetelmällisesti herätevasteiden aikalukitus esim. suffiksin alkuun on tärkeä menetelmä morfologiseen käsittelyyn liittyvien vasteiden erottelussa

Kiitos!

- Suomen Akatemia
- BioMag
- Yhteistyökumppanit:
 - Prof. Teija Kujala
 - Prof. Yury Shtyrov
 - Prof. Christina Krause
 - Prof. Matti Laine
 - Dos. Jyrki Mäkelä
 - Dos. Pauli Brattico
 - FT Minna Lehtonen
 - FT Sari Ylinen



- PsM Jaana Simola
- PsM Lilli Kimppa
- DI Miika Leminen
- ym. ym.