

# Kielialtraääniprojekteja ja analyysimenetelmiä a.k.a. UltraLuento 2.

Pertti Palo

14. huhtikuuta 2023

## Edellisen kerran sisältöä

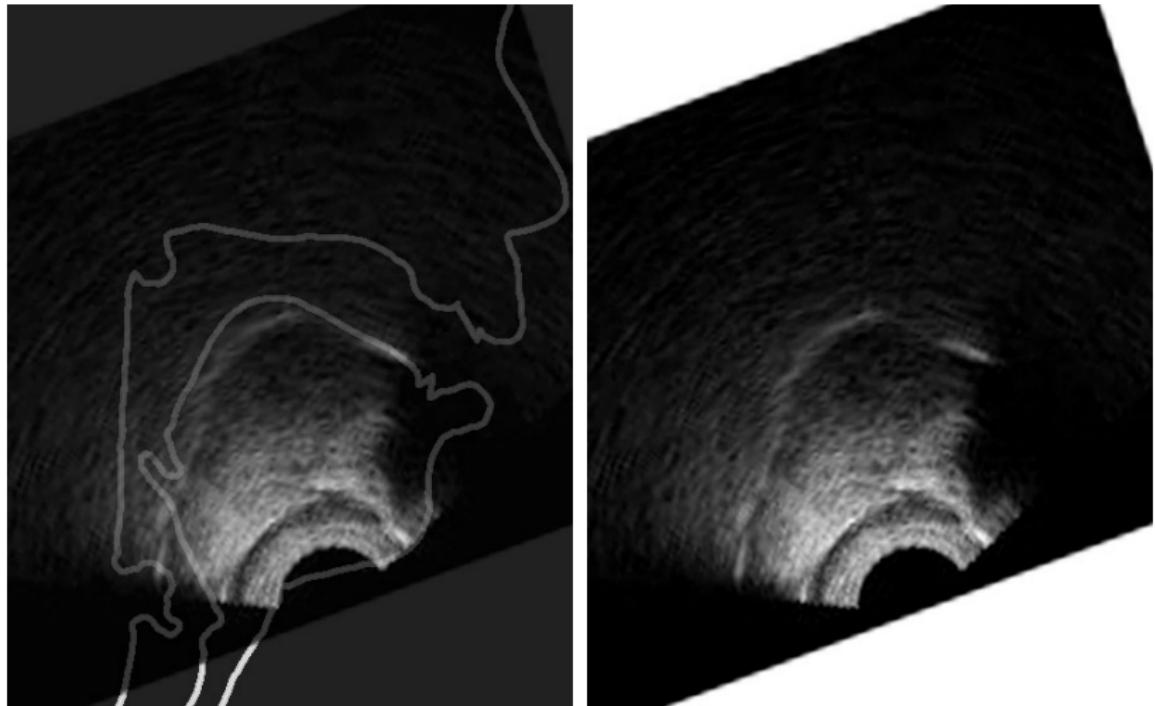
- ▶ 1. Luento: Ultraäänikuvauksen ominaisuudet ja toimintaperiaate
  - ▶ Etuja
  - ▶ Epäideaalisuuksia (eli puutteita)
  - ▶ Fyysinen toimintaperiaate
- ▶ 1. Luento: Puheartikulaation mittaaminen ultraäänellä
  - ▶ Miltä kuva näyttää?

**Onko uusia tai vanhoja kysymyksiä?**

## 2. UltraLuento: Ultraäänellä tallennetun puhemateriaali ja analyysi

- ▶ Osa I: Projekti- ja analyysiesimerkkejä
  - ▶ Kliinistä tutkimusta
  - ▶ Koartikulaatiota: kielen pinta ja splinit
  - ▶ Arabian konsonantteja: muutoksen vertaaminen ajassa
  - ▶ Kurkunpään ultraa: monimutkaisten liikkeiden analyysi
  - ▶ Äänettömän artikulaation tarkastelua: kokonaismuutosta
- ▶ Osa II: Lisää analyysimenetelmiä
  - ▶ Audio – siis tavallinen ääni
  - ▶ Artikulatorinen data
    - ▶ Kielialtraäni
    - ▶ Kurkunpään ultraäni
    - ▶ Huulivideot
  - ▶ Laskennalliset metriikat

# Kielialtraääni ja anatomi



# Projekti- ja tutkimuskohde-esimerkkejä

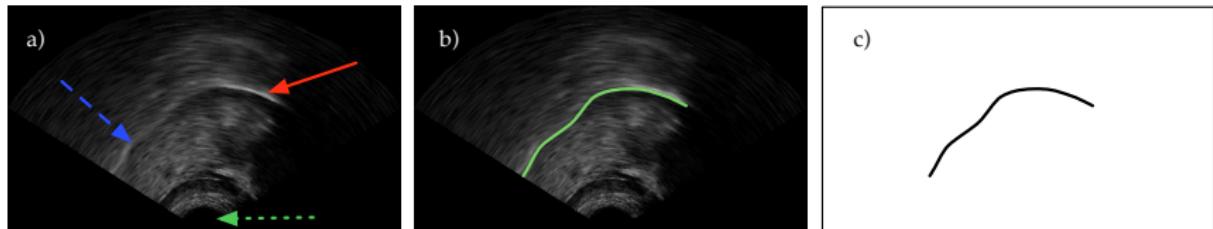
# Esimerkkiprojekti 1: Kliininen tutkimus

- ▶ Joanne Cleland & al. - University of Strathclyde
  - ▶ Kliinistä dataa kitahalkiopotilaiden post-operatiivisista kuntoutuskäynneistä.
  - ▶ Tuloksia julkaistu eri muodoissa, mutta raakadata on suljettua.
  - ▶ Hyvä aika- ja paikkaresoluutio, kuvien laatu vaihtelee paljon riippuen potilaan iästä ja muista tekijöistä.
  - ▶ Lisähaasteena laitevian takia puuttuva synkroni ultraäänidataan ja audion välillä.
  - ▶ Analyysi oli kuitenkin mahdollista valitsemalla videon perusteella maksimaaliset konsonanttiartikulaatiot analysoitavaksi.
  - ▶ Lisäksi audion kohdistus ilmeisesti onnistui myös neuroverkkojen avulla myöhemmin.

## Esimerkkiprojekti 2: Koartikulaatiotutkimusta

- ▶ Sonja Dahlgren, Pertti Palo & Minnaleena Toivola: Kielten koartikulaatiotyyppien kartoitusta.
  - ▶ Aineistossa kielestä riippuen sanoja ja epäsanuja.
  - ▶ Sekä muiden dataa että uutta .
  - ▶ Hyvä aika- ja paikkaresoluutio, kuvat kohtuullisen selkeitä.
- ▶ Projektin tarkoitus on louda luokittelujärjestelmä eri kielten koartikulaatiotavoille eli kuvata kuinka vokaalit ja konsonantit yhteistuotetaan osana puhevirtaa.
- ▶ Tähän aiheeseen erinomainen menetelmä on katsoa kielen pinnan asentoa erottamalla se ultraäänikuvista splineillä.

# Splinit I

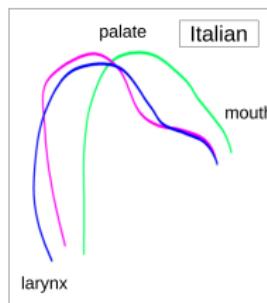
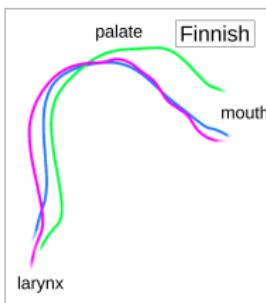
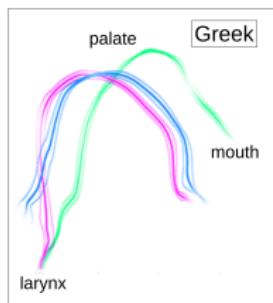


- ▶ Splinin sovitus ultraäänikuvaan tarkoittaa, että piirrämme kielen pinnan mukaisen käyrän ultraäänikuvaan - tai oikeastaan asetamme splinin ohjauspisteet niin että splini asettuu kielen pinnan kohdalle.
- ▶ Sovitus voidaan tehdä joko manuaalisesti tai automaattisesti.
- ▶ Nykyisin automaattinen menetelmä on taitavan ihmisen tasolla useimmissa aineistoissa.
- ▶ Automaattista tulosta voidaan myös korjata manuaalisesti.

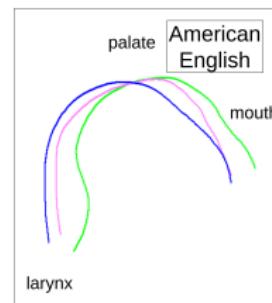
## Splinit II

- ▶ Tulokset riippuvat paljon datan laadusta:
  - ▶ Parempi paikkaresoluutio auttaa, mutta ei takaa, sovittamisen onnistumista.
  - ▶ Selkeisiin kuviin on helpompi sovittaa splini.
- ▶ Splinit itsessään voivat olla analyysin tulos ja niitä voidaan verrata toisiinsa silmämäärisesti.

# Esimerkkiprojekti 2: Koartikulaatiotutkimusta



aka  
iki  
uku



ka  
gi  
gu

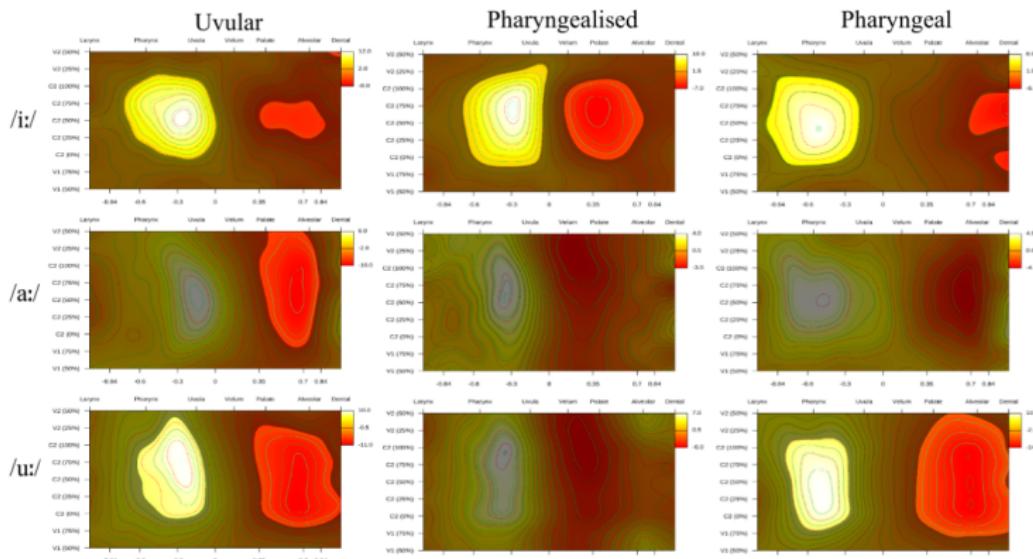
- ▶ Tässä on hyvä esimerkki siitä miten pääefekti voi olla näkyvissä suoraan pienessäkin datassa.

## Esimerkkiprojekti 3: Arabian konsonantteja

- ▶ Jalal Al-Tamimi & Pertti Palo (forthcoming): “Tongue contours in guttural consonants in Levantine Arabic: A Generalised Additive Modelling Approach”
  - ▶ Aineistossa levantin arabinkielisiä sanoja.
  - ▶ Laaja julkaisuihin tähtäävä aineisto: Puhujia kaikkiaan 10.
  - ▶ Hyvä aikaresoluutio, paikkaresoluutio heikompi. Kuvat vähemmän selkeitä.

# Esimerkkiprojekti 3

- ▶ Alla analyysituloksia jotka esiteltiin ISSP 2020-konferenssissa.
- ▶ Kuvissa y-akseli on aika (alhaalta ylös), x-akseli on paikka vasen-oikea = takana-edessä, ja vaalea väri tarkoittaa korkeampaa kielen asentoa, punaisempi/tummempi matalempaa.

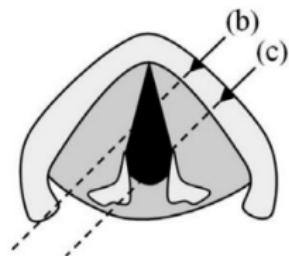


**Lyhyt tauko (5 min)**

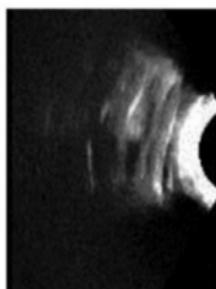
## Esimerkkiprojekti 4: Kurkunpään liikkeitä

- ▶ Scott R. Moisik, Hua Lin and John H. Esling (2014). A study of laryngeal gestures in Mandarin citation tones using simultaneous laryngoscopy and laryngeal ultrasound (SLLUS) . Journal of the International Phonetic Association, 44, pp 21-58 doi:10.1017/S0025100313000327
- ▶ Vent = valeäänihuuli, VF = äänihuuli, AE = aryepiglottaalinen poimu, P = anturi.

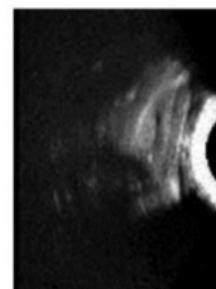
a) probe placement



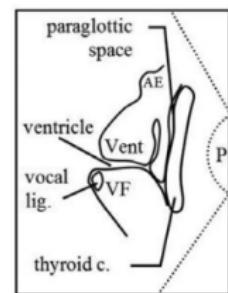
b) slightly anterior



c) slightly posterior



d) diagram of (c)

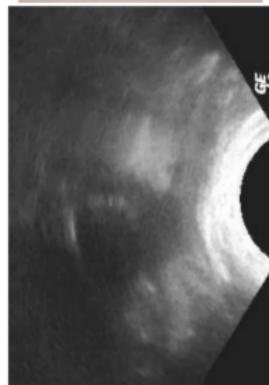


# Kurkunpään ultraääni - anturivaihtoehtoja

8C-RS Probe



12L-RS Probe

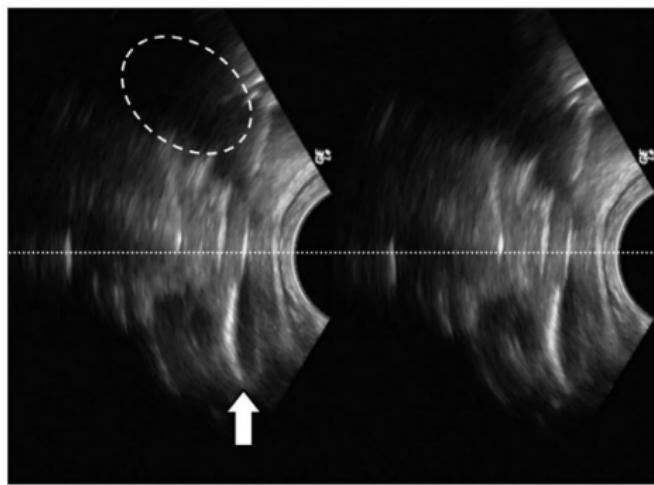


- ▶ Samat rakenteet, erilainen anturi -> erilainen kuva.

Kuvat: Moisik, S. R., Esling, J. H., Bird, S., & Lin, H. (2011). Evaluating laryngeal ultrasound to study larynx state and height. In W. S. Lee & E. Zee (Eds.), Proceedings of the 17th International Congress of Phonetic Sciences (pp. 136 – 139).

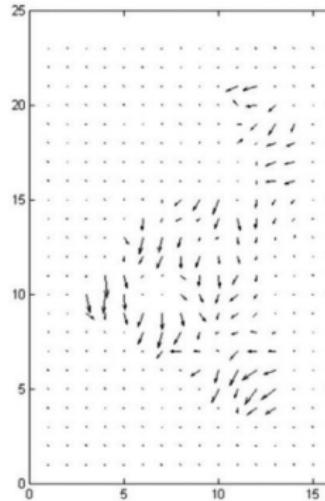
## Esimerkkiprojekti 4: Kurkunpään liikkeitä

a) Frame 15  
(current)



b) Frame 16  
(next)

c) Resulting  
Optical Flow



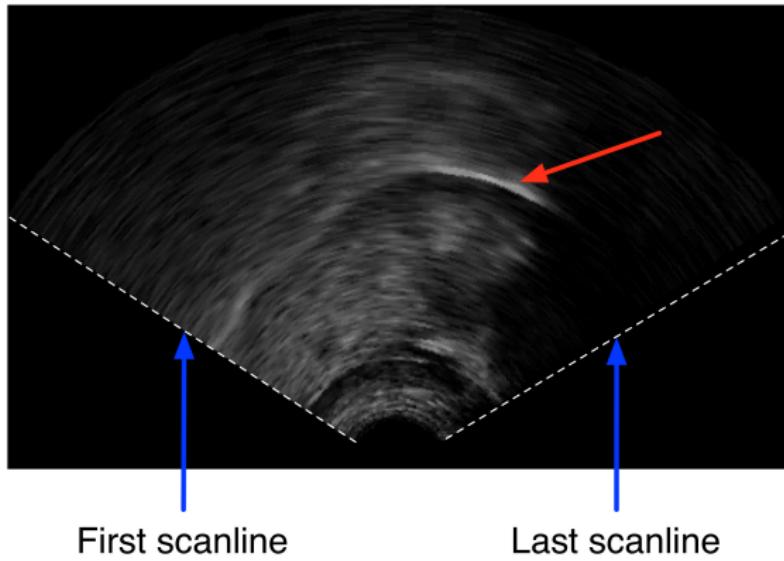
- Moisik, S. R., Esling, J. H., Bird, S., & Lin, H. (2011). Evaluating laryngeal ultrasound to study larynx state and height. In W. S. Lee & E. Zee (Eds.), Proceedings of the 17th International Congress of Phonetic Sciences (pp. 136 – 139).

## Esimerkkiprojekti 5: Äännettömän artikulaation kartoitusta

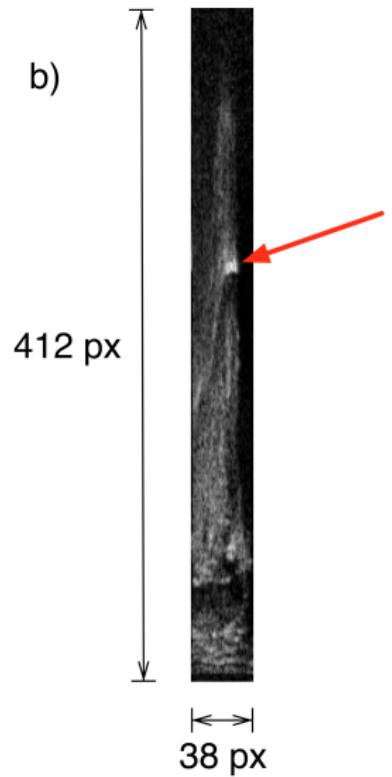
- ▶ Pertti Palo: Puhunnosten alkujen ajoitusta - väitöskirjadataa.
  - ▶ Aineistossa skottenglannin leksikaalisia /CVC/-sanoja.
  - ▶ Väitöskirjan päädäta.
  - ▶ Erinomainen aika- ja paikkaresoluutio, kuvat selkeitä.

# Pikselietäisyys: Raakadata

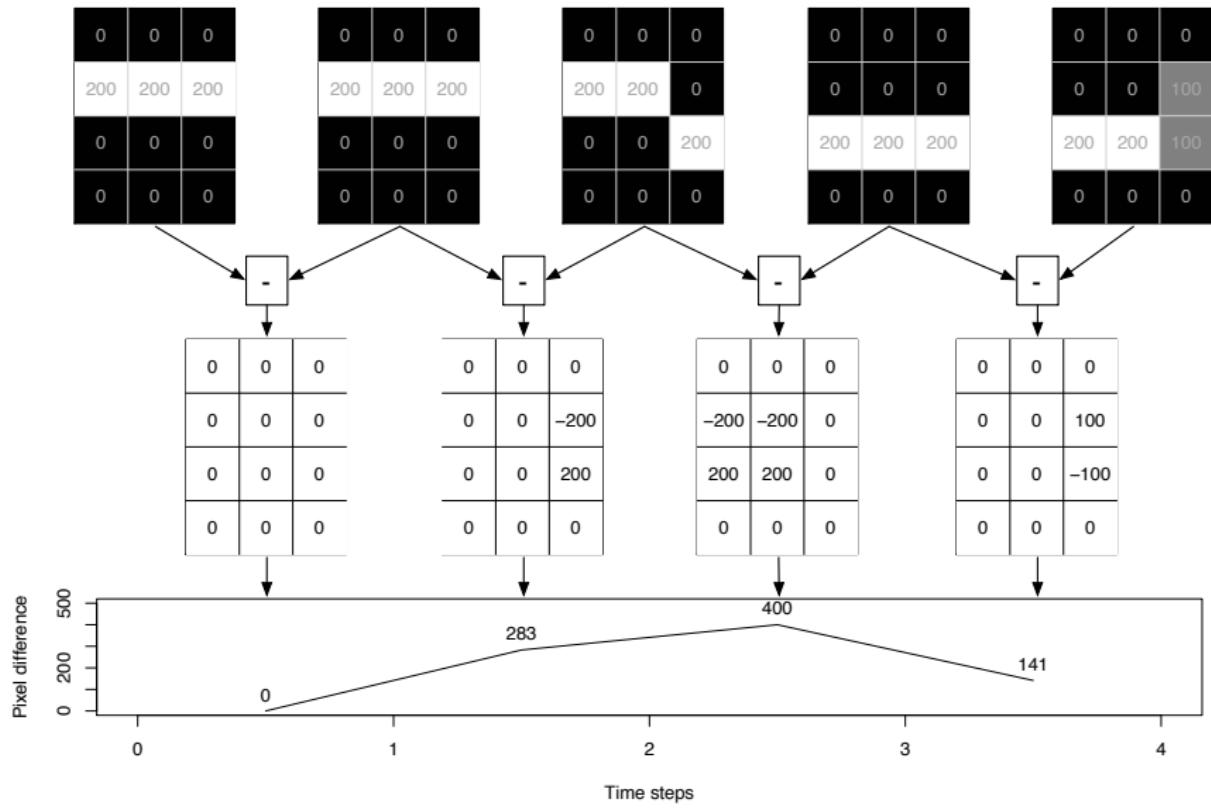
a)



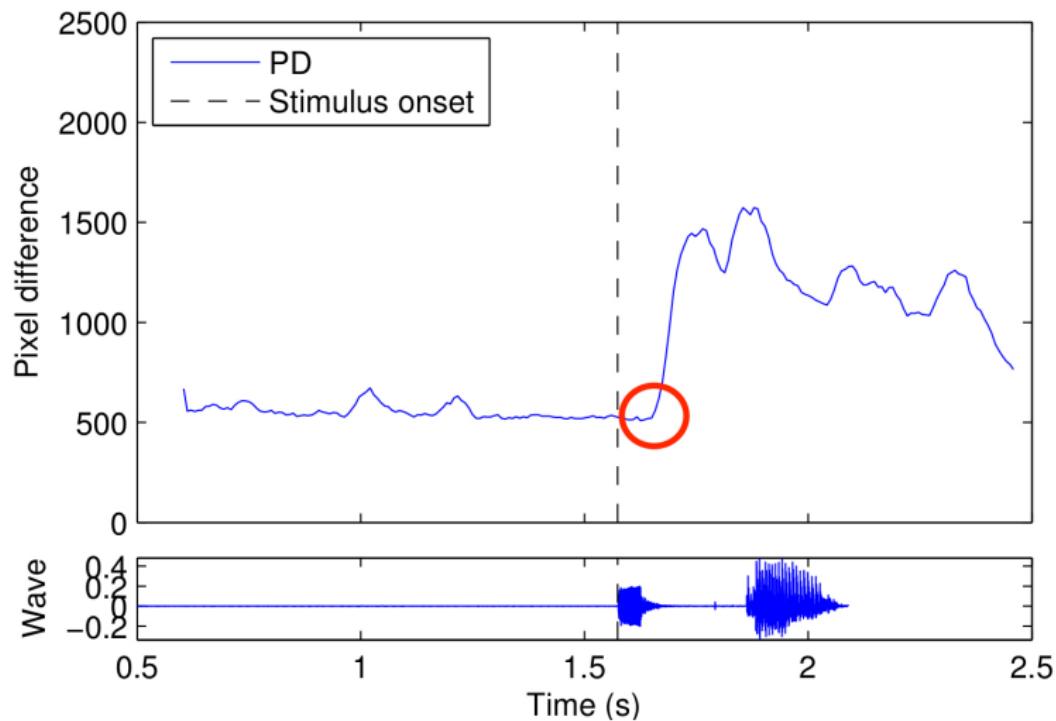
b)



# Pikselietäisyys: Miten laskenta tapahtuu?



# Pikselietäisyys: Missä liike alkaa?



# Analyysimenetelmiä

# Audio

- ▶ Tärkeä osa dataa on ultraäänien kanssa yhdessä synkronoidusti tallennettu ääni.
- ▶ Ääntä voi analysoida AAA:lla, mutta se on helpompaa Praatilla.
- ▶ Akustisen segmentoinnin tuloksista on huomattavaa hyötyä aineiston rajaamisessa. Niiden avulla artikulatorinen analyysi voidaan kohdistaa vain siihen osaan tallenteita, mistä ollaan kiinnostuneita.

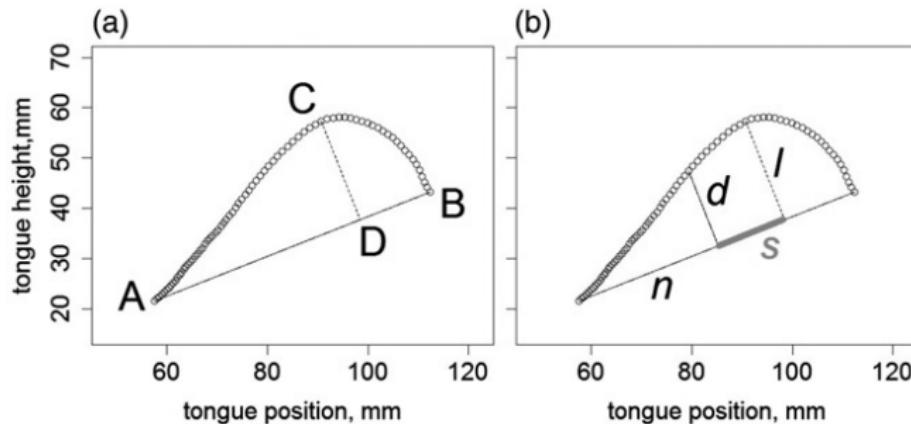
# Artikulatorinen data

- ▶ Keskitymme tällä kertaa kielialtaan analyysiin.
- ▶ On kuitenkin hyvä huomata, että myös muita datatyypejä tai -modaliteetteja voidaan yleensä tallentaa samalla laitteistolla – pienillä tai suurilla muutoksilla:
  - ▶ Kurkunpään ultraääni käyttää yleensä erityyppistä anturia, joka pitää ostaa erikseen. Daten analyysi on tyypillisesti hyvin erilaista kuin kielialtaan analyysi, koska rakenteet ovat paljon monimutkaisempia.
  - ▶ Huulivideoita voidaan tallentaa helposti. HY:n laitteistolla niitä saadaan joko kasvojen sivulta tai edestä. Huulivideoiden analyysiin on myös olemassa työkaluja.
  - ▶ Suurempaa työtä vaatii yhtäaikainen datan tallennus esim. ultraäänellä ja elektromagneettisella artikulografialla tai muilla menetelmillä.

## Pelkät videot tai kuvat

- ▶ Ultraäänidideoita voidaan annotoida siinä missä mitä hyvänsä videoita.
- ▶ Työ ei ole ihan kevyttä, joten aiheen ja materiaalin rajoiksessa kannattaa olla huolellinen.
- ▶ Annotoinnin voi tehdä AAA:lla tai vaikkapa .avi-tiedostoiksi tallennettuja videoita voi käsitellä videoiden annotointiin tarkoitetuilla ohjelmilla.
- ▶ Yksittäisistä kuvista voi myös tehdä suoria mittauksia.

# Splinien analyysimenetelmää



- ▶ Splinien muotoa voidaan analysoida myös ajan funktiona funktionaalisella data analyysilla ilman tarvetta rajoittua yksittäisiin ajanhetkiin analyysissä.
- ▶ Splineistä voidaan myös laskea erilaisia metriikoita ja verrata niitä sitä kautta toisiinsa. Esimerkiksi Zharkova et al. (2015).
- ▶ Menetelmiä on paljon ja erilaisiin kysymyksiin sopivat eri menetelmät.

## Laskennalliset metriikat

- ▶ Voimme myös analysoida videoiden informaatisiosisältöä erottamatta niistä kielenpintaa tai muita anatomisia rakenteita. Esimerkiksi:
  - ▶ Pikselietäisyys (engl. Pixel Difference / PD, seuraavat kalvot) seuraa kokonaismuutosta ultraäänisen raakadatan perusteella. Sopii erityisen hyvin liikkeen alun paikantamiseen.
  - ▶ Optinen virta (engl. Optic flow) seuraa kuvan osien liikettä tilastollisin menetelmin ja arvioi miin pään kuvan eri osat liikkuvat. Tämä on tärkeää menetelmä kurkunpään ultraäänisen analyssissa.
  - ▶ Kuvasarjojen suora tilastollinen analyysi Saito et al. (2020).
- ▶ Näitä ja muita menetelmiä voidaan käyttää myös splinien rinnalla tuomassa lisätietoa.

Kyselkää

# Kirjallisuutta ja kiitokset

- ▶ Steve Cowen: AAA:n käyttöäpu ja kuva minusta.
- ▶ Felix Schaeffler: Iepakkokuva.
- ▶ Alan Wrench: AAA:n käyttöäpu ja laitteistokuvat.

Al-Tamimi, J. and Palo, P. (2022). Tongue contours in guttural consonants in levantine arabic: A generalised additive modelling approach (provisional title). In preparation.

Dahlgren, S. and Palo, P. (2022). Studying language-specific coarticulatory patterns with tongue ultrasound: The case of Finnish. In preparation.

Palo, P. (2019). *Measuring Pre-Speech Articulation*. PhD thesis, Queen Margaret University, Edinburgh.

Saito, M., Tomaschek, F., Sun, C.-C., and Baayen, R. H. (2020). An ultrasound study of frequency and co-articulation. In *Proceedings of the 12th International Seminar on Speech Production (ISSP 2020)*, pages 206 – 209, Online / New Haven, CT.

Zharkova, N., Gibbon, F. E., and Hardcastle, W. J. (2015). Quantifying lingual coarticulation using ultrasound imaging data collected with and without head stabilisation. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 29(4):249 – 265.