

# Ultraäänikuvauksen toimintaperiaate ja puheartikulaation mittaaminen a.k.a. Ultraluento 1

Pertti Palo

1. huhtikuuta 2025

# Kuka tää tyyppi on?



- ▶ Pertti Palo
- ▶ Minulla on pari tutkintoa Otaniemestä ja viimeisimpänä fonetiikan tohtorin paperi.
- ▶ Puhun sujuvaa foneetikkoa ja insinööriä, ja tiedän paljon puheen mittaus- ja analyysimenetelmistä.

## Johdantoa: Millaisissa (ultraääni) projekteissa olen ollut mukana?

- ▶ Itse olen keskittynyt puhe-eleiden ajoituksen tutkimiseen aloittaen puheen alun ilmiöistä ja sittemmin tarkastellut koko puhunnosta artikulaation alusta lihasten rentoutumiseen asti.
- ▶ Lisäksi olen annoinut ja murskannut dataa mm.:
  - ▶ Kitahalkion korjaamisen jälkeistä puheterapiadataa,
  - ▶ Levantin arabiankielen faryngaaaliäänteiden vertailudataa, ja
  - ▶ Eri kielten koartikulaation vertailudataa.

## Mitä tuleman pitää - yleisesti

- ▶ 1. Luento: Ultraääni puheentutkimuksessa
  - ▶ Puheartikulaation mittaaminen ultraäänellä
  - ▶ Video ultraäänen käytöstä puheterapiassa
  - ▶ Ultraäänikuvauksen toimintaperiaate ja käytännön ominaisuudet
- ▶ 2. Luento: Ultraäänikuvauksella tallennetun puhemateriaalin analyysi
  - ▶ Esimerkkejä tutkimusprojekteista
  - ▶ Analyysimenetelmien esittely
  - ▶ Analyysiesimerkki

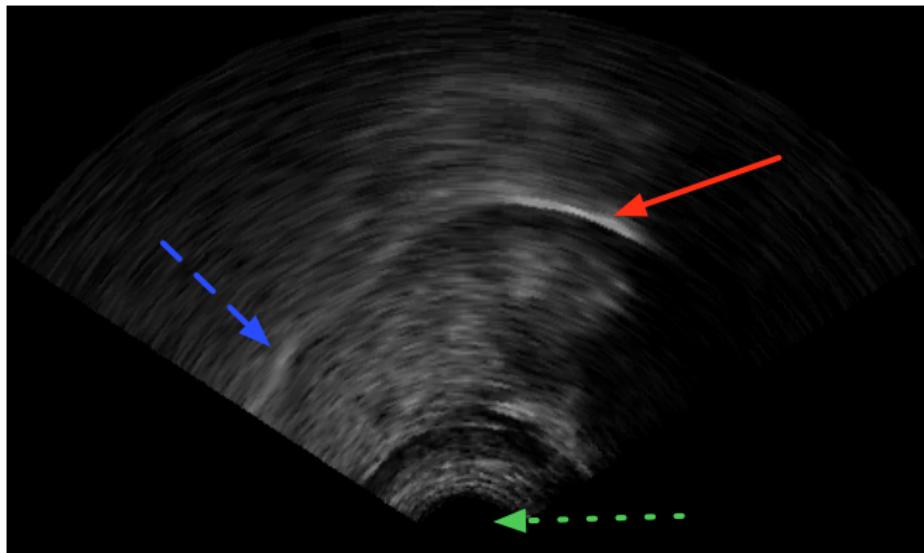
# Mitä tuleman pitää - tänään

- ▶ Puheartikulaation mittaaminen ultraäänellä
  - ▶ Yleistä
  - ▶ Fyysinen toimintaperiaate
  - ▶ Miltä kuva näyttää?
  - ▶ Tallennussession vaiheet
- ▶ Video ultraäänen käytöstä puheterapiassa
- ▶ Ultraäänikuvauskuksen toimintaperiaate ja ominaisuudet
  - ▶ Etuja
  - ▶ Rajoitteita: Menetelmä ja ihmiset
  - ▶ **Kysellään**

# Johdanto ultraäänikuvaukseen menetelmänä

## Yleistä I

- ▶ Kasvavassa suosiossa puheentutkimuksen parissa.
- ▶ Puheterapiassa potentiaalisesti hyödyllinen paitsi välittömän palautteen annossa (osuiko liike oikeaan paikkaan) myös tuomassa terapeutille lisätietoa erityisesti piilovirheistä.



## Yleistä II

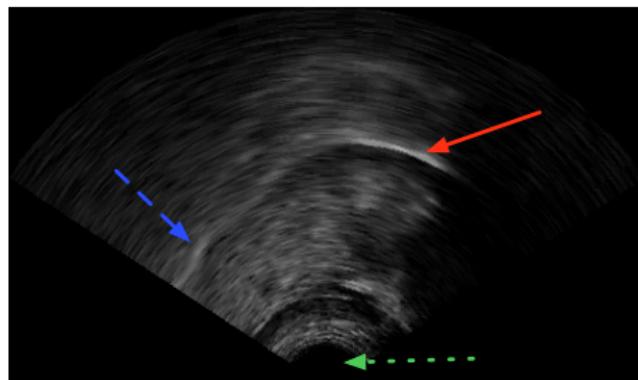


- ▶ Lääketieteellisessä ultraäänikuvantamisessa antureilla ja niiden erilaisilla ominaisuuksilla on tärkeä rooli.
- ▶ Ne ovat lähetin-vastaanottimia – kaikuluotaimia, jotka sekä tuottavat että havaitsevat ultraääntä pietsosähköisten kiteiden avulla.
- ▶ Laitteiden käyttämä ultraääni on hyvin korkeataajuista: 2-12 MHz (1 MHz = 1000 kHz = 1 miljoona Hz, vrt. ihmisen kuulon yläraja 20 kHz).



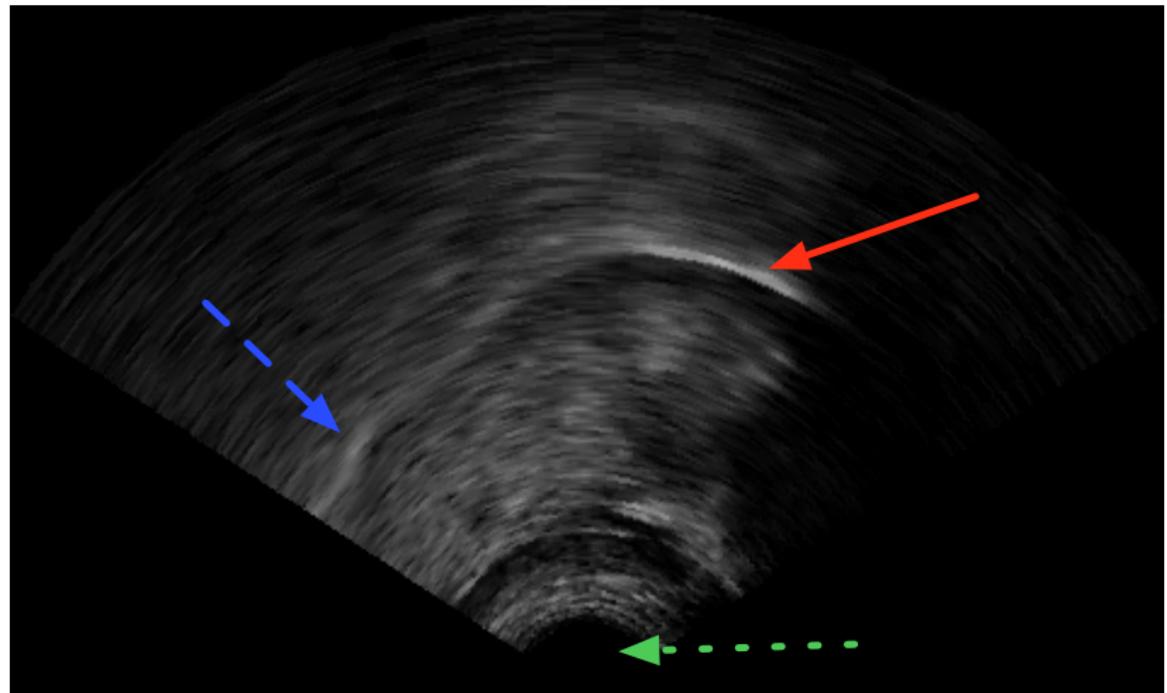
# Fyysinen toimintaperiaate

- ▶ Ultraääniaallot kulkevat pehmeän kudoksen läpi ja heijastuvat takaisin erilaisista rajapinnoista.
- ▶ Voimakkainta heijastus on kun väliaineen äänennopeus nousee tai laskee jyrkästi - kiertä kuvantaessa:
  - ▶ Voimakas heijastus kielikudoksen ja ilman rajapinnasta suussa.
  - ▶ Lähellä anturia olevat luut näkyvät mustina varjoina kuvassa, koska niiden sisään ei pääse akustista energiota (ultraääntä), joten niiden sisältä ei palaa kaikuja anturin kuultavaksi.



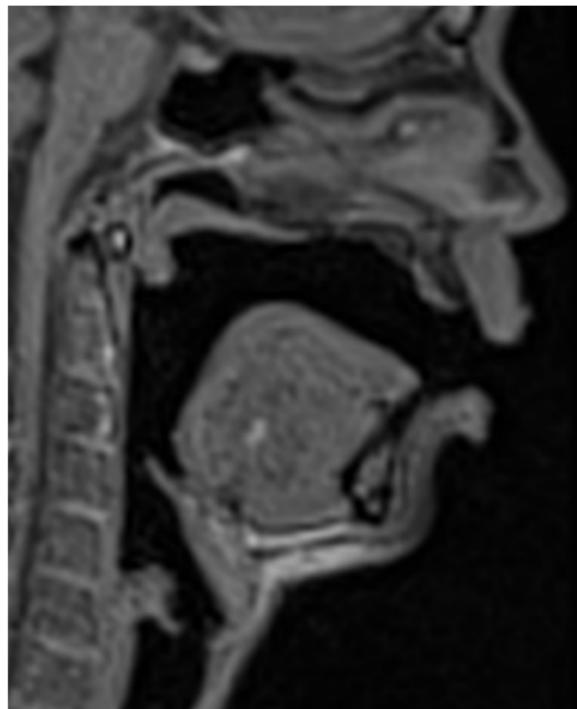
# Miltä kuva näyttää? I

Tavallinen – kohtuu selkeä – ultraäänikuva kielestä



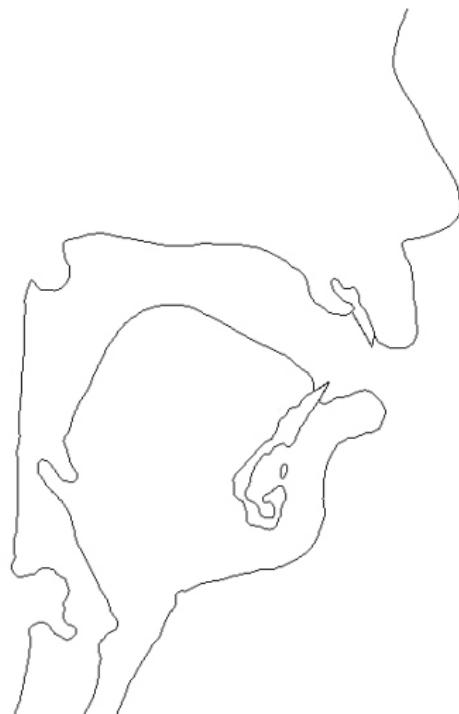
# Miltä kuva näyttää? II

Sivupolku: MRI kuva – ei siis ultraäänikuva



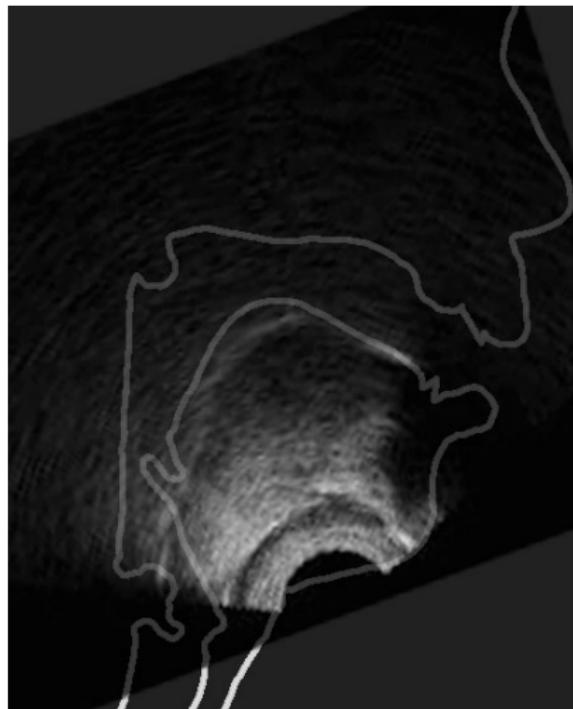
# Miltä kuva näyttää? III

Sivupolku: MRI kuvasta erotetut kudosääriiviivat ja arvaamalla lisättyt hampaat



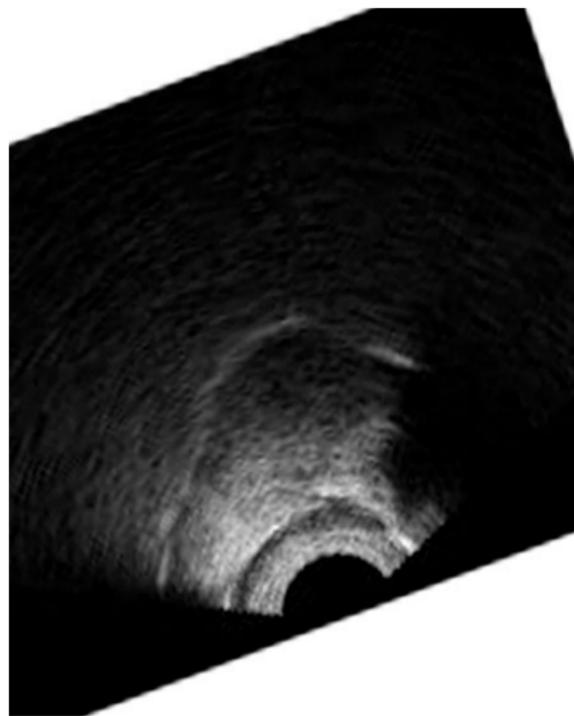
# Miltä kuva näyttää? IV

Kierretyn ultraäänikuvan päälle lisätty MRI:stä saatu anatomia



# Miltä kuva näyttää? V

Ultraäänikuva 'oikeassa' asennossa.  
(Ei tosin sama kuva kuin aiemmin.)



# Tallennussession vaiheet

- ▶ Puhdista kaikki.
  - ▶ Laite on lääketieteellinen koje ja ihmiset ovat likaisia (ja korona tappaa).
  - ▶ Aloita pesemällä ja desinfioimalla omat kädet.
- ▶ Kerro osallistujalle/asiakkaalle kuinka tutkimus etenee, hoida paperihommat, näytä heille kuinka kaikki toimii.
- ▶ Sovita kypärä osallistujalle päähän, jos kypärä on käytössä.
- ▶ Tallenna data.
- ▶ Kerro osallistujalle, että hänestä on ollut paljon apua ja auta häneltä kypärä päästä.
- ▶ Muista antaa käsipyyhkeitä sinisen töhnän poistamiseen leuasta.
- ▶ Puhdista kaikki.

**Lyhyt tauko (5 min)**

# Puheartikulaation mittaaminen ultraääänellä

## Mitä tuleman pitää - jälkimmäinen puolisko

- ▶ Video ultraäänien käytöstä puheterapiassa
- ▶ Ultraäänikuvauksen toimintaperiaate ja käytännön ominaisuudet
  - ▶ Etuja
  - ▶ Rajoitteita: Menetelmä ja ihmiset
  - ▶ **Kysellään**

# Video ultraäänen käytöstä puheterapiassa

- ▶ Amerikan englannin puhujille 'normaalius' on sosiaalisesti hyvin tärkeää.
- ▶ Siellä(kin) /r/ on vaikea äänne ja siksi sen kuntouttamiseen nähdään paljon vaivaa.
- ▶ Video on julkaisusta:

Preston, J. L., McAllister Byun, T., Boyce, S. E., Hamilton, S., Tiede, M., Phillips, E., Rivera-Campos, A., & Whalen, D. H. (2017). Ultrasound Images of the Tongue: A Tutorial for Assessment and Remediation of Speech Sound Errors. *Journal of visualized experiments : JoVE*, (119), 55123.

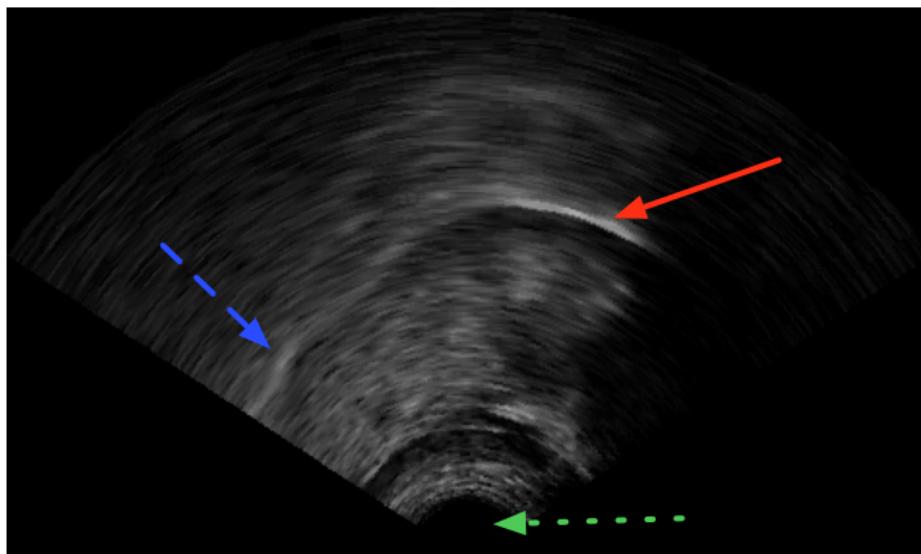
<https://doi.org/10.3791/55123>

## Etuja I

- ▶ Ultraäänikuvantaminen on hyvin turvallista kun laitetta käytetään matalalla tehotasolla.
- ▶ Ei vaadi ihmeempiä osallistujilta kunhan tallennussessiot eivät ole pitkiä.
- ▶ Helppokäyttöinen – alkuun tosin laitteiston asentaminen ja opetteleminen vaativat työtä.
- ▶ Laitteisto mahtuu lentokäsimatkavaraan, mitä on käytetty hyväksi kenttätutkimuksessa.
- ▶ Suhteellisen halpa hankintahinta ja hyvin halvat käyttökustannukset.

## Etuja II

- ▶ Hyvä aikaresoluutio: Puhekäytössä tavanomaiset laitteet tuottavat kuvia 20-120 Hz taajuudella (ja erityisen hyvät laitteet jopa 400 Hz taajudella).
- ▶ Paikkaresoluutiokin on hyvä, mutta monimutkaisempi suure, koska resoluutio ei ole vakio kuvan sisällä.

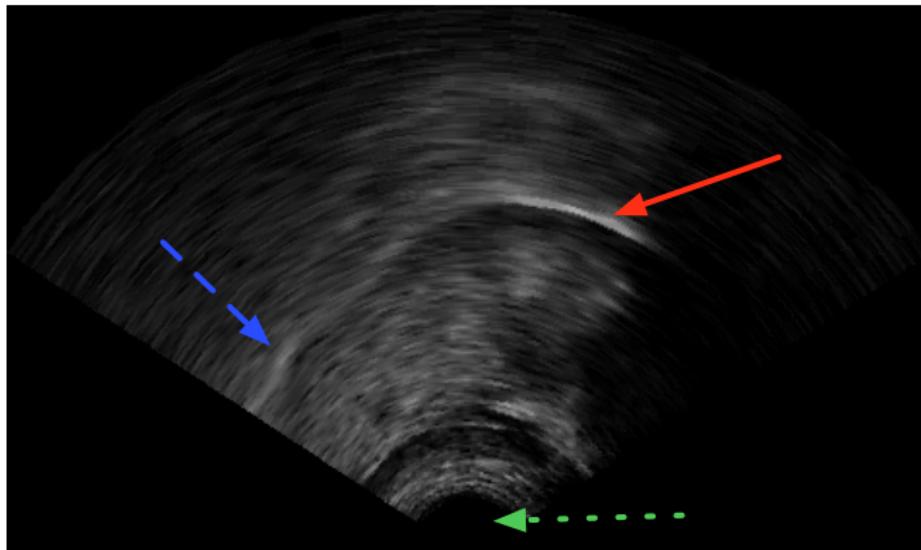


## Rajoituksia I: Kuvanlaatu

- ▶ Aikaresoluutio on käänän verrannollinen paikkaresoluutioon.
- ▶ Resoluutio ja kuvanlaatu riippuvat käytetystä ultraäänen taajuudesta: Matalat taajuudet läpäisevät kudokset hyvin, mutta tuottavat huonomman paikkaresoluution; korkeat taajuudet tuottavat paremman resoluution, mutta eivät läpäise kudoksia kovin syvälle.
- ▶ Erityisesti tottumattomille silmille kuvat ovat suttisia.
- ▶ Suttisuus johtuu suurelta osin kertautuvista kaiuista, kun ultraääniaalto heijastelee kudoksen sisällä eri rajapinnoista.

## Rajoituksia II: Mitä ylipäättäään voidaan kuvata

- ▶ Kaikkia anatomisia rakenteita ei voi kuvantaa ultraäänellä.
- ▶ Yleensä mistään, mikä on ilmaraon tai luun takana ei saada kuvaa.
- ▶ Monimutkaiset rakenteet kudosten sisällä voivat tehdä kuvien tulkitsemisesta hyvin vaikeaa.

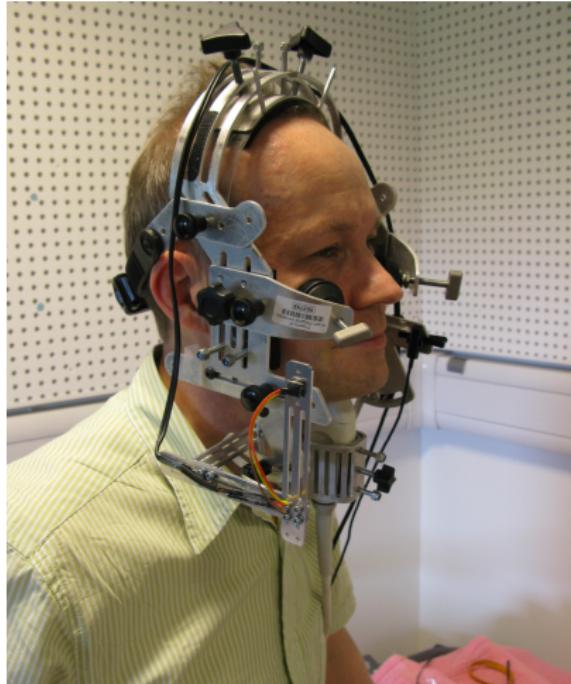


# Rajoituksia III: Menetelmä ja ihmiset

Anturin vakauttamiseen käytetään erilaisia menetelmiä.

Tutkimustyössä niistä ehkä yleisin on kypärä.

Vanha kypärä – painaa paljon



Uusi kypärä – paljon kevyempi



## Rajoituksia IV: Osallistujien valinta

- ▶ Pienet lapset eivät voi käyttää kypärää ja lapsia ylipäätä on vaikea motivoida olemaan riittävän paikoillaan.
- ▶ Anturia voidaan pitää kädessä, mutta käsin vakautettu data on vaikeampaa analysoida.
- ▶ Suuripäiset, erityisesti suurikieliset ihmiset kuvantuvat huonosti.
- ▶ Suuri määrä rasvakudosta leuan alla tekee kuvantamisesta haastavaa.
- ▶ Ikä lisää kiinnikkeiden määrää mm. kielen sisällä. Kiinnikkeet aiheuttavat suttua kuvassa.

Kyselkää

## Kirjallisuutta ja kiitokset

- ▶ Steve Cowen: AAA:n käyttööapu ja kuva minusta.
- ▶ Felix Schaeffler: Iepakkokuva.
- ▶ Alan Wrench: AAA:n käyttööapu ja laitteistokuvat.
- ▶ Megan Diekhoff: Kliinisen tutkimuksen vinkit.