

## Galvas dabiskās pozīcijas stabilitātes mērījumi ar trīsdimensionālo sejas skenēšanu

Edmonda Niķe<sup>1</sup>, Signe Jončaуска<sup>2</sup>, Gundega Jākobsone<sup>2</sup>

edmonda.nike@inbox.lv

Rīgas Stradiņa universitāte, Latvija

<sup>1</sup> Zobu terapijas un mutes veselības katedra

<sup>2</sup> Ortodontijas katedra

### Kopsavilkums

Darba mērķis bija validēt metodi galvas dabiskās pozīcijas atkārtojamības noteikšanai sejas skenēšanas (trīsdimensionālas fotografēšanas) laikā un noteikt galvas pozīcijas stabilitāti atkārtotos mērījumos.

Četrdesmit studenti (20 sievietes un 20 vīrieši) tika atkārtoti fotografēti ar *3dMDface* sērijas sejas skeneri (*3dMD*, Atlanta, Džordžija, ASV). Ar *3dMDVultus* programmu skeni tika uzslāņoti šādos pāros: divi skeni ar un bez koriģētas galvas pozīcijas sagitālajā plaknē, iegūti divos atkārtotos izmeklējumos ar vismaz divu nedēļu intervālu; divi skeni, kuri iegūti, indivīdam brīvi turot galvu. Abi skenu pāri tika uzslāņoti, gan tikai translējot skenus, gan izmantojot rotācijas funkciju, lai novērtētu galvas rotāciju. Metodes atkārtojamība tika pārbaudīta ar starpklašu korelācijas koeficientu.

Starpklašu korelācijas koeficients bija robežās no 0,968 (*glabella* – izvirzītākais jeb prominētākais (angļu val. *prominent*) punkts uz viduslīnijas starp uzacīm) līdz 0,561 (iekšējais labais acs kaktiņš). Uzslāņojot pirmajā skenēšanas sesijā iegūtos attēlus, tika konstatēta statistiski ticama vidējā atšķirība starp skenēm zoda punktā –  $1,7 \pm 3,3$  mm, TI 0,1–2,2 mm ar koriģētu un nekoriģētu galvas rotāciju. Šī atšķirība netika konstatēta otrajā skenēšanas sesijā, kā arī uzslāņojot skenus, kuri tika iegūti, indivīdiem turot galvu dabiskā galvas pozīcijā abos izmeklējumos. Atšķirības starp skenēm sejas laterālajos punktos bija sporādiskas un nenozīmīgas visos uzslāņojumos. Tajā pašā laikā 20 % indivīdu labajā un 35 % – kreisajā pusē tika atrastas klīniski nozīmīgas izmaiņas galvas pozīcijā starp diviem izmeklējumiem.

**Secinājumi.** Starpklašu korelācijas koeficients svārstījās starp ļoti augstu un vidēju, un tas liecina, ka darbā izmantotā uzslāņošanas metode ir vidēji precīza. Kopumā ņemot, galvas dabiskā pozīcija ir stabila, taču vienai trešdaļai indivīdu tā ir mainīga klīniski nozīmīgā apjomā. Visnestabilākā tā ir sagitālajā plaknē. Tas būtu jāņem vērā, analizējot secīgus trīsdimensionālos skenus bērniem ar iedzimtu vai iegūtu asimetriju, kā arī plānojot ortognātisku ķirurģisku operāciju.

*Atslēgvārdi:* naturālā galvas pozīcija, trīsdimensionālā sejas skenēšana.

## Ievads

Tiek uzskatīts, ka indivīdi neapzināti tur galvu vienā un tajā pašā pozīcijā, kuru sauc par galvas dabisko pozīciju. Galvas dabisko pozīciju kā “stabilu fizioloģisku pozīciju, kurā, cilvēkam stāvot, viņa vizuālā ass ir horizontāla”, pirmo reizi 1862. gadā aprakstīja Broka (*Broca*, 1862). Tradicionāli galvas dabiskās pozīcijas mērījumus veica rentgenoloģiskajās cefalogrammās (*Achilleos, Krogstad and Lyberg*, 2000; *Cooke and Wei*, 1988; *Huggare*, 1989, 1993; *Lundström et al.*, 1995; *Moorrees and Kean*, 1958; *Solow and Siersbaek-Nielsen*, 1992; *Vig, Showfety and Philips*, 1980; *Weber, Fallis and Packer*, 2013). To var veikt laterālajā projekcijā, un tad galvas pozīciju raksturo leņķis starp galvaskausa pamatnes līniju no *sella* punkta (spārnkaula sedlveida izauguma viduspunkta) līdz *nasion* (dziļākajam deguna saknes punktam) un perpendikulāri grīdai novilkto vertikālu līniju (angļu val. *true vertical*).

Frontālajā plaknē naturālo galvas pozīciju nosaka starp sejas vidusplakni un vertikālo līniju (*Huggare*, 1989). Tiek uzskatīts, ka galvas pozīcija ir stabila, un variācijas starp mērījumiem divos dažādos laika punktos ir no 1,1 līdz 2,2 grādiem sagitālajā plaknē (*Cooke and Wei*, 1988; *Huggare*, 1993; *Lundström et al.*, 1995; *Moorrees and Kean*, 1958; *Weber, Fallis and Packer*, 2013). Savukārt frontālajā plaknē galvas pozīcija ir ļoti stabila – 1,2 grādi (*Huggare*, 1989), jo, skatoties spogulī, indivīds instinktīvi koriģē savu galvas pozīciju.

Galvas pozīciju katram indivīdam nosaka vairāki faktori, piemēram, augšējo elpošanas ceļu caurlaidība (*Weber, Fallis and Packer*, 2013), kas var mainīties ortognātisko operāciju ietekmē (*Achilleos, Krogstad and Lyberg*, 2000). Ir atrasta saistība starp kraniofaciālo morfoloģiju un galvas pozīciju (*Solow and Siersbaek-Nielsen*, 1992).

Ar tradicionālajām metodēm ir bijis iespējams noteikt galvas pozīciju divās plaknēs, neņemot vērā rotāciju ap y asi. Turklāt katram izmeklējumam bija nepieciešami divi rentgena attēli, un tas ir saistīts ar apstarojumu, bet, lai noteiktu galvas dabiskās pozīcijas atkārtojamību, – pat četri rentgenoloģiskie izmeklējumi.

Līdz ar trīsdimensionālo tehnoloģiju attīstību galvas pozīciju ir iespējams noteikt trīs plaknēs. Kustību trīs dimensijās ir pieņemts apzīmēt kā “*pitch*” (rotācija ap x asi), “*yaw*” (rotācija ap y asi) un “*roll*” (rotācija ap z asi). Trīsdimensionālo kraniofaciālo attēlu iegūšanas metodes radīja pastiprinātu interesi par galvas pozīcijas atkārtojamību trīs plaknēs (*Damstra, Fourie and Ren*, 2010).

Pētījumu, kas ļautu validēt galvas dabiskās pozīcijas iegūšanas metodi konusa staru datortomogrāfiskajiem (KSDT) izmeklējumiem, ir grūti realizēt, jo tas ir saistīts ar pastiprinātu apstarojumu. *Cevidanes* un līdzautori (2009) galvas dabisko pozīciju piedāvāja noteikt *post factum*, orientējot galvas KSDT, izmantojot simulētas galvas dabiskās pozīcijas tehniku un trīsdimensionālās intrakraniālās references plaknes. Nav zināms, cik lielā mērā šī metode ataino reālo pacienta galvas pozīciju trīs dimensijās, taču šīs metodes modifikācija tiek izmantota Rīgas Stradiņa universitātes Stomatoloģijas institūtā, lai imitētu galvas pozīciju, plānojot “*yaw*” un “*roll*” pārvietojumus ortognātiskas ķirurģiskas operācijas gadījumā.

*Xia* un līdzautori (2011) izmantoja speciālu aparatūru, ko pacients turēja mutē un kas noteica galvas dabiskās pozīcijas koordinātes, un uzņēma trīsdimensionālu fotoattēlu. Aparatūra šo informāciju automātiski nosūtīja uz datoru, tādējādi mazinot operatora kļūdu, taču bija arī divi būtiski trūkumi: aparatūras smagums varēja mainīt galvas pozīciju un, ņemot vērā, ka tā tika turēta mutē, – arī attēla konfigurāciju.

## Darba mērķis

1. Validēt metodi galvas dabiskās pozīcijas atkārtojamības noteikšanai sejas skenēšanas (trīsdimensionālas fotografēšanas) laikā.
2. Noteikt galvas pozīcijas stabilitāti atkārtotos mērījumos.

## Materiāls un metodes

Šis ir prospektīvs kohorta pētījums, kura mērķpopulācija ir Rīgas Stradiņa universitātes studenti. Atļauja pētījuma veikšanai tika iegūta Rīgas Stradiņa universitātes Ētikas komisijā. Pētījumā tika iekļauti visi studenti, kuri piekrita piedalīties. Pēc pirmās atlasas bija ievērojami vairāk sieviešu, tāpēc papildus uzrunāti vīriešu dzimtes studenti no jaunākajiem kursiem, līdz tika sasniegts vienāds abu dzimumu indivīdu skaits. Izslēgšanas kritēriji netika piemēroti. Pētījuma grupa sastāvēja no 40 studentiem – 20 sievietēm un 20 vīriešiem.

Indivīdi tika skenēti divās sesijās, katrā sesijā divas reizes. Pirms pirmās skenēšanas galvas dabiskā pozīcija tika noteikta sagītālajā plaknē ar vispārpieņemtu un validētu metodi, izmantojot speciāla dizaina līmeņrādi (turpmāk – līmeņrādi), kas ar līmlenti piestiprināts pie indivīda deniņiem (Huggare, 1989). Šāda tipa līmeņrādis tika izmantots oriģinālajā Hugares (Huggare, 1989) pētījumā, un to šī pētījuma veikšanai uzdāvināja Oulu Universitāte. Pēc tam pētījuma subjektiem tika veiktas divas secīgas sejas skenēšanas (fotografēšanas). Pirmajā gadījumā galvas pozīciju sagītālajā plaknē atbilstoši līmeņrādim koriģēja fotogrāfs, otrajā gadījumā galvas pozīciju indivīds varēja pats brīvi izvēlēties. Šī procedūra tika atkārtota pēc divām nedēļām. Visus sejas trīsdimensionālos attēlus ieguva viens un tas pats fotogrāfs.

Datu iegūšanai tika izmantota trīsdimensionālās stereofotogrammetrijas metode. Visi trīsdimensionālie attēli (skeni) tika iegūti ar *3dMD* firmas *3dMDface* sērijas sejas skeneri (*3dMD*, Atlanta, Džordžija, ASV), kura darbība ir balstīta uz stereofotogrammetrijas un strukturizētās gaismas metožu apvienojumu. Tā ir sistēma, kas sastāv no trīs kameru komplektiem. Katrā komplektā ir viena infrasarkanās gaismas kamera un trīs redzamās gaismas kameras. Laikā, kad uz indivīda sejas tiek mērķēti dažādi gaismas stari, no dažādiem rakursiem tiek uzņemti fotoattēli. Izvietojot kameras vairākās vietās ap indivīdu, var izveidot 180° sejas attēlu no vienas auss līdz otrai. Attēla dati tiek iegūti apmēram 1,5 milisekunžu laikā.

Attēlu apstrādei tika izmantota *3dMDVultus (3dMD)* programma. Pirms secīgo attēlu uzslāņošanas fotogrāfs datorprogrammā apstrādāja attēlu, noņemot attēla detaļas ārpus sejas ovāla, bet atstājot ausis. Tas ir nepieciešams, lai otrajā etapā, kad programmatūra automātiski uzslāņo attēlu, mazinātos artefaktu veidošanās iespēja.

Tika uzslāņoti šādi attēli:

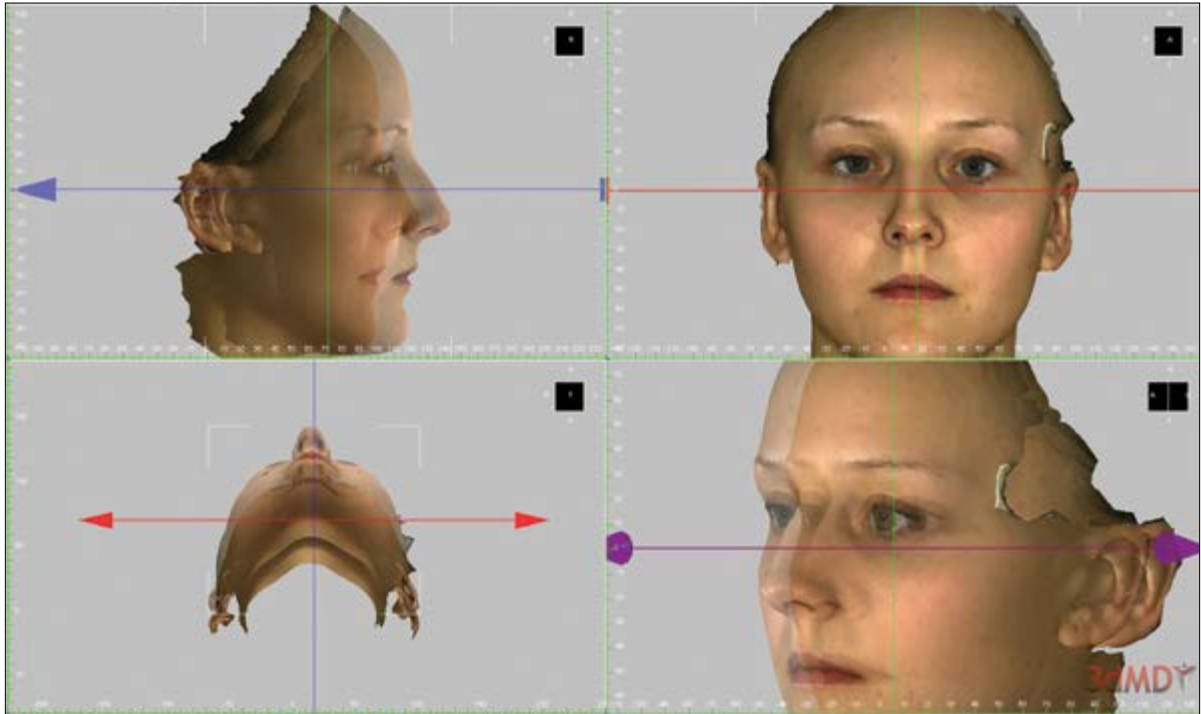
- divu attēlu pāri, kuri tika iegūti tajā pašā dienā. Attēls, kurš iegūts, koriģējot galvas pozīciju atbilstoši līmeņrādim, tika uzslāņots uz attēla, kurš uzņemts, studentam brīvi turot galvu. Šādi noteica, vai indivīds pēc īsa laika spriža spēj reproducēt savu galvas pozīciju, īpaši sagītālajā plaknē;
- abi attēli, kuri tika iegūti ar divu nedēļu intervālu un kuros students brīvi pozicionēja galvu. Šādi novērtēja, cik stabila ir galvas dabiskā pozīcija, nosakot to atkārtoti pēc ilgāka laika.

Sākumā attēli šajā secībā tika ielādēti saskarnē (interfeisā), kas nodrošināja četrus apskates logus. Trīs logos programmatūra ievietoja attēlus savstarpēji perpendikulārās plaknēs, bet ceturto apskates plakni lietotājs varēja pats izvēlēties (sk. 1. att.). Datora peles funkcija atļāva attēlus palielināt un pārvietot logos.

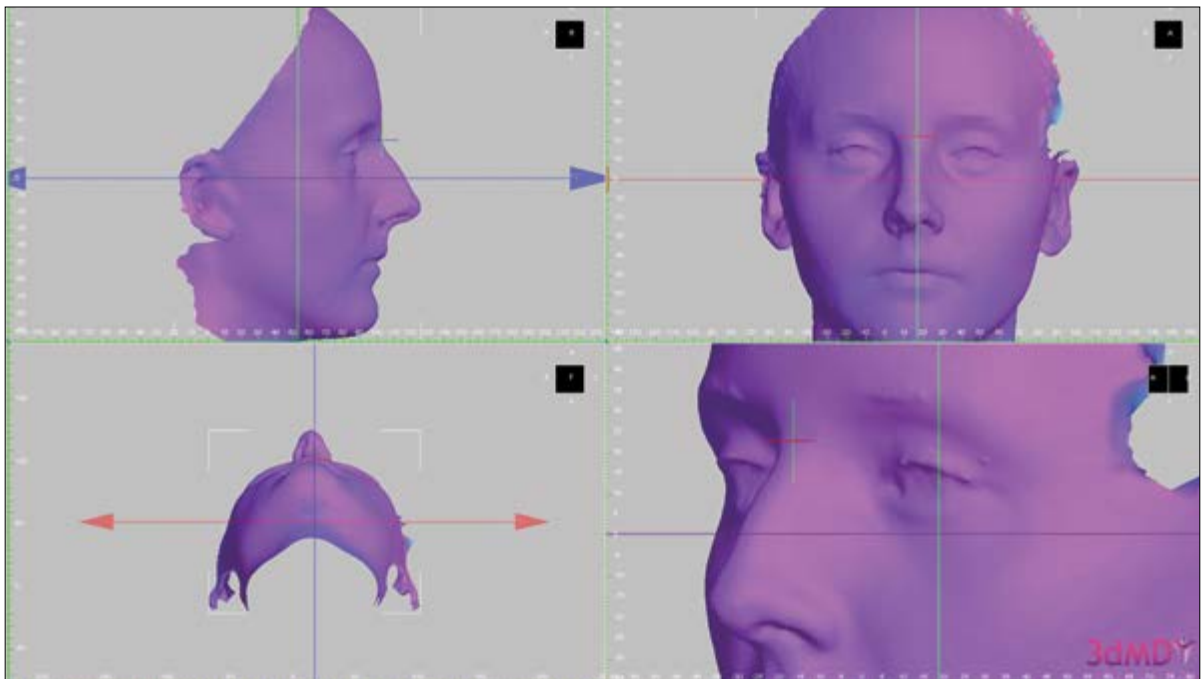
Sākotnēji attēli tika pārvietoti ar ieslēgtu “*lock rotation*” funkciju, kas ļāva attēlus translēt, bet ne rotēt. Pārmaiņus tika pārvietots viens vai otrs attēls atkarībā no tā, cik skaidras bija sejas struktūras. Attēls, kurš tika pārvietots, apzīmēts kā “darba attēls”, un tā caurspīdīgums nostādīts 50–80 % robežās. Attēli tika uzslāņoti katrā plaknē atsevišķi, vienlaikus kontrolējot to pozīciju pārējās plaknēs. Attēli uzslāņoti ar subjektīvu “*best fit*” metodi, kā atskaiti izmantojot acu kontūru, zīlītes, sejas ārējo kontūru aksiālajā plaknē, sejas zīmes (piemēram, dzimumzīmes) u. c. Attēli bija jāuzslāņo iespējami precīzi, taču vistuvāk tiem bija jāatrodas iekšējā acs kaktiņa, deguna saknes (*nasion*) un *glabella* (sk. tālāk) punktā.

Kad attēli, pēc pētnieka domām, bija pietiekami precīzi uzslāņoti, tie tika savstarpēji reģistrēti un starp tiem katrā punktā tika izmērīts attālums (sk. 2. att.). Par maksimāli pieļaujamo attālumu noteica 0,5 mm. Ja attālums starp attēliem šajos punktos pārsniedza 0,5 mm, uzslāņošanas procedūra tika atkārtota. Ja pēc vairākiem mēģinājumiem tas nebija iespējams un tika konstatēts, ka indivīds ir pārāk pagriezis galvu, attēli tika uzslāņoti un vēlāk reģistrēti tā, lai attālums starp *nasion* un labāk saskatāmo iekšējā acs kaktiņa punktu nepārsniegtu 0,5 mm.

1. attēls. 3dMDVultus programmas logi, kuros tiek uzslāņoti secīgi sejas skeni (rotācijas iespēja ir atslēgta)  
Interface of 3dMDVultus software, where the scans were superimposed (“lock rotation” function is enabled)



2. attēls. 3dMDVultus programmas logi: pēc skenu reģistrēšanas tiek mērīts attālums starp skenēm noteiktos sejas punktos  
Interface of 3dMDVultus software after registration of two scans: the distances between the scans are measured at the reference points



Otrajā etapā “*lock rotation*” funkcija tika atslēgta un attēli tika reģistrēti, izmantojot programma-tūras funkciju, kas ļauj pēc interaktīvā tuvākā punkta algoritma (*Iterative Closest Point Algorithm, ICPA*) uzslāņot divas virsmas. Kā uzslāņošanas laukums tika izmantota pierē.

Starp reģistrētajām virsmām attālums tika noteikts šādos punktos:

*glabella (gl)* – izvirzītākais (angļu val. *prominent*) punkts jeb punkts uz viduslīnijas starp uzacīm;

*nasion (n)* – dziļākais deguna saknes punkts;

*endocanthion (enL, enR)* – iekšējais (kreisais un labais) acs kaktiņš;

*pronasale (prn)* – degungala izvirzītākais punkts;

*subnasale (sn)* – deguna pamatnes viduspunkts;

*alare (al L, al R)* – deguna (kreisā un labā) spārna izvelvētākais punkts;

*pogonion (pog)* – zoda izvirzītākās zonas viduspunkts;

*ear (ear L, ear R)* – auss ļipiņas (kreisās un labās) priekšējās malas apakšējais punkts.

Punkti tika lokalizēti, kontrolējot to pozīciju vienlaikus visos četros logos. Ceturtajā logā parasti tika izvēlēts attiecīgās puses slīpais sānskats. Punktus lokalizēja un mērījumus nolasīja viens un tas pats pētnieks. Metodes uzticamība un operatora spēja precīzi atkārtot attēlu uzslāņošanas procedūru un reproducēt punktu atrašanās vietas tika pārbaudīta ar metodes precizitātes testu. Tam tika nejauši atlasīti 20 attēlu pāri, kuriem vismaz pēc divām nedēļām vēlreiz veikta uzslāņošanas procedūra un noteikts attālums starp attēliem atskaites punktos.

Datu statistiskajai apstrādei izmantota programma *IBM SPSS Statistics*. Metodes uzticamības pārbaudei tika noteikta starpklašu korelācija.

Datu analizē tika izmantota aprakstošā statistika. Lai noteiktu galvas rotāciju starp diviem secīgiem pētījumiem, tika izmantots pāru *t* tests (par statistiski nozīmīgu atšķirību tika uzskatīta tā, kurā *p* vērtība bija < 0,05).

## Rezultāti

Starpklašu korelācijas koeficients bija robežās no 0,968 (*glabella*) līdz 0,561 (iekšējais labais acs kaktiņš).

Salīdzinot vidējos attālumus starp skenēm, kuri iegūti ar un bez galvas korekcijas sagittalajā plaknē (sk. 1. tab.), neņemot vērā rotācijas un tās koriģējot, statistiski ticama atšķirība (*p* < 0,05) tika novērota šādos punktos:

- uzslāņojot pirmajā skenēšanas sesijā uzņemtos attēlus: *pogonion* –  $1,7 \pm 3,3$  mm (TI 0,1–2,2 mm), deguna labā spārna punktā –  $0,3 \pm 0,9$  mm (TI 0,0–0,6 mm), deguna kreisā spārna punktā –  $0,4 \pm 1,1$  mm (TI 0,0–0,7 mm);
- uzslāņojot otrajā skenēšanas sesijā uzņemtos attēlus: tikai deguna kreisā spārna punktā –  $0,5 \pm 1,6$  mm (TI 0,0–1,0 mm).

Salīdzinot uzslāņotos skenus, kuros bija brīva galvas pozīcija ar un bez rotācijas kompensācijas, statistiski ticamas atšķirības netika atrastas.

Lai identificētu, kā indivīdi spēja reproducēt savu galvas pozīciju trīs dimensijās, skeni, kuri iegūti bez galvas pozīcijas korekcijas, tika uzslāņoti un starpība izteikta absolūtos skaitļos. Tika uzskaitīti indivīdi, kuriem atšķirība bija klīniski nozīmīga (> 2 mm). Atšķirība starp skenēm noteikta punktos, kuri netika atzīmēti kā atskaites punkti (sk. iepriekš). Attālums starp skenēm dažādos punktos ir aplūkojams 3. attēlā.

1. tabula. Attālums starp uzslāņotiem trīsdimensionāliem sejas skeniem, kuri iegūti dažādos laikposmos  
Distances between the superimposed 3-dimensional facial scans obtained at different time points

Sejas punkts	Pirmais mērījums ar un bez koriģētas galvas dabiskās pozīcijas			Otrais mērījums ar un bez koriģētas galvas dabiskās pozīcijas			Atšķirība starp diviem mērījumiem galvas dabiskajā pozīcijā		
	Bez rotācijas korekcijas, mm ± SN	Ar rotācijas korekciju, mm ± SN	Atšķirība (95% TI), mm	Bez rotācijas korekcijas, mm ± SN	Ar rotācijas korekciju, mm ± SN	Atšķirība (95% TI), mm	Bez rotācijas korekcijas, mm ± SN	Ar rotācijas korekciju, mm ± SN	Atšķirība, (95% TI), mm
<b>Atskaites punkti sejas skenu uzslāņošanai</b>									
<i>Glabella</i>	-0,1 ± 0,5	0,0 ± 0,2	-0,1 (-0,3-0,0)	-0,1 ± 0,7	-0,1 ± 0,2	-0,5 (-0,3-0,2)	0,0 ± 0,4	0,1 ± 0,8	0 (-0,6-0,6)
<i>Nasion</i>	0,0 ± 0,3	0,0 ± 0,2	0,0 (-0,1-0,1)	0,0 ± 0,3	-0,1 ± 0,4	0,1 (-0,1-0,3)	0,0 ± 0,6	0,0 ± 0,3	0,1 (-0,2-0,3)
<i>Endoanthion L</i>	0,2 ± 0,5	0,0 ± 0,3	0,2 (0,0-0,3)	0,0 ± 0,6	0,0 ± 0,4	0,0 (-0,2-0,2)	-0,1 ± 0,7	0,4 ± 2,3	-0,5 (-1,3-0,3)
<i>Endoanthion R</i>	0,0 ± 0,4	0,0 ± 0,4	-0,1 (-0,2-0,1)	0,1 ± 0,6	0,0 ± 0,4	0,1 (-0,1-0,3)	0,2 ± 0,8	0,4 ± 2,1	-0,2 (-1,0-0,3)
<b>Mainīgie punkti</b>									
<i>Pronasale</i>	0,0 ± 0,9	-0,2 ± 0,4	0,2 (-0,1-0,5)	0,0 ± 1,3	-0,5 ± 1,6	0,4 (-0,2-1,1)	-0,7 ± 1,9	-1,1 ± 5,1	-0,4 (-1,3-2,2)
<i>Subnasale</i>	0,1 ± 0,8	-0,1 ± 0,5	0,3 (-0,1-0,6)	0,1 ± 1,0	-0,1 ± 0,4	0,2 (-0,1-0,6)	-0,2 ± 1,0	-0,7 ± 3,2	0,4 (-0,6-1,5)
<i>Pogonion</i>	0,6 ± 2,8	-0,5 ± 2,2	1,2* (0,1-2,2)	0,2 ± 3,1	-0,9 ± 3,1	1,0 (-0,3-2,3)	-0,8 ± 4,4	-1,1 ± 5,6	0,2 (-2,1-2,6)
<i>Alare L</i>	0,2 ± 0,9	-0,1 ± 0,5	0,4* (0,0-0,7)	0,2 ± 0,8	-0,3 ± 1,4	0,5* (0,0-1,0)	-0,2 ± 1,3	-0,6 ± 2,4	0,4 (-0,4-1,3)
<i>Alare R</i>	0,2 ± 0,8	-0,1 ± 0,6	0,3* (0,0-0,6)	0,2 ± 0,8	0,0 ± 0,4	0,6 (-0,1-0,5)	-0,1 ± 1,2	0,1 ± 0,9	-0,2 (-0,6-0,2)
<i>Ear L</i>	0,7 ± 2,5	0,1 ± 0,8	0,7 (-0,2-1,5)	0,4 ± 1,7	-0,1 ± 1,1	0,5 (-0,1-1,1)	-0,1 ± 3,0	0,7 ± 5,6	-0,7 (-2,8-1,3)
<i>Ear R</i>	0,0 ± 1,9	-0,1 ± 0,8	0,1 (-0,5-0,6)	-0,1 ± 1,6	-0,1 ± 0,8	-0,1 (-0,6-0,5)	0,0 ± 2,4	0,3 ± 1,4	-0,3 (-1,1-0,6)

\* p < 0,05.

SN - standartnovirze;

*glabella* - uz āru izvirzītākais punkts uz viduslīnijas starp uzacīm;

*nasion* - dziļākais deguna saknes punkts;

*endoanthion L* - kreisais iekšējais acs kaktiņš;

*endoanthion R* - labais iekšējais acs kaktiņš;

*pronasale* - degungala izvirzītākais punkts;

*subnasale* - deguna pamatnes viduspunkts;

*pogonion* - zoda izvirzītākās zonas viduspunkts;

*alare L* - deguna kreisā spārna izvelvētākais punkts;

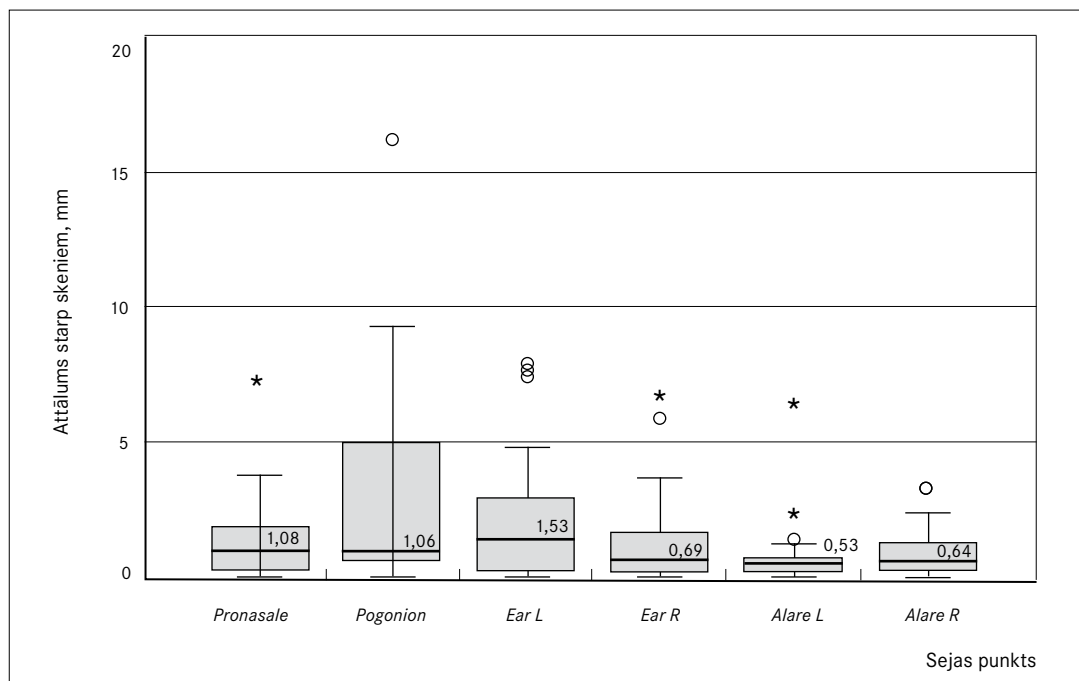
*alare R* - deguna labā spārna izvelvētākais punkts;

*ear L* - kreisās auss līpiņas priekšējās malas apakšējais punkts;

*ear R* - labās auss līpiņas priekšējās malas apakšējais punkts.

3. attēls. Atšķirības starp indivīdiem attiecībā uz galvas pozīcijas stabilitāti, kas noteikta starp diviem skeniem, kuri ir iegūti galvas dabiskajā pozīcijā ar divu nedēļu intervālu

Distribution of the individuals (box-plot) representing the differences between two scans obtained in natural head position with two weeks interval



*Pronasale* – degungala izvirzītākais punkts;

*pogonion* – zoda izvirzītākās zonas viduspunkts;

*ear left* – kreisās auss ļipiņas priekšējās malas apakšējais punkts;

*ear right* – labās auss ļipiņas priekšējās malas apakšējais punkts;

*alare left* – deguna kreisā spārna izvelvētākais punkts;

*alare right* – deguna labā spārna izvelvētākais punkts.

Klīniski nozīmīga atšķirība starp diviem skeniem *pogonion* punktā tika novērota 15 (37,5 %) indivīdiem. Kopumā atšķirība bija robežās no 0,5 līdz 16,1 mm, un 10 indivīdiem tā bija lielāka par 4 mm. Citā viduslīnijas punktā – *pronasale* – klīniski nozīmīga atšķirība starp diviem skeniem tika novērota astoņiem (20 %) indivīdiem. Šī atšķirība bija robežās no 0 līdz 7,2 mm, un vienam indivīdam tā bija lielāka par 4 mm.

Laterālajos punktos, kas atrodas malā (auss punktos), novērota klīniski nozīmīga atšķirība 20 % indivīdu labajā un 35 % – kreisajā pusē, un tas liecina, ka indivīdi galvu rotē nesimetriski (biežāk uz kreiso pusi). Tuvākajos laterālajos (deguna spārna) punktos klīniski nozīmīga atšķirība novērota relatīvi retāk: 7,5 % indivīdu labajā pusē un 5 % – kreisajā pusē.

## Diskusija

Starpklašu korelācijas koeficients bija robežās starp 0,968 un 0,561, un tas liecina, ka metode ir vidēji precīza, tajā pašā laikā atšķirības starp skeniem ir ļoti mazas (sk. 1. tab.), līdz ar to pat nolasījuma kļūda 0,5 mm var veidot statistiski nozīmīgas atšķirības. Pirms šī pētījuma līdzīgi nav veikti, tādēļ metodes precizitāti nav iespējams salīdzināt ar citiem pētījumiem. Starpklašu korelācijas koeficients tradicionāli tiek izmantots līdzīgos gadījumos, kad tiek noteikta punktu lokalizācijas precizitāte trīsdimensionālos skenos, taču, iespējams, noderīgāka būtu Dālberga kalkulācija.

Izvēlētie atskaites punkti (iekšējie acu kaktiņi) trīsdimensionālo attēlu uzslāņošanai tiek uzskatīti par viegli lokalizējamiem. *Nasion* tiek uzskatīts par punktu, kuru ir iespējams lokalizēt ar vidēju precizitāti, kaut gan uz x ass tas ir neprecīzāks. No visiem punktiem *glabella* ir visneprecīzākais, bet arī šim punktam visgrūtāk nosakāmajā lokalizācijā (uz y ass) kļūda nepārsniedz 1 mm (*Aldridge et al.*, 2005). Vairākos pētījumos trīsdimensionālās fotogrāfijas tika uzņemtas, pacientam skatoties spogulī (*Xia et al.*, 2011). Mūsu pētījumā tas ar nolūku netika darīts, jo frontālajā plaknē indivīdi, skatoties uz sevi spogulī, cenšas koriģēt galvas pozīciju atbilstoši atspulgam (*Huggare*, 1989). Savukārt “pitch” kustībai (rotācijai ap x asi) tradicionāli tiek izmantots spogulis, lai iegūtu klasisko pozīciju, kurā pacients, atrodoties līdzsvara stāvoklī, skatās tālumā. Šī galvas pozīcija tika pārnesta uz pirmā fotoattēla uzņemšanas brīdi, izmantojot līmeņrādi.

Mūsu pētījumā galvas rotācijai *pogonion* punktā statistiski ticama atšķirība tika atrasta, salīdzinot skenus, kuri iegūti ar galvas pozīcijas “pitch” korekciju un bez tās, kā arī klīniski ticama atšķirība, ja salīdzināja attēlus, kuri iegūti bez galvas pozīcijas korekcijas. Abos gadījumos vidējā atšķirība bija aptuveni 2 mm.

Vēbers un līdzautori (*Weber, Fallis and Packer*, 2013) izmantoja KSDT aparātu, lai iegūtu perpendikulāras references līnijas (horizontālu references līniju sagitālajā plaknē un vertikālu references līniju frontālajā plaknē), pacientam skatoties spogulī. Šīs references līnijas tika atzīmētas trīsdimensionālajās fotogrāfijās. Atkārtoti izmeklējumi vienas nedēļas laikā liecināja, ka indivīdi visneprecīzāk galvu atkārtoti pozicionē sagitālajā plaknē (“pitch” – rotācija ap x asi) – aptuveni 1,5 mm, galvas pozīcijai aksiālajā plaknē (“yaw” – rotācija ap y asi) atšķirība bija aptuveni 1,1 mm un galvas pozīcijai koronālajā plaknē (“roll” – rotācija ap z asi) – aptuveni 0,5 mm. Šīs atšķirības bija statistiski ticamas, savukārt atšķirības starp mērījumiem dažādos laika punktos tajā pašā plaknē nebija statistiski nozīmīgas. Autori secināja, ka vismazākā variabilitāte pastāv, indivīdam pozicionējot galvu koronālajā plaknē, bet vislielākā – sagitālajā, taču kopumā galvas pozīcija trīs plaknēs ir stabila. Šī pētījuma dati sasauca ar Vēbera un līdzautoru (*Weber, Fallis and Packer*, 2013) atradēm, kaut arī metodoloģija un pētītie aspekti atšķiras.

Mūsu pētījumā 35 % indivīdu tika novērota izteikta atšķirība kreisajā auss punktā starp attēliem, kas iegūti, brīvi turot galvu. Šo atšķirību var saistīt gan ar rotāciju ap y asi, gan ap z asi. Huggare (*Huggare*, 1989) savā pētījumā novēroja, ka, kaut gan pacienti koriģēja savu sejas pozīciju, kompensējot pozīciju ar “roll” kustību, otrā kakla skriemeļa noliece netika koriģēta – tā saglabāja aptuveni divu grādu nolieci attiecībā pret horizontālo plakni, un gandrīz visiem subjektiem šī noliece bija pa labi.

Koronālajā plaknē galvas pozīciju nodrošina lielu muskuļu grupas, kuras normāli pieļauj tikai nelielu fleksiju vai ekstensiju ap centrālo vertikālo asi. Dažreiz šiem muskuļiem var būt patoloģiskas novirzes, kā, piemēram, greizā kakla (*torticollis*) vai skoliozes gadījumā, kas rada novirzi stājā un eventuāli – kraniofaciālajā attīstībā. Fizioloģisko galvas pozīciju koronālajā plaknē nosaka vestibulookulārais un vestibulospinālais reflekss, bet aksiālajā un sagitālajā plaknē – vestibulokolliskais reflekss (*Brodal and Pompeiano*, 1972). Vestibulārā sistēma regulē cervikokollisko refleksu.

Lai nodrošinātu stabilu galvas pozīciju sagitālajā plaknē, nepieciešama pozīcijas atmiņa, muskuļu tonuss, muskuļu atmiņa un redzes kontrole, tāpēc, reģistrējot galvas dabisko pozīciju sagitālajā plaknē, tika izmantots spogulis un pirmajā skenēšanas reizē galvas pozīcija tika koriģēta pēc iepriekš noteiktās galvas pozīcijas. Lielākajai daļai indivīdu galvas dabiskā pozīcija bija stabila, un viņi spēja to atkārtot bez redzes kontroles.

Galvas dabiskās pozīcijas mērījumi trīs dimensijās var būt nozīmīgi, novērtējot sejas augšanu un attīstību bērniem ar dažādām stājas patoloģijām (greizo kaklu, skoliozi), kā arī plānojot ortognātiskās operācijas. Šis projekta daļas laikā iegūtās trīsdimensionālās fotogrāfijas var izmantot kā datu bāzi, no kuras var sintezēt konkrētas populācijas “vidējo seju”, kas var kalpot kā reference ortognātisko un sejas rekonstrukciju plānošanai, kā arī operāciju rezultātu novērtēšanai.



## Secinājumi

1. Starpklašu korelācijas koeficients svārstījās starp ļoti augstu un vidēju, un tas liecina, ka darbā izmantotā uzslāņošanas metode ir vidēji precīza.
2. Izmeklētajā populācijā galvas pozīcija bija stabila gan atkārtotos mēģinājumos tajā pašā sesijā, gan to nosakot ar vismaz divu nedēļu intervālu.
3. Aptuveni vienai trešdaļai indivīdu novēroja klīniski nozīmīgas atšķirības galvas pozīcijas mērījumos, kuri iegūti ar vismaz divu nedēļu intervālu.
4. Iespējamā variabilitāte ir jāņem vērā, analizējot secīgus sejas skenus vai plānojot ortognātisku ķirurģisku operāciju.



## Reproducibility of Natural Head Position Assessed with 3-dimensional Facial Scanning

### Abstract

The aims of the study were (1) to validate the method for assessment of reproducibility of natural head position (NHP) assessed with 3-dimensional facial scanning and (2) to assess stability of natural head position in repeated measurements.

40 dental students (20 male and 20 female) were scanned with stereophotogrammetry equipment (3dMD, Atlanta, GA, USA) on two occasions with at least a 2-week interval. By the means of 3dMDVultus software, the facial scans were superimposed in the following order: the scan with corrected head position in the sagittal plane was superimposed on the scan obtained with an individual standing in NHP. Thus, two pairs of scans taken in the repeated sessions were superimposed. Later both scans taken in NHP were superimposed. All scans were superimposed both by translation and rotation in order to assess the changes in head positions. The validity of the method was assessed with the Intraclass correlation coefficient.

The Intraclass correlation coefficient was in the range between 0.968 (*glabella*) and 0.561 (inner right *canthus*). A statistically significant difference was found at pogonion point  $1.7 \pm 3.3$  mm, CI 0.1–2.2 mm between the scans obtained during the 1<sup>st</sup> session with and without corrected head position in the sagittal plane. No difference was found during the 2<sup>nd</sup> scanning session or when the scans obtained in NHP were superimposed. In lateral facial points, the differences between scans were not significant and were sporadic. However, 20–35 % of the individuals exhibited clinically significant differences between the scans obtained in NHP.

The Intraclass correlation coefficient ranged between very strong and moderate, indicating medium reproducibility of the method. Although in general the head position was stable, one third of the individuals had clinically significant variation in NHP. That should be taken into consideration when evaluating sequential facial scans of children with congenital or acquired facial asymmetries or planning orthognathic surgery.

*Keywords:* natural head position, 3-dimensional facial scanning.

### Literatūra

1. Achilleos, S., Krogstad, O. and Lyberg, T. 2000. Surgical mandibular setback and changes in uvuloglossopharyngeal morphology and head posture short and long term cephalometric study in males. *European Journal of Orthodontics*. 22(4), 383–394.
2. Aldridge, K., Boyadjiev, S. A., Capone, G. T., DeLeon, V. B. and Richtsmeier, J. T. 2005. Precision and error of three-dimensional phenotypic measures acquired from 3dMD photogrammetric images. *American Journal of Medical Genetics*. 138A(3), 247–253.

3. Broca, M. 1862. Sur les projections de la tête, et sur un nouveau procédé de céphalométrie. *Bulletin et Memories de la Societe d'Anthropologie de Paris*. 3, 514-544.
4. Brodal, A. and Pompeiano, O. 1972. Basic aspects of central vestibular mechanisms. *Progress in Brain Research*. 37, 493-506.
5. Cevidanes, L., Oliveira, A., Motta, A., Phillips, C., Burke, B. and Tyndall, D. 2009. Head orientation in CBCT-generated cephalograms. *Angle Orthodontist*. 79(5), 971-977.
6. Cooke, M. S. and Wei, S. H. 1988. The reproducibility of natural head position: a methodological study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 93(4), 280-288.
7. Damstra, J., Fourie, Z. and Ren, Y. 2010. Simple technique to achieve a natural position of the head for cone beam computed tomography. *British Journal of Oral Maxillofacial Surgery*. 48(3), 236-238.
8. Huggare, J. 1989. Natural head position recording on frontal skull radiographs. *Acta Odontologica Scandinavica*. 47(2), 105-109.
9. Huggare, J. A. 1993. A natural head position technique for radiographic cephalometry. *Dentomaxillofacial Radiology*. 22(2), 74-76.
10. Lundström, A., Lundström, F., Le Bret, L. M. and Moorrees, C. F. 1995. Natural head position and natural head orientation: basic considerations in cephalometric analysis and research. *European Journal of Orthodontics*. 17(2), 111-120.
11. Moorrees, C. F. A. and Kean, M. R. 1958. Natural head position, a basic consideration in the interpretation of cephalometric radiographs. *American Journal of Physical Anthropology*. 16(2), 213-234.
12. Solow, B. and Siersbaek-Nielsen, S. 1992. Cervical and craniocervical posture as predictors of craniofacial growth. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 101(5), 449-458.
13. Vig, P. S., Showfety, K. J. and Philips, C. 1980. Experimental manipulation of head posture. *American Journal of Orthodontics*. 77(3), 258-268.
14. Weber, D. W., Fallis, D. W. and Packer, M. D. 2013. Three-dimensional reproducibility of natural head position. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 143(5), 738-744.
15. Xia, J. J., McGrory, J. K., Gateno, J., Teichgraeber, J. F., Dawson, B. C., Kennedy, K. A., Lasky, R. E., English, J. D., Kau, C. H. and McGrory, K. R. 2011. A new method to orient 3-dimensional computed tomography models to the natural head position: a clinical feasibility study. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 69(3), 584-591.