
REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT

Evaluarea ultrasonografică a țesuturilor moi orofaciale

PhD Student **Adela Ioana Chiorean (căs. Zimbran)**

PhD Coordinator **Prof.dr.Sorin Dudea**



UMF
UNIVERSITATEA DE
MEDICINĂ ȘI FARMACIE
IULIU HAȚIEGANU
CLUJ-NAPOCA

Cluj-Napoca 2016

CUPRINS

CUPRINS

INTRODUCERE	13
STADIUL ACTUAL AL CUNOAȘTERII	15
1. Anatomie	17
1.1. Parodonțiu	17
1.1.1. Gingie	17
1.1.2. Ligamente parodontale	18
1.1.3. Os alveolar	19
1.1.4. Cement	20
1.2. Mușchii aparatului dentomaxilar	20
1.2.1. Mușchii ridicători ai mandibulei- Maseter	21
1.2.2. Mușchii mimicii- Orbiculari ai gurii	21
1.2.3. Mușchii suprahioidieni	22
2. Examinări clinice și complementare	25
2.1. Parodonțiu	25
2.1.1. Examinare clinică	25
2.1.1.1. Sistem de sondare computerizat	26
2.1.2. Radiologie convențională	28
2.1.3. Microbiologie	28
2.2. Mușchii aparatului dentomaxilar	29
2.2.1. Examinare clinică	29
2.2.1.1. Inspecție	29
2.2.1.2. Palpare	29
2.2.2. Teste funcționale	30
2.2.2.1. Mușchii ridicători și coborători ai mandibulei	30
2.2.2.2. Orbiculari ai gurii	31
2.2.3. Electromiografie	31
3. Ultrasonografie	33
3.1. Aspecte generale	33
3.1.1. Definiție și aplicabilitate	33
3.1.2. Mecanism	33
3.1.3. Avantaje și dezavantaje	34
3.2. Ultrasonografie parodontală	35
3.3. Evaluarea ultrasonografică a mușchilor	38
CONTRIBUȚIE PERSONALĂ	41
1. Obiective generale	43
2. Studiul 1- Evaluarea ultrasonografiei de înaltă frecvență (40 MHz) în evaluarea țesuturilor parodontale. Studiu al fezabilității.	45
2.1. Introducere	45
2.2. Obiective	46
2.3. Materiale and metodă	46
2.4. Rezultate	50
2.5. Discuții	51
2.6. Concluzii	52
3. Studiul 2. Reproducibilitatea metodei ultrasonografice în evaluarea structurilor parodontale.	53
3.1. Introducere	53
3.2. Obiective	54
3.3. Material și metodă	54

3.4. Rezultate	57
3.5. Discuții	59
3.6. Concluzii	59
4. Studiul 3. Evaluarea ultrasonografică a modificărilor parodontale induse de deplasările ortodontice	61
4.1. Introducere	61
4.2. Obiective	62
4.3. Material și metodă	62
4.4. Rezultate	64
4.5. Discuții	67
4.6. Concluzii	69
5. Studiul 4. Ultrasonographic evaluation of masseter and orbicularis oris muscles in different vertical skeletal patterns.	71
5.1. Introducere	71
5.2. Obiective	72
5.3. Material și metoda	72
5.4. Rezultate	74
5.5. Discuții	
5.6. Concluzii	79
6. Study 5. Influența grosimii mușchilor suprahioidieni asupra clasei I și II scheletice. O abordare ultrasonografică.	83
6.1. Introducere	83
6.2. Obiective	84
6.3. Material și metodă	84
6.4. Rezultate	86
6.5. Discuții	88
6.6. Concluzii	89
7. Concluzii generale	89
8. Originalitatea și contribuția inovativă a tezei	91
REFERINȚE	93

Cuvinte cheie: ultrasonografie, țesuturi parodontale, maseter, orbicularis oris, mușchi suprahioidieni, deplasări dentare ortodontice, tipare verticale de creștere.

INTRODUCERE

Formularea unui diagnostic terapeutic în sfera medicinei dentare reprezintă cea mai importantă etapă în stabilirea unui plan de tratament corect. O anamneză minuțioasă și o examinare clinică atentă sunt imperative în formularea unui diagnostic corespunzător, însă de multe ori acestea nu oferă informații complete.

De-a lungul timpului și cu precădere în ultimele decenii, s-a acordat o atenție sporită examinărilor complementare, care întregesc tabloul clinic al semnelor și simptomelor, făcând posibilă înțelegerea complexității organismului uman. Astfel, examinările microbiologice, histologice, serologice și nu în ultimul rând imagistice au devenit unelte indispensabile în diagnosticarea precisă a cazurilor clinice.

În sfera ortodonției și ortopediei dentofaciale, cele mai utilizate examinări complementare sunt radiografiile cu raze roetgen, care oferă informații bidimensionale despre structurile dure ale complexului dento-maxilar: retroalveolare periapicale, ortopantomograme, teleradiografii antero-posterioare și laterale, ale articulației temporomandibulare. CBCT-ul este examinarea de elecție a structurilor mineralizate, oferind o imagine tridimensională a componentelor anatomice ale sistemului dento-maxilar, însă prețul ridicat îi limitează indicațiile terapeutice în practica

stomatologică. Cel mai mare dezavantaj al acestor examinări convenționale este generarea de radiație ionizantă, care poate fi nocivă pentru pacienți și ca atare nu poate fi folosită în mod abuziv.

De asemenea, evaluarea imagistică a țesuturilor moi orofaciale este utilizată doar în cazuri particulare, având indicații foarte precise și restrânse, cu ajutorul RMN-ului, tot din motive pecuniare.

Toate aceste neajunsuri se doresc a fi depășite cu ajutorul unei metode imagistice de mare acuratețe, noninvazivă, accesibilă și facilă, care să permită scanarea structurilor anatomice ale complexului orofacial în timp real- ultrasonografia.

Ecografia este utilizată frecvent în diferite ramuri ale medicinei generale, precum: oftalmologie, obstetrică și ginecologie, neurochirurgie, cardiologie, ortopedie, fizioterapie, pediatrie și oncologie, însă lipsește cu desăvârșire din contextul stomatologiei clinice. Prin aceasta metodă imagistică se pot obține date despre proprietățile mecanice ale țesuturilor orofaciale, care pot fi încadrate în contextul clinic în momentul efectuării investigației, ceea ce facilitează algoritmul diagnostic și terapeutic.

Pornind de la aceste premise, în cadrul acestei teze s-au efectuat următoarele studii clinice și experimentale:

1. Studiu al fezabilității Evaluarea ultrasonografică a țesuturilor parodontale pe mandibula de porc.
2. Evaluarea tesuturilor parodontale umane utilizand ultrasonografia de înaltă frecvență (40 MHz)
3. Modificările parodontale induse de deplasările ortodontice, observate ultrasonografic.
4. Corelația dintre tiparul vertical facial și grosimea a mușchilor maseter și orbicularis oris, determinată ecografic.
5. Proprietățile ecografice ale mușchilor suprahioidieni în cazul pacienților tineri cu retrognație mandibulară.

OBIECTIVE GENERALE

Obiectivul principal al tezei este introducerea unei metode diagnostice noi, accurate și noninvazive în sfera medicinei dentare. Cercetarea științifică s-a axat pe două direcții principale: evaluarea anatomiei și fiziologiei parodonțiului și caracteristicile mușchilor extremității cefalice în corelație cu dezvoltarea structurilor osoase și dentare.

Evaluarea structurile parodontale se realizează clinic și radiologic, neoferind informații suficiente despre modificările complexe care apar în timpul forțelor masticatorii și ortodontice.

Influența părților componente ale aparatului dentomaxilar asupra dezvoltării structurilor musculoscheletice nu este înțeleasă pe deplin. Majoritatea studiilor arată concluzii divergente în ceea ce privește etiologia anomaliilor dentomaxilare.

Din aceste motive, ultrasonografia, considerată o metodă simplă, non-invazivă și acurată, ar putea fi folosită cu succes în contextul clinic al examinării structurilor moi ale extremității cefalice.

CONTRIBUȚIA PERSONALĂ

Studiul 1. Evaluarea ultrasonografică de înaltă frecvență (40MHz) a țesuturilor parodontale

Obiective

Scopul acestui studiu a fost de a investiga posibilitatea utilizării metodei ultrasonografice de înaltă frecvență la nivelul structurilor parodontale. Ipotezele nule ale studiului au constat în: ultrasonografia de 40MHz nu poate oferi informații despre structurile parodontale și nu există corelație statistică semnificativă între sondarea parodontală și adâncimea ecografică a sulcusului.

Material și metodă

Aparatul de ultrasonografie folosit a fost Ultrasonix SonoTouch, cu o banda de frecvență de 40MHz. În studiu au fost incluși 4 voluntari cu țesuturi parodontale sănătoase. Pentru fiecare voluntar, s-a evaluat ultrasonografic suprafața vestibulară a celor 4 premolari inferiori. Un con de gutaperca (nr. 20) a fost folosit ca reper la nivelul șanțului gingival, pentru a putea determina următoarele distanțe: adâncimea șanțului gingival (D1), grosimea marginii gingivale libere (D2), diametrul spațiului periodontal (D3), lungimea fibrelor supracrestale (D4), înălțimea coroanei clinice (D5) și înălțimea coroanei anatomice (D6).

Rezultate

Imaginea ultrasonografică de 40 MHz a evidențiat osul cortical, coroana și rădăcina dentară, șanțul gingival și mucoasa fixă. Măsurătorile pentru D1 au variat între 1.2-1.86 mm iar pentru D2 între 0.65-1.34 mm. Nu s-au depistat diferențe statistice semnificative între măsurătorile clinice și imagistice pentru adâncimea șanțului gingival. (Wilcoxon Signed Rank Test, unde $z = -1.221$).

Concluzii:

1. În urma acestui studiu, au fost obținute date referitoare la adâncimea șanțului gingival, grosimea marginii gingivale, diametrul spațiului periodontal, distanța dintre osul alveolar și gingia marginală liberă, precum și înălțimea coroanei clinice și anatomice. Nu s-au depistat diferențe statistice semnificative între măsurătorile clinice și imagistice pentru adâncimea șanțului gingival.
2. Ultrasonografia reprezintă o metodă noninvazivă pentru evaluarea țesuturilor parodontale, însă studiile viitoare sunt necesare pentru a putea confirma rolul diagnostic al acestei metode.

Studiul 2. Reproductibilitatea ultrasonografiei de înalta frecvență în cazul evaluării parodontale.

Obiective

Obiectivul acestui studiu a fost de a stabili nivelul de reproductibilitate al metodei ecografice pentru evaluarea structurilor parodontale. Ipotezele nule au fost: 1. Nu există corelație statistică între sondarea parodontală și adâncimea ecografică a sulcusului. 2. Rezultatele obținute de către cei doi operatori sunt foarte diferite.

Material și metodă

Studiul a fost efectuat pe 4 mandibule de porc, fiind evaluate ultrasonografic și clinic (S= sondare parodontală) 20 de dinți, la nivelul suprafețelor vestibulară și linguală. Doi radiologi experimentați au efectuat măsurătorile consecutiv, fără a avea acces la rezultatele celuilalt. Următoarele distanțe au putut fi identificate ecografic: diametrul spațiului periodontal (D1), adâncimea șanțului gingival (D2), grosimea marginii gingivale libere (D3), lungimea fibrelor

supracrestale(D4), înălțimea coroanei anatomice (D5). Analiza statistică a fost realizată pentru a testa cele două ipoteze nule.

Rezultate

Nu au existat diferențe statistic semnificative între cele două metode de măsurare a șanțului gingival ($p>0.05$), astfel încât prima ipoteza nulă a fost respinsă.

Pentru a testa reproductibilitatea metodei, măsurătorile obținute de către cei doi radiologi au fost comparate cu ajutorul analizei statistice ICC (intraclass correlation coeficient). În studiul efectuat pe mandibule de porc, distanțele D1, D2, D3 și D4 au avut un ICC foarte apropiat de 1, demonstrând o concordanță aproape perfectă între operatori.

Concluzii

1. Există o corelație puternică între măsurătorile ultrasonografice și cele obținute prin sondare parodontală. Acest rezultat confirmă datele obținute din studiul precedent, atestând aplicabilitatea ultrasonografiei în măsurarea șanțului gingival.

2. Există o concordanță aproape perfectă între observatori pentru majoritatea măsurătorilor, ceea ce atestă reproductibilitatea ultrasonografiei. Singura condiție care trebuie îndeplinită este ca medicul radiolog să fie experimentat și familiarizat cu anatomia zonală și tehnica de măsurare.

Studiul 3. Modificările parodontale induse de deplasările ortodontice, observate ultrasonografic.

Obiective

Deplasarea dentară ortodontică reprezintă un proces de rezorbție și apozitie osoasă la nivelul laminei dura. Scopul acestui studiu a fost de a evalua modificările in vivo ale structurilor parodonțiului superficial, în urma aplicării forțelor ortodontice, utilizând ultrasonografia de 40 Mhz.

Material și metodă

Studiul a fost realizat pe cinci pacienți, care urmau un tratament ortodontic în vederea corectării înghesuirii severe. Primii premolari superiori au fost extrași și caninii deplasați distal utilizând o cadenetă elastică, cu o forță netă de 100 cN. Cu ajutorul unui transductor de 40 MHz, au fost efectuate ecografiile înainte, în timpul și după distalizare, în trei zone distincte ale suprafeței vestibulare a caninului: mezială, mijlocie și distală. Bracketul, care apărea hiperecoic pe imaginea ecografică, a fost luat ca și referință. Au fost obținute patru distanțe diferite: D1(adâncimea șanțului gingival), D2 (grosimea gingiei marginale), D3 (lungimea fibrelor supracrestale), D4 (diametrul spațiului periodontal).

Rezultate

O creștere a dimensiunii D1 a putut fi observată în cele trei zone ale suprafeței vestibulare, în urma deplasărilor ortodontice. 228 de variabile au fost analizate statistic folosind coeficientul de corelație al lui Pearson, pentru a determina relația dintre măsurătorile parodontale în timpul deplasărilor dentare ortodontice.

Concluzii

1. Ultrasonografia de înaltă frecvență (40 MHz) a reușit să detecteze modificări în regiunea parodonțiului superficial, în timpul deplasărilor ortodontice.

2. În urma aplicării forței de distalizare, au putut fi observate modificări parodontale semnificative în treimea mijlocie și mezială a caninului, la nivelul sulcusului gingival (D1) precum și la nivelul fibrelor supracrestale (D3).

Study 4. Influența grosimii mușchilor maseter și orbicularis oris, determinată ecografic, asupra tiparului de creștere verticală.

Obiective

Obiectivul studiului a constat în determinarea caracteristicilor ecografice ale mușchilor maseter și orbiculari și compararea lor cu tiparele verticale de creștere.

Material și metodă

30 de pacienți au fost incluși în studiu (13 bărbați și 17 femei, cu vârsta cuprinsă între 11 și 25 de ani). Subiecții au fost împărțiți în 3 grupe, în funcție de unghiul SNMP: hipodivergenți, normodivergenți, hiperdivergenți. Pentru fiecare subiect au fost efectuate măsurători cefalometrice convenționale și măsurători ultrasonografice la nivelul mușchilor maseteri și orbiculari.

Rezultate

S-au constat diferențe semnificative în dimensiunea maseterului pentru cele trei grupuri de subiecți. Tiparul de creștere hipodivergent a prezentat o grosime a mușchilor maseter și orbiculari semnificativ mai mare în comparație cu subiecții care aparțineau celorlalte două categorii.

De asemenea, grosimea mușchiului orbicular inferior a influențat poziția în sens sagital a incisivilor superiori și inferiori (U1SN și IMPA).

Concluzii

1. Rezultatele studiului au evidențiat discrepanțe semnificative în dimensiunea maseterului pentru cele trei tipare verticale de creștere: subiecții hipodivergenți au prezentat o grosime mai mare a mușchiului maseter comparativ cu cei din tiparele de creștere hiper și normodivergente.
2. Imaginea ecografică a depistat o grosime mai mare a mușchiului orbicular inferior pentru pacienții ai căror incisivi superiori și inferiori se aflau în retruzie. Cu toate acestea, corelația nu a fost statistic semnificativă.
3. În urma rezultatelor obținute ecografic, grosimea musculară a maseterului și orbicularului par a influența dezvoltarea dentomaxilară atât în sens vertical (hipo, normo și hiperdivergența) cât și poziția în sens sagital a incisivilor, însă studii pe un lot mai mare de pacienți sunt necesare pentru a confirma aceasta ipoteză.

Studiul 5. Implicarea mușchilor suprahioidieni în anomaliile dentomaxilare de clasa I și II Angle. O abordare ultrasonografică.

Obiective

Scopul acestui studiu a fost de a investiga influența grosimii musculare determinate ultrasonografic, asupra dezvoltării mandibulei, în clasa I și II Angle. Ipotezele nule au fost: 1. Grosimea mușchilor suprahioidieni este asemănătoare indiferent de sexul subiecților. 2. Nu există corelație statistică semnificativă între grosimea musculară suprahioidiană și anomalia dentomaxilară Angle 3. Grosimea musculară nu influențează creșterea și dezvoltarea mandibulei.

Material și metodă

În studiu au fost incluși 27 de pacienți, care urmau un tratament ortodontic, având media de vârstă 18.5 ani. În funcție de măsurătorile cefalometrice ANB și AOB, lotul de pacienți a fost divizat în două grupe: Clasa I Angle- 11 pacienți și Clasa II- 16 pacienți.

Evaluarea ultrasonografică a mușchilor suprahioidieni a fost realizată cu ajutorul unui transductor linear (Hitachi EUB 8500), având o rezoluție de 5-13 MHz.

Analiza multivariată a fost utilizată pentru a testa ipoteza conform căreia grosimea musculară a mușchilor suprahioidieni este asemănătoare în clasa I și II Angle. Coeficientul de corelație a lui Pearson a analizat relația dintre grosimea musculară și variabilele cefalometrice SNB, ANB și AOBO

Rezultate

Rezultatele analizei statistice multivariate au decelat o interacțiune semnificativă între clasa anomaliilor dentomaxilare (clasa I și II) și măsurătoarea liniară AOBO ($p < 0.05$).

Grosimea musculaturii digastrice este influențată și de sex, astfel încât musculatura suprahioidiană este mai dezvoltată la sexul masculin ($p < 0.05$).

Grosimea mușchiului digastric determinată ultrasonografic a fost strâns corelată cu dimensiunea AOBO, în cazul subiecților de clasa II ($r = 0.403$, $p = 0.041$, $N = 27$).

Concluzii

1. Mușchii suprahioidieni (milohioidian, geniohioidian și pânțelele anterior al digastricului) pot fi explorați cu ajutorul ultrasonografiei de 13 MHz.

2. Studiul a demonstrat o corelație pozitivă între grosimea mușchiului digastric și AoBo, în cazul subiecților de clasa a II-a Angle.

3. O analiză mai complexă, pe un lot mai mare de pacienți e necesară pentru a demonstra influența mușchiului digastric asupra retrognației mandibulare.

CONCLUZII GENERALE

1. Ultrasonografia reprezintă o metodă diagnostic acurată, non-invazivă și simplă, care poate fi utilizată cu succes în numeroase domenii ale stomatologiei, printre care parodontologia și ortodontia.

2. Comparativ cu alte metode convenționale de evaluare a structurilor parodontale și musculare, ultrasonografia prezintă mai multe avantaje, printre care: disponibilitatea clinică, costul scăzut și lipsa radiației ionizante.

3. Cu ajutorul ultrasonografiei de înaltă frecvență (40 MHz) următoarele distanțe parodontale au fost evidențiate: adâncimea șanșului gingival, grosimea marginii gingivale libere, diametrul spațiului periodontal, lungimea fibrelor supracrestale, înălțimea coroanei clinice și înălțimea coroanei anatomice.

4. Măsurătorile obținute cu ajutorul ultrasonografiei pentru aprecierea adâncimii șanșului gingival au fost foarte similare cu cele realizate prin sondarea clinică parodontală.

5. Reproducibilitatea interobservator a evaluării structurilor parodontale cu ajutorul ultrasonografiei a fost aproape perfectă.

6. Aplicabilitatea ultrasonografiei se extinde și în domeniul biomecanii ortodontice, datorită posibilității de evaluare, în timp real, a modificărilor parodontale induse de deplasările ortodontice.

7. Modificări semnificative au fost evidențiate ultrasonografic, imediat după aplicarea forței de distalizare ortodontice, în treimea mijlocie și mezială a suprafeței vestibulare a caninului.

8. Discrepanțe semnificative ale dimensiunii maseterului au fost observate între cele trei tipare verticale de creștere, cu ajutorul ultrasonografiei. Mușchii maseteri și orbiculari ai subiecților hipodivergenți au fost mai bine reprezentați decât cei ai tiparelor hiper- și normodivergente.

9. Cu toate că, subiecții ai căror incisivi superiori și inferiori erau linguversați au prezentat o grosime mai mare a mușchilor orbiculari, corelația nu a fost statistic semnificativă.

10. Rezultatele ecografice au indicat o interdependență între grosimea mușchilor maseter și orbiculari și tiparul vertical de creștere, sexul și clasa anomaliilor dentomaxilare.

11. Imaginile obținute cu ajutorul ultrasonografiei de 13 MHz au evidențiat mușchii suprahioidieni: pânțelele anterior al digastricului, genihioidianul și milohioidianul.

12. O corelație pozitivă a fost depistată între grosimea mușchiului digastric și AOBO, în cazul pacienților de clasa II Angle.

13. Una dintre cauzele posibile ale retrognație mandibulare pare a fi grosimea mare a mușchilor suprahioidieni, însă studii viitoare sunt necesare pentru a confirma aceasta ipoteză.

Originalitatea și contribuția inovativă a tezei

Originalitatea tezei constă în abordarea interdisciplinară a domeniilor: radiologie medicală, ortodontie și parodontologie. Fiecare dintre cele cinci studii oferă o perspectivă inovativă asupra aplicabilității ultrasonografiei în evaluarea parodontală și musculară.

Studiul fezabilității reprezintă prima încercare de a utiliza ultrasonografia de foarte înaltă frecvență (40 Mhz), în vederea observării caracteristicilor anatomice parodontale. Date precum: adâncimea șanțului gingival, grosimea gingiei marginale diametrul spațiului periodontal, distanța dintre osul alveolar și gingia marginala liberă, precum și înălțimea coroanei anatomice au fost obținute cu ajutorul ultrasonografiei.

Deși numeroase studii au demonstrat aplicabilitatea ultrasonografiei în sfera stomatologiei ca metodă diagnostică, în prezent nu este utilizată în practica curentă.

Un alt aspect original al prezentei teze doctorale rezidă din studiul efectuat pe mandibule de porc, care confirmă rezultatele precedente referitoare la adâncimea la sondare și demonstrează reproductibilitatea metodei ultrasonografice.

Deplasările dentare ortodontice induc numeroase modificări în arhitectura parodontală, cu toate acestea, în practica ortodontică nu există o metodă acurată, noninvazivă care să permită înțelegerea și monitorizarea acestora. Studiul 4 al tezei demonstrează că ultrasonografia poate fi utilizată pentru a controla și observa în timp real modificările parodontale determinate de forțele ortodontice.

Totodata, două dintre studii au utilizat ultrasonografia pentru evaluarea grosimii musculare și a influenței acesteia asupra dezvoltării anomaliilor dentomaxilare. Corelația dintre grosimea mușchilor suprahioidieni observată ecografic și poziția mandibulei în sens sagital poate fi considerată inovativă, având în vedere că până în prezent nu a fost investigată.

Rezultatele studiilor incluse în prezenta teza doctorală relevă o influență a mușchiului maseter asupra tiparului de creștere verticală, divergența unghiului mandibular fiind invers proporțională cu grosimea musculară. De asemenea, grosimea orbicularului inferior pare a fi corelată cu poziția antero-posterioară a incisivilor superiori.

Summary of the Ph.D. Thesis

Ultrasonographic evaluation of the orofacial soft tissues

PhD Student **Adela Ioana Chiorean (căs. Zimbran)**

PhD Coordinator **Prof.dr.Sorin Dudea**



UMF
UNIVERSITATEA DE
MEDICINĂ ȘI FARMACIE
IULIU HAȚEGANU
CLUJ-NAPOCA

TABLE OF CONTENTS

INTRODUCTION	13
CURRENT STATE OF KNOWLEDGE	15
1. Anatomy	17
1.1. Periodontal structures	17
1.1.1. Gingiva	17
1.1.2. Periodontal ligament	18
1.1.3. Alveolar bone	19
1.1.4. Cementum	20
1.2. Muscles of the dentomaxillary system	20
1.2.1. Elevator muscles- Masseter muscle	21
1.2.2. Muscles of facial expression- Orbicularis oris muscle	21
1.2.3. Suprahyoid muscles	22
1.2.3.1. Digastric muscle	22
1.2.3.2. Mylohyoid muscle	23
1.2.3.3. Geniohyoid muscle	23
1.2.3.4. Stylohyoid muscle	23
	25
2. Clinical and complementary examinations	25
2.1. Periodontal structures	25
2.1.1. Clinical examination	25
2.1.1.1. Computerized probing system	26
2.1.2. Conventional radiology	28
2.1.3. Microbiology	28
2.2. Dentomaxillary muscles	29
2.2.1. Clinical examination	29
2.2.1.1. Inspection	29
2.2.1.2. Palpation	29
2.2.2. Functional testing	30
2.2.2.1. Elevator and lowering muscles	30
2.2.2.2. Orbicularis oris muscles	31
2.2.3. Electromiography	31
	33
3. Ultrasonography	33
3.1. General overview	33
3.1.1. Definition and applicability	33
3.1.2. Mechanism	33
3.1.3. Advantages and disadvantages	34
3.2. Periodontal ultrasound	34
3.3. Ultrasonographic evaluation of masticatory muscles	37
PERSONAL CONTRIBUTION	39
	41
1. General objectives	43
2. Study 1- Evaluation of periodontal tissues using 40 MHz Ultrasonography. Feasibility study.	43
2.1. Introduction	43
2.2. Objectives and research hypotheses	44
2.3. Materials and methods	46
2.4. Results	48
2.5. Discussion	49
2.6. Conclusions	50

3. Study 2. Reproducibility of high-resolution ultrasonography for measuring the periodontal structures.	51
3.1. Introduction	51
3.2. Objectives and research hypotheses	51
3.3. Materials and methods	52
3.4. Results	55
3.5. Discussion	57
3.6. Conclusions	57
4. Study 3. Ultrasonographic evaluation of periodontal changes during orthodontic tooth movement.	59
4.1. Introduction	59
4.2. Objectives and research hypotheses	59
4.3. Materials and methods	60
4.4. Results	62
4.5. Discussion	65
4.6. Conclusions	66
5. Study 4. Ultrasonographic evaluation of masseter and orbicularis oris muscles in different vertical skeletal patterns.	67
5.1. Introduction	67
5.2. Objectives and research hypotheses	68
5.3. Materials and methods	68
5.4. Results	72
5.5. Discussion	74
5.6. Conclusions	75
6. Study 5. The influence of suprahyoid muscles on the development of class I and II malocclusion. An ultrasonographic approach.	77
6.1. Introduction	77
6.2. Objectives and research hypotheses	78
6.3. Materials and methods	78
6.4. Results	80
6.5. Discussion	82
6.6. Conclusions	83
7. General conclusions	85
8. Originality and Innovative Contribution of the Thesis	87
REFERENCES	89

Keywords: ultrasonography, periodontal structures, dentomaxillary muscles, masseter muscle, orbicularis oris muscle, suprahyoid muscles, orthodontic tooth movement, vertical skeletal patterns.

INTRODUCTION

Diagnosis in the field of dentistry is the most important phase in establishing the proper treatment plan. A thoroughly record of patient history and clinical examination are imperative in finding the right diagnosis, yet often enough these methods offer incomplete information.

Over time, and mostly in the passing of recent decades, increased attention has been bestowed upon complementary examinations to complete the clinical picture of signs and symptoms, enabling further understanding of the human body's complexity. Thus, microbiologic, histologic,

serologic and imagistic examinations have become indispensable tools in precise diagnosis of clinical cases.

In addition, in the field of orthodontics and dentofacial orthopedics, the most used complementary examinations are X-rays, which offer two-dimensional information about the hard structures of the dento-maxillary system: periapical radiography, panoramic, lateral and cephalograms, of the temporomandibular joint. Cone beam computed tomography (CBCT) is the elected examination of mineralized structures, offering a three-dimensional image of the anatomical components of the dento-maxillary system, yet its high price limits the indication of its use. However, the most important disadvantage of these conventional examinations is the generation of ionizing radiation, which can be harmful for patients and thus is not to be used excessively. Imagistic evaluation of the orofacial soft tissue through Magnetic Resonance Imaging (MRI) is also done in particular cases with very precise indication.

Medical ultrasound is frequently used in various branches of general medicine, such as: ophthalmology, obstetrics and gynaecology, neurosurgery, cardiology, orthopaedics, rehabilitation medicine, paediatrics and oncology. In dental medicine only the field of maxillofacial surgery benefits from ultrasound's advantages: cysts, infections, inflammation, benign and malignant tumors of the head and neck region. Through this imaging technique, data about the mechanical and structural characteristics of orofacial tissues, which can be fit within the clinical context during the investigation, thus facilitating the diagnostic and therapeutic algorithm.

Deriving from these premises, within the current thesis, the following clinical and experimental studies have been conducted:

1. A feasibility study to test the possibility to use high frequency ultrasonography (40 MHz) on human periodontal tissues.
2. A reproducibility investigation conducted on 40 periodontal surfaces of pig jaw mandible, aiming to assess the capacity of high-resolution ultrasonography to provide similar findings within two distinct operators.
3. An innovative research, which demonstrates the applicability of ultrasound imaging in the evaluation of periodontal changes during orthodontic tooth movement.
4. A study to establish the correlation between the vertical facial pattern and the ultrasound-determined thickness of the masseter and orbicularis oris muscles.
5. A new approach to mandibular retrognathia: the influence of suprahyoid muscular thickness evaluated with the aid of ultrasonography.

GENERAL OBJECTIVES

The main objective of the present thesis is to introduce a new, reliable and accurate diagnostic tool in the field of dentistry. The research focused on two main directions: the evaluation of the anatomy and physiology of the periodontium and the characteristics of the head and neck muscles in relation to the development of bone and tooth structures.

The periodontal tissues are assessed mainly through clinical examination and conventional radiology, which do not provide enough information regarding the complex dynamic changes during masticatory and orthodontic forces.

The influence of each component of the dentomaxillary system over the development of musculoskeletal structures is not well understood. Multiple studies show divergent ideas regarding the aetiology of dentomaxillary anomalies, yet precise knowledge lacks from the literature. Ultrasonography, with its simple, non-invasive and accurate characteristics, should be part of the clinical assessment of the head and neck soft tissues.

PERSONAL CONTRIBUTION

Study 1. Evaluation of periodontal tissues using 40 MHz Ultrasonography- Feasibility Study

Objectives and Research Hypothesis

The aim of this study was to investigate the possibility to use high-frequency ultrasound imaging for the assessment of periodontal structures. The null hypotheses of the research were: 40MHz ultrasonography cannot provide information regarding the periodontal structures and that there is no statistical agreement between the probing depth technique and ultrasound measurement of the sulcus.

Material and methods

A commercially available ultrasound scanner (Ultrasonix SonoTouch) with a linear 1.5 cm footprint, wideband 8 - 40MHz transducer was used, with external transcutaneous approach. A number of 4 patients with healthy periodontal tissue were evaluated. All 4 bicuspid of the lower jaw were imaged from buccal incidence.

A fixed landmark (no.20 gutta-percha point) was placed in the gingival sulcus, in order to measure the following dimensions: gingival sulcus depth (D1), free gingival thickness (D2), width of the periodontal space in the most coronal position, length of the supracrestal fiber (D3), height of the clinical crown (D4) and height of the anatomic crown (D5).

Results

The 40MHz ultrasound image revealed the cortical bone, tooth crown, dental root, fixed mucosa and the gingival sulcus. The findings for D1 varied between 1.2-1.86 mm and for D2 between 0.65-1.34 mm. The smallest variation of the values was found for D3: 0.21-0.39. The mean value for the difference between D5 and D4 was 1.79 mm. No statistical differences were found between clinical and imagistic measurements in respect to sulcus depth (Wilcoxon Signed Rank test, $z = -1.221$ based on positive ranks).

Conclusions:

1. Data regarding gingival sulcus depth, free gingival thickness, and width of periodontal space, distance between marginal gingiva and alveolar crest, height of clinical and anatomical crown were obtained. No statistical differences between clinical and imagistic US measurement were obtained, in respect to probing depth.
2. Ultrasonography provides a non-invasive technique for periodontal assessment but further studies are mandatory to define a potential clinical role of the method.

Study 2. Reproducibility of high-resolution ultrasonography for measuring the periodontal structures.

Objective and Research Hypothesis

The aim of this study was to investigate whether the ultrasound method can supply credible information regarding the structure of the periodontal tissues, comparing to probing depth and if high-resolution ultrasonography is a reproducible technique in the field of periodontal assessment. The null hypotheses were: 1. There is no statistical agreement between the probing depth technique and ultrasound measurement of the sulcus 2. Significant differences exist between the results of the two operators.

Materials and methods

Twenty teeth, on 4 pig jaw mandibles were evaluated on their lingual and buccal surfaces using two methods: clinical probing depth and ultrasound imaging. The evaluation site was the buccal and lingual surfaces of the lateral teeth, in contact with the gutta percha point, used as a

reference point. Two trained radiologists performed the ultrasound examination (40 MHz) and recorded the measurements, successively and blinded to each other's results. The following measurements were recorded: width of the periodontal space in the most coronal position (D1), gingival sulcus depth (D2), free gingival thickness (D3), length of the suprachrestal fiber (D4) and height of the anatomic crown (D5). Statistical analysis was then used to test the reproducibility of the method.

Results

No statistically significant differences were found between the two measurement methods for S (probing depth) and D2 (gingival sulcus depth) data sets ($p > 0.05$), the first null hypothesis being rejected. When analyzing the Bland-Altman plot it could be observed that the mean difference between the S and D2 data sets was very close to 0 (-0.11) following a horizontal linear trend, suggesting a good agreement between the two measurement methods.

In order to test the second hypothesis, the measurements obtained by the two radiologists were compared using intra-class correlation coefficients. In our study, for all of the areas evaluated, except D5, the ICC showed values very close to 1, suggesting a good agreement between the raters, and thus a very good reproducibility of the method.

Conclusions

1. There is a very good agreement between the ultrasound measurement of the sulcus and the probing depth technique. The latter represents the only available anatomical measurement determined clinically, which demonstrates that ultrasonography is able to reproduce the morphological aspects of the periodontium.

2. The inter-observer agreement is almost perfect in respect to the majority of the US measurements, which proves the reproducibility of the ultrasonographic method. As long as the radiologist is well trained and accustomed to the anatomical structures of the periodontium and adheres to a certain protocol, the ultrasonographic technique can no longer be considered user-dependent.

Study 3. Ultrasonographic evaluation of periodontal changes during orthodontic tooth movement

Objectives and Research Hypothesis

Orthodontic tooth movement is a process whereby the application of a force induces bone resorption on the pressure side and bone apposition on the tension side of the lamina dura. However, only limited data are available on the in vivo behavior of the periodontal tissues. The aim of this study was to assess the changes of periodontal tissues, induced by the orthodontic canine retraction, using 40MHz ultrasonography.

Materials and methods

Ultrasonographic evaluation of periodontal tissues was conducted on 5 patients with indication for orthodontic treatment. The upper first premolars were extracted bilaterally due to severe crowding, and the canines were distalized using elastomeric chain with a net force of 100 cN. Ultrasonographic scans were performed before, during and after retraction, in three distinct areas of the canines' buccal surface: mesial, middle and distal. The reference point was the bracket, which appeared hyperechoic on the US scan. Four different dimensions were obtained: D1 (depth of the sulcus), D2 (thickness of the gingiva), D3 (length of the suprachrestal fibers), D4 (width of periodontal space).

Results

An increase of D1 was observed in all three areas of the periodontium, during orthodontic treatment. D3 was strongly correlated before and immediately after force delivery only for the mesial area ($r=0.828$, $p<0.05$). In total, 228 variables were statistically analyzed using Pearson's correlation coefficients, in order to demonstrate the relationship between periodontal findings during orthodontic tooth movement.

Conclusions

1. Ultrasonographic measurements, with high resolution, detected changes in the anatomic landmark of periodontal tissues during orthodontic tooth movement.
2. Significant changes occurred immediately after force delivery on the middle and mesial area of the canine, for sulcus depth measurement and distance between marginal gingiva and alveolar crest.

Study 4. Ultrasonographic evaluation of masseter and orbicularis oris muscles in different vertical skeletal patterns.

Objectives and Research Hypothesis

The aim of study was to determine the characteristics of the masseter and orbicularis oris muscles in subjects who undergo orthodontic treatment, using 5-13 MHz Ultrasonography and to compare these findings with their vertical growth pattern.

Materials and methods

Thirty orthodontic patients were included in this study (13 men and 17 women; age range 11-25 years). The subjects were divided in three main groups, according to the anterior cranial base and mandibular plane angle (SNMP): hypodivergent, normodivergent, hyperdivergent. For each subject, a conventional cephalometric tracing and an ultrasonic scan of the masseter and orbicularis oris muscles were performed.

Results

There were important discrepancies in masseter dimension between the three vertical patterns. An increased thickness of the orbicularis oris muscle was found in the hypodivergent and normodivergent patients. The positive correlation between the thickness of the orbicularis oris and the inclination of the upper and lower incisors (U1SN and IMPA) characterize a certain vertical pattern.

Conclusions

1. The results of this study showed important discrepancies in masseter dimension between the three vertical patterns: hypodivergent patients had the masseter muscles thicker than those of the hyper and normodivergent pattern.
2. The patients with retruded upper and lower incisors presented an increased thickness of the lower orbicularis oris muscle on the US images, yet no significant correlation was found.
3. Based on our observation, muscular thickness (both masseter and orbicularis oris) seemed to influence dento-maxillary morphology both vertically (hypo-, normo-, hyperdivergent) and sagittally (retruded or protruded incisors). Further research on a larger sample of patients is necessary.

Study 5. The influence of suprahyoid muscles on the development of class I and II malocclusion. An ultrasound approach.

Objectives and Research Hypothesis

On the basis of the previous theories and findings, the purpose of this study was to investigate

whether the thickness of suprahyoid muscles determined with the use of ultrasound imaging, correlates with the position of the mandible, in class 1 and 2 patients. The null hypotheses were: 1. Thickness of suprahyoid muscles is the same regardless of gender. 2. There is no statistical correlation between suprahyoid muscular thickness and dentomaxillary class. 3. Muscular thickness does not influence the development and growth of the mandible.

Materials and methods

The sample consisted of 27 patients (males and females; average age 18.5) who sought orthodontic treatment in a private dental office. Among the samples, based on their ANB angle and Wits appraisal, 11 were Class I and 16 were Class II. The sagittal differences between the maxillary and mandibular skeletal bases were measured with ANB angle and Wits appraisal (AoBo).

To analyse the suprahyoid muscles, a broadband linear transducer (Hitachi EUB 8500) with 5-13 MHz operating frequency was used.

Results

The results of the multivariate tests showed a significant interaction effect between *dentomaxillary class (Class I and II)* and AOBO ($p < 0.05$).

Gender also influenced muscular thickness of digastric muscle, males showing significantly higher values than females ($p < 0.05$).

A good correlation between muscular thickness of digastric and AOBO was observed for Class II subjects ($r = 0.403$, $p = 0.041$, $N = 27$).

Conclusions

1. The mylohyoid, geniohyoid and anterior belly of the digastric muscles can be explored with the aid of 13 MHz ultrasonography.

2. A positive correlation between muscular thickness of digastric and AOBO was observed for Class II subjects.

3. A more thorough research on a larger number of subjects is necessary to investigate whether digastric muscular thickness influences the development of mandibular retrognathia.

GENERAL CONCLUSIONS

1. Ultrasound imaging represents a reliable, simple and noninvasive technique, which can be successfully used in many fields of dentistry, such as periodontology and orthodontics.

2. Compared to other conventional methods for assessing periodontal and muscular structure, ultrasonography has many advantages, among which: clinical availability, cost and no ionizing radiation.

3. High-resolution US (40 MHz) was able to depict the gingival sulcus depth, free gingival thickness, and width of periodontal space, distance between marginal gingiva and alveolar crest, height of clinical and anatomical crown.

4. Ultrasound measurements of the gingival sulcus depth were very similar to those of the probing depth technique.

5. The interobserver reproducibility of the ultrasound measurements on periodontal structures was very good.

6. The applicability of ultrasonography extends to the field of orthodontic biomechanics, regarding the possibility to assess, in real time, periodontal modifications during orthodontic tooth movement.

7. The middle and mesial area of the buccal surface of the canine, during orthodontic distalisation, showed significant changes immediately after force delivery.

8. Important discrepancies in masseter dimension were found between the three vertical patterns, with the aid of ultrasonography; thus the hypodivergent patient had both of the muscles (masseter and orbicularis oris) thicker than those of the hyper and normodivergent pattern.

9. The patient with retruded upper and lower incisors presented an increased thickness of the lower orbicularis oris muscle on the US images, yet no significant correlation was found.

10. The results indicated that the thickness of masseter and suprahyoid muscles is depended upon gender, vertical skeletal pattern and dentomaxillary anomaly class.

11. The 13MHz resolution ultrasonography was able to explore the suprahyoid muscles, among which: anterior belly of the digastric, geniohyoid and mylohyoid.

12. A positive correlation between muscular thickness of digastric and ABO was observed for Class II subjects, therefore the severity of mandibular retrognathia might be influenced by above-mentioned muscle.

13. A more thorough research on a bigger number of subjects is necessary to investigate whether digastric muscular thickness influences the development of mandibular retrognathia.

Originality and Innovative Contributions of the Thesis

The originality of the present thesis stands in the interdisciplinary approach to medical imaging science, orthodontics and periodontology. Each of the five studies consists in a different and innovative perspective over the applicability of ultrasonography in periodontal and muscular assessment.

The feasibility study represents the first attempt, in the literature, to use really high-resolution ultrasonography (40 MHz) on healthy human periodontal structures. Data regarding gingival sulcus depth, free gingival thickness, width of periodontal space, distance between marginal gingiva and alveolar crest and height of anatomical crown are visible and easy to measure on the US scan.

Although many studies demonstrated the possibility to use ultrasonography as a diagnostic tool in the field of dentistry, in the present, it is not part of the daily clinical practice.

Another original aspect of the Ph.D. resides in the study conducted on pig jaw mandibles, which confirms our previous findings regarding sulcus depth evaluation and demonstrates the reproducibility of the ultrasound method.

Orthodontic tooth movement induces many changes in the periodontal structures, yet clinicians do not have a reliable, accurate and non-invasive method to understand and predict them. According to our study, ultrasound imaging could be used to observe real time modifications after force delivery and help the orthodontist to predict and control treatment biomechanics.

Furthermore, two of the studies focused on muscular thickness assessment with the aid of ultrasonography and their implication in dentomaxillary anomalies. The influence of digastric muscle over the mandibular position in a sagittal direction could be considered innovative, since no other study investigated it. The results showed a significant positive correlation between class II anomaly and digastric thickness.

Additionally, the masseter muscle is involved in the development of the vertical skeletal pattern, the mandibular divergency and muscular thickness being inversely proportional. Also, our research showed a possible correlation between the lower orbicularis oris muscle and the anterior-posterior position of the upper incisors.