

# Bilateralne varijacije razdoblja tišine i izotonične i izometrične aktivnosti zatvarača mandibule

Asja Čelebić  
Melita Valentić-Peruzović  
Ivo Baučić  
Jasmina Stipetić  
Iva Alajbeg  
Davor Illeš

Zavod za Stomatološku  
protetiku Stomatološkog  
fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

## Sažetak

Svrha ovog istraživanja bila je: 1. utvrditi standardne vrijednosti za latenciju i trajanje razdoblja tišine izazvano u "open-close-clench" ciklusu (OCC) u ispitanika sa svim zubima i normalnom okluzijom; 2. usporediti latenciju i trajanje razdoblja tišine kod mišića zatvarača mandibule (prednji lijevi i desni temporalni i prednji lijevi i desni maseter) te simetriju refleksnih odgovora; 3. analizirati izotoničnu i izometričnu mišićnu aktivnost u OCC ciklusima te je usporediti s maksimalnom voljnom mišićnom aktivnosti u položaju maksimalne interkuspidacije.

Razdoblja tišine (SP) registrirana su i izmjerena u 62 ispitanika s normalnom okluzijom s pomoću EMGA-1 uređaja. Po 10 registracija OCC ciklusa sa svrhom da se izazove SP snimljeno je i analizirano za svakog ispitanika. Signali iz desnog i lijevoga prednjeg temporalisa (RAT, LAT) i lijevog i desnoga masetera (RM, LM) registrirani su metodom površinske elektromiografije u vremenskom razmaku od 240-300 ms.

Razdoblja tišine imala su latenciju trajanja 12,5-12,9 ms nakon okluzijskoga doticaja zuba te samo jednu inhibicijsku stanku s potpunom inhibicijom motoneurona. Trajanje SP-a bilo je 20,1-21,1 ms. Nije postojala statistički znatna razlika za latenciju i trajanje razdoblja tišine ( $p > 0,05$ ) između ispitivanih mišića i između lijeve i desne strane. Refleks se ubraja u oligosinaptičke reflekse. Stimulacija primarnih aferentnih mehanoreceptora u periodontnom ligamentu silama vlaka koje nastaju zbog okluzijskih sila kod međusobnog doticaja zuba gornje i donje čeljusti, a koje uzrokuju intruziju zuba u alveolu i istezanje periodontnoga ligamenta ili nastajanje vibracija dodiranjem antagonističkih zuba jednoliko i istodobno mogući su čimbenici koji uzrokuju taj refleks. Rezultati dobiveni za latenciju i trajanje razdoblja tišine u ovom istraživanju u OCC ciklusima trebaju se smatrati referentnim vrijednostima za zdrave ispitanike s normalnim okluzijskim odnosima.

Razdoblje tišine izazvano na ovaj način potpuno je simetrično te jednake latencije i trajanja između ispitivanih mišića i između lijeve i desne strane. Izotonična aktivnost u OCC ciklusima jednaka je izometričnoj aktivnosti ( $p > 0,05$ ). Izotonična aktivnost bila je spontano podjednaka u svim OCC ciklusima i iznosila je otprilike 60% do 70% maksimalne voljne mišićne aktivnosti.

Ključne riječi: razdoblje tišine, simetrija, normalna okluzija, mišići zatvarači mandibule, OCC ciklus izotonična aktivnost, izometrična aktivnost.

Acta Stomat Croat  
2002; 397-406

IZVORNI ZNANSTVENI  
RAD  
Primljeno: 18. lipnja 2002.

Adresa za dopisivanje:

Asja Čelebić  
Zavod za Stomatološku  
protetiku  
Stomatološki fakultet  
Gundulićeva 5, 10000 Zagreb

## Uvod

Razdoblje tišine (SP) ili inhibicijski refleks definiran je kao privremeno smanjenje ili potpuno nestajanje mišićne aktivnosti u elektromiogramu mišića nakon aplikacije podražaja na mišić koji se kontrahira (1-3). U žvačnim mišićima zatvaračima donje čeljusti razdoblje tišine javlja se nakon funkcijskoga doticaja zuba ili nakon aplikacije nekoga drugog podražaja u oralnom ili perioralnom području za vrijeme kontrakcije mišića (1-3).

Hoffman je godine 1919. (4) prvi opisao razdoblje tišine u čovjeka nakon što je električnom strujom podražio mišić ruke za vrijeme kontrakcije.

Schaerer i suradnici su 1967. godine (5), a Brenner i sur. 1968. godine (6) primijetili kratkotrajnu stanku za vrijeme mioelektrične kontrakcije elevatora donje čeljusti nakon doticaja antagonističkih zuba za vrijeme žvakanja. Alghren (3) je prvi definirao takvu inhibicijsku stanku te je pretpostavio da ona nastaje zbog inhibicijskih impulsa aferentnih živčanih vlakana iz senzoričkih receptora u periodontalnom ligamentu.

Poslije se je u literaturi raspravljalo o razdoblju tišine kao o inhibicijskom refleksu koji nastaje zbog mnogih podražaja (multikauzalna narav), jer različiti podražaji mogu uzrokovati nastanak razdoblja tišine, npr. međusobni doticaji zuba (1-5), udarac neurološkim čekićem u bradu ispitanika (7-9) ili udarac po zubu (10, 11), ili izravno mehaničko ili električno podražavanje oralnog (13) i perioralnog područja (14) ili zubne pulpe (15), a jedini preduvjet za nastanak razdoblja tišine jest postojanje određena stupnja mišićne aktivnosti u vrijeme aplikacije podražaja. To znači da se stimulacijom aferentata iz različitih receptora oralnog i perioralnoga područja za vrijeme mišićne kontrakcije može izazvati razdoblje tišine. Trajanje i latencija razdoblja tišine mogu biti modulirani čak i utjecajem receptora koji su na udaljenim mjestima u čovječjem tijelu (16).

Za razdoblje tišine (inhibicijski refleks) nastao je velik interes pošto su objavljeni radovi koji su naveli da je trajanje toga refleksa duže u pacijenata s kranio-mandibularnom disfunkcijom (CMD) u usporedbi sa zdravim ispitanicima, te da mjerenje njegova trajanja može služiti za dijagnozu i prognozu disfunkcije (8, 16, 17). Nasuprot tome, neki drugi radovi nisu potvrdili produljeno trajanje razdoblja tišine u

CMD pacijenata te čak postoje tvrdnje da je trajanje toga refleksa u CMD pacijenata kraće nego u zdravih ispitanika (10, 14, 18). Gornja granica kada se smatra da je trajanje razdoblja tišine produženo razlikuje se u različitim radovima, a također se razlikuju i metode kojima se refleks izaziva (6, 7, 16, 18-20). Pravo značenje i mehanizmi izazivanja kratkotrajnog inhibicijskog refleksa (SP-a) još uvijek nisu potpuno razjašnjeni.

U nekim radovima postavlja se pitanje o mogućim efektima metode koja se upotrebljava za izazivanje razdoblja tišine na dužinu njegova trajanja te o vjerodostojnosti dužine trajanja refleksa kod uporabe različitih metoda (8, 21). Dokazano je da dužina SP varira ovisno o metodi koja se upotrebljava za izazivanje refleksa (tj. o receptoru koji se podražuje). Dužina trajanja SP također varira ovisno o snazi podražaja kojim se refleks izaziva (9) te o stanju podraživosti retikularne formacije i o stupnju prethodne mišićne aktivnosti (aktivnosti koja je bila u trenutku podražavanja), tj. o brzini okidanja motoneurona (14, 19, 20).

Signifikantna obostrana razlika između različitih parametara refleksnih zbivanja, osobito za latenciju, pripisuje se patološkim stanjima. Normalne vrijednosti latencije i trajanja razdoblja tišine, kao i mehanizmi koji sudjeluju u izazivanju SP-a, a ovisе o metodi kojom se refleks izaziva, još uvijek nisu do kraja razjašnjeni u dostupnoj literaturi.

Zato je svrha ovoga rada bila: 1. odrediti normalne vrijednosti latencije i trajanja razdoblja tišine izazvanog u "open-close-clench" ciklusu u zdravih ispitanika s normalnom okluzijom, za desni i lijevi prednji temporalis (RAT, LAT) i desni i lijevi maseter (RM, LM); 2. ispitati izotoničku i izometričku aktivnost u "open-close-clench" ciklusu (OCC) i usporediti je s aktivnošću tijekom maksimalnog voljnog zagriža (MVC); 3. usporediti latenciju i trajnje SP-a, te izotoničku i izometričku aktivnost između mišića lijeve i desne strane lica.

## Materijali i metode rada

EMG i audio signali bili su registrirani u 62 ispitanika koji su imali sve zube u objema čeljustima i normalnu okluziju (Angle Klasa I), a anamnestički je bilo utvrđeno da nisu nosili ortodontski aparat ni-

ti su imali miofascijalni bolni sindrom (MPD) ili bilo koji oblik kranio-mandibularne disfunkcije (CMD). U anamnezi ispitna skupina nije navela postojanje bilo čega što bi moglo utjecati na neuromuskularni sustav; ispitanici nisu uzimali lijekove i nisu bili podvrgnuti liječenju iz bilo kojeg medicinskog razloga neposredno prije ili u trenutku elektromiografskih registracija. Težina i visina ispitanika bili su unutar normalnih granica za njihovu dob i spol. Svi ispitanici bili su potanko obaviješteni o svrsi istraživanja i o metodama te su dali pismeni pristanak. Ispitanici su bili u dobi između 19 i 26 godina. Sudjelovalo je 39 muškaraca i 23 žene.

Za vrijeme EMG registracija ispitanici su morali svoja jako otvorena usta naglo zatvoriti i stisnuti, pri čemu su zubi gornje i donje čeljusti došli u interkuspidacijski doticaj (to je "open-close-clench" ciklus - (OCC ciklus) }. Svaki ispitanik morao je napraviti po 10 OCC ciklusa. Ispitanici su također morali maksimalno kontrahirati mišiće tijekom 2,4 s u položaju maksimalne interkuspidacije.

Sve registracije učinjene su s pomoću EMGA-1 uređaja, koji je višekanalni sustav za simultano snimanje i raščlambu površinskih mioelektričnih signala iz mišića i zvuka okluzije, a sustav je kontroliran osobnim računalom. EMGA-1 uređaj sastoji se od 6 kanala za snimanje signala iz mišića i 2 audio pojačala koji su povezani s osobnim računalom s pomoću A/D konvertora (pretvarača) čija rezolucija iznosi 8 bita. Poseban program "Medwin" napravljen je sa svrhom da omogući individualnu prilagodbu pojačanja signala, skupljanje podataka te online ili off-line raščlambu prikupljenih snimaka (24).

EMG pojačala bila su prilagođena individualno (ulazni otpor  $100\text{M}\Omega$ ,  $\text{CMRR} > 95\text{dB}$  pri 50 Hz, raspon 10-500 Hz, ulazni šum  $< 2\mu\text{V}_{\text{pp}}$ ). I nisko i visoko propusni filteri predstavljaju filtere drugog Besselova tipa. Ulazna osjetljivost bila je podešena individualno od 0,5 to  $2\text{mV}_{\text{pp}}$ .

Gnatosonijski signali prikupljeni su s pomoću 2 electret mikrofona (tip EU-6, osjetljivost  $10\text{mV/Pa}$  pri 1 kHz, promjera 9,5 mm). Mikrofonu su bili povezani s audio pojačalima (raspon 10 Hz do 4 kHz, drugi tip Besselovih filtara).

Donja granična frekvencija za mioelektrične signale bila je namještena na 10 Hz.

Zbog različita frekvencijskog spektra mioelektrični i gnatosonijski signali digitalizirani su pri razli-

čitim vrijednostima (20 kHz za elektromiografske kanale i 60 kHz za audio signale).

Trajanje snimanja signala moguće je mijenjati od 240 ms do 2,4 s, te je za registraciju OCC ciklusa uporabljena vremenska sekvenca od 240 ili 300 ms.

Svako je snimanje OCC ciklusa počelo kada je aktivnost desnog m. temporalisa dosegla određenu isotoničku aktivnost. Prag za početak snimanja bio je namješten individualno s pomoću kursora, ovisno o razini mišićne aktivnosti na ekranu.

Šest simultano snimljenih signala prikazano je na ekranu računala u različitim prozorima. Program "Medwin" omogućuje superponiranje prozora s mioelektričnim i audio signalima.

Nakon vizualne kontrole (ako su postojali ikakvi artefakti, snimka je bila isključena) signali su spremljeni na disketu ili hard disk za naknadnu off-line raščlambu.

Program omogućuje kursora mjerjenja (vrijeme i voltažu). Kako bi se omogućila bolja rezolucija (najbolja je 4 ms), vremenska mjerjenja (latencija i trajanje razdoblja tišine) rađena su pod zoom in opcijom (povećanje 2 ili 5 puta).

Program omogućuje mjerjenja korijena srednje kvadratne vrijednosti (mišićni rad - RMS) ili srednje (Uavg) voltaže za mioelektrične signale između postavljenih kursora i prezentaciju frekvencije signala (broj točaka u kojima signal prolazi kroz nultu liniju).

Površinske EMG elektrode u obliku diska (Ag/AgCl, promjera 8 mm) smještene su na 20 mm udaljenosti, rabeći standardne pozicije za prednji temporalni mišić i masseter koje su perforirane na fleksibilnom trokutu koji se pozicionira usporedno s Camperovom linijom (22, 23). Prije lijepljenja elektroda koža je pažljivo očišćena alkoholom kako bi se snizili otpori kože. Upotrebljen je i elektrolički gel tako da je otpor između elektoda bio manji  $10\text{k}\Omega$ , a što je provjereno s pomoću programa "Medwin". Nulta elektroda bila je pozicionirana na podlaktici lijeve ruke.

Mikrofonu za registraciju zvuka okluzije bili su zalijepljeni na kožu iznad najistaknutijega dijela zigomatične kosti.

EMG signali snimljeni su i spremljeni na disketu za kasniju raščlambu iz 4 mišića elevatora mandi-

bule: iz desnog i lijevog temporalnog mišića (RAT, LAT) i iz desnog i lijevog masetera (RM, LM) simultano s audio signalima zvuka okluzijskoga doticaja.

Inhibicijski refleksi - razdoblja tišine izazvani su okluzijskim kontaktom antagonističkih zuba za vrijeme "open-close-clench" (OCC) ciklusa. OCC ciklus definira se kao ciklus u kojemu ispitanik iz položaja otvorenih usta naglo zatvori usta prigodom čega zubi gornje i donje čeljusti dolaze u doticaj u položaju maksimalne interkuspudacije. Nakon određene latencije poslije okluzijskoga doticaja nastaje kratkotrajan prestanak električne aktivnosti u elektromiogramu (razdoblje tišine, inhibicijski refleks) u elektromiogramu mišića zatvarača mandibule.

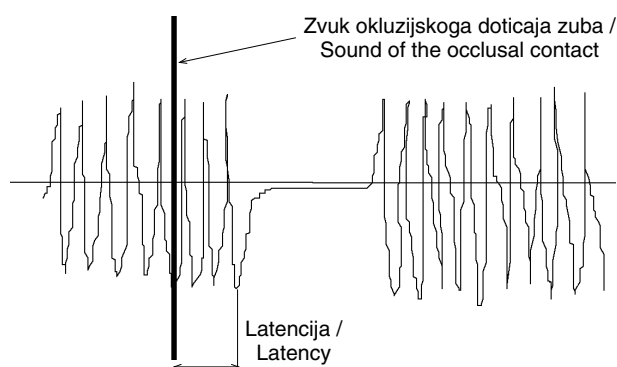
EMGA-1 uređajem moguće je superponirati signal okluzijskoga dodira zuba preko signala mišićne aktivnosti kako bi se mjerilo trajanje signala, ili srednji napon izravno na zaslonu, između kursora koji se postave na željena mjesta, a mjerenje dužine latencije ili trajanja refleksa provedeno je pri dvostrukom povećanju signala (zoom in).

Sva mjerenja učinjena su off-line, a ista osoba, iskusna u tome području, obavila je sva mjerenja.

Izotonična mišićna aktivnost (UIT) na zaslonu predstavljala je dio mišićnog signala od početka snimanja do pojave signala zvuka okluzije. Izometrična aktivnost je mišićna aktivnost nakon pojave zvuka okluzije (doticaja zuba), ali je u ovom istraživanju mjerena od kraja razdoblja tišine do kraja mišićnoga signala na zaslonu (UIM). Izmjerene su srednje voltaže (srednji mišićni napon) za izotoničnu (UIT) i izometričnu mišićnu aktivnost (UIM), a izmjeren je i srednji mišićni napon za vrijeme 2,4 s maksimalne voljne aktivnosti elevatora u položaju maksimalne interkuspudacije ( $U_{max}$ ) za svaki ispitivani mišić.

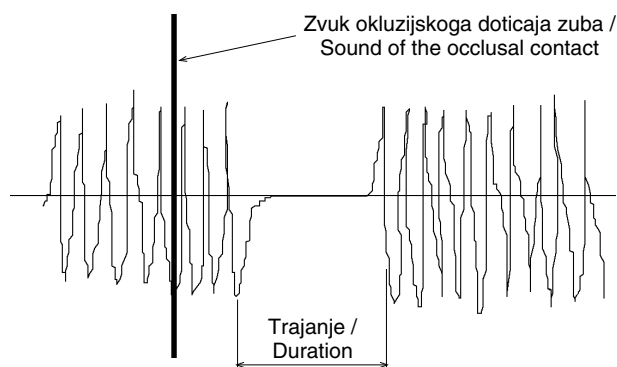
Latencija razdoblja tišine mjerena je kao vremenski razmak od pojave zvuka okluzije na zaslonu do vrška zadnje amplitude mišićne aktivnosti prije početka inhibicije (u ms) (Slika 1A). Trajanje razdoblja tišine mjereno je od vrška zadnje amplitude mišićne aktivnosti prije početka stanke do vrška prve amplitude mišićne aktivnosti nakon inhibicijske stanke, a koja je nastavak mišićne aktivnosti (Slika 1B).

Za svakog ispitanika bilo je registrirano i analizirano po 10 OCC ciklusa. U prijašnjem radu, uzi-



Slika 1A. Mjerenje trajanja latencije razdoblja tišine: od početka prikaza zvuka okluzije do vrška posljednje amplitude mišićne aktivnosti prije inhibicije

Figure 1A. Measurement of the latency of the silent period: from the trace of the tooth contact to the peak of the last amplitude of muscle activity preceding the inhibitory pause



Slika 1B. Mjerenje trajanja razdoblja tišine: od vrška posljednje amplitude mišićne aktivnosti prije inhibicije do vrška prve amplitude mišićne aktivnosti nakon inhibicije

Figure 1B. Measurement of the duration of the silent period: from the peak of the last amplitude of muscle activity preceding the inhibitory pause to the peak of the first amplitude of the ongoing muscle activity after the inhibitory pause

majući u obzir intra i interindividualnu varijabilnost ispitanika, te intra i interindividualnu varijabilnost mjerača, zaključeno je kako je 5-10 snimaka dovoljno da bi se dobile reprezentativne vrijednosti parametara razdoblja tišine u ispitanika s normalnom okluzijom (22, 23).

Registrirani podatci statistički su analizirani. Mogućnost provođenja parametrijskih testova, tj. provjera normalnosti distribucije, napravljena je s pomoću jednosmjernoga Kolmogorov-Smirnova testa.

Izračunane su srednje vrijednosti ( $\bar{x}$ ) i standardne devijacije (SD).

Ispitivanje znatnosti razlike u latenciji i duljini trajanja razdoblja tišine između 4 mišića učinjeno je s pomoću MANOVA raščlambe (multivarijatna raščlamba). T testom ispitana je znatnost razlike između mišića lijeve i desne strane. S pomoću ANOVA raščlambe (raščlamba varijance) ispitana je znatnost razlike između UIM, UIT i Umax za svaki mišić, a u slučaju postojanja znatne razlike, učinjeno je post-hoc testiranje po Sheffeu. Statističko zaključivanje provedeno je pri 95% vjerojatnosti ( $p < 0,05$ ).

## Rezultati i rasprava

Srednje vrijednosti latencije i trajanja razdoblja tišine izazvanog u OCC ciklusima prikazane su u Tablici 1. Ovako dobiveni periodi tišine imali su jednu kratku inhibicijsku pauzu, a inhibicija motoneurona bila je potpuna. Latencija refleksa iznosila je prosječno 12,5-12,9 ms, a trajanje refleksa iznosilo je prosječno 20,1-21,1 ms.

Znatnost razlike između aritmetičkih sredina za latenciju i trajanje refleksa, između ispitivanih mišića prikazana je također u Tablici 1. Niti za latenciju niti za trajanje refleksa nije postojala statistički znatna razlika ( $p > 0,05$ ) između ispitivanih mišića ili između lijeve i desne strane lica, što je dokazalo simetričnost pojave refleksa.

Vrijednosti dobivene za latenciju i trajanje toga refleksa bitno se ne razlikuju od vrijednosti koje su dobili drugi autori u OCC ciklusu u zdravih ispitanika s normalnom okluzijom (18, 25-27).

Latencije razdoblja tišine izazvane udarcem neurološkim čekićem na mentum također su slične (17, 19), ali su latencije razdoblja tišine izazvane s pomoću elektrostimulacije zubne pulpe (15, 28) ili donje usnice (oko 20 ms) (14, 19-21) nešto duže, a isto tako i latencije razdoblja tišine izazvane mehaničkom stimulacijom tvrdoga nepca (50 ms) (12) ili elektrostimulacijom kože iznad masseteričnoga mišića (54 ms) (29).

Motorna jezgra V živca u središtu je ponsa. Olsson (30) je rubnu zonu oko motorne jezgre podijelio u 4 područja: intertrigeminalno (NintV), supratrigeminalno (NsV), medijalno (Mb) i prednje (Vb) područje. Pretpostavlja se da su interneuroni,

Tablica 1. Latencija i trajanje razdoblja tišine (62 ispitanika, 620 OCC ciklusa)

Table 1. The latency and duration of the silent period (62 participants, 620 OCC cycles)

Varijabla / Variable		$\bar{x}$ (ms) $\pm$ SD	Raspon/Range	n
Latencija / Latency	Desni prednji temporalis / Right anterior temporalis	12,93 $\pm$ 1,20	9,8 - 15,8	62
	Desni Masseter / Right Masseter	12,52 $\pm$ 1,21	9,4 - 15,1	62
	Lijevi prednji temporalis / Left anterior temporalis	12,91 $\pm$ 1,26	9,4 - 15,6	62
	Lijevi Masseter / Left Masseter	12,49 $\pm$ 1,29	9,6 - 15,3	62
Trajanje / Duration	Desni prednji temporalis / Right anterior temporalis	20,10 $\pm$ 3,29	12,0 - 29,6	62
	Desni Masseter / Right Masseter	20,48 $\pm$ 3,19	13,0 - 29,5	62
	Lijevi prednji temporalis / Left anterior temporalis	20,51 $\pm$ 3,14	12,0 - 28,8	62
	Lijevi Masseter / Left Masseter	21,19 $\pm$ 3,07	12,0 - 29,0	62

Latencija: MANOVA: Temporalis (lijevi + desni): Masseter (lijevi + desni);  $F = 0,70$ ,  $p = 0,498$ ; NS  
Lijevi (Masseter + Temporalis): Desni (Masseter + Temporalis);  $F = 0,32$ ,  $p = 0,729$ ; NS;  
Lijevi Temporalis: Lijevi Masseter : Desni Temporalis : Desni Masseter;  $F = 0,82$ ;  $p = 0,44$ ; NS;

Trajanje: MANOVA: Temporalis (lijevi + desni): Masseter (lijevi + desni);  $F = 0,87$ ,  $p = 0,42$ ;  
Lijevi (Masseter + Temporalis): Desni (Masseter + Temporalis);  $F = 1,15$ ,  $p = 0,322$ ; NS;  
Lijevi Temporalis: Lijevi Masseter : Desni Temporalis : Desni Masseter;  $F = 0,52$ ;  $p = 0,597$ ; NS;  
 $\bar{x}$  = aritmetička sredina; SD = standardna devijacija; n = broj ispitanika (svaki je napravio po 10 OCC ciklusa)

Latency: MANOVA: Temporalis (left + right): Masseter (left + right);  $F = 0,70$ ,  $p = 0,498$ ; NS  
Left (Masseter + Temporalis): Right (Masseter + Temporalis);  $F = 0,32$ ,  $p = 0,729$ ; NS;  
Left Temporalis: Left Masseter: Right Temporalis: Right Masseter;  $F = 0,82$ ;  $p = 0,44$ ; NS

Duration: MANOVA: Temporalis (left + right): Masseter (left + right);  $F = 0,87$ ,  $p = 0,42$ ; NS  
Left (Masseter + Temporalis): Right (Masseter + Temporalis);  $F = 1,15$ ,  $p = 0,322$ ; NS;  
Left Temporalis: Left Masseter: Right Temporalis: Right Masseter;  $F = 0,52$ ;  $p = 0,597$ ; NS;  
 $\bar{x}$  = mean value; SD = standard deviation; n = number of participants (each of them exhibited 10 open-close-clench cycles)

koji su odgovorni za inhibiciju motoneurona, smješteni u supratrigeminalnom (NsV) ili intertrigeminalnom (NintV) području. Budući da senzorička živčana vlakna iz periodontalnih receptora spadaju

u vlakna koja brzo provode signale, a da su latencije SP-a zabilježene u OCC ciklusima u ovom istraživanju izrazito kratke, ovako izazvano razdoblje tišine može se ubrojiti u oligosinaptičke reflekse, za razliku od razdoblja tišine izazvanog podražavanjem drugih receptora (npr. podražavanjem receptora oralne mukoze (12), ili pulpe zuba (15, 28) koji imaju i/ili više sinapsa i/ili sporiju provodljivost signala.

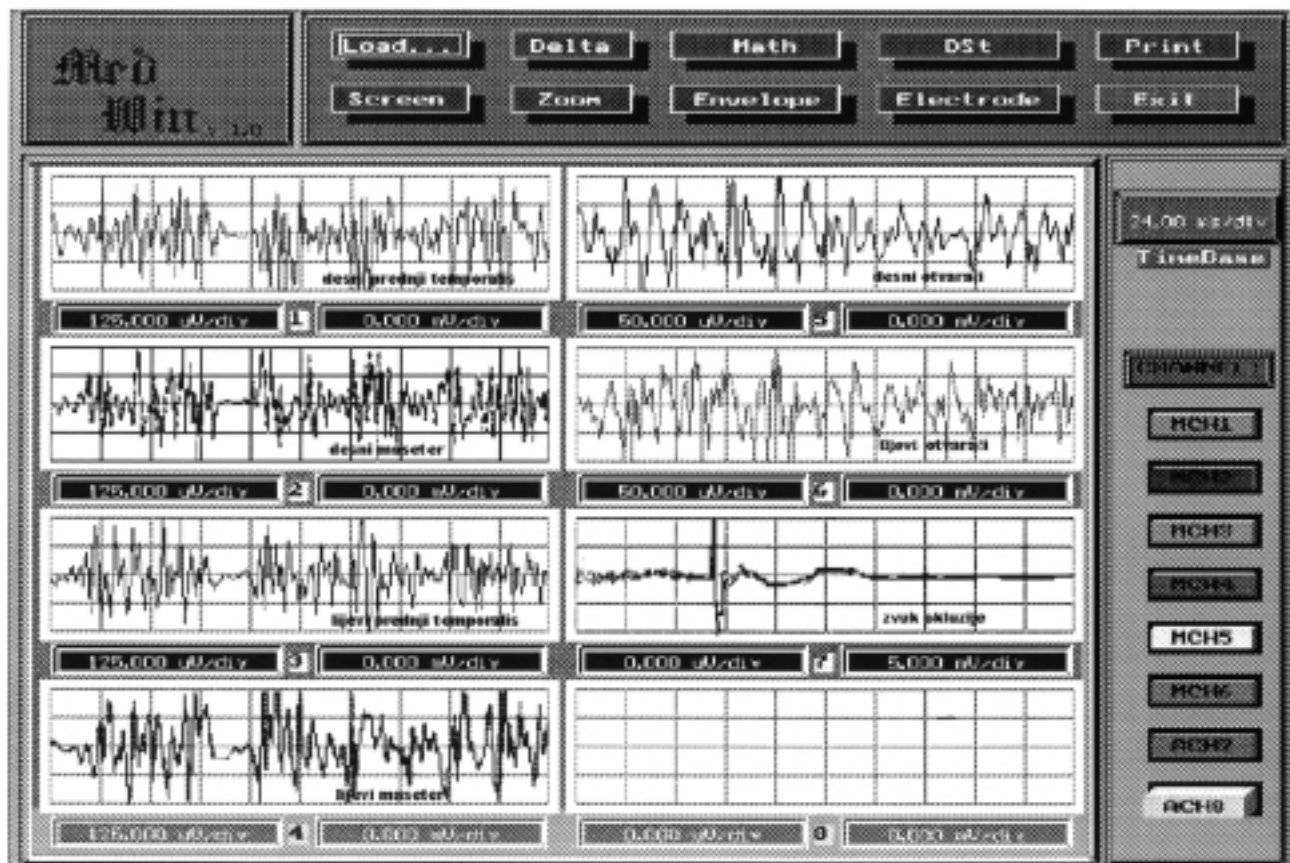
Interneuroni u supratrigeminalnome području ubrajaju se u najčešće inhibicijske interneurone koji posreduju u refleksnim inhibicijama mišića zatvarača izazvanih podražavanjem receptora iz mnogih perifernih izvora, budući da primaju aferentne impulse koji se provode gornjim i donjim alveolarnim živcem (31). Trenutačna aktivnost žvačnih mišića može se prilagoditi tako da se promijeni prijenos primarnim aferentnim živčanim vlaknima do interneurona ili da posreduju sami interneuroni (32). Nucleus mesencephalicus je senzorička jezgra trigemina za aferente iz mišićnih vretena koja se projiciraju izravno na nucleus motorius istoga živca izazivajući ekscitaciju, no u njoj su također dokazane jezgre periodontnih aferentnih živčanih vlakana niskoga praga podražljivosti (33). Na interneurone u supratrigeminalnome području iz nucleus mesencephalicus se projiciraju trigeminalna senzorička vlakna niskoga praga iz periodontalnih aferentnih senzoričkih receptora (prva sinapsa), a odakle inhibicijski impulsi pristupaju na motoneurone n. trigemini (druga sinapsa) te inhibiraju motoneurone elevatora (33, 34). Budući da su latencije SP-a izmjerene u ovom istraživanju kratke (12 ms), moguće je pretpostaviti da međusobni doticaj zuba u OCC ciklusu stimulira periodontne receptore niskoga praga podražljivosti čije su jezgre smještene u senzoričkoj mezencefalnoj jezgri, odakle se projiciraju na interneurone u supratrigeminalnome području, a impulsi iz tih interneurona projiciraju se na motoneurone žvačnih mišića u ponsu. Međutim, receptori smješteni u mišićnim vretenima, tetivama ili u temporomandibularnome zglobu također mogu imati udjela u izazivanju toga refleksa, a mogu biti podraženi zbog vibracija koje nastaju doticajem zuba. U svakom slučaju, razdoblje tišine ovako izazvano (OCC ciklus) smatra se oligosinaptičkim zbog svoje kratke latencije (vjerojatno 2 sinapse).

Trajanje razdoblja tišine izmjereno u ovome radu neznatno je duže od rezultata koji su izmjerili Griffin i Munro (13 ms) (25, 26) i Freesmeyer (17-18 ms) (27), a vrijednosti su slične rezultatima Chong-Shana i Hui-Yuna (18). Freesmeyer (27) je mjerio samo dužinu inhibicijske stanke (a ne aktivnost od vrha posljednje amplitude mišićne aktivnosti prije stanke do vrha prve amplitude mišićne aktivnosti nakon stanke), a Griffin i Munro (25, 26) mjerili su trajanje razdoblja tišine na papiru s pomoću pomične mjerke preciznosti 0,1 mm i zato nisu mogli biti precizniji.

Rezultati ovoga rada pokazuju da se u OCC ciklusima u zdravih ispitanika s normalnom okluzijom bez interferentnih dodira pojavljuje samo jedna kratkotrajna inhibicijska stanica trajanja oko 20 ms, premda separacija čeljusti prilikom otvorenih usta (početak OCC ciklusa) i sile između zuba gornje i donje čeljusti nisu iste u svih ispitanika. Okluzijske sile različitih vrijednosti između zuba gornje i donje čeljusti u OCC ciklusima istegnu periodontni ligament uzduž duže osi zuba (budući da ispitanici imaju normalne okluzijske odnose) te senzorički receptori reagiraju na silu vlaka uniformno uzrokujući jednu kratkotrajnu motornu stanku (SP) u svim mišićima elevatorima simetrično na objema stranama čeljusti (Tablica 1, Slika 2). Vibracije koje nastaju zbog doticaja gornjih i donjih zuba u OCC ciklusu mogu stimulirati i druge mehanoreceptore (u mišićima, tetivama ili u temporomandibularnome zglobu), što izaziva i/ili pridonosi nastanku t razdoblja tišine. Zbog ujednačenog okluzijskog doticaja i stabilne okluzije vibracije koje nastaju su kratke, što rezultira pojavom jedne kratke motorne stanke. Müller i sur. (35) pretpostavljaju da su vibracije najvažnije za nastanak inhibicije (razdoblja tišine) za vrijeme drobljenja hrane, a da periodontni receptori, brzina zatvaranja donje čeljusti i stanje mišića u trenutku zagriža u hranu imaju znatno manju ulogu.

Trajanje razdoblja tišine izazvanog drugim metodama (električna stimulacija, udarac u bradu, udarac po zubu) variralo je ovisno o upotrebljenoj metodi, sili i razini prethodne mišićne aktivnosti (19, 36-39).

Interneuroni u supratrigeminalnome području iznad motorne jezgre u ponsu smatraju se inhibicijskim interneuronima koji posreduju u nastanku inhibicijskoga refleksa mišića zatvarača donje čeljusti,



Slika 2. Istodobno pojavljivanje i podjednako trajanje razdoblja tišine u svim mišićima zatvaračima mandibule

Figure 2. Immediate bilateral appearance and equal duration of the period silent of the period silent in all examined jaw elevator muscles mandible

a primaju informacije iz mnogo perifernih izvora preko konvergentnoga tijeka impulsa nastalih stimulacijom različitih senzoričkih receptora u orofacijalnom. Sile vlakna koje nastaju istezanjem periodontnoga ligamenta stimuliraju aferentne receptore, čija vlakna provode impulse do interneurona, odakle inhibicijska vlakna pristupaju na motoneurone izazivajući jednu kratku potpunu inhibicijsku stanku bez električne aktivnosti u kontrahirajućemu mišiću bez obzira na silu generiranu između zubnih lukova nasuprotnih zuba. Jedini preduvjet jest okomitost sila na žvačnu plohu zuba, jer takva sila bude pretvorena u vlačnu silu uzduž periodontnog ligamenta (jednakomjerno istezanje Šarpejevih vlakana zbog intruzije zuba u alveolu, što istegne ligament i podraži senzoričke receptore). Na taj način nastaje jedno kratko razdoblje tišine u kontrahirajućim mišićima u elektromiogramu OCC ciklusa. Aferentni impulsi iz drugih receptora, ili čak iz istih receptora ali pod promijenjenim uvjetima (npr. ako sila jedna-

komjerno ne izazove istezanje periodontnog ligamenta nego tlačni pritisak u pojedinim dijelovima ligamenta), možda mogu izazvati razdoblje tišine produženoga trajanja, dvostruke ili nepravilne oblike, itd., kao što su neki autori primjetili (1-19). Ako je vibracija najzaslužnija za nastanak razdoblja tišine, tada je jednoliki doticaj nasuprotnih zuba također uzrokom kratkoga trajanja refleksa. Razdoblja tišine produljenoga trajanja ili dvostruke inhibicijske stanke itd., nastale zbog udarca u bradu neurološkim čekićem (7, 9, 36-40), mogu biti uzrokom dužem i nepravilnijem trajanju vibracija zbog udarca čekićem i/ili stimulaciji i kožnih receptora na koži brade.

Rezultati ovoga rada pokazuju bilateralnu narav i latencije i trajanja toga refleksa (Tablica 1, Slika 2). Obostrano pojavljivanje refleksa u skladu je s rezultatima drugih autora, koji su izazivali razdoblje tišine za vrijeme mišićne kontrakcije mehaničkom

stimulacijom zuba (periodontalnih mehanoreceptora) (10, 40-42) tako da su lagano kuckali po zubima bez obzira na to jesu li ti zubi bili dvostrano ili jednostrano inervirani (42), premda se autori slažu da je taj način stimuliranja mogao također pobuditi i neke receptore izvan periodontnog ligamenta.

Srednje vrijednosti mišićnoga napona za izotonične i izometrične kontrakcije u OCC ciklusu i vrijednosti srednjega mišićnog napona za vrijeme maksimalnog voljnog zagriža u maksimalnoj interkuspilaciji prikazane su u Tablici 2.

iznosila je 60% do 70% aktivnosti za vrijeme maksimalne voljne kontrakcije u položaju MI. Na možebitne varijacije u razini mišićne aktivnosti za vrijeme OCC ciklusa nije utjecalo nikakvo objašnjavanje ispitanicima, svaki OCC ciklus napravljen je spontano tako da su ispitanici otvorili usta prije početka izvođenja OCC ciklusa na način koji im je bio najugodniji. Varijacije u razini mišićne aktivnosti za vrijeme takvoga spontanog zatvaranja u OCC ciklusima nisu bile veće negoli u ispitanika koji nastoje održati razinu određene mišićne aktivnosti s

Tablica 2. Srednje vrijednosti izotonične (UIT) i izometrične (UIM) mišićne aktivnosti u open-close-clench ciklusima (OCC) i prigrdom maksimalne voljne izometrične kontrakcije u položaju maksimalne interkuspilacije ( $U_{max}$ )

Table 2. Mean voltages for the isotonic (UIT) and isometric (UIM) muscle activity for the examined muscles in open-close-clench cycles (OCC) and during isometric maximum voluntary clenching ( $U_{max}$ )

Varijabla / Variable	Mišić / Muscle			
	Desni prednji temporalis / Right anterior temporalis	Lijevo prednji temporalis / Left anterior temporalis	Desni Masseter / Right Masseter	Lijevo Masseter / Left Masseter
	$x \pm SD$	$x \pm SD$	$x \pm SD$	$x \pm SD$
UIT OCC ( $\mu V$ )	112,7 $\pm$ 47,9	116,0 $\pm$ 59, 2	113,8 $\pm$ 76,9	155,2 $\pm$ 97,9
UIM OCC ( $\mu V$ )	113,7 $\pm$ 51,6	118,6 $\pm$ 66,3	140,4 $\pm$ 80,2	150,5 $\pm$ 94,5
$U_{max}$ ( $\mu V$ )	160,5* $\pm$ 77,2	167,6* $\pm$ 81,4	221,9* $\pm$ 114,0	218,8* $\pm$ 104,0

x - aritmetička sredina / mean value; SD - standardna devijacija / standard deviation; \* -  $U_{max}$  sa znatno razlikuje od UIT i UIM /  $U_{max}$  significantly different from UIT and UIM; F = 8,86, p < 0,01, ANOVA + Sheffe post-hoc

Između srednjeg izotoničnog napona ispitivanih elevatora (UIT) i srednjeg izometričnog mišićnog napona (UIM) u OCC ciklusu nije bilo statistički znatne razlike (p>0,05), a nije bilo znatnih razlika ni između RAT i LAT i između RM i LM (Tablica 2). UIT i UIM u OCC ciklusu imale su gotovo istovjetne vrijednosti za svaki ispitivani mišić. Mišićni napon za vrijeme maksimalne voljne kontrakcije u položaju MI (MVC) imao je znatno veće vrijednosti od UITa i UIMa u OCC ciklusima (Tablica 2).

Iz literature je znano da razina prethodne mišićne aktivnosti utječe na trajanje razdoblja tišine (11, 43, 44) te da postoji negativna korelacija između razine prethodne mišićne aktivnosti i trajanja razdoblja tišine, premda neki autori tvrde da se trajanje razdoblja tišine ne mijenja pri različitim razinama mišićne aktivnosti (45, 46). Najnoviji radovi pokazuju da trajanje inhibicije ovisi o brzini okidanja motoneurona, koji pri većim silama brže okidaju, a pri tome se uključuju i nove motorne jedinice višega praga (14, 47). U ovome radu izotonična aktivnost (UIT)

pomoću biofeedback metoda. Razni autori izazivali su razdoblja tišine različitim metodama za vrijeme izometrične kontrakcije elevatora s 10%, 25%, 40% ili 100% aktivnosti u odnosu prema maksimalnoj voljnoj aktivnosti (7, 10, 11, 36-39).

Premda je u ovome istraživanju u OCC ciklusima izotonična aktivnost (UIT) iznosila otprilike 60-70% maksimalne voljne aktivnosti, latencija i trajanje refleksa nisu se razlikovali od razdoblja tišine koji su bili izazivani prigrdom 10, 25 ili 40% maksimalne voljne aktivnosti. U ovom radu druga inhibicija duge latencije nije ni jedanput zabilježena, kao u razdobljima tišine koji su se izazivali nekim drugim metodama (udarac u bradu, jak udarac po zubu u smjeru koji je okomit na periodont zuba) (10, 36-39).

Kako bismo provjerili je li stupanj prethodne mišićne aktivnosti (UIT) povezan s dužinom trajanja razdoblja tišine kratke latencije, napravljena je korelacijska raščlamba između UIT i trajanja razdoblja tišine za svaki mišić posebno. Koeficijent korelacije



bio je malen (RAT,  $r = -0,09$ ), (LAT,  $r = 0,019$ ), (RM,  $r = 0,02$ ), (LM,  $r = 0,001$ ) i nije bio signifikantan, što je pokazalo konzistentnu spontanu aktivnost mišića zatvarača za vrijeme OCC ciklusa te promjene u naponu mišića nisu utjecale na dužinu refleksa.

## Zaključci

Vrijednosti latencije i trajanja razdoblja tišine koji su izmjereni u ovome radu u OCC ciklusima za mišiće zatvarače u ispitanika s normalnom okluzijom normalne su vrijednosti te ih je potrebno smatrati referentnim vrijednostima za razdoblje tišine izazvan u OCC ciklusu. Refleks je potpuno simetričan i potpuno jednakih latencija i trajanja između desnog i lijevog prednjeg m. temporalisa i desnog i lijevog m. massetera. Izotonična aktivnost u OCC ciklusima bila je gotovo jednaka kao izometrična aktivnost. Izotonična aktivnost nastajala je spontano i bila je ujednačena u OCC ciklusima te je iznosila otprilike 60% - 70% maksimalne voljne mišićne aktivnosti u položaju maksimalne interkuspidacije.

## Literatura

- STEENBERGHE van D. The structure and function of periodontal innervation-a review of literature. *J Periodont Res* 1979; 14: 185-203.
- TÜRKER KS. A method for standardization of silent period measurements in human masseter muscle. *J Oral Rehabil* 1988; 15: 91-101.
- ALGHREN J. The silent period of the EMG of the jaw muscles during mastication and its relationship to tooth contact. *Acta Odont Scand* 1969; 27: 219-27.
- HOFFMAN P. Demonstration eines Hemmungsreflexes im menschlichen Rückenmark. *Z Biol* 1919; 70: 515-24.
- SCHAERER P, STALLARD RE, ZANDER HA. Occlusal interferences and mastication: An EMG study. *J Prosthet Dent* 1967;17: 438-50.
- BRENNAN HS, BLACK MA, COSELT G. Interrelation between EMG silent period and dental occlusion. *J Dent Res* 1968; 47: 502-7.
- TALLGREN A, McCALL WD Jr, MANSOUR NN. Follow up study of silent periods in complete denture wearers. *J Oral Rehabil* 1987; 14: 345-53.
- HELLSING G, KLINEBERG I. The silent period and its clinical implications. *J Prosthet Dent* 1983; 49: 106-12.
- BESSETE R, BISHOP B, MOHL ND. Duration of masseteric silent period in patients with TMJ syndrome. *J Applied Physiol* 1971; 30: 864-72.
- BRODIN P, FLÖYSTRAND F, ÖRSTAVIK J. The masseteric reflex evoked by tooth and denture tapping. *J Oral Rehabil* 1991; 18: 327-35.
- DE LAAT, VAN DER GLASS, WEYJTJENS JFL, VAN STEENBERGHE D. The Masseteric Post Stimulus Complex in EMG Complex in People with Dysfunction of Temporomandibular Joint. *Archs Oral Biol* 1985; 30: 177-80.
- DI FRANCESCO G, NARDONE A, SCHIEPPATI M. Inhibition of jaw closing muscle activity by tactile air-jet stimulation of peri and intraoral sites in man. *Archs Oral Biol* 1986; 31: 273-8.
- YEMM R. The response of the masseter and temporal muscle following electrical stimulation of mucous membrane in man. *Archs Oral Biol* 1972; 17: 23-33.
- TÜRKER KS, MILES TS. Surface EMG. force and single motor unit data for inhibitory reflex responses in human masseter at two levels of excitatory drive. *Archs Oral Biol* 1989; 34: 731-7.
- SHARAV Y, McGRATH PA, DUBNER R. Masseter inhibitory periods and sensations by electrical tooth pulp stimulation in patients with oral-facial pain and mandibular dysfunction. *Archs Oral Biol* 1982; 27: 305-10.
- CADDEN SW, NEWTON JP. Modulation of jaw reflexes in man. I. Role of extratrigeminal afferent inputs. *J Oral Rehabil* 1992; 19: 161-2.
- WIDMÄLM SE, HEDEGARD B. Reflex activity in the masseter muscle of patients with TMJ dysfunction. *J Oral Rehab* 1976; 3: 41-55.
- CHONG-SHAN S, HUI-YUN W. Value of EMG analysis of mandibular elevators in open-close-clench cycle to diagnosing TMJ disturbance syndrome. *J Oral Rehabil* 1989;16:101-107.
- LAVIGNE G, FRYSSINGER R, LUND JP. Human factors in the measurement of the masseteric silent period. *J Dent Res* 1983;62:985-988.
- TÜRKER KS, MILES TS. The effect of stimulus intensity and gape on electrically evoked jaw reflexes in man. *Arch Oral Biol* 1985; 30:621-6.
- TÜRKER KS. A method for standardization of silent period measurements in human masseter muscle. *J Oral Rehabil* 1988; 15: 91-101.
- VALENTIĆ-PERUZOVIĆ M, MAGJAREVIĆ R, STIPETIĆ D, CIFREK M, ŽULJEVIĆ Ž. A PC based system for simultaneous recordings of myoelectrical activity and occlusal sounds. Proceedings of 7<sup>th</sup> International Conference on Mechanics and Medicine in Biology. Slovenia-Austria. 1991, pp 57-58.
- ČELEBIĆ A, VALENTIĆ-PERUZOVIĆ M, KERN J, MAGJAREVIĆ R, VOJVODIĆ D, KATUNARIĆ M. Evaluation of the number of measurement necessary to represent the mean value for silent period latency and duration on non-rectified EMG signals. Proceedings of the 16<sup>th</sup> International Conference on Information Technology Interfaces. Pula. Croatia. June 14-17, 1994. pp 411-6.

24. VALENTIĆ-PERUZOVIĆ M, ČELEBIĆ A, MAGJAREVIĆ R, CIFREK M. Analiza elektromiografskih signala pomoću kompjutorizirane EMGA-1 aparature. *Acta Stom Croat* 1995; 29(1): 23-33.
25. GRIFFIN CJ, MUNRO RR. Electromyography of the masseter and anterior temporalis muscles in patients with temporomandibular dysfunction. *Arhs Oral Biol* 1971;16: 929-49.
26. GRIFFIN CJ, MUNRO RR. EMG of the jaw closing muscles in the open-close-clench cycles in man. *Arch Oral Biol* 1969; 14: 141-9.
27. FREESMEYER WB. Funktionelle Befunde im orofazialen System und deren Wechselwirkung. München, Wien: Carl Hanser Verlag 1987, pp 1-154.
28. CIANCAGLINI R, GELMETTI R, SORINI M. Clinical significance of masseteric silent period elicited by different trigeminal stimulations. In: Van Steenberghe D, De Laat A, (eds.) EMG of jaw reflexes in man. Leuven University Press, 1989, pp 369-77.
29. WIDMALM SE, ASH MM Jr. The refractory period of the masseteric cutaneous silent period. *J Oral Rehabil* 1985; 2: 331-6.
30. OLSSON K, WESTBERG K-G. Interneurons in the trigeminal motor system. In: EMG of jaw reflexes in man. Steenberghe van D, DeLaat A eds., 1989, pp 19-31.
31. KAMOGAWA H, HANASHIMA N, NAITO K, KOKO K. Candidate interneurons mediating peripherally evoked disynaptic inhibition of masseter motoneurons on both sides. *Neurosci Lett* 1988; 95: 149-54.
32. LUND JP. Mastication and its control by the brain stem. *Crit Rev Oral Biol Med* 1991; 2: 33-64.
33. GOTTLIEB S, TAYLOR A, BOSLEY MA. The distribution of afferent neurons on the mesencephalic nucleus of the fifth nerve in the cat. *J Comp Neurol* 1984; 228: 273-83.
34. DESSEM D, IYADURAI O D, TAYLOR A. The role of periodontal receptors in the jaw opening reflex in the cat. *J Physiol* 1988; 406: 315-30.
35. MÜLLER F, HEATH MR, KAZAZOGLU E, HECTOR MP. Contribution of periodontal receptors and food qualities to masseter muscle inhibition in man. *J Oral Rehabil* 1993; 20: 281-7.
36. KOSSIONI AE, KARKAZIS HE. Random variation in the masseteric silent period after chin taps. *J Prosth Dent* 1995; 73: 450-6.
37. KOSSIONI AE, KARKAZIS HE. Bilateral variation of the masseteric myotatic reflex and the silent period in young humans. *J Oral Rehabil* 1999; 26 :138-44.
38. KARKAZIS HE, KOSSIONI AE. Normal side to side variation of the exeroceptive supression of masseter muscle in young dentate adults. *J Oral Rehabil* 1999; 26: 944-51.
39. KOSSIONI AE, KARKAZIS HE. Variation in the masseteric silent period in older dentate humans and in denture wearers. *Archs Oral Biol* 1995; 40: 1143-50.
40. LOUCA C, LINDEN RWA, CADDEN SW. Bilateral nature of jaw reflexes evoked by stimulation of periodontal ligament mechanoreceptors in man. *J Oral Rehabil* 1998; 25: 233-234.
41. LOUCA C, CADDEN SW, LINDEN RWA. The roles of periodontal ligament mechanoreceptors in in the reflex control of human jaw closing muscles. *Brain Research* 1996; 731: 63-71.
42. GLAS HW, STEENBERGE D van. Bilateral poststimulus electromyographic complexes in human masseter muscles after stimulation of periodontal mechanoreceptors of bi- and unilaterally invervated teeth. *Archs Oral Biol* 1988; 33: 41-9.
43. BERNSTEIN PR, McCALL WD Jr, MOHL ND, BISHOP B, UTHMAN AA. The efficiency of voluntary activity on the masseteric silent period duration *J Prosthet Dent* 1981; 46: 192-8.
44. FUNG DT, HWANG JC, POON WF. Effect of bite force on the masseteric EMG silent period. *Archs Oral Biol* 1982; 27: 577-81.
45. BESSETE R, DUDA L, MOHL N, BISHOP B. Effect of biting force on the duration of the masseteric silent period. *J Dent Res* 1973; 52: 271 (Abs. No. 850).
46. PALLA S, BAILEY JO Jr, GRASSE M, ASH MM Jr. The effect of bite force on the duration and latency of the menton tap silent period. *Archs Oral Biol* 1977; 22: 619-703.
47. MILES TS, TURKER KS, NORDSTROM MA. Reflex responses of motor units in human masseter muscle to electrical stimulation of lower lip. *Exp Brain Res* 1987; 65: 331-7.