

# Programiranje dentalnih artikulatora - usporedba Arcus Digma aparature i metode ekscentričnih registrata

---

Mage, Kristina

Master's thesis / Diplomski rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, School of Dental Medicine / Sveučilište u Zagrebu, Stomatološki fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:127:728673>

Rights / Prava: [Attribution-NonCommercial-NoDerivs 3.0 Unported / Imenovanje-Nekomercijalno-Bez prerada 3.0](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-26**



Repository / Repozitorij:

[University of Zagreb School of Dental Medicine Repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
STOMATOLOŠKI FAKULTET

Kristina Mage

**PROGRAMIRANJE DENTALNIH  
ARTIKULATORA – USPOREDBA ARCUS  
DIGMA APARATURE I METODE  
EKSCENTRIČNIH REGISTRATA**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, srpanj 2016.

Rad je ostvaren na Zavodu za mobilnu protetiku Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Voditelj rada: izv.prof.dr.sc. Robert Čelić, Zavod za mobilnu protetiku Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

Lektorica hrvatskog jezika: Dunja Vranešević, mag.philol. croat.

Adresa: Drežnička 19, 10 000 Zagreb

Telefonski broj: 098 301 939

Lektorica engleskog jezika: Brankica Bošnjak Terzić, profesorica engleskog jezika

Adresa: Vincenta iz Kastva 13, 21300 Makarska

Telefonski broj: 098 492 607

Rad sadržava: 34 stranice

4 tablice

6 slika

1 CD

Svaki ispitanik potpisao je informirani pristanak na dobrovoljno sudjelovanje u istraživanju koje je odobrilo Etičko povjerenstvo Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Zahvaljujem mentoru, izv. prof. dr. sc. Robertu Ćeliću, koji me je usmjeravao tijekom rada i pomagao mi brojnim savjetima. Puno hvala na neizmjernej pomoći i strpljenju.

Također, zahvaljujem svim djelatnicima Zavoda za mobilnu protetiku, a posebno dr. sc. Samiru Ćimiću na pruženoj pomoći u korištenju aparaturom Arcus Digma te doc. dr. sc. Davoru Illešu na pomoći i stručnim savjetima u ostvarenju statističke obrade podataka.

Hvala kolegama i prijateljima koji su dobrovoljno sudjelovali u istraživanju.

Hvala Dunji Vranešević, magistri hrvatskog jezika i književnosti, i Brankici Bošnjak Terzić, profesorici engleskog jezika i književnosti, na lekturi rada i sažetka.

Hvala dr. Jolandi Topić i dr. Milici Stilinović na velikoj pomoći i podršci koju su mi pružale tijekom izvođenja kliničkog dijela ovog rada.

Posljednje i najvažnije, hvala mojim roditeljima, sestri i bratu koji su uvijek bili uz mene te mi pružili veliku podršku bez koje ne bih bila ovdje gdje jesam.

## SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2. SVRHA ISTRAŽIVANJA.....	4
3. MATERIJAL I METODE ISTRAŽIVANJA.....	5
4. REZULTATI.....	13
5. RASPRAVA .....	21
6. ZAKLJUČAK .....	25
7. SAŽETAK .....	26
8. SUMMARY .....	28
9. POPIS LITERATURE .....	30
10. ŽIVOTOPIS .....	34

## **KRATICE**

df – stupnjevi slobode

P – značajnost

t – rezultat t-testa

## 1. UVOD

Uporaba dentalnih artikulatora u svakodnevnoj stomatološkoj praksi, posebno u stomatološkoj protetici, neizbježna je i standardna ako se žele ispitati i/ili obnoviti morfološki i funkcionalni aspekti okluzije unutar žvačnog sustava. Stoga je za svakog kliničara, koji se koristi dentalnim artikulatorima, nužno poznavanje koje parametre (vrijednosti nagiba kondilne staze i Bennettov kut) treba namjestiti (programirati) na toj napravi kako bi se mogla simulirati kinetika žvačnog organa. Može se reći da je ustaljena praksa spomenute parametre namještati na prilagodljivim dentalnim artikulatorima na osnovi prosječnih vrijednosti. Međutim, postoji i takozvano individualizirano mjerenje koje samim nazivom ukazuje na točnije mjerenje parametara koji su preduvjet za reprodukciju i simulaciju položaja i kretanja donje čeljusti u dentalnom artikulatoru. Za individualizirano mjerenje parametara može se koristiti kliničkim metodama centričnih/ekscentričnih voštanih registrata, radiografskim tehnikama, uzorcima suhe kosti te različitim mehaničkim i elektroničkim (aksiografskim) napravama (1-9).

Sagitalni nagib kondila definira se kao kut između protruzijske putanje kondila i obično frankfurtske horizontale ili drugih horizontalnih referentnih ravnina (npr. Camperove, osno-orbitalne itd.). Prosječno programiranje sagitalnog nagiba kondila temelji se na vrsti okluzije pojedinca prema kojoj osobi s Angle klasom I (normookluzija) sagitalni nagib kondila iznosi 30 – 35°. Kod ozubljenih ispitanika Angle klase II sagitalni nagib kondila raste, a kod ispitanika Angle klase III pada.

Međutim, treba naglasiti da ove kutove treba tumačiti znajući prema kojoj se horizontalnoj referentnoj ravnini (npr. razlika između frankfurtske horizontalne i Camperove ravnine prosječno je  $15^\circ$ ) protruzijska putanja kompleksa kondil-diskus odnosi prema zglobnoj kvržici (10-12). U istraživanju Ćimića i sur. korištenjem ultrazvučne aksiografske aparature izmjerena je prosječna vrijednost sagitalnoga kondilnog nagiba za potpuno ozubljene ispitanike (Angle klasa I) od  $40^\circ$  u odnosu na Camperovu ravninu (13). Zaključuju da je to posebno važno za prilagodljive artikulatorske sustave koji se programiraju u odnosu na referentnu Camperovu ravninu.

Bennetov kut označuje kut formiran između sagitalne ravnine i prosječne putanje neradnoga (orbitirajućeg) kondila, promatran u horizontalnoj ravnini tijekom lateralne kretnje donje čeljusti (11).

Bennetov kut sastoji se od dviju sastavnica kretnje: neposrednog pomaka u stranu (*immediate side shift*) i produženog pomaka u stranu (*progressive side shift*). Neposredni pomak u stranu opisuje početak lateralne kretnje, odnosno kretnju neradnog kondila ravno i medijalno iz položaja centrične relacije, dok se produženi pomak u stranu odnosi na nastavak lateralne kretnje do njezina maksimuma, odnosno na preostali dio putanje neradnog kondila tijekom lateralne kretnje donje čeljusti (što je u osnovi vrijednost Bennettova kuta). Potpuno prilagodljivi artikulatorski sustavi općenito imaju mogućnost namještanja/programiranja ovih parametara, nužnih za što preciznije simuliranje lateralnih kretnji u artikulatu (14-17).



Vrlo je malo studija u znanstvenoj literaturi u kojima se uspoređuju parametri programiranja (sagitalni nagib kondilne staze i Bennettov kut) prilagodljivih dentalnih artikulatora uporabom metoda voštanih ekscentričnih registrata i aksioografske aparature. Prasad i sur. uspoređivali su prosječne izmjerene vrijednosti kondilarnog nagiba uporabom ultrazvučnog aksiografa (SAM Axiograph) i protruzijskoga ekscentričnog voštanog registrata u cilju programiranja dvaju artikulatorskih sustava (SAM i Artex) (17). Pronašli su statistički značajne razlike između dviju korištenih metoda mjerenja sagitalnoga kondilnog nagiba kod ispitanika s normalnom okluzijom (Angle klasa I). Preporučuju uporabu potpuno prilagodljivih artikulatora tijekom instrumentalno-funkcijske dijagnostike žvačnog sustava i provedbe protetske terapije jer se time izbjegavaju greške kod okluzije zubi i trošenje. Na istom su tragu sa svojim zaključcima Proschel i sur. koji u svojoj studiji predstavljaju uporabu dentalnih artikulatora i njihovo individualno programiranje (18). Fanucci i sur. izmjerili su Bennettove kutove i programirali prilagodljivi dentalni artikulator uporabom voštanih ekscentričnih registrata i skenera čeljusnih zglobova dobivenih računalnom tomografijom (19). Pronašli su podudaranje u vrijednostima Bennettova kuta između dviju korištenih metoda mjerenja što obje metode čini pouzdanima u kliničkim uvjetima.

## **2. SVRHA ISTRAŽIVANJA**

Svrha ovog istraživanja jest utvrditi postoje li razlike između vrijednosti individualiziranog mjerenja lijevoga i desnog nagiba kondilne staze te lijevoga i desnog Bennettova kuta, izmjerenih s pomoću centričnih/ekscentričnih voštanih registrata i aparature Arcus Digma u cilju programiranja različitih prilagodljivih artikulatorskih sustava (Protar 7, SAM 3 i Artex).

Radna je hipoteza istraživanja da neće biti razlika u izmjerenim vrijednostima parametara nužnih za programiranje prilagodljivih dentalnih artikulatora dobivenima korištenjem dvama metodama u ispitivanom uzorku.

### 3. MATERIJAL I METODE ISTRAŽIVANJA

U istraživanju je sudjelovalo 30 asimptomatskih ispitanika (studenta dentalne medicine) podijeljenih prema spolu, s normalnim okluzijskim odnosom (Angle klasa I), koji nisu bili podvrgnuti ortodontskom liječenju te kod kojih nisu zabilježeni klinički znakovi i simptomi temporomandibularnog poremećaja. Svakom ispitaniku uzeo se alginatni otisak (Aroma Fine Plus, GC, Tokio, Japan) gornjega i donjeg zubnog luka radi izrade radnih modela iz tvrde sadre, tipa IV (Alpenrock, AmannGirrbach, Koblach, Austrija). Pločama tvrdoga (ružičastog) voska (Pinnacle, Dentsply, Hanau, Njemačka) koristilo se za izradu centričnog registrata, protruzijskog registrata te lijevoga i desnog laterotruzijskog registrata. Centrični voštani registrat služi za točno postavljanje radnih modela u prilagodljivi dentalni artikulatork dok protruzijski i laterotruzijski voštani registrati služe za određivanje vrijednosti i namještanje desnoga i lijevoga nagiba kondilne staze te lijevoga i desnoga Bennettova kuta. U ovom istraživanju upotrebljavala su se tri prilagodljiva artikulatorka sustava: SAM 3 (SAM, SAM Präzisionstechnik, Gauting, Njemačka), Protar 7 (Protar, Kavo, Biberach, Njemačka) i Artex CR (Artex, AmannGirrbach, Koblach, Austrija) (Slika 1).



**Slika 1.** Prilagodljivi artikulatorski sustavi u ovom istraživanju  
(SAM 3, Protar 7 i Artex)

Baze centričnih/ekscentričnih registrata prilagodile su se prema okluzijskim plohama gornjih zubi na gornjemu radnom modelu. Sam postupak uzimanja pojedinog registrata izvršio se u ustima svakog ispitanika vođenjem donje čeljusti u položaj centrične relacije (tehnika bimanulne manipulacije), položaj protruzijskih zuba (tete-a-tete) te lijevi i desni laterotruzijski zubni položaj (vođenje očnjakom).

Prvo se proveo prijenos prosječne šarnirske osi, odnosno prijenos udaljenosti gornjega zubnog luka prema toj osi s pomoću običnoga (anatomskog) obraznog luka (Slika 2), i ugipsavanje gornjeg modela u gornji dio artikulatora. Slijedilo je postavljanje centričnog registrata na gornji zubni luk, pripajanje donjega radnog modela i njegovo ugipsavanje u donji dio artikulatora.

Nakon toga namjestili su se ekscentrični voštani registrati (protruzijski, lijevi i desni laterotruzijski registrati) između zubnih lukova radnih modela u dentalni artikulatork (SAM 3, Protar 7 i Artex CR) kako bi se na zglobnome mehanizmu dentalnog artikulatorka namjestile i očitale vrijednosti desnoga i lijevog nagiba kondilne staze (protruzijski registrat) te lijevoga i desnog Bennettova kuta (desni i lijevi laterotruzijski registrat) (Slika 3) (1).



**Slika 2.** Postavljanje anatomskoga obraznog luka –artikulatorki sustavSAM



**Slika 3.** Prikaz ekscentričnih voštanih registrata i zglobnog mehanizma artikulatora SAM 3 (vrijednost Bennettova kuta)

Osim ovog mjerenja kod svakog ispitanika provelo se i mjerenje istih parametara ultrazvučnim aksiografom – aparaturom Arcus Digma (Arcus Digma II, Kavo, Biberach, Njemačka) (Slika 4) (20). Arcus Digma elektronički je uređaj za bilježenje kretanja donje čeljusti koji se zasniva na trodimenzionalnome ultrazvučnom mjerenju. Uređaj se sastoji od gornjega i donjeg luka. Donji luk uređaja pričvršćuje se na donji zubni niz paraokluzijskom žlicom te na sebi nosi emitere ultrazvučnih impulsa. Gornji luk (obrazni luk) ima četiri para senzora ultrazvučnih impulsa. Uređaj mjeri vremenska odstupanja emitiranih i registriranih ultrazvučnih impulsa. Ovisno o vremenskoj razlici ultrazvučnih intervala, na osnovi koncepta šest

stupnjeva slobode, softver uređaja izračunava prostorni položaj kondila, sagitalne incizalne točke ili odabranu odrednicu okluzije. Drugim riječima, uređaj mjeri individualne kretnje donje čeljusti pacijenta koje se potom računalno obrađuju da bi se dobile matematičke vrijednosti (grafičke i brojčane) tih istih kretnji. Područje primjene ovog uređaja je široko. Može se koristiti njime u području instrumentalno-funkcijske dijagnostike i točnije primjene prilagodljivih artikulatorskih sustava kod različitih skupina pacijenata, poput pacijenata s kliničkim znakovima i simptomima temporomandibularnih poremećaja, protetskih pacijenata, ortodontskih pacijenata itd.



**Slika 4.** Dijelovi ultrazvučnog sustava Arcus Digma. Preuzeto iz: (20).

Ovaj uređaj daje podatke nužne za individualno programiranje artikulatora koji će kod, primjerice protetskih pacijenata, omogućiti dizajniranje i izradu funkcijskih protetskih radova. Programske osobine ove naprave takve su da nije

namijenjena samo za jedan artikulatorski sustav (Protar), već se podaci mogu dobiti i za druge sustave (SAM, Panadent, Artex CR, Referenz SL, Denar Mark II, Stratos 300). U ovom istraživanju mjerile su se vrijednosti desnoga i lijevog nagiba kondilne staze te desnoga i lijevog Bennettova kuta za dentalne artikulatore SAM, Protar i Artex.

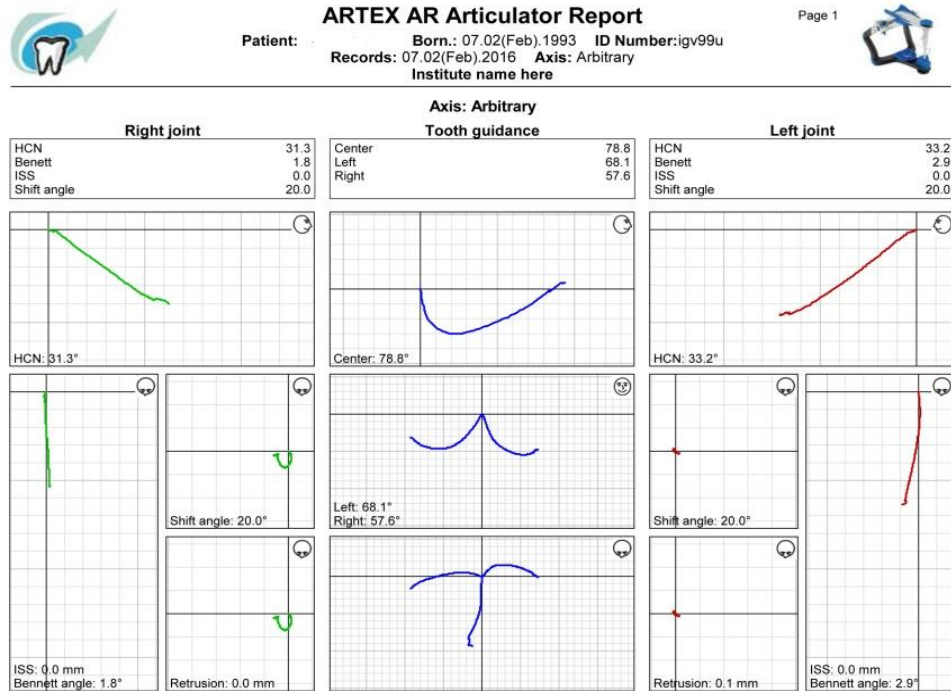
Postupak mjerenja uključivao je postavljanje kinematskoga obraznog luka, fiksiranoga u vanjske slušne hodnike i korijen nosa, te prilagođene paraokluzijske žlice na donji zubni luk (Slika 5). Prilagodba paraokluzijske žlice provela se na postojećim donjim radnim sadrenim modelima (korištenima u prvoj metodi voštanih registrata) uporabom svjetlosno-polimerizirajućeg akrilata (Unitray, Polident, Volčja Draga, Slovenija). Svaki ispitanik sjedio je udobno na stolici (uspravne posture). Paraokluzijska žlica pričvrstila se na donji zubni niz koristeći se akrilatom za izradu privremenih nadomjestaka (Structur, Voco, Cuxhaven, Njemačka). Pozornost se posvetila tomu da paraokluzijska žlica bude čvrsto vezana za donji zubni niz te da ne bude u dodiru s gornjim zubima u maksimalnoj interkuspidaciji niti u lateralnim kretnjama donje čeljusti. Mjerenja su izvedena u modulu *Articulator* uređaja Arcus Digma, a postavke su namještene na individualizaciju artikulatora SAM, Protar i Artex za svakog ispitanika. Sva mjerenja izvedena su prema uputama proizvođača (prosječna šarnirska os nalazi se 10,33 mm ispred točke *tragus medialis* i 3,66 mm iznad crte koja spaja *tragus medialis* i infraorbitale). Svaki ispitanik izveo je tri kretnje protruzije, tri kretnje lijeve laterotruzije i tri kretnje desne laterotruzije. Program uređaja izračunao je prosjek vrijednosti zadanih okluzijskih odrednica (kut



nagiba kondilne staze i Bennettov kut) kojima se koristilo u ovom istraživanju za individualizaciju odabranih dentalnih artikulatora (Slika 6) za svakog ispitanika (21, 22).



**Slika 5.** Kinematski obrazni luk s paraokluzijskom žlicom sustava Arcus Digma za snimanje kretnji donje čeljusti



**Slika 6.** Brojčani i grafički izgled „izvješća“ parametara

(nagib kondilne staze i Bennettovi kutovi) za programiranje artikulatora

(u ovom slučaju za artikulator Artex)

#### 4. REZULTATI

U istraživanju je sudjelovalo ukupno 30 asimptomatskih ispitanika raspodijeljenih prema spolu (15 ženskih i 15 muških ispitanika), s normalnom okluzijom (Angle klasa I) te bez kliničkih znakova i simptoma temporomandibularnih poremećaja. Ispitanici su prema dobi imali između 20 i 34 godine ( $25,7 \pm 2,9$  godina). Tablica 1 prikazuje deskriptivna obilježja ispitivanih varijabli (vrijednosti lijevoga i desnog kondilnog nagiba, izmjerene izvođenjem protruzijske kretnje donje čeljusti, te vrijednosti lijevoga i desnog Bennettova kuta, izmjerene izvođenjem desne i lijeve lateralne kretnje donje čeljusti) uporabom dviju metoda (centričnih/ekscentričnih registrata i aparature Arcus Digma) radi programiranja triju prilagodljivih artikulatorskih sustava (SAM 3, Protar i Artex).

Kolmogorov-Smirnovljev test pokazao je normalnu distribuciju za ispitivane varijable ( $p > 0,05$ ). Budući da je „nenormalnost“ distribucije uzrokovana definicijom samih vrijednosti, a ne njihovim mjerenjem i izračunom, u daljnjim postupcima primijenjene su metode parametrijske statističke raščlambe. Sve varijable testirane su t-testom za nezavisne uzorke s obzirom na spol. Nisu pronađene statistički značajne razlike ni za jednu testiranu varijablu prema spolu ( $p > 0,05$ ) (Tablica 2).

**Tablica 1.** Deskriptivna obilježja lijevoga i desnog nagiba kondilne staze te lijevoga i desnog Bennettova kuta za programiranje prilagodljivih artikulatorskih sustava (SAM 3, Protar 7 i Artex CR) s pomoću centričnih/ekscentričnih voštanih registrata i aparature Arcus Digma

Ispitivane varijable	N	Min	Max	X	SD
<b>SAM 3 (voštani registrat) – protruzija lijevo</b>	30	20	55	37,6	11,9
<b>SAM 3 (voštani registrat) – protruzija desno</b>	30	20	64	39,2	13,7
<b>SAM 3 (voštani registrat) – Bennett lijevo</b>	30	10	25	17,7	4,2
<b>SAM 3 (voštani registrat) – Bennett desno</b>	30	10	26	18,5	3,9
<b>SAM 3 (Arcus Digma) – protruzija lijevo</b>	30	10	66	28,2	13,4
<b>SAM 3 (Arcus Digma) – protruzija desno</b>	30	11	70	29,0	13,4
<b>SAM 3 (Arcus Digma) – Bennett lijevo*</b>	30	0	6	0,81	1,8
<b>SAM 3 (Arcus Digma) – Bennett desno*</b>	30	0	7	1,15	2,2
<b>Protar (voštani registrat) – protruzija lijevo</b>	30	22	65	41,3	11,2
<b>Protar (voštani registrat) – protruzija desno</b>	30	20	62	41,7	12,8
<b>Protar (voštani registrat) – Bennett lijevo</b>	30	4	35	16,0	7,1
<b>Protar (voštani registrat) – Bennett desno</b>	30	6	35	15,7	7,5
<b>Protar (Arcus Digma) – protruzija lijevo</b>	30	10	55	30,3	11,9
<b>Protar (Arcus Digma) – protruzija desno</b>	30	8	60	29,4	13,2
<b>Protar (Arcus Digma) – Bennett lijevo</b>	30	4	22	9,5	4,9
<b>Protar (Arcus Digma) – Bennett desno</b>	30	4	24	9,3	4,9

<b>Artex CR (voštani registrat) – protruzija lijevo</b>	30	20	61	38,4	11,5
<b>Artex CR (voštani registrat) – protruzija desno</b>	30	15	70	38,9	12,8
<b>Artex CR (voštani registrat) – Bennett lijevo</b>	30	6	47	19,2	8,6
<b>Artex CR (voštani registrat) – Bennett desno</b>	30	3	45	19,7	9,2
<b>Artex CR (Arcus Digma) – protruzija lijevo</b>	30	14	56	34,0	12,7
<b>Artex CR (Arcus Digma) – protruzija desno</b>	30	10	60	34,4	14,3
<b>Artex CR (Arcus Digma) – Bennett lijevo</b>	30	4	21	9,8	4,1
<b>Artex CR (Arcus Digma) – Bennett desno</b>	30	4	20	9,3	4,3

\*Mjerenjem Bennettova kuta aparaturom Arcus Digma aparature za programiranje artikulatorskog sustava SAM ne dobiju se brožčane vrijednosti kuta, već računalni program aparature predlaže odabir boje odgovarajućega Bennettova umetka. U ovom istraživanju to je bio zeleni Bennettov umetak čija je izmjerena vrijednost 12,5°, koja bi se u načelu trebala pridodati „nižim“ vrijednostima lijevoga i desnog Bennettova kuta prikazanima u ovoj tablici.

**Tablica 2.** Testiranje ispitivanih varijabli s obzirom na spol (t-test za nezavisne uzorke)

Ispitivane varijable	t-test	
	df	P
<b>SAM 3 (voštani registrat) – protruzija lijevo</b>	28	0,655
<b>SAM 3 (voštani registrat) – protruzija desno</b>	28	0,876
<b>SAM 3 (voštani registrat) – Bennett lijevo</b>	28	0,228
<b>SAM 3 (voštani registrat) – Bennett desno</b>	28	0,682
<b>SAM 3 (Arcus Digma) – protruzija lijevo</b>	28	0,219
<b>SAM 3 (Arcus Digma) – protruzija desno</b>	28	0,158
<b>SAM 3 (Arcus Digma) – Bennett lijevo*</b>	28	0,167
<b>SAM 3 (Arcus Digma) – Bennett desno*</b>	28	0,059
<b>Protar (voštani registrat) – protruzija lijevo</b>	28	0,169
<b>Protar (voštani registrat) – protruzija desno</b>	28	0,137
<b>Protar (voštani registrat) – Bennett lijevo</b>	28	0,468
<b>Protar (voštani registrat) – Bennett desno</b>	28	0,474
<b>Protar (Arcus Digma) – protruzija lijevo</b>	28	0,387
<b>Protar (Arcus Digma) – protruzija desno</b>	28	0,223
<b>Protar (Arcus Digma) – Bennett lijevo</b>	28	0,387
<b>Protar (Arcus Digma) – Bennett desno</b>	28	0,344
<b>Artex CR (voštani registrat) – protruzija lijevo</b>	28	0,687

<b>Artex CR (voštani registrat) – protruzija desno</b>	28	0,452
<b>Artex CR (voštani registrat) – Bennett lijevo</b>	28	0,150
<b>Artex CR (voštani registrat) – Bennett desno</b>	28	0,102
<b>Artex CR (Arcus Digma) – protruzija lijevo</b>	28	0,658
<b>Artex CR (Arcus Digma) – protruzija desno</b>	28	0,464
<b>Artex CR (Arcus Digma) – Bennett lijevo</b>	28	0,219
<b>Artex CR (Arcus Digma) – Bennett desno</b>	28	0,142

T-testom za zavisne uzorke provjereni su parovi varijabli istovjetni po kretnji (izmjerenom kutu lijevoga i desnog nagiba kondilne staze i Bennettovih kutova) i unutar jedne vrste artikulatora (SAM 3, Protar 7 i Artex), a s obzirom na primijenjenu metodu (voštane ekscentrične registre i uređaj Arcus Digma). U Tablici 3 prikazane su statistički značajne razlike na razini  $p < 0,05$  za većinu testiranih varijabli, osim za varijable para 9 i 10 (lijevi i desni nagib kondilne staze – protruzijska kretnja donje čeljusti – za artikulator Artex). Razlike aritmetičkih sredina pokazuju da su vrijednosti s uređajem Arcus Digma uvijek manje, osim za varijable para 9 i 10 kod kojih se, iako su izmjerene vrijednosti manje zbog varijance uzorka, ne mogu dokazati sa statističkom značajnošću. Najveće statističke razlike uočene su na paru varijabli 3 i 4 (lijevi i desni Bennettov kut za artikulatore SAM 3).

**Tablica 3.** Testiranje podudarnosti dviju metoda mjerenja (voštanih ekscentričnih registrata i uređaja Arcus Digma) s obzirom na izmjerene vrijednosti parametara programiranja (lijevi i desni nagib kondilne staze te Bennettovi kutovi) i tip dentalnog artikulatora (SAM 3, Protar i Artex CR) – t-test za zavisne uzorke

		Razlike		t	df	p
		95% interval pouzdanosti				
		Gornji				
Par 1	Voštani registrat SAM 3 – protruzija desno / SAM 3 Arcus – protruzija desno	17,495		2,848	29	,008
Par 2	Voštani registrat SAM 3 – protruzija lijevo / SAM 3 Arcus – protruzija lijevo	16,702		2,616	29	,014
Par 3	Voštani registrat SAM 3 – Bennett desno / SAM 3 Arcus – Bennett desno	19,108		20,139	29	,000
Par 4	Voštani registrat SAM 3 – Bennett lijevo / SAM 3 Arcus – Bennett lijevo	18,586		20,773	29	,000
Par 5	Voštani registrat Protar – protruzija desno / Protar Arcus – protruzija desno	18,161		3,730	29	,001
Par 6	Voštani registrat Protar – protruzija lijevo / Protar Arcus – protruzija lijevo	16,808		3,894	29	,001
Par 7	Voštani registrat Protar – Bennett desno / Protar Arcus – Bennett desno	9,857		3,655	29	,001
Par 8	Voštani registrat Protar – Bennett lijevo / Protar Arcus – Bennett lijevo	10,077		3,771	29	,001
Par 9	Voštani registrat Artex CR – protruzija desno /	10,941		1,442	29	,160



	Artex CR Arcus – protruzija desno				
Par 10	Voštani registrat Artex CR – protruzija lijevo / Artex CR Arcus – protruzija lijevo	10,653	1,419	29	,167
Par 11	Voštani registrat Artex CR – Bennett desno / Artex CR Arcus – Bennett desno	13,585	6,696	29	,000
Par 12	Voštani registrat Artex CR – Bennett lijevo / Artex CR Arcus – Bennett lijevo	12,283	6,509	29	,000

Osim uočavanja razlika između izmjerenih vrijednosti nagiba kondilne staze i Bennettova kuta po pojedinom artikulatoru, svrha istraživanja bila je testirati međusobni utjecaj odabranih varijabli pojedinačno, u kombinaciji i skupno. Zbog toga se koristilo multivarijantnom analizom varijance za zavisne uzorke (MANOVA).

Kao što je poznato, varijable su testirane s obzirom na tri parametra: artikulator (SAM 3, Protar i Artex), metodu mjerenja (voštani ekscentrični registrat i Arcus Digma) i vrijednosti samog mjerenja (lijevi i desni nagib kondilne staze i Bennettovi kutovi). Učinak multivarijantnih testova (Tablica 4) pokazuje da postoje statistički značajne razlike između svakoga pojedinačnog artikulatora ( $p < 0,001$ ), metode mjerenja ( $p < 0,001$ ), izmjerenih vrijednosti parametara programiranja artikulatora ( $p < 0,001$ ), kombinacija artikulatora i metoda mjerenja ( $p < 0,012$ ) te

skupno artikulatora, metoda mjerenja i izmjerenih parametara ( $p < 0,025$ ). Kombinacije artikulatora i izmjereni parametri ( $p < 0,055$ ) te metoda mjerenja i izmjereni parametri ( $p < 0,590$ ) ne pokazuju statistički značajne razlike.

**Tablica 4.** Testiranje međusobnog utjecaja odabranih varijabli pojedinačno, u kombinaciji i skupno – multivarijantna analiza varijance za zavisne uzorke (MANOVA)

Efekt	Test	p
Artikulator	Wilks' Lambda	0,000
Metoda mjerenja	Wilks' Lambda	0,000
Izmjereni parametri	Wilks' Lambda	0,000
Artikulator i metoda mjerenja	Wilks' Lambda	0,012
Artikulator i izmjereni parametri	Wilks' Lambda	0,055
Metoda mjerenja i izmjereni parametri	Wilks' Lambda	0,590
Artikulator, metoda mjerenja i izmjereni parametri	Wilks' Lambda	0,025

## 5. RASPRAVA

Prosječne vrijednosti lijevoga i desnog nagiba kondilne staze te lijevoga i desnog Bennettova kuta pokazale su tendenciju većih vrijednosti kod metode voštanih ekscentričnih registrata nego kod metode u kojoj se koristilo uređajem Arcus Digma za sva tri artikulatorska sustava upotrijebljena u ovom istraživanju (Tablica 1). Međutim, prosječne vrijednosti za nagib kondilne staze, s obzirom na vrstu okluzije (Angle klasu I), iznosile su od  $34^{\circ}$  do  $41,7^{\circ}$  za voštane ekscentrične registre i od  $28,2^{\circ}$  do  $34,4^{\circ}$  za uređaj Arcus Digma. Bennettovi kutovi iznosili su od  $15,7^{\circ}$  do  $19,7^{\circ}$  za voštane ekscentrične registre i od  $9,3^{\circ}$  do  $9,8^{\circ}$  za uređaj Arcus Digma. U istraživanju nisu pronađene statistički značajne razlike za ispitivane varijable prema spolu (Tablica 2), što se moglo očekivati s obzirom na odabrani uzorak i njegovu dobnu granicu. Pregledom literature o vrijednostima nagiba kondilne staze primjećuju se velike varijacije prosječnih vrijednosti koje se najčešće objašnjavaju različitim veličinama uzoraka istraživanja, različitim metodama mjerenja navedenog nagiba i određivanjima nagiba prema različitim referentnim ravninama (12, 23-25). Kada je riječ o izmjerenim prosječnim vrijednostima Bennettova kuta, možda je najbolja studija za usporedbu ona autora iz Hrvatske, koji su u svojoj ispitnoj skupini izmjerili prosječan Bennettov kut od  $7,7^{\circ}$  (korištena je aparatura Arcus Digma) (14).

Treba naglasiti da su kut izmjerili za ispitanike s Angle klasom I, ali su i ostali ispitanici s drugim Angle klasama imali istu vrijednost prosječnoga Bennettova kuta. Prosječni Bennettov kut od  $7^\circ$  do  $8^\circ$  bilježi se i u drugim studijama, čime vrijednost od  $15^\circ$  koja se najčešće preporučuje za prosječno programiranje artikulatora predstavlja veću vrijednost Bennettova kuta od onih utvrđenih kod većine pojedinaca (26, 27). Hobo i sur. ukazuju da kod prosječnog programiranja prilagodljivih artikulatora, kod kojega je određen veći nagib kondilne staze i manji Bennettov kut, može doći do povećane mogućnosti interferencija u ekskurijskim kretnjama artikulatora (28). Time poručuju da, kada se već služi dentalnim artikulatorima u svakodnevnoj praksi, treba težiti njihovu individualiziranom namještanju/programiranju.

Ratzman i sur. uspoređivali su prosječne vrijednosti horizontalnog nagiba kondila zabilježenoga protruzijskim interokluzalnim registratom i elektroničkim pantografskim uređajem na uzorku od 23 ispitanika raspodijeljena prema spolu (29). Statističkom analizom zaključili su da je bilo podudaranja između ovih dviju metoda, ali i dalje nedovoljnoga da bi se u kliničkim okolnostima moglo njima pouzdano koristiti za programiranje dentalnih artikulatora. Vrijednosti nagiba kondilne staze dobivene na osnovi protruzijskoga ekscentričnog registrata pokazivale su veliku varijancu u odnosu na vrijednosti dobivene elektroničkim pantografskim uređajem. Zaključno, preporučuju uporabu pantografskog uređaja u odnosu na protruzijske registre u cilju individualiziranog programiranja prilagodljivih dentalnih artikulatora. Rezultati ove studije pokazuju slične tendencije, odnosno zabilježene su

statistički značajne razlike između izmjerenih parametara nastale zbog utjecaja različitih konstrukcija dentalnih artikulatora kojima se koristilo u istraživanju (SAM 3, Protar 7 i Artex CR), kao i metoda mjerenja (voštani ekscentrični registrati i Arcus Digma) (Tablice 3 i 4). Razlog za to može biti u činjenici da se voštanim registratima bilježi samo početni dio protruzijske i lateralne kretnje dok u slučaju uporabe aparature Arcus Digma kondili čeljusnih zglobova izvode kretnje u cijelome svojem opsegu. Kutovi koji nastaju tijekom ovih kretnji kondila formiraju kutove koji kod primjene voštanih centričnih registrata (pogotovo kod Bennettove lateralne kretnje) imaju veće vrijednosti u odnosu na uređaj Arcus Digma. Novija studija Ćimića i sur. ukazuje na činjenicu da kretnja kondila u sagitalnom smjeru (koja se događa tijekom protruzijske kretnje donje čeljusti) nije stalna, štoviše, postojala je razlika između lijeve i desne strane izmjerenoga kondilnog nagiba koja je iznosila i preko  $10^\circ$  (12). Mjerenja su provedena uređajem Arcus Digma, a ispitna skupina bila je gotovo istovjetna kao u ovom istraživanju – mlađi ispitanici s normalnom okluzijom.

Drugi bi razlog mogao biti nejednak prijenos šarnirske osi s pomoću anatomskega (voštani centrični registrat) i kinematskog obraznog luka (uređaj Arcus Digma) u odabrane dentalne artikulatore. Iako se kod obaju lukova o ovom istraživanju koristilo prijenosom prosječne šarnirske osi, a ne kinematske osi, ipak treba naglasiti da se pojedini artikulatorski sustavi, odnosno njihovi anatomski obrazni lukovi, orijentiraju (postavljaju) na ispitaniku prema različitim referentnim ravninama (npr. za artikulatore SAM prema osno-orbitalnoj ravnini, a za artikulatore Protar prema Camperovoj ravnini). Poznata je činjenica da referentne ravnine nisu

međusobno paralelne (razlike su u prosjeku od  $10^\circ$  do  $15^\circ$ ). Inače, u znanstvenoj literaturi dvojbena je položaj terminalne šarnirske osi. Prevladava stajalište da spomenutu os određuju dvije točke smještene u središtima zglobnih glavica uzlaznog kraka donje čeljusti, no određeni autori smatraju da se ne nalazi ondje, nego da je smještena u uzlaznom kraku donje čeljusti ili čak izvan njega (8,30).

## 6. ZAKLJUČAK

Na osnovi rezultata ovog istraživanja kod mlađih ispitanika s normalnom okluzijom (Angle klasa I) prosječne vrijednosti nagiba kondilne staze i Bennettova kuta razlikovale su se za dvije upotrijebljene metode (voštane ekscentrične registre i uređaj Arcus Digma) kao parametre nužne za programiranje prilagodljivih dentalnih artikulatora. Multivarijantnom analizom varijance za zavisne uzorke (MANOVA) na prosječne vrijednosti izmjerenih parametara djeluje odabir (dizajn) artikulatora i metoda mjerenja, što je potvrđeno statističkom značajnošću pronađenom među testiranim varijablama. Rezultati izmjerenih parametara s pomoću aparata Arcus Digma bili su više u skladu s podacima iz znanstvene literature. To daje prednost aparaturi Arcus Digma kao pouzdanijoj metodi za određivanje nagiba kondilne staze i Bennettova kuta, a time se ujedno može smatrati ispravnijom za individualizirano programiranje prilagodljivih dentalnih artikulatora.

## 7. SAŽETAK

### PROGRAMIRANJE DENTALNIH ARTIKULATORA – USPOREDBA ARCUS DIGMA APARATURE I METODE EKSCENTRIČNIH REGISTRATA

**Svrha istraživanja:** Sagitalni nagib kondilne staze i Bennettov kut glavni su parametri za programiranje zglobnih mehanizama prilagodljivih dentalnih artikulatora koji su nužni za simuliranje položaja i kretnji donje čeljusti. Svrha istraživanja bila je ispitati postoje li značajne razlike između dviju metoda mjerenja nagiba kondilne staze i Bennettova kuta u odnosu na tri različita artikulatorska sustava.

**Materijal i metode istraživanja:** U istraživanju je sudjelovalo 30 asimptomatskih (15 ženskih i 15 muških) mlađih ispitanika (dobi  $25,7 \pm 2,9$  godina) s normalnom okluzijom. Svakom ispitaniku uzeti su anatomske otisci obje čeljusti na osnovi kojih su se izradili radni modeli iz tvrde sadre. Za mjerenje vrijednosti lijevoga i desnog sagitalnog kondilnog nagiba i Bennettova kuta koristilo se dvjema metodama (voštanim ekscentričnim registratima i uređajem Arcus Digma) u cilju namještanja navedenih parametara u tri različita artikulatora (SAM 3, Protar 7 i Artex CR).

**Rezultati:** U ispitivanom uzorku prosječne vrijednosti nagiba kondilne staze i Bennettova kuta bile su značajno veće kod metode s voštanim ekscentričnim registratima nego kod metode s uređajem Arcus Digma. Prosječne vrijednosti za nagib kondilne staze iznosile su od  $34^\circ$  do  $41,7^\circ$  za voštane ekscentrične registre i



od 28,2° do 34,4° za uređaj Arcus Digma. Bennettovi kutovi iznosili su od 15,7° do 19,7° za voštane ekscentrične registre te od 9,3° do 9,8° za uređaj Arcus Digma. Statističke analize (t-test za zavisne uzorke i MANOVA) pokazale su utjecaj dizajna artikulatorskih sustava i metode mjerenja na osnovi pronađene statistički značajne razlike prosječnih izmjerenih parametara ( $p < 0,025$ ).

**Zaključak:** Unutar ograničenja ovog istraživanja uporaba uređaja Arcus Digma može se smatrati više pouzdanom i ispravnom za individualizirano programiranje nego uporaba voštanih centričnih registrata.

**Ključne riječi:** sagitalni nagib kondila, Bennettov kut, voštani centrični/ekscentični registrati, uređaj Arcus Digma, prilagodljivi dentalni artikulatori

## 8. SUMMARY

### DENTAL ARTICULATORS PROGRAMMING – THE COMPARISON OF ARCUS DIGMA DEVICE AND THE ECCENTRIC RECORD METHODS

**Purpose:** Sagittal condylar inclination and Bennett's angle are the main parameters for programming joint mechanisms of adjustable dental articulators that are necessary to simulate the position and movement of the mandible. The purpose of this study was to examine whether there are significant differences between the two methods of measuring the slope condylar path and Bennett's angle in relation to three different articulator systems.

**Material and methods:** The study included 30 asymptomatic (15 female and 15 male) younger patients (age  $25.7 \pm 2.9$  years) with normal occlusion. Each subject was taken anatomical impressions of both jaws on the basis of which they created working models of hard plaster. To measure the value of the left and the right of the sagittal condylar inclination and Bennett's angle two methods were used (wax eccentric records and Arcus Digma device) for the purpose of setting the above parameters in three different articulators (SAM 3, PROTAR 7 and Artex CR).

**Results:** In our sample, the average value of the condylar inclination and the Bennett's angle was significantly higher for the method of wax eccentric records than the method conducted by Arcus Digma device. Average values for the condylar inclination were  $34^\circ$  to  $41.7^\circ$  for wax eccentric record and  $28.2^\circ$  to  $34.4^\circ$  for the

Arcus Digma device. Bennett's angles amounted to 15.7° to 19.7° for wax eccentric record and 9.3° to 9.8° for Arcus Digma device. Statistical analysis (t-test for paired samples and MANOVA) showed the influence of articulator system design and methods of measurement based on statistically significant differences in average of measured parameters ( $p < 0.025$ ).

**Conclusion:** With the limitations of this study, the use of an Arcus Digma device should be considered reliable and valid for individual programming dental articulators rather than the use of wax eccentric records.

**Key words:** sagittal condylar inclination, Bennett's angle, wax centric/eccentric records, Arcus Digma device, adjustable dental articulators

## 9. POPIS LITERATURE

1. Knezović-Zlatarić D, Čelić R, Kovačić I, Krstulović L. Postupci individualizacije SAM 3 artikulatora. *Acta Stomat Croat.* 2003;37:275–81.
2. Ingervall B. Range of sagittal movement of the mandibular condyles and inclination of the condyle path in children and adults. *Acta Odontol Scand.* 1972;30:67–87.
3. Tsiklakis K, Syriopoulos K, Stamatakis HC. Joint Radiographic examination of the temporomandibular using cone beam computed tomography. *Dentomaxillo-facial Radiol.* 2004;33:196–201.
4. Sakar O, Calisir F, Oztas E, Marsan G. Evaluation of the effects of temporomandibular joint disk displacement and its progression on dentocraniofacial morphology in symptomatic patients using lateral cephalometric analysis. *J Craniomandib Pract.* 2011;29:211–8.
5. Žabarović D, Jerolimov V, Carek V, Vojvodić D, Žabarović K, Buković D Jr. The effect of tooth loss on the TM-joint articular eminence inclination. *Coll Antropol.* 2000;24:37–42.
6. Jasinevicius TR, Pyle MA, Lalumandier JA, Nelson S, Kohrs KJ, Turp JC, *et al.* Asymmetry of the articular eminence in dentate and partially edentulous populations. *J Craniomandib Pract.* 2006;24:85–94.

7. Katsavrias EG. Changes in articular eminence inclination during the craniofacial growth period. *Angle Orthod.* 2002;72:258–64.
8. Bumann A, Lotzmann U. *TMJ Disorders and Orofacial Pain. The Role of Dentistry in a Multidisciplinary Diagnostic Approach.* Stuttgart: Thieme; 2002.
9. Papini A. *Gli articolatori limiti e indicazioni.* Milano: Quintessenza; 2012.
10. Kraljević K. *Anatomija i fiziologija okluzije.* Zagreb: Globus; 1991.
11. The glossary of the prosthodontics terms. *J Prosthet Dent.* 2005;94:10–92.
12. Ćimić S, Kraljević Šimunković S, Badel T, Dulčić N, Alajbeg I, Ćatić A. Measurements of the sagittal condylar inclination: intraindividual variations. *Cranio.* 2014;32:104–9.
13. Ćimić S, Šimunković SK, Simonić Kocijan S, Matijević J, Dulčić N, Ćatić A. Articulator-related registration and analysis of sagittal condylar inclination. *Acta Clin Croat.* 2015;54:432–7.
14. Ćimić S, Kraljević Šimunković S, Ćatić A. The relationship between a patient's Angle type of occlusion and recorded Bennett angle values. *J Prosthet Dent.* 2016;doi: 10.1016/j.prosdent.2015.11.005.(in press).
15. Koolstra JH. Dynamics of the human masticatory system. *Crit Rev Oral Biol Med.* 2002;13:366–376.

16. Stiesch-Scholz M, Demling A, Rossbach. Reproducibility of joint movements in patients with craniomandibular disorders. *J Oral Rehabil.* 2006;33:807–12.
17. Prasad KD, Shetty M, Chandy BK. Evaluation of condylar inclination of dentulous subjects determined by axiograph and to compare with manual programming of articulators using protrusive interocclusal record. *Contemp Clin Dent.* 2015;6:371–4.
18. Pröschel P, Morneburg T, Hugger A, Kordass B, Ottl P, Niedermeier W, Wichmann M. Articulator-related registration – a simple concept for minimizing eccentric occlusal errors in the articulator. *Int J Prosthodont.* 2002;15:289–94.
19. Fanucci E, Spera E, Ottria L, Barlattani A Jr, Fusco N, Mylonakou I, Broccoli P, Barlattani A, Simonetti. Bennett movement of mandible: a comparison between traditional methods and a 64-slices CT scanner. *Oral Implantol.* 2008;1:15–20.
20. KaVo. Dental Excellence. Instructions for use ARCUSDigma USB, SD, wireless. Biberach:Zerbris medical; 2008.
21. Obrež A, Gallo LM. Anatomy and function of the TMJ. In: Laskin DM, Greene CS, Hylander WL, editors. *TMDs: an evidence-based approach to diagnosis and treatment.* Hanover: Quintessence; 2006. p. 39–41.
22. Reiber T, Dickbertel J. Zur Lage der Scharnierachsenpunkte. *Dtsch Zahnärztl Z.* 1988;43:194–8.

23. Reicheneder C, Gedrange T, Baumert U, Faltermeier A, Proff P. Variations in the inclination of the condylar path in children and adults. *Angle Orthod.* 2009;79:958–63.
24. Reicheneder C, Proff P, Baumert U, Gedrange T. Comparison of maximum mouth-opening capacity and condylar path length in adults and children during the growth period. *Ann Anat.* 2008;190:344–50.
25. Hernandez AI, Jasinevicius TR, Kaleinikova Z, Sadan A. Symmetry of horizontal and sagittal condylar path angles: an in vivo study. *J Craniomandib Pract.* 2010;28:60–6.
26. Canning T, O'Connell BC, Houston F, O'Sullivan M. The effect of skeletal pattern on determining articular settings for prosthodontic rehabilitation: an in vivo study. *Int J Prosthodont.* 2011;24:16–25.
27. Hernandez AI, Jasinevicius TR, Kaleinikova Z, Sadan A. Symmetry of horizontal and sagittal condylar path angles: an in vivo study. *Cranio.* 2010;28:60–6.
28. Hobo S, Schillingburg HT Jr, Whitsett LD. Articulator selection for restorative dentistry. *J Prosthet Dent.* 1976;36:35–43.
29. Ratzmann A, Mundt T, Schwahn C, Langhorth G, Hutzen D, Gedrange T, Kordass B. Comparative clinical investigation of horizontal condylar inclination using the JMA electronic recording system and a prostrusive wax record for setting articulators. *Int J Comput Dent.* 2007;10:265–84.
30. Čelić R. Gdje si se skrila centrična relacija?! *Sonda.* 2004;11:38–42.

## **10. ŽIVOTOPIS**

Kristina Mage rođena je 26. ožujka 1989. godine u Dubrovniku. Osnovnu školu i Klasičnu gimnaziju Ruđera Boškovića završila je u Dubrovniku. Godine 2007. upisala je integrirani preddiplomski i diplomski studij stomatologije na Stomatološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Tijekom studija obavljala je administratorske dužnosti u knjižnici Stomatološkog fakulteta te radila kao asistent u privatnoj stomatološkoj ordinaciji u Zagrebu.