

Usporedba kvalitativnih i kvantitativnih tehnika u analizi okluzije

Zrnčić, Nika

Master's thesis / Diplomski rad

2025

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:127:347289>

Rights / Prava: [Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International/Imenovanje-Nekomercijalno-Bez prerada 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-04-02**



Repository / Repozitorij:

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





Sveučilište u Zagrebu

Stomatološki fakultet

Nika Zrnčić

**USPOREDBA KVALITATIVNE I
KVANTITATIVNE TEHNIKE U ANALIZI
OKLUZIJE**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2025.

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

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

Lektor hrvatskoga jezika: Sonja Delimar, profesor hrvatskoga jezika i književnosti, profesor savjetnik

Lektor engleskoga jezika: Ivona Svilar, profesor engleskoga i njemačkoga jezika i književnosti

Rad sadrži: 39 stranica

14 slika

Rad je vlastito autorsko djelo, koje je u potpunosti samostalno napisano uz naznaku izvora drugih autora i dokumenata korištenih u radu. Osim ako nije drukčije navedeno, sve ilustracije (tablice, slike i dr.) u radu izvorni su doprinos autora diplomskog rada. Autor je odgovoran za pribavljanje dopuštenja za korištenje ilustracija koje nisu njegov izvorni doprinos, kao i za sve eventualne posljedice koje mogu nastati zbog nedopuštenog preuzimanja ilustracija odnosno propusta u navođenju njihova podrijetla.

Zahvala

Zahvaljujem svom mentoru prof. dr. sc. Robertu Čeliću na pomoći pri pisanju i prenesenom znanju tijekom izrade ovoga rada, ali i tijekom cijeloga studiranja. Zahvaljujem roditeljima, Donatu i Antei, na svemu, posebice na inspiraciji koju pružaju svojim primjerom. Hvala bakama, djedu i teti Mari na brizi i ljubavi. Mare i Andrea, hvala vam na predivnim uspomnama, smijehu i sreći, uz vas je ovaj period bio mnogo lakši. Hvala curama i momcima s faksa koje sam imala priliku upoznati malo više i posebne zahvale *memeslegacyju* na digitalnoj podršci i dozi humora u potrebitim situacijama.

USPOREDBA KVALITATIVNE I KVANTITATIVNE TEHNIKE U ANALIZI OKLUZIJE

Sažetak

Planiranju okluzije treba posvetiti dovoljno pozornosti uzevši u obzir da u svakom polju stomatologije uspjeh terapije itekako ovisi o njoj. U literaturi ne postoje dogovorne na znanstvenom dokazu utemeljene smjernice za odabir koncepta okluzije za svaku pojedinu situaciju, ali je poznato da je uzajamno zaštićena okluzija uvijek poželjna s obzirom na to da se u njoj prednji zubi štite stražnjima prilikom maksimalne interkuspidacije, a stražnji prednjima u kliznim kretnjama. Dobrim planom okluzije izbjegavaju se rizični faktori koji dovode do okluzijskog preopterećenja. Njih moramo na vrijeme prepoznati jer okluzijsko preopterećenje dovodi do brojnih komplikacija kao što su popuštanje i lom zuba, implantata, nadogradnje, nadomjestka ili obložnoga materijala te bioloških komplikacija u vidu resorpcije krestalne kosti, pogotovo u prisutnosti periimplantne upale. Postoji niz smjernica koje stomatologu pomažu prilikom planiranja okluzijskih konceptata, ali svakoga pacijenta treba promatrati kao zaseban slučaj čijoj se situaciji treba u najvećoj mjeri posvetiti kako bi se uz zadovoljavajuću funkciju mogućnost komplikacija svela na najmanju razinu. Analiza okluzije danas je moguća s nekoliko kvalitativnih i kvantitativnih (digitalnih) metoda. Među malim brojem kvantitativnih metoda najpoznatiji je već godinama T-Scan uređaj, koji je ujedno i zlatni standard. Od kvalitativnih metoda najčešće se koriste raznobojni artikulacijski papiri, trake ili folije uz čije korištenje dolazi i neizbježna subjektivna interpretacija stomatologa ili dentalnog tehničara. U ovom radu bit će prikazan niz znanstveno potkrijepljenih činjenica koje kliničaru daju uvid u nedostatke dosadašnje kvalitativne metode, prednosti suvremene digitalne analize okluzije T-Scanom i nove mogućnosti koje mogu nadograditi postojeće protokole registriranja pacijentove kliničke situacije kako bi se što vjernije i preciznije reproducirala pacijentova okluzija.

Ključne riječi: analiza okluzije; kvalitativna i kvantitativna tehnika; statički i dinamički okluzijski kontakti; poremećaj okluzije; T-Scan uređaj

COMPARISON OF QUALITATIVE AND QUANTITATIVE TECHNIQUES IN OCCLUSAL ANALYSIS

Summary

Sufficient attention should be paid to occlusion planning, taking into account that in every field of dentistry, the success of therapy depends on it. In the literature, there are no agreed guidelines based on scientific evidence for choosing an occlusion concept for each individual situation, but it is known that a mutually protected occlusion is always preferable, given that in it the front teeth are protected by the back teeth during maximum intercuspitation, and the back teeth by the front teeth in sliding movements. A good occlusion plan avoids risk factors that lead to occlusal overload. We must recognize them in time because occlusal overload leads to numerous complications such as loosening and breakage of implants, extensions, substitutes or covering material and biological complications in the form of crestal bone resorption, especially in the presence of peri-implant inflammation. There are a number of guidelines that help the doctor when planning occlusal concepts, but each patient should be viewed as an individual case whose situation should be given the utmost attention in order to minimize the possibility of complications while maintaining satisfactory function. Occlusion analysis is possible today with several qualitative and quantitative (digital) methods. Among the small number of quantitative methods, the T-Scan has been the most famous for years, which is also the gold standard. Of the qualitative methods, the most commonly used are multicolored articulation papers, tapes or foils, the use of which comes with the inevitable subjective interpretation of the dentist or dental technician. This paper will present a number of scientifically supported facts which give the clinician insight into the shortcomings of the current qualitative method, the advantages of modern digital occlusion analysis with T-Scan, and new possibilities that can upgrade existing protocols for recording the patient's clinical situation in order to reproduce the patient's occlusion as faithfully and precisely as possible.

Keywords: occlusion analysis; qualitative and quantitative techniques; static and dynamic occlusal contacts; occlusal disorder; T-Scan device

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. USPOREDBA KVALITATIVNE I KVANTITAVNE TEHNIKE U ANALIZI OKLUZIJE	4
2. 1. Dijagnostički i terapijski položaji i kretnje donje čeljusti.....	5
2. 2. Lokacija i značenje stvarnih okluzijskih kontakata (mapiranje)	6
2. 3. Kvalitativne tehnike analize okluzije	9
2. 4. Kvantitativne tehnike analize okluzije (T-Scan sustav).....	10
2. 4. 1. T-Scan softver – analiza sile i vremena zubnog kontakta.....	13
2. 5. Znanstvene studije.....	20
3. RASPRAVA.....	25
4. ZAKLJUČAK	29
5. LITERATURA.....	31
6. ŽIVOTOPIS	38

Popis kratica

FM – Physiological Rest Position; fiziološko mirovanje

MI – Maximal Intercuspitation; maksimalna interkuspidacija

CO – Centric, central Occlusion; centrična ili centralna okluzija

CR – Centric Relation; centrična relacija

HD – High Definition, visoka definicija

OT – Occlusion Time, vrijeme okluzije

DT – Disclusion Time; vrijeme diskluzije

DOFDP – Digital Occlusal Force Distribution Patterns; digitalni obrasci raspodjele okluzijske sile.

1. UVOD

Znanje i razumijevanje *dentalne okluzije* ključno je i neizbježno za postizanje zadovoljavajućih kliničkih ishoda u svakodnevnoj stomatološkoj praksi u gotovo svim granama dentalne medicine. Iako se smatra da je najvažnija klinička primjena znanja o okluziji u području dentalne protetike (konvencionalna protetika, implantoprotetika i maksilofacijalna protetika), okluzija je primjenjiva u dijagnostici i terapiji u području ortodoncije (prije i poslije terapijske analize okluzije), parodontologije (npr. analiza okluzije u cilju izvođenja terapijskog postupka selektivnog ubrušanja), dentalne restaurative (npr. usklađivanje okluzije nakon postavljanja ispuna), tempormandibularnih poremećaja (npr. otkrivanje preranih okluzijskih dodira; usklađivanje okluzije na nagriznim pločama ili udlagama). Dentalna okluzija u kontekstu cjelokupnog žvačnog sustava funkcijski je neodvojiva od žvačnih mišića, čeljusnih zglobova i središnjeg živčanog sustava koji koordinira i kontrolira prije navedene tri komponente.

Prema najnovijem izdanju Rječnika protetskih pojmova (engl. „Glossary of Prosthodontic Terms“) iz 2017. godine, koji se najčešće uzima kao glavni izvor za definiranje i opisivanje protetskih pojmova, okluzija se opisuje kao (a) „čin ili proces zatvaranja ili bivanja zatvorenim ili isključenim“ i (b) „statičan odnos između incizalnih ili okluzalnih ploha gornjih ili donjih zubi ili analoga zuba“ (1). Bez obzira na postojanje ovog rječnika i dalje je prisutna zbrka u definiranju i opisivanju protetskih pojmova u znanstvenoj i stručnoj literaturi. To se odnosi i na pojam okluzije, koja nije samo statičan odnos morfologije gornjih i donjih zubnih lukova koji se prikazuje u obliku točkastih zubnih dodira ili kontakata na griznim površinama prednjih i stražnjih zubi. Okluzija predstavlja i zubne kontakte (u obliku putanje) koji nastaju tijekom dodirivanja griznih površina gornjih i donjih zubi prilikom ekskurijskih kretnji donje čeljusti (protruzija, lijeva i desna lateralna kretnja). Tada okluzija poprima aktivan, dinamičan odnos zubnih lukova koji se ranije u literaturi nazivao *artikulacija*, koji se kao pojam sve manje upotrebljava. Treba napomenuti da se ekskurijske kretnje donje čeljusti mogu odvijati i bez zubnih kontakata između gornje i donje čeljusti.

Nastavno na definiciju i opis okluzije, slijedi definiranje i opis pojma „okluzijska analiza; analiza okluzije“ iz istog izvora (1). Analiza okluzije je „sustavno ispitivanje okluzije s posebnim razmatranjima okluzijskog odnosa montiranih modela (misli se sadrenih radnih gornjih i donjih modela u dentalnom artikulatoru)“. I ovdje se vidi manjkavost u opisu pojma, jer se „sustavno ispitivanje okluzije“ može napraviti i u ustima ispitanika ili pacijenta npr. istovjetnom tehnikom, upotrebom artikulacijskog papira. U literaturi se spominju „kvalitativne“ i „kvantitativne“ tehnike analize okluzije. *Kvalitativne tehnike* analize okluzije usmjerene su na opisivanje i subjektivnu procjenu okluzalnih statičkih i dinamičkih odnosa i

kontakata između zubnih lukova. Fokus je na identificiranju prisutnosti, vrste i distribucije okluzalnih kontakata, bez preciznog mjerenja njihovih sila ili vremena trajanja kontakta. *Kvalitativne tehnike* koriste tzv. „okluzijske indikatore ili označivače“, najčešće poput artikulacijskih papira (folija, „schimstock“ folija, traka) različitih boja i debljina (prikazuju točke okluzijskih dodira pomoću obojenih tragova (markacija)), okluzijskih voskova (prikazuju dubinu zagriža i kontakte točke kroz otisak zagriža), silikonskih materijala (prikazuju raspodjelu statičkih okluzijskih kontakata). Koristi se i izravna klinička procjena raspodjele lokacije okluzijskih kontakata vizualnim promatranjem uz upotrebu ogledala i sondi. *Kvantitativne tehnike* analize okluzije usredotočene su također na lokalizaciju statičkih (npr. u maksimalnoj interkuspidaciji) i dinamičkih zubnih kontakata (nastalih tijekom protruzijskih i laterotruzijskih kretanja donje čeljusti), ali i na precizno mjerenje sila, vremena (trajanja) i distribucije okluzalnih kontakata između zubnih lukova. Koriste kompjutorizirane ili digitalne uređaje (poput T-Scan i Dental Prescale, GEDAS uređaja) koji pomoću softverskih programa i senzora omogućavaju dvodimenzionalni i trodimenzionalni prikaz objektivnih podataka o okluzijskim kontaktima koji se mogu analizirati i uspoređivati (1-3).

Svrha je ovog preglednog rada usporediti kvalitativne i kvantitativne tehnike u analizi okluzije koje se primjenjuju u različitim granama i područjima dentalne medicine. Izvršit će se analiza objavljenih znanstvenih i stručnih radova o navedenoj temi kako bi se istaknule prednosti i nedostaci kvalitativnih i kvantitativnih tehnika analize okluzije koje imaju svoju svakodnevnu kliničku primjenu.

2. USPOREDBA KVALITATIVNE I KVANTITAVNE TEHNIKE U ANALIZI OKLUZIJE

2. 1. Dijagnostički i terapijski položaji i kretnje donje čeljusti

Iz potrebe da se ograniči zbrka u terminologiji pojmova proisteklih iz dentalne okluzije i funkcije žvačnog sustava, a koji imaju svoju upotrebu u dijagnostici i terapiji okluzije, autori i dentalne škole u znanstvenim radovima i udžbenicima nastoje pojednostavniti i uravnotežiti terminologiju u skladu s njihovom kliničkom primjenom. S druge strane, svaki stručnjak ili kliničar u dentalnoj medicini trebao bi poznavati navedene pojmove zbog komunikacije s kolegama i pomaganja završnim korisnicima svoje usluge, pacijentima.

Tri klinički (dijagnostički i terapijski) najvažnija pojma glede položaja koje donja čeljust zauzima naspram gornje čeljusti i koji se registriraju u postupku analize okluzije jesu:

- i. Fiziološko mirovanje
- ii. Centrična relacija
- iii. Maksimalna interkuspிடacija (centrična ili centralna okluzija).

Fiziološko mirovanje (FM) predstavlja položaj donje čeljusti u kojem pojedinac opušteno stoji u uspravnom položaju, a okolni mišići koji pridržavaju donju čeljust u stanju su minimalne kontrakcijske aktivnosti (1). Na primjer, ovaj položaj koristi se u protetskoj terapiji izrade potpune proteza u rekonstrukciji izgubljene visine donje trećine lica, odnosno vertikalne dimenzije okluzije.

Maksimalna interkuspிடacija (MI) ili centrična, centralna okluzija (CO) predstavlja položaj zubnih lukova u kojima je ostvaren maksimalan broj zubnih kontakata. Može i ne mora se podudarati sa zglobnim položajem centrične relacije. Prema Posseltu (4), 90 % populacije ima pomak između prvog zubnog položaja (kontaktni položaj centrične relacije ili retrudirani kontaktni položaj (RKP)) i položaj maksimalne interkuspிடacije na razini zubnih lukova, odnosno okluzije (1, 4-7).

Centrična relacija (CR) definira se na više načina (1) kao: a) maksilomandibularni odnos i položaj neovisan o zubnom kontaktu; b) položaj gdje kondili artikuliraju u antero-superiornom položaju naspram stražnjih kosina zglobnih kvržica; c) položaj gdje je donja čeljust ograničena na čisto rotacijsku kretnju; d) nenasilan, fiziološki maksilomandibularni odnos iz kojeg pojedinac može izvesti vertikalne, lateralne i protruzijske kretnje donje čeljusti i e) klinički koristan, ponovljiv referentni položaj. Iz kliničkog kuta gledanja centrična relacija najpraktičnije se definira kao maksilomandibularni odnos neovisan o zubnom kontaktu u ispravnoj vertikalnoj dimenziji okluzije za tog pojedinca (1, 4-8).

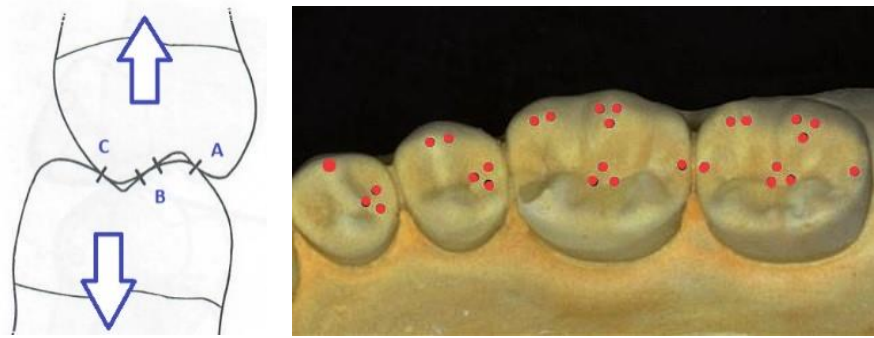
Okluzijski kontakti koji se javljaju između zubi gornjeg i donjeg zubnog luka tijekom kretnji donje čeljusti pod djelovanjem funkcije žvačnih mišića i anatomije čeljusnih zglobova kod

prirodne denticije mogu se prikazati tzv. okluzijskim koncepcijama ili shemama. „Idealna okluzija“ za ekscentrične kretnje donje čeljusti može se klasificirati u tri sheme prema uvjetima zubnih kontakata: uzajamno zaštićena okluzija (očnjakom vođena okluzija), grupna funkcija kao primjeri neuravnotežene (nebalansirane) okluzije i uravnotežena (balansirana) okluzija. Uopćeno govoreći, koncept uravnotežene okluzije primjenjuje se kod pacijenata kod kojih se izrađuju potpune proteze, dok se osobine međusobno zaštićene okluzije i grupne funkcije (unilateralno neuravnotežena okluzija) primjenjuju kod prirodne denticije i izrade fiksnih protetskih nadomjestaka (9-11).

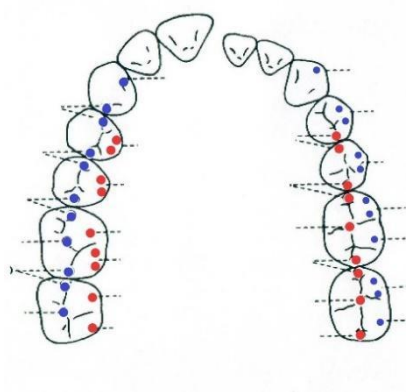
2. 2. Lokacija i značenje stvarnih okluzijskih kontakata (mapiranje)

Okluzijska morfologija prednjih i posebno stražnjih zubi kamen je temeljac za razumijevanje dentalne okluzije. Drugim riječima, treba poznavati mjesta gdje se ostvaruju zubni, okluzijski kontakti kod različitih skeletnih odnosa očnjaka i prvog kutnjaka s obzirom na Angle klasifikaciju (Angle klasu I, II i III). Postoje općenito dva tipa okluzijskih kontakata na bočnim zubima: vrh (potporne) kvržice – centralna udubina zuba = kontakt zub na zub; i vrh (potporne) kvržice – marginalni greben zuba = kontakt jednog zuba s dva antagonička zuba. Potporne kvržice (gornje palatinalne i donje bukalne) i nefunkcijske, nepotporne (gornje bukalne i donje lingvalne) kvržice bočnih zubi sudjeluju u ostvarivanju statičkih i dinamičkih okluzijskih kontakata tijekom funkcijskih kretnji donje čeljusti (žvakanje, gutanje, govor, itd). Stoga se gotovo samo po sebi postavlja pitanje koji je minimalan broj tih okluzijskih kontakata potreban za ostvarivanje *klinički stabilne okluzije*, a time zajedno sa žvačnim mišićima i čeljusnim zglobovima normalne i optimalne funkcije žvačnog sustava? U udžbenicima o okluziji često se navodi teorija tripodizacije (trotočkasti kontakti) (A, B i C okluzijski kontakti između potpornih i nepotpornih kvržica bočnih zubi (Slika 1a i 1b)) kao preduvjet za stabilnu okluziju i fiziološki optimalno opterećenje bočnih zubi po aksijalnoj ili dužinskoj osi.

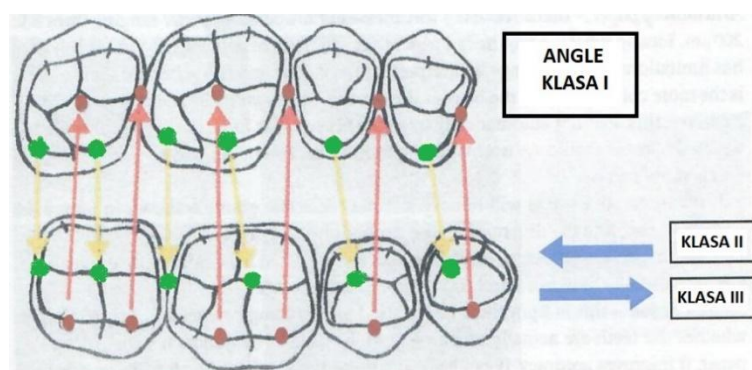
Ovakvi trotočkasti okluzijski kontakti u prirodnoj denticiji nisu realnost. Međutim, maksimalan broj dvotočkastih (Slika 2) i jedнотоčkastih (Slika 3) okluzijskih (statičkih) kontakata i njihova raspodjela na vrhovima potpornih kvržica, marginalnih grebena i središnjih udubina bočnih zubi (po uzdužnoj osi zuba) te putanja (dinamičkih kontakata okluzijskih) pri kliznim kretnjama (labijalne i palatinalne plohe prednjih zubi pri protruziji, očnjaka i pretkutnjaka radne strane pri laterotruziji) (Slika 4) donje čeljusti uz povratnu spregu propriocepcije završni su cilj svake dijagnostičke i terapijske procedure na razini okluzije.



Slika 1. Trotočkasti okluzijski kontakti a) presjek (A, B, C kontakti) i b) grizna ploha na bočnim zubima.

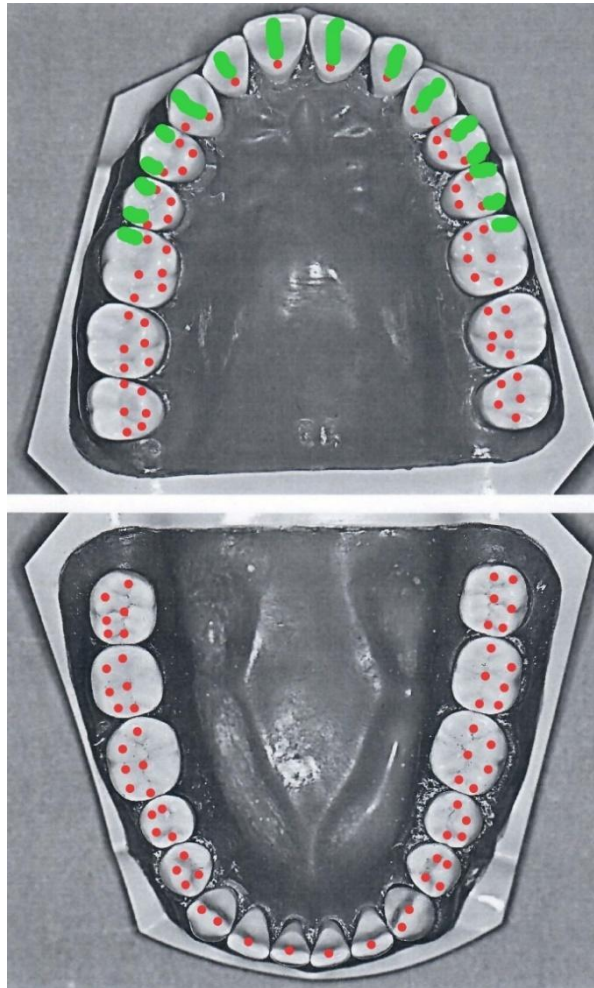


Slika 2. Raspodjela dvotočkastih okluzijskih kontakata na bočnim zubima u Angle klasi I.



Slika 3. Raspodjela jednočkastih okluzijskih kontakata na bočnim zubima u Angle klasi I.

Ako se kontakti pomaknu prema natrag, imamo kontakte u Angle klasi II bočnih zubi ili prema naprijed u Angle klasi III okluzije.



Slika 4. Markacije statičkih (maksimalna interkuspidacija, crvene točkice) i dinamičkih (klizne putanje na gornjim zubima tijekom protruzijske i laterotruzijske kretnje donje čeljusti na radnoj strani, zelene markacije) okluzijskih kontakata u oba zuba luka.

Osim poznavanja lokacije i distribucije točkastih i u obliku putanja statičkih i dinamičkih okluzijskih kontakata, analizom okluzije kliničar treba znati prepoznati i otkriti i tzv. neželjene, prerane, interferencijske okluzijske kontakte. U prerane okluzijske kontakte spadaju centrični prerani okluzijski kontakti (pomak ili kliz između položaja CR i MI veći od fiziološkog pomaka) u statičkoj okluziji i prerani okluzijski kontakti na radnoj i neradnoj strani tijekom protruzijske i laterotruzijskih kretnji donje čeljusti u dinamičkoj okluziji ili artikulaciji. Prerani okluzijski kontakti imaju štetni funkcijski potencijal u uzročnoj ulozi za pojavnost kliničkih znakova i simptoma temporomandibularnog poremećaja (7, 12-17).

2. 3. Kvalitativne tehnike analize okluzije

Upotreba kvalitativnih (nedigitalnih) tehnika analiza okluzije u svakodnevnoj praksi odnosi se na *subjektivnu procjenu* kontakata između zuba gornje i donje čeljusti u različitim položajima donje čeljusti tijekom osnovnih kretnji mandibule. Ova procjena uključuje vizualno promatranje, korištenje različitih indikatorskih materijala (označivača) poput artikulacijskih papira, traka, folija, sprejeva ili voskova koji prikazuju lokaciju i raspored statičkih i dinamičkih okluzijskih kontakata na gornjem i donjem zubnom luku (18).

U svakodnevnom kliničkom radu u ordinaciji ili zubotehničkom laboratoriju najčešće se koriste raznobojni artikulacijski papiri, trake ili folije (*schimstock* folije) u analizi okluzije ili prilikom izrade većine mobilnih i fiksnih protetskih i implantoprotetskih radova, udlaga i sl. Osim u usnoj šupljini na zubnim lukovima, protetskim radovima i udlagama, analiza i usklađivanje okluzije može se provesti i u prilagodljivom dentalnom artikulatoru. Oba pristupa imaju svoje zagovornike i protivnike. Na dentalnom tržištu (Slika 5) postoje artikulacijski papiri, trake i folije različite debljine čija debljina ide u rasponu od 8 do 200 mikrona (18, 19).



Slika 5. Artikulacijski indikatori (papiri, trake i folije) različitih debljina, oblika i boja za registraciju statističkih i dinamičkih okluzijskih kontakata.

U praksi i znanosti uvriježilo se mišljenje da veličine markacija dobivenih artikulacijskim papirom ukazuju na veličinu sile ili opterećenja okluzijskog dodira. Međutim, ti podatci i rezultati glede odnosa debljine artikulacijskog papira, područja markacija i broja kontakata dosta su proturječni (20). Tako neki autori tvrde da veličine područja markacija pokazuju koliko je velika sila opterećenja okluzijskih dodira. Veća veličina/površina markacija ukazuje na veću silu, manje područje markacija na manju silu. Deblji artikulacijski papir ostavlja veće,

intenzivnije markacije i veći broj markacija u odnosu na tanji artikulacijski indikator ili papir (21-24). Međutim, Millstein (25) je u svojoj studiji pronašao da deblji papir (200 mikrona) ostavlja manji broj okluzijskih kontakata u odnosu na artikulacijski papir od 40 mikrona debljine. Višestruko korištenje istog artikulacijskog papira ili folije rezultira u registraciji manjeg broja okluzijskih kontakata (26). Ne postoji izravna veza između veličine područja markacije i primijenjene sile okluzijskog opterećenja (27). Pouzdanost artikulacijskog papira često se osporava do razine vjerojatnosti da registrira lažne okluzijske kontakte (28). Bozhkova (29) u svojoj studiji zaključuje da manja područja markacija nose veća opterećenja sile, a veća područja markacija manja opterećenja. Deblji artikulacijski papir (200 mikrona) ostavlja veća područja markacije i manji broj okluzijskih kontakata u odnosu na tanju artikulacijsku foliju debljine 12 mikrona. Štoviše, zaključuje da su markacije dobivene artikulacijskim papirom i folijom netočne i subjektivne, što onda povećava mogućnost krivog registriranja okluzijskih kontakata. Prema Bozhkovej, tip i debljina okluzijskog indikatora (papir i folija) imaju utjecaj na registraciju lažnih markacija kao i na veličinu i broj okluzijskih kontakata. Njezini rezultati i zaključci razlikuju se od rezultata prije navedenih autora i njihovih studija.

Drugi problem s kojim se susreće kliničar zbog korištenja artikulacijskih papira, traka ili folija jest vlažni medij ili prisustvo sline u usnoj šupljini. Sam postupak registracije statičkih i dinamičkih okluzijskih dodira artikulacijskim markerima na incizalnim i griznim plohama prednjih i stražnjih zuba nije sasvim pouzdan jer postoji mogućnost da se zbog vlage kontakt uopće ne označi ili da ispitanik/pacijent jezikom „obriše“ markaciju okluzijskih dodira. Zbog ovog razloga, lakše je provesti analizu okluzije artikulacijskim indikatorima u prilagodljivom dentalnom artikulatoru (2, 18, 19).

2. 4. Kvantitativne tehnike analize okluzije (T-Scan sustav)

Za razliku od kvalitativnih tehnika analize okluzije, kvantitativne (*kompjutorizirane, digitalne*) tehnike omogućavaju dodatne osobine glede karakteristika dentalne okluzije. To znači da osim lokalizacije statičkih i dinamičkih okluzijskih kontakata, specijalizirani uređaji i softverski programi mogu zabilježiti ili izmjeriti relativnu silu, trajanje i raspodjelu okluzalnih kontakata između zubnih lukova. Ne postoji veliki broj takvih uređaja na dentalnom tržištu, ali u zadnjih četrdeset godina T-Scan uređaj (Tekscan, Sjedinjene Američke Države) uspio se pozicionirati kao zlatni standard. Stoga će se u radu prikazati osnovne karakteristike i mogućnosti T-Scan uređaja u računalnoj analizi okluzije (2, 3, 30).

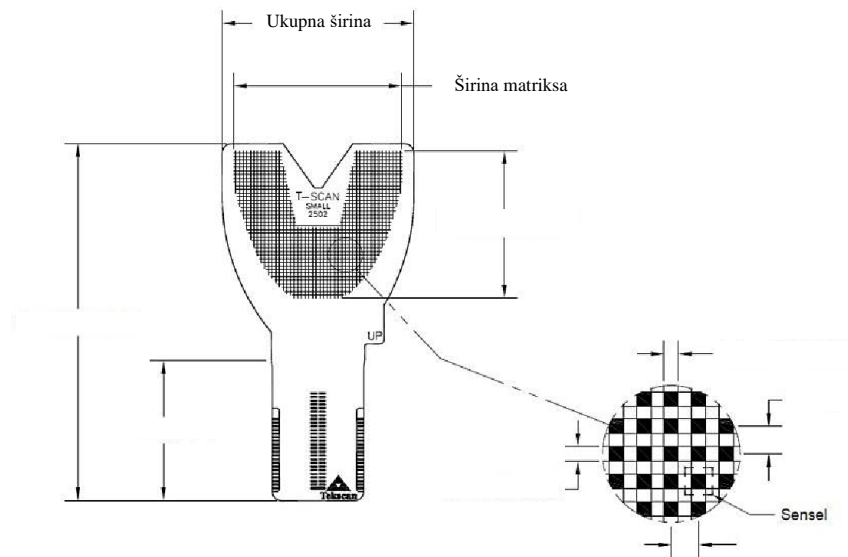
Slika 6 prikazuje komponente najnovije verzije T-Scan uređaja tzv. T-Scan 10 Novus HD sustava koji se sastoji od sljedećih elemenata:

- Novus T-Scan ručni dio ili nastavak za snimanje koji osigurava električno punjenje Novus senzora visoke definicije (High Definition, HD). Novus nastavak spaja se s Windows računalom radnom stanicom putem USB priključka
- Novus HD senzor za snimanje okluzijskih kontakata
- Popratni T-Scan računalni softver za digitalnu analizu okluzije.



Slika 6. T-Scan 10 Novus HD uređaj. (Fotografija ustupljena ljubaznošću prof. dr. sc. Roberta Čelića)

Tvorcem prve verzije uređaja (T-Scan I) koja se pojavila na tržištu 1987. godine smatraju se Maness i suradnici (31). T-Scan sustav (T-Scan I; II; III; 7; 8; 9) prošao je mnoga prilagođavanja i poboljšanja hardvera, softvera i senzora od svojega pojavljivanja do današnje verzije T-Scan 10 Novus HD. Posebno je zanimljiv razvoj T-Scan senzora (Slika 7).



Slika 7. Shematski prikaz T-Scan senzora. (Fotografija preuzeta iz T-Scan Tekscan priručnika (37)).

Novus HD senzor je traka (debljine 100 mikrona) u obliku slova U, odnosno zubnih lukova, prekrivena Mylarom. Mylar®, poznat također kao BoPET (bi-aksijalno orijentirani polietilen tereftalat), poliesterska je folija izrađena od rastegnutog polietilen tereftalata. Koristi se zbog svoje visoke vlačne čvrstoće, kemijske i dimenzionalne stabilnosti, prozirnosti, reflektivnosti, kao i zbog električne izolacije.

Uz pomoć HD senzora bilježi se pritisak nastao prilikom zubnog kontakta. Senzor je rešetkaste građe s printanim strujnim krugom (Slika 7 i 8) koji se namješta u usta pacijenta između zubnih lukova zuba. Postoje dva, veći i manji HD senzor, koji se odabiru za snimanje s obzirom na veličinu zubnih lukova ispitanika. *Veći HD senzor* za registraciju/snimanje sadrži 2200 *senzela* (skraćeno od „senzorni element“, po uzoru na izraz „piksel“, pojedinačni je element za detekciju svjetlosti u diskretnom slikovnom senzoru) elektroničkih mjerača sile, a *manji HD senzor* sadrži 1500 elektroničkih senzela. Kada ispitanik/pacijent zagriže HD senzor i antagonistički zubi naprave približan kontakt, gornje i donje površine senzora se stisnu zajedno, što dovodi do promjene u elektronički mjerenoj otpornosti u svakom od okluzalno opterećenih senzela. Svaka promjena otpora mjerena je hardver elektronikom T-Scan sustava kao promjena voltaže u digitalnom izlazu. Veće okluzijske sile dovode do većeg smanjivanja u otpornosti opterećenih senzela, što onda daje više voltaže mjenog digitalnog izlaza. Alternativno, niže okluzijske sile smanjuju voltaže mjenog izlaza. Elektronika u ručnom dršku T-Scan uređaja za snimanje u stvarnom vremenu skenira svaku voltažu izlaznog senzela u vremenskim

razmacima od 0.003 sekunde. Izlazni signal senzora je kondicioniran i konvertiran u 8-bitnu digitalnu vrijednost, tako da je svako mjerenje promjena otpornosti proporcionalno sili primijenjenoj na svaki senzel unutar raspona od 0 do 255 vrijednosti (*raw counts*). Ukupna relativna sila mjerena senzorom skup je svih izlaznih vrijednosti sile od svakog senzela. Mapa u T-Scan softveru prima tekuće promjenjive vrijednosti digitalnih izlaza senzela i organizira ih kao prikaz za kliničara u istom orijentacijskom obliku kao opterećene senzele unutar senzora. T-Scan softver koristi višebojne 2D i 3D grafičke desktop prikaze, prikazuje kliničaru snimljene podatke digitalnih izlaza u obliku dinamičkog Force Movie videa u analizi okluzije temeljenoj na vremenu i sili (2, 31). U novijoj *in-vitro* studiji Kerstein i Radke (32) testirali su ponovljivost i reprodukciju sile na novim T-Scan Novus HD senzorima ne koristeći kliničke izlazne podatke T-Scan sustava. Rezultati su pokazali veliku pouzdanost i ponovljivost novih T-Scan Novus HD senzora tijekom mjerenja na modelima u artikulatu prosječnih vrijednosti pri kontroliranom statičkom opterećenju.

2. 4. 1. T-Scan softver – analiza sile i vremena zubnog kontakta

Klinički se T-Scan Novus 10 sustav koristi za snimanje brojnih značajno različitih funkcijskih kretnji donje čeljusti koje ilustriraju kliničaru različite aspekte pacijentove sile okluzijskog dodira i oblika vremenskih sekvenci okluzijskog dodira. Okluzijski podatci dobivaju se na način da pacijent zagrije i pritisne HD senzor, ponavlja zatvaranja usta do položaja MI ili ekskurzivne kretnje „uzduž svoje površine“ (Slika 8). Snimanje kvalitete okluzijske sile i vremenskih podataka dodira pomaže da dijagnosticiranje pacijentova okluzijskog stanja bude uspješno koristeći jedan od *pet sljedećih tipova snimanja okluzijske funkcije*:

- **Višestruki zagrizi (*Multi Bite*):** dva ili više ponovljena zatvaranja usta koje izvodi sam pacijent u položaju pacijentove habitualne (maksimalne) intekuspidacije (Slika 1). Ovo snimanje procjenjuje *vrijeme okluzije (Occlusion Time; (OT)*, bilježi u sekvenci zatvaranja usta prvi zubni statički okluzijski kontakt (položaj centrične relacije), a nakon toga se iz tog statičkog prvog zubnog kontakta prelazi u maksimalnu interkuspidaciju te određuje ukupnu, od desna prema lijevoj strani zubnog luka, ravnotežu okluzijske sile.
- **Ekskurzivne funkcijske kretnje donje čeljusti – lateralne i protruzivne:** Ovo snimanje u obliku filmova koristi se za procjenu *vremena diskuzije (Disclusion Time; (DT))* u bočnim područjima zubnog luka koji je mjera frikcijskog trajanja zubnog

dodira na stražnjim bočnim zubima, koji se događa tijekom ekskurijskih kretnji donje čeljusti. Ovi se filmovi najbolje snimaju u samo jednom smjeru (desno, lijevo i protruzijski) zbog jasnoće analize. *Playback* bi se trebao postići u analizi podijeljenog kvadranta zubnog luka što razdvaja prednje od stražnjih zuba zbog bolje vizualizacije stražnjih zubi tijekom ekskurijskog pokreta. Čuvanjem snimljenih ekskurijskih snimaka pod nazivima „desno-lateralno“, „lijevo-lateralno“ i „protruzija“ softver će automatski podijeliti 2D *ForceView* prozor u kvadrante distalno od očnjaka.

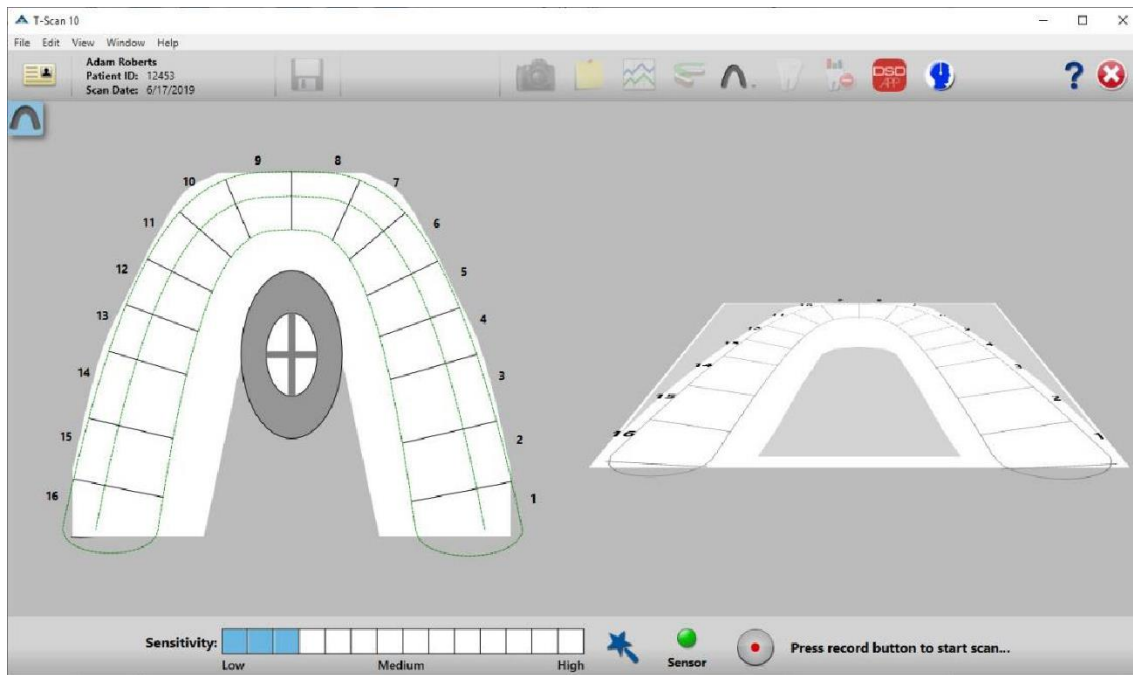
- **Stiskanje i škripanje zubi:** Ovo snimanje koristi se kada se žele izolirati bolni okluzijski dodiri koji se događaju tijekom žvakanja i jedenja. Pacijent se instruiira da prvo čvrsto zatvori usta u svojoj habitualnoj interkuspidaciji, a onda škripi naprijed-natrag svojim zubima između kojih je postavljen senzor, čime se pokušava otkriti problematični zub koji boli.
- **Oblici digitalne distribucije okluzijske sile (*Digital Occlusal Force Distribution Patterns; (DOFDP)*):** Ovo snimanje koristi se za otkrivanje gdje u zubnom luku postoje prekomjerne koncentracije okluzijske sile kojima su dentalne strukture kontinuirano podvrgnute. DOFDP snimanje izvodi se instruiranjem pacijenta da proguta kada mu je senzor između zubnih lukova, a onda stisne svoje zube do položaja maksimalne interkuspidacije i drži ih čvrsto stisnute, potom otvori usta i razdvoji zube, zatim lagano ponovno spoji zube gotovo do interkuspidacije, ponavljajući odnosno tapkajući u tom zubnom položaju.
- **Centrična relacija (*Centric Relation; CR*):** Ovo snimanje koristi se za otkrivanje preranog okluzijskog dodira u centričnoj relaciji. Ovo je postupak gdje se koriste četiri ruke. Kliničar izvodi zahvat bimanualne manipulacije (Dawsonov hvat), dok asistent drži T-Scan uređaj i rukuje njime u ustima pacijenta (2, 33-36).



Slika 8. Snimanje T-Scan 10 Novus HD uređajem u ustima ispitanika. (Fotografija ustupljena ljubaznošću prof. dr. sc. Roberta Čelića).

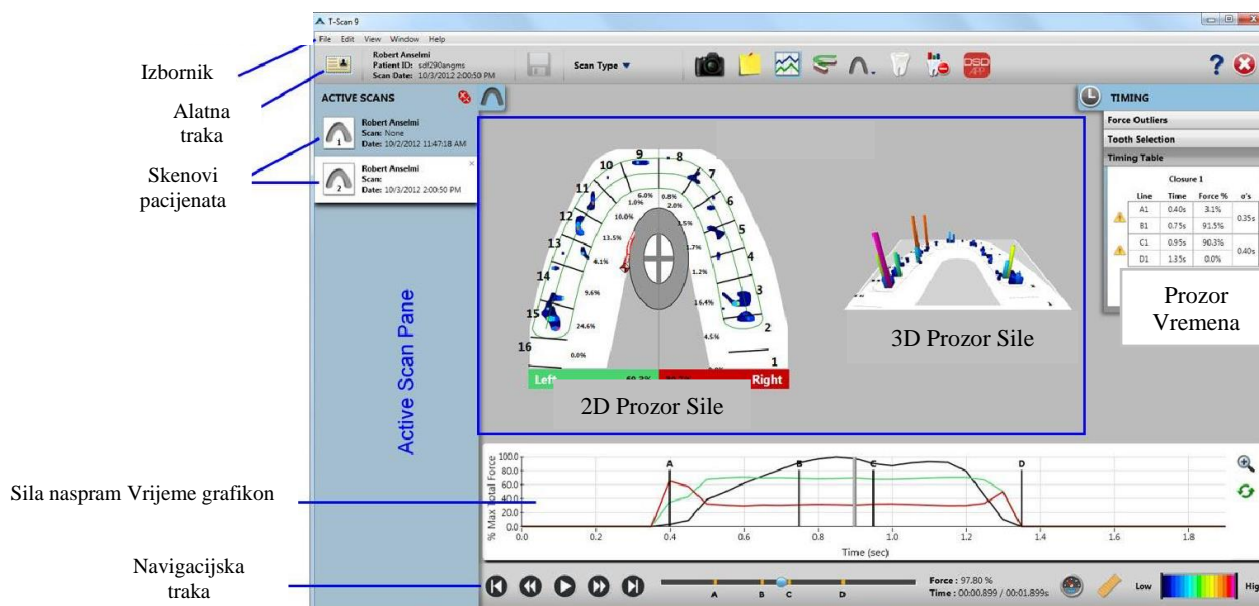
T-Scan softver bilježi slijed od prvog zubnog kontakta koji se pojavljuje pri zatvaranju usta (zubni položaj CR), sve do maksimalne interkuspidacije (MI), koji se zatim može prikazati kao film u stvarnom vremenu na zaslonu računala za daljnju analizu okluzijskih informacija.

Prije samog snimanja potrebno je uvježbati ispitanika kako da zagriže u senzor kako bi se greške snimanje svele na minimum. Također je potrebno softverski prilagoditi širinu modela zubnog luka na senzoru širini gornjeg zubnog luka. Model zubnog luka sastoji se od šesnaest polja koja predstavljaju isti broj zubi u gornjoj čeljusti. Crte koje razdvajaju područja svakog zuba na modelu zubnog luka nazivaju se ljestvama (Slika 9), a razmak između njih, koji određuje širinu zuba, varira ovisno o izmjerenoj širini gornjih središnjih sjekutića koja se unosi u program kao parametar modela zubnog luka. Kako bi se omogućilo pravilno bilježenje rasporeda i relativne jakosti sile zubnih dodira, potrebno je utvrditi točan raspon snimanja sile koja individualno odgovara svakom ispitaniku. To se postiže pomoću softverske funkcije za namještanje osjetljivosti (*sensitivity wizard*) prije svakog snimanja u standardno postavljenu srednju razinu.

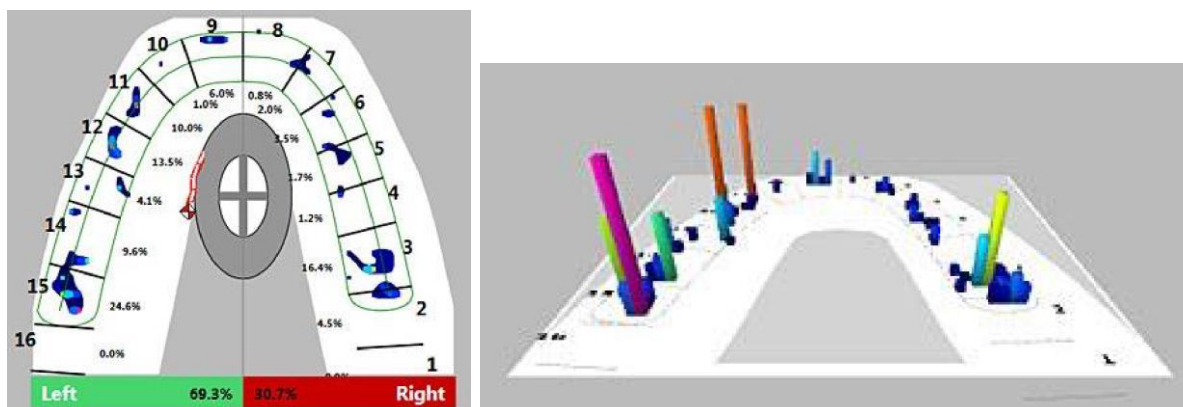


Slika 9. Grafički prikaz modela zubnog luka prije baždarenja osjetljivosti i početka snimanja. (Fotografija ustupljena ljubaznošću prof. dr. sc. Roberta Čelića).

Tijekom snimanja i reprodukcije svakom je zubu u 2-D i 3-D prozoru (Slika 10) dodijeljen vlastiti postotak snage, što konstruira model raspodjele i intenziteta okluzalnih kontaktnih opterećenja. Na dnu 2-D prozora također je prikazana raspodjela ukupne sile na desni (50 %) i lijevi (50 %) kvadrant zubnih lukova (50 % : 50 % je idealan omjer). U dvodimenzionalnom (2-D) prikazu, konture, to jest zone koncentracije sile označene bojom, mijenjaju veličinu, oblik i boju kako se mijenjaju okluzijske sile (Slika 11 a). U prozoru trodimenzionalne (3-D) reprodukcije stupci sile mijenjaju visinu i oznaku boje. (Slika 11 b). Snaga/sila kontakata ilustrirana je kodiranim sustavom boja od plave do ružičaste. Tamnoplava označava kompresiju senzora, što nije pravi kontakt između zuba i obično se pojavljuje u blizini ili oko mjesta samog kontakta, kodiranog drugom bojom (zelena, žuta, crvena, ružičasta) (Slika 11 b). Različite jakosti sila prilikom zatvaranja u MI prikazuju se grafički spektrom boja od najmanjih sila (plava) preko srednjih sila (zelena/žuta) do najvećih sila (crvena, ružičasta) zubnog kontakta. Uz 2-D i 3-D prozore za reprodukciju postoji nekoliko softverskih značajki koje povećavaju sposobnost operatera da interpretira snimljenu okluzijsku silu i podatke o vremenu. Te su značajke najbolje vidljive na 2-D prikazu (37-39).



Slika 10. T-Scan 10 Novus HD – sučelje softvera. (Fotografija ustupljena ljubaznošću prof. dr. sc. Roberta Čelića).



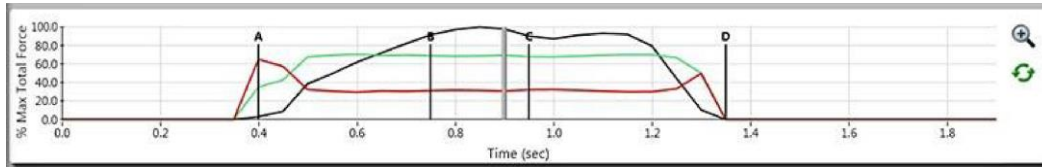
Slika 11. a) i b) T-Scan 10 Novus HD – 2D i 3D prikaz lokacije i raspodjele zubnih kontakata na zubnom luku (kodni sustav boja: od plave, zelene, žute, crvene do ružičaste). (Fotografije ustupljene ljubaznošću prof. dr. sc. Roberta Čelića).

T-Scan 10 softver ima specifičnu funkciju softvera za mjerenje vremena okluzije (*Occlusion Time*) (34), vremena diskluzije (*Disocclusion Time*) (40) i pojedinog vremena zubnog kontakta (*Tooth Timing*) (2). Svaka analiza vremena zubnog kontakta bilježi se unutar tzv. *sila naspram vrijeme grafikona* (*Force vs. Time Graph*) i *prozora vremena* (*Timing Pane*).

Sila naspram vrijeme grafikon jedno je od najvažnijih oruđa softverske analize koja se koristi za opisivanje snimljenih funkcijskih kretnji donje čeljusti. Prikazuje mijenjanje sila koje su

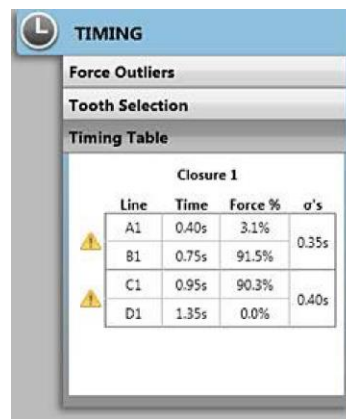
snimljene u sekvenci kroz vrijeme tijekom izvođenja i trajanja funkcijskih kretnji donje čeljusti. *Grafikon sila – vrijeme* također opisuje promjenjive sile bilo kojeg odabranog zuba ili grupe zuba korištenjem softverske funkcije *Tooth Timing*. Bilo koja snimljena funkcijska kretanja donje čeljusti sadrži određeni *ključ vremenskih područja (key Time Regions)*. Ova su vremenska područja definirana unutar svakog grafikona (Slika 11) s 3 ne-vertikalne (horizontalne) linije sile i 5 vertikalnih pokretnih linija položaja vremena. Udaljenosti između parova ovih vertikalnih i horizontalnih linija opisuju vrijeme kontakta i relativne okluzijske sile specifičnih dijelova snimanja. Svaka je linija grafikona kodirana u boji da bi se osigurao lakši vizualni pregled različitih polovina ili kvadranta modela zubnih lukova. **Tri ne-vertikalne linije sile** jesu: a) *crna ne-vertikalna linija* (prikazuje promjenu ukupne sile koja se događa tijekom cijelog snimanja); b) *crvena ne-vertikalna linija sile* (prikazuje promjene sile u desnoj strani zubnog luka tijekom cijelog snimanja); i c) *zeleno ne-vertikalna linija sile* (prikazuje promjene sile u lijevoj strani zubnog luka tijekom cijelog snimanja). **Pet vertikalnih, pokretnih linija sile** jesu: *vremenska linija*. *Vertikalna siva linija* djeluje kao indikator vremena koja se može pomicati u bilo koju točku unutar grafikona klikanjem i povlačenjem. To omogućava kliničaru da skoči u bilo koju točku vremena tijekom snimanja i pregleda snimljene sile. *Četiri crne vertikalne A, B, C i D linije*: a) udaljenost A-B prikazuje početak i kraj vremena okluzije; i b) udaljenost C-D prikazuje početak i kraj vremena diskuzije, odnosno ekskurzijsku kretnju. Vrijeme okluzije je proteklo vrijeme u sekundama mjereno iz prvog zubnog kontakta pa sve do zadnjeg zubnog kontakta. Drugim riječima, iz prvog statičkog položaja centrične relacije u maksimalnu interkuspidaciju u kojoj ispitanik postiže maksimalne razine sile zubnih kontakata. Vrijeme okluzije opisuje stupanj bilateralne vremenske istovremenosti prisutne u ispitanikovo okluziji. Smatra se idealnim kada je vrijeme okluzije izmjereno u trajanju ≤ 0.2 sekunde (34). Vrijeme diskuzije je proteklo vrijeme u sekundama mjereno od početka ekskurzijske kretnje donje čeljusti načinjene u jednom smjeru (desno, lijevo ili naprijed) sa svim zubima u interkuspidaciji sve dok ne ostanu samo očnjaci i/ili sjekutići u kontaktu. Vrijeme diskuzije može se izmjeriti u sve tri različite ekskurzijske kretnje donje čeljusti (C-D udaljenost). Vrijeme diskuzije opisuje kvalitetu mehanizma prednjeg vođenja kod ispitanikove okluzije. Smatra se idealnim kada je izmjereno u trajanju od ≤ 0.5 sekundi (40). Važno je napomenuti, produženo je vrijeme diskuzije pokazatelj da je ekskurzijska kretanja donje čeljusti produžena trenjem okluzijske površine koje se događa između loše disokludiranih stražnjih zubi kada se donja čeljust kreće unutar ili izvan centralne okluzije. Produženo vrijeme disokluzije može dovesti

do pojave mišićne hiperaktivnosti i bolova u sklopu temporomandibularnog poremećaja, frikcijskog trošenja (abfrakcije) zubi (2, 25, 40-42).



Slika 12. Grafikon relativnih sila zubnog kontakta u odnosu na stvarno vrijeme. (Fotografija ustupljena ljubaznošću prof. dr. sc. Roberta Čelića).

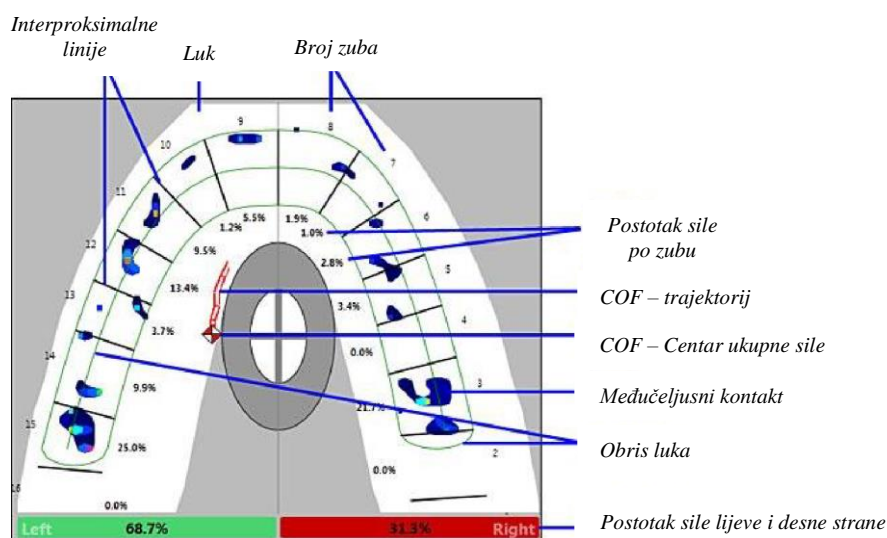
Prozor vremena (*Timing Pane*) (Slika 13) osigurava informaciju o trajanju zubnog kontakta nakon provedenog snimanja. Podijeljen je u tri dijela: a) *tablicu vremena* (prikazuje vrijeme okluzije (udaljenost A-B) i diskluzije (udaljenost C-D) izračunato unutar *sila naspram vrijeme grafikona*); b) *odabir pojedinog zuba* (prikazuje zub koji je odabrao kliničar za analizu vremena pojedinog zubnog kontakta od A-D); i c) *ekstremi sile (Force Outliers)* (prikazuje brzo rastuće i vremenski preuranjene sile kontakta. Ova softverska funkcija izolira visoke sile zubnog kontakta koji se rano događa tijekom sekvence zatvaranja usta u centralnu okluziju.) (2, 37).



Slika 13. Prozor vremena. (Fotografija ustupljena ljubaznošću prof. dr. sc. Roberta Čelića).

T-Scan 10 softver omogućuje i prikaz izračuna okluzijske ravnoteže na desnoj i lijevoj strani modela zubnog luka u obje čeljusti upotrebom tzv. ikone centra sile (*Center of Force; COF*) s njezinom putanjom (*trajectory*) i prikaza postotka sile po promatranom pojedinačnom zubu. Budući da se sila kontakta mijenja na pojedinom zubu u statičkim i dinamičkim kretnjama donje čeljusti u jedinici vremena, zbroj će se sile pomaknuti prema višim koncentracijama sile i

odmaknuti od nižih koncentracija tijekom zubnih dodira. Ove se promjene sile grafički prikazuju u 2D prozoru sile kao crvena i bijela u obliku ikone dijamenta koju prati crveno obojena vrpca (Slika 14). Marker centra sile prikazuje lokaciju zbroja ukupne sile zubnih dodira uz pomoć softverske kalkulacije mediolateralnih i anteroposteriornih momenata sile svih snimljenih okluzijskih kontakata. Ovi se podatci superponiraju na 2D prikaz sile postavljanjem markera centra sile unutar podataka zubnog kontakta.



Slika 14. Analiza sile zubnog kontakta – centar sile unutar zubnog luka. (Fotografija ustupljena ljubaznošću prof. dr. sc. Roberta Čelića).

Što je kraći u dužini i manji broj individualnih dijelova (*legs*) koji formiraju putanju vrpce, više je obostrano istovremeno vrijeme kretanje zatvaranja. Što je putanja centra sile (COF) centriranija duž središnje linije u 2D prikazu sile, to su okluzalne sile između desne i lijeve polovice zubnih lukova uravnoteženije (2, 37, 43).

2. 5. Znanstvene studije

Dentalna okluzija neizbježan je pojam u dentalnoj medicini, odnosno sastavna komponenta žvačnog sustava zajedno s čeljusnim zglobovima, žvačnim mišićima i središnjim živčanim sustavom koja je gotovo „vječna tema“ te posao za istraživače i kliničare. Jednostavno se opisuje kao zbroj statičkih i dinamičkih zubnih odnosa i kontakata između gornjih i donjih zubi. Ispitivanje ili analiza okluzije datira iz 1681. godine kada je Borelli istraživao žvačno opterećenje u ustima. Od tada do danas istraživači i dentalni profesionalci kontinuirano

razmatraju kako zubi okludiraju upotrebom različitih okluzijskih pokazatelja (indikatora) ili naprava koje su izmišljene i dizajnirane kako bi dale jasniji uvid u dinamičke interakcije između krenji donje čeljusti i brojnih morfoloških interakcija zubnih dodira (44). Na temelju ovih pokazatelja i naprava analiza okluzije dijeli se na dvije tehnike ili metode: a) *kvalitativne*, statičke, nedigitalne, nekompjutorizirane, subjektivne i b) *kvantitativne*, dinamičke, digitalne, kompjutorizirane, objektivne tehnike ili metode.

Artikulacijski papiri ili trake, *Shim stock* folije, silikonski otisni materijali i okluzalne voštane ploče glavni su predstavnici okluzijskih pokazatelja kvalitativnih tehnika analize okluzije i uglavnom se svakodnevno koriste u kliničkoj praksi (posebno artikulacijski papiri debljine 10 – 200 mikrona). Međutim, znanstvene studije o ovoj tehnici uglavnom iznose njezina ograničenja, što situaciju čini paradoksalnom budući da se svakodnevno koriste u kliničkoj praksi. Prvo, materijali iz kojih su izrađeni ovi statički okluzijski indikatori mogu samo označiti lokaciju zubnog kontakta, dok su nesposobni kvantificirati ili izmjeriti funkcijsku okluzijsku silu i trajanje zubnog kontakta. Objavljene su studije (2, 24, 27, 44) o ispitivanju fizičkih osobina (debljina, sastav, supstrat tinte i plastična deformacija) ovih indikatora (artikulacijski papiri i folije). Rezultati pokazuju da nije bilo dokaza da varijabilne veličine markacije artikulacijskog papira ili folije mogu točno opisati razinu opterećenja zubnog kontakta (2, 22, 44). Označene lokacije (markacije) zubnih kontakata na incizalnim i okluzijskim površinama zubi podložne su subjektivnoj procjeni kliničara što se tiče same markirane lokacije, kao i veličine i oblika markacije. Smatra se opravdanim interpretirati da veće i tamnije markacije zubnih kontakata ukazuju na snažnije i jače zubne kontakte, dok manje i svjetlije markacije ukazuju na slabije zubne kontakte. Suprotno uvriježenim mišljenjima, druga istraživanja (20,23,27,29,43) pokazuju da nema korelacije između veličine i oblika markacije i okluzijskog opterećenja zubnog dodira. Nažalost, u nekim udžbenicima o okluziji i dalje se navodi da veličina markacije ukazuje na veličinu sile okluzijskog dodira (33, 45).

Kada se artikulacijski papir koristi intraoralno za markaciju zubnih dodira, često dođe do fragmentacije i perforacije papira od strane pacijenta koji opetovano grize papir ili foliju. Plus prisustvo sline u ustima. Ostatci papira ili folije, ostatci tinte (nemaju sposobnost ponovljivosti zbog svoje neelastičnosti) mogu ostati na okluzijskoj površini zuba nakon markiranja, što dovodi kliničara do toga da „subjektivno interpretira“ zubne kontakte s obzirom na njihovu lokaciju (mogućnost opažanja dodatnih zubnih kontakata koji su u stvari pseudo ili lažno pozitivni zubni dodiri) i intenzitet sile kontakta (26, 44, 46-48). Nekoliko studija ispitivalo je odnos između artikulacijske veličine markacije kontakta i razina okluzijske sile unutar istih

kontakata zabilježenih tintom artikulacijskog papira i mjerenjem sile kontakata T-Scan tehnologijom (46, 47, 49). Iako različite studije, sve su pokazale da je prepoznavanje visoke ili niske sile okluzijskih kontakata pomoću veličine kontakta i udubine boje tinte bilo izrazito pogrešno (u rasponu od 87 % do 95 % procjene), dok je upotreba kvantitativne tehnike poput T-Scan uređaja spriječila subjektivnost kliničara u procjeni i otkrivanju stvarnih okluzijskih dodira.

Druge vrste okluzijskih pokazatelja/indikatora poput *Shim stock folije* (debljina 8 mikrona; ne ostavljaju markacije zubnog dodira), okluzijskih voskova i silikonskih otisnih materijala nisu toliko testirane u znanstvenim istraživanjima, ali su se pokazale dosta nepouzdanim i netočnim u registraciji okluzijskih dodira ponajprije zbog svojih lošijih fizičkih svojstava i nedostataka koje same po sebi imaju kvalitativne tehnike analize okluzije (44, 50-53).

Za razliku od kvalitativnih tehnika, kvantitativne tehnike analize okluzije koriste naprave poput T-Scan uređaja koji omogućuju dodanu vrijednost u mjerenju okluzijske sile zubnog kontakta, otkrivanju istovremenosti zubnog kontakta i određivanju vremenskog slijeda zubnih dodira koji se događaju tijekom zatvaranja donje čeljusti u položaj MI, ali i tijekom ekskurijskih kretnji (54, 55). Posebno je važno što se T-Scan tehnologija pokazala točnom, ponovljivom, osjetljivom i pouzdanom u znanstvenim studijama. U ovom radu prikazan je T-Scan uređaj koji inače predstavlja zlatni standard, a prisutan je gotovo četrdeset godina u istraživačkoj i kliničkoj upotrebi. Koos i sur. (56) ispitivali su točnost T-Scan tehnike analize okluzije bilježeći putem HD senzora okluzijske kontakte i raspodjelu sila unutar zubnog luka. Autori su zabilježili da T-Scan III uređaj prikazuje 95 % reprodukcije sile. Također su utvrdili da T-Scan III sustav može pouzdano identificirati okluzijske kontakte i jasno prikazati kritičku prirodu raspodjele okluzijske sile. Objavljen je velik broj *in-vitro* studija u kojima se testirao razvoj i napredak u točnosti i pouzdanosti senzora u sklopu T-Scan sustava od početka izuma ove tehnologije. Postoje autori protivnici ove tehnologije čiji je jedan od glavnih prigovora upotreba i debljina senzora (100 mikrona) kao uzroka za netočno provođenje mjerenja statičkih i dinamičkih okluzijskih dodira. Protivnici (57-59) navode da debljina senzora svojom distorzijom može izazvati pomak donje čeljusti kada pacijent ide u zagriz (položaj MI) ili se izvode ekskurijske kretnje donje čeljusti, što za posljedicu ima netočno označavanje i mjerenje lokacije okluzijskih kontakata i relativne sile okluzijskih kontakata. Ipak, brojnije studije (26, 55, 60-64) negiraju ovu mogućnost i dapače, ističu prednosti, točnost, ponovljivost i pouzdanost posebno novih HD senzora. Također, u tim je studijama potvrđena valjanost HD senzora koji su opetovano mjerili različite razine relativne sile zubnog kontakta istovremeno u višestrukim lokacijama unutar

zubnog luka. Do danas nije objavljen znanstveni rad koji opovrgava valjanost T-Scan HD senzora.

Lee i sur. (65) provjeravali su ponovljivost novog T-Scan 10 sustava pomoću univerzalnog stroja (kidalice) opterećujući pet različitih Novus HD senzora na modelima silom od 50 N. Zaključuju da su T-Scan 10 Novus HD senzori pokazali odličnu pouzdanost i ponovljivost (*interclass* korelacija 0.963) tijekom mjerenja okluzijske sile zubnog kontakta.

Značajan je broj kliničkih T-Scan studija koje obuhvaćaju mjerenje vremena okluzije i diskuzije zubnog kontakta tijekom statičkih i dinamičkih odnosa zubnih lukova. U takvim se studijama također ispitala točnost mjerenja T-Scan uređajem. Rezultati studija pokazali su visok stupanj konzistentnosti i valjanosti mjerenja vremena okluzijskog dodira. To je izrazito važno jer brojne kliničke dijagnostičke i (pre- i post-) terapijske postupke usklađivanja okluzije na prirodnim zubima (npr. kod ortodontskih pacijenata, parodontoloških pacijenata i pacijenata s temporomandibularnim poremećajima, kod bruksista) pacijenata s fiksnim i mobilnim protetskim ili implantoprotetskim radovima, nagriznim pločama i sl., gdje se koristio T-Scan sustav, karakterizira smanjenje trajanja vremena okluzije tijekom pozicioniranja donje čeljusti u MI i smanjenja vremena diskuzije tijekom ekscurzijskih kretnji donje čeljusti (40, 42, 44, 66-79).

Postoji druga elektronička metoda bilježenja okluzijske sile zubnog kontakta pod nazivom tehnika foto-okluzije, odnosno Dental Prescale System uređaj (Occluzer FDP703; Fuji Corporation; Tokio, Japan). Uređaj omogućuje statičko optičko snimanje okluzijskih kontakata. Foto-okluzija koristi rigidne voštane ploče ili plahte koje pružaju otpor kada pacijent pokuša utisnuti svoje zube, što mjerenje aktivnih okluzijskih sila čini otežanim. Ovaj okluzalni dijagnostički sustav sastoji se od 0.098 mm debljine savitljivih plahti osjetljivih na pritisak u koje pacijent zagriže u položaju MI. Nakon toga se na računalu provede analiza okluzije očitavanjem prosječnog pritiska, područja okluzijskog kontakta i postotak sile okluzijskog kontakta unutar granice mjerenog pritiska, čime se procjenjuje ravnoteža okluzijske sile u MI (2, 44, 75). Prescale je statički medij za bilježenje sile koji opisuje statički apsolutni profil sile dobiven iz oblika udubina i kontura zubnog kontakta u plahu. Postupak oporavka podataka je mnogo duži nego kod T-Scan sustava, tako da je to velika mana ovog sustava i gotovo se ne može koristiti u svakodnevnoj kliničkoj praksi. Jedna prednost Prescale sustava, koji se smatra pouzdanim sustavom, jest to da može zabilježiti apsolutnu silu i položaj zubnog kontakta, međutim nema sposobnost bilježenja vremenskih karakteristika (sekvenci) okluzijskog kontakta (30, 44, 76, 77). S druge strane, publicirane su studije (78, 79) u kojima se tvrdi da

Prescale sustav nije dovoljno ponovljiv. Klinički, mjerenja provedena s tvrdim plahtama osjetljivim na pritisak mogu biti pod utjecajem snažnih ili slabijih kontrakcija žvačnih mišića i statusom postojeće denticije.

Kvalitativna i kvantitativna analiza okluzije i posljedično provođenje prilagodbe ili usklađivanja okluzije predstavlja svakodnevni klinički rad u gotovo svim granama dentalne medicine. Analiza okluzije u svakom slučaju daje kliničarima informacije o normalnim morfološkim i funkcijskim osobinama humane denticije u kontekstu cijelog žvačnog sustava. Na temelju tih karakteristika kliničar bi trebao prepoznati patološka stanja okluzije ili okluzijskog poremećaja i na koji način te poremećaje ispraviti ili liječiti. Međutim, usprkos velikom obujmu objavljene literature o dentalnoj okluziji i njezinu značaju za oralno zdravlje, najčešće se koriste kvalitativne, nedigitalne tehnike za bilježenje okluzijskih kontakata i provođenje postupaka okluzijske prilagodbe. U tu svrhu koriste se okluzijski pokazatelji/indikator koji poput artikulacijskih papira ili folija, čija upotreba u svakodnevnoj praksi nije dobila potvrdu o točnosti, pouzdanosti i valjanosti u znanstvenim studijama. Kliničari i dalje vjeruju i misle da artikulacijski papiri mogu pokazati snagu ili silu zubnog kontakta. Rezultati znanstvenih studija konzistentno pokazuju da statički okluzijski indikator samo ukazuje na veličinu ili lokaciju zubnog kontakta na temelju specifičnih fizikalnih svojstava okluzijskog indikatora, njihovih osobina izgleda, koji su pod utjecajem subjektivne interpretacije kliničara jer nema objektivnog mjerenja sile zubnog kontakta. Kliničke studije jasno pokazuju da subjektivna interpretacija dubine i veličine markacije zubnih kontakata dobivenih artikulacijskim papirom vodi do visokog postotka netočnih zubnih kontakata (u rasponu od 87.5 % do 95.5 %). Upotreba ovakvih subjektivnih, netočnih okluzijskih indikatora može dovesti do komplikacija u postupku okluzijske prilagodbe uklanjanjem neželjene zubne supstance, stanjivanjem cakline zuba, povećanom osjetljivošću zuba, slabljenjem strukture zuba i gradivnih protetskih materijala, destabiliziranjem i gubitkom udobnosti pacijentove okluzije, izazivanjem pojave simptoma temporomandibularnog poremećaja (2, 43, 44, 46, 50, 80).

Postoji znanstveni dokaz u dentalnoj literaturi koji ilustrira da je T-Scan tehnologija kvantitativne analize okluzije točna, ponovljiva i ima brojne kliničke implikacije u dentalnoj medicini. T-Scan klinička kvantitativna tehnika uključuje upotrebu T-Scan uređaja početno za bilježenje okluzijskih razina sile zubnog kontakta, određuje okluzijsku ravnotežu sile u zubnom luku, određuje vrijeme trajanja zubnog kontakta (vrijeme okluzije) u aktu dovođenja donje čeljusti u MI, određuje vrijeme trajanja diskuzije (vrijeme diskuzije) na stražnjim zubima koji su uključeni u ekscuzijske kretnje donje čeljusti. Ovakvom dijagnostikom okluzije omogućuje se postavljanje precizne i ciljane okluzijske dijagnoze i korektivnih terapijskih postupaka, poboljšana komunikacija između kliničara i pacijenta te se umanjuju okluzijske komplikacije

izvođenjem predvidljivih, brojčano izmjerenih ishoda liječenja. U kliničkim uvjetima, T-Scan kvantitativna tehnika kombinira se s tanjim artikulacijskim papirima (npr. Accufilm, Parkell, SAD; 23 mikrona debljine) – kvalitativna tehnika analize okluzije. Budući da T-Scan ne markira zubne kontakte, tanki artikulacijski papir potreban je da se markiranje provede na incizalnim i griznim površinama zubnih lukova. U ovakvoj kombiniranoj tehnici svi se okluzijski kontakti na kojima je registrirana mala sila ne ubrušavaju, što dramatično poboljšava ishode T-Scan uređajem vođenog postupka okluzijske prilagodbe (2, 44).

Mjerenje vremena okluzije (OT) i diskluzije (DT) pomoću kvantitativne T-Scan digitalne analize okluzije predstavljaju mjere učinkovitosti u postizanju stabilnog okluzijskog odnosa i pokazatelj su kako su stražnji zubi učinkoviti tijekom ekskurijskih kretnji donje čeljusti. Vrijeme okluzije je trajanje iz prvog točkastog okluzijskog kontakta pa sve dok svi zubi ne dođu u položaj maksimalne interkuspidacije. Vrijeme diskluzije je vrijeme potrebno da stražnji okluzijski kontakti dođu izvan kontakta tijekom dinamičkih ekskurijskih kretnji donje čeljusti (protruzija, desna i lijeva laterotruzija).

Kraća vremena okluzije (OT) ukazuju na više uravnoteženu okluziju s ravnomjernijom raspodjelom sila opterećenja po pojedinom zubu, ali i po polovicama zubnih lukova. Produžena vremena okluzije sugeriraju kašnjenja u postizanju MI, najčešće zbog okluzijskih preranih kontakata ili neravnoteže. Za normalnu okluziju izmjerene vrijednosti vremena okluzije kreću se u rasponu od 0.2 do 0.4 sekunde (učinkoviti i istovremeni zubni kontakti tijekom zatvaranja donje čeljusti u MI). Kod patološke okluzije produžena vremena okluzije koja traju više od 0.5 sekundi ukazuju na okluzijske interferencije, slabiju okluzijsku ravnotežu i zakašnjelu uključenost stražnjih okluzijskih kontakata. Ovakav nalaz produženih vremena okluzije češći je kod kliničkih slučajeva malokluzije, visokih ispuna i protetskih radova te neujednačenog trošenja zubi (bruksizam).

Produžena vremena diskluzije (DT) mogu dovesti do produženog opterećenja stražnjih zubi i čeljusnih zglobova potencijalno doprinoseći istezanju žvačnih mišića i čeljusnih zglobova. Normalne vrijednosti vremena diskluzije obično su manje od 0.5 sekundi po strani zubnog luka tijekom ekskurijskih kretnji donje čeljusti. Ove vrijednosti reflektiraju bez zapreka i brzu disokluziju stražnjih zubi, što smanjuje stres na stražnje zube i čeljusne zglobove. Produženo vrijeme diskluzije smatra se parametrom patološke okluzije ako traje duže od 0.5 sekundi po strani zubnog luka i često je povezano s okluzijskim patologijama. To uključuje bruksizam, tempormandibularne poremećaje u oblike nejednakog trošenja zubi. Produžen stražnji kontakt

tijekom dinamičkih kretanja donje čeljusti može povećati rizik od trošenja i loma zubi i mišićnog zamora.

Klinički značaj OT i DT:

- Dijagnostički alat (OT i DT su klinički parametri za procjenu zdravlja okluzije i dijagnosticiranje funkcijskih problema okluzije).
- Planiranje liječenja (vrijednosti OT i DT izvan normalnih granica raspona mogu voditi postupke okluzijske prilagodbe ili selektivnog ubrušavanja, izrade protetskih radova i udlaga prema postizanju balansirane okluzije).
- Praćenje terapije (praćenje promjena OT i DT vrijednosti nakon provedenih terapijskih postupaka mogu pomoći ispitati uspjeh okluzijske terapije, protetske rehabilitacije ili ortodontskih terapija).

T-Scan uređaj osigurava precizno mjerenje OT i DT vrijednosti koje su izrazito bitne u otkrivanju normalne i patološke okluzije. Iako OT i DT vrijednosti mogu varirati među pojedincima, značajno odstupanje od standardnih vrijednosti pokazatelj je potencijalnih okluzijskih disfunkcija koje mogu zahtijevati kliničku intervenciju (81-85).

4. ZAKLJUČAK

Uzimajući u obzir da se u svakom polju stomatologije kliničar susreće s problematikom okluzije, jasno je da sam uspjeh terapije ovisi upravo o njoj. Na temelju pregledane literature može se zaključiti da je kombinacija ove dvije različite metode ujedno i najispravnija metoda za procjenu, liječenje i planiranje same okluzije. Tumačenje kvalitete mehanizma prednjeg vođenja i vremenske istovremenosti zubnih dodira u ispitanikovo okluziji moguće je uz kvantitativnu metodu. Jedini podatak koji se može dobiti kvalitativnom metodom jest lokacija okluzalnog kontakta, bez mogućnosti mjerenja okluzijske sile. S druge strane, kvantitativna metoda, odnosno uređaj T-Scan, ima tu mogućnost, a dodatno može i precizno utvrditi i zabilježiti točan vremenski slijed zubi koji stupaju u okluziju ili ekskuzijsku kretnju. Kvalitativna metoda, međutim, može prikazati samo krajnji ishod koji je utisnut na okluzalne površine pomoću artikulacijskog indikatora. Mjerenje vremena okluzije (OT) i diskluzije (DT) pomoću kvantitativne T-Scan digitalne analize služi kao dijagnostički alat za procjenu zdravlja okluzije i dijagnosticiranje funkcijskih problema okluzije. T-Scan, uz dodatne funkcionalnosti softverske analize kao što su „centar putanje sile“ i „sila naspram vrijeme grafikon“, nudi značajnu pomoć u preciznijem dijagnosticiranju okluzijskog obrasca svakog pacijenta. Razumijevanje tih istih obrazaca ključno je za liječenje bolnih simptoma žvačnog sustava izazvanih nepovoljnom okluzijom, za pružanje ispravne protetske rehabilitacije i povećanje vjerojatnosti za uspješnijim i dugotrajnijim ishodima liječenja naših pacijenata.

1. The Glossary of Prosthodontic Terms: Ninth Edition. *J Prosthet Dent.* 2017;117:e1-105.
2. Kerstein RB. Handbook of Research on Clinical Applications of Computerized Occlusal Analysis in Dental Medicine. Volume I. Hershey: IGI Global; 2020.
3. Popa AD, Vladutu DE, Turcu AA, Tarteza DA, Ionescu M, Paunescu C, Stan RS, Mercut V. Aspects of Occlusal Recordings Performed with the T-Scan System and with the Medit Intraoral Scanner. *Diagnostics.* 2024;14:1457.
4. Posselt U. Studies in the mobility of the human mandible. *Acta Odontol Scand.* 1952;10 (Suppl 10):19-160.
5. McNamara JA, Seligman DA, Okeson JP. Occlusion, orthodontic treatment, and temporomandibular disorders: a review. *J Orofac Pain.* 1995;9:73-90.
6. Jimenez-Silva A, Tobar-Reyes J, Vivanco-Coke S, et al. Centric relation-intercuspal position discrepancy and its relationship with temporomandibular disorders. A systematic review. *Acta Odontol Scand.* 2017;75:463 – 474.
7. Al-Ani Z, Yar R. Practical Procedures in Dental Occlusion. Volume I. New York: John Wiley & Sons; 2022.
8. Zonnenberg AJJ, Türp JC, Greene CS Centric relation critically revisited-What are the clinical implications? *J Oral Rehabil.* 2021;48:1050-1055.
9. D'Amico A. Canine teeth-normal functional relation of the natural teeth of man. *J South California Dent Assoc.* 1958;26:6–23.
10. Tiwari B, Ladha K, Aaruti Lalit A, Naik BD. Occlusal Concepts in Full Mouth Rehabilitation: An Overview. *J Indian Prosthodont Soc.* 2014;14:344–351.
11. Ćelić R, Pezo H, Senzel S, Ćelić G. The Relationship between Dental Occlusion and "Prosthetic Occlusion" of Prosthetic Restorations Supported by Natural Teeth and Osseointegrated Dental Implants. U: Human Teeth – from Function to Esthetics. Rijeka: Intechopen Publisher; 2023.
12. Gnatologija@net. Online priručnik [Internet]. Zagreb: Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu; 2001. [cited 2024. Nov 26].
13. Ash MM, Ramfjord SP. Occlusion. Philadelphia: WB Saunders Company; 1995.
14. Warreth A, Doody K, Al-Mohsen M, Morcos O, Ibiyou N. Fundamentals of occlusion and restorative dentistry: Part II: Occlusal contacts, interferences and occlusal considerations in implant patients. *J Ir Dent Assoc.* 2015;61:252-59.
15. Ćelić R, Jerolimov V, Knezović Zlatarić D. Odnos između okluzijskih preranih dodira i temporomandibularnih poremećaja. *Acta Stomatol Croat.* 2003;37: 41-50.

16. Okeson JP. Management of Temporomandibular Disorders and Occlusion. St Louis: Mosby Year; 2019.
17. Radu M. Practical Application in Dental Occlusion. Analog to Digital. Berlin: Quintessence Publishing; 2024.
18. Babu R, Nayar S. Occlusion indicators: A review. *J Indian Prosthodont Soc.* 2007;7:170.
19. Carossa S, Lojaco A, Schierano G, et al. Evaluation of occlusal contacts in the dental laboratory: influence of strip thickness and operator experience. *Int J Prosthodont.* 1999;13:201-4.
20. Qadeer S, Kerstein R, Kim RJY, Huh JB, Shin SW. Relationship between articulation paper mark size and percentage of force measured with computerized occlusal analysis. *J Adv Prosthodont.* 2012;4:7-12.
21. Cabral CWLF, Silva FA, Silva WAB, et al. Comparison between two methods to record occlusal contacts in habitual maximal intercuspation. *Braz J Oral Sci.* 2006;19:1239-43.
22. Harper K, Setchell D. The use of shimstock to assess occlusal contacts; a laboratory study. *Int J Prosthodont.* 2002;15:347-52.
23. Saad M, Weiner G, Ehrenberg D, et al. Effects of load and indicator type upon occlusal contact markings. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2008;85:18-22.
24. Schelb E, Kaiser DA, Brukl CE. Thickness and marking characteristics of occlusal registration strips. *J Prosthet Dent.* 1985;54:122-6.
25. Millstein P. Know your indicator. *J Mass Dental Soc.* 2008;56:30-1.
26. Saracoglu A, Ozpinar B. In vivo and in vitro evaluation of occlusal indicator accuracy. *J Prosthet Dent.* 2002;88:522-6.
27. Carey J, Craig M, Kerstein RB, Radke J. Determining a relationship between applied occlusal load and articulation paper mark area. *Open Dent J.* 2007;1:1-7.
28. Millstein P, Maya A. An evaluation of occlusal contact marking indicators. *J Am Dent Assoc.* 2001;132:1280-6.
29. Bozhkova TP. Comparative Study of Occlusal Contact Marking Indicators. *Folia Medica.* 2020;62:180-4.
30. Bostancioğlu SE, Toğay A, Tamam E. Comparison of two different digital occlusal analysis methods. *Clin. Oral Investig.* 2022;26:2095–2109.
31. Maness WL, Benjamin M, Podoloff R, Bobick A, Golden RF. Computerized occlusal analysis: a new technology. *Quintessence Int.* 1987;18:287-92.

32. Kerstein RB, Radke J. In-vitro consistency testing of the T-Scan 10 relative force measurement system. *Adv Dent Tech.* 2022;20:47-58.
33. Dawson PE. *Functional Occlusion and Treatment of Occlusal Problems.* St Louis: Mosby-Elsevier Publishers; 2007.
34. Kerstein RB, Grundset K. Obtaining Bilateral Simultaneous Occlusal Contacts With Computer Analyzed and Guided Occlusal Adjustments. *Quintessence Int.* 2001;32:7-18.
35. Kerstein RB. *Clinical cases in Restorative and Reconstructive Dentistry.* New York: Wiley-Blackwell; 2010.
36. Kerstein RB, Wilkerson D. Locating the centric relation prematurity with the aid of a computerized occlusal analysis system. *Comp Cont Educ Dent.* 2001;22;525-536.
37. Tekscan T-Scan 10 Novus HD Manual (online www.tekscan.com). [cited 2024. Dec 24].
38. Rupić I, Rukavina M, Dulčić N. T-Scan sustav za elektroničku analizu okluzije. *Sonda.* 2011;12:79-81.
39. Dulčić N. *Analiza okluzije zubi pomoću T-Scan II sustava [disertacija].* Zagreb: Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu; 2007.
40. Kerstein RB, Wright N. An electromyographic and computer analysis of patients suffering from chronic pain dysfunction syndrome, pre and post-treatment with immediate complete anterior guidance development. *J Prosthet Dent.* 1991;66:677-86.
41. Kerstein RB, Chapman R, Klein M. A comparison ICAGD (Immediate complete Anterior Guidance Development) to „mock ICAGD“ for symptoms reduction in chronic myofascial pain dysfunction patients. *Cranio.* 1997;15:21-37.
42. Kerstein RB, Radke J. Average Chewing Pattern Improvements Following Disclusion Time Reduction. *J Craniomand Sleep Pract.* 2017;35:13-23.
43. Bozhkova T, Musurlieva N, Slavchev D. Comparative Study Qualitative and Quantitative Techniques in the Study of Occlusion. *Biomed Res Int.* 2021;23:163874.
44. Qadeer S, Özcan M, Edelhoff D, VanPelt H. Accuracy, Reliability and Clinical implication of Static Compared to Quantifiable Occlusal Indicators. *Eur J Prosthodont Res Dent.* 2020;19:130 – 141.
45. Klinberg I. *Occlusion practice and assessment.* Oxford: Knight Publishing; 1991.
46. Kerstein RB, Radke J. Clinician accuracy when subjectively interpreting articulating paper markings. *Cranio.* 2013;32:13–23.
47. Sutter BA. A digital poll of dentists testing the accuracy of paper mark subjective interpretation. *Cranio.* 2018;36:396-403.

48. Panigrahi D, Satpathy A, Patil A, et al. Occlusion and occlusion indicating materials. *Int J Appl Dent Sci.* 2015;1:23-26.
49. Basson E, Kerstein RB, Radke J. Ability to Correctly Select High Force Occlusal Contacts from Articulating Paper Markings. *Adv dent Tech.* 2020;2:101-110.
50. Murray MC, Smith PW, Watts DC, et al. Occlusal registration: science or art? *Int Dent J.* 1999;49:41-46.
51. Reiber T, Fruhr K, Hartmann H, Leicher D. Recording pattern of occlusal indicators. I. Influence of indicator thickness, pressure, and surface morphology. *Dtsch Zahnartztl Z.* 1989;44:90-93.
52. Millstein PL. An evaluation of occlusal wax indicators *J Prosthet Dent.* 1985;53:570-573.
53. Chai J, Tan Pang I. A study of surface hardness and dimensional stability several intermaxillary registration materials. *Int J Prosthodont.* 1994;7:538-542.
54. Kerstein RB. Articulating paper mark misconceptions and computerized occlusal analysis technology. *Dent Implant Update.* 2008;19:41-46.
55. Chowdhary R, Sonnahalli NK. Clinical applications of the T-Scan quantitative digital occlusal analysis technology: a systematic review. *Int J Comput Dent.* 2024;27:49-86.
56. Koos D, Godt A, Schille C, Göz G. Precision of an instrumentation-based methods of analyzing occlusion and its resulting distribution of forces in the dental arches. *J Orofac Orthoped.* 2010;71:403-410.
57. Forrester SE, Presswood RG, Toy AC, Pain MT. Occlusal measurement method can affect SEMG activity during occlusion. *J Oral Rehabil.* 2011;38:655-660.
58. Mitchem JA, Katona TR, Moses EA. Does the presence of an occlusal indicator product affect the contact forces between full dentitions? *J Oral Rehabil.* 2017;44:791-799.
59. Beninati CJ, Katona TR. The combined effects of saliva's and occlusal indicators on occlusal contact forces. *J Oral Rehabil.* 2019;46:468-474.
60. Cerna M, Ferreira R, Zaror C, Navarro P, Sandoval P. Validity and reliability of the T-Scan III for measuring force under laboratory conditions. *J Oral Rehabil.* 2015;42:544-551.
61. Anselmi R. T-Scan 10 recording dynamics, system features, and clinician user skills required for T-scan mastery. In: Kerstein RB, editor. *Handbook of Research on Clinical Applications of Computerized Occlusal Analysis in Dental Medicine. Volume I.* Hershey: IGI Global: 2020.

62. da Silva Martins MJ, Caramelo FJ, da Fonseca JA, Nicolau PM. In vitro study on the sensibility and reproducibility of the new T-Scan III HD system. *Rev Port Estomatol Med Dent Cir Maxillofac.* 2014;55:14-22.
63. Kerstein RB, Lowe M, Hartly M, Radke J. A force reproduction analysis of two recording sensors of a computerized occlusal analysis system. *Cranio.* 2006;24:15-24.
64. Vishnurao SG, Astekar M, Aggarwal A. T-Scan – A review on an occlusal indicator in dentistry. *IP Inte J Maxillofac Imaging.* 2023;9:119-124.
65. Lee W, Kwon HB, Kim Mj, Lim YJ. Determination of the reliability and repeatability of a quantitative occlusal analyzer by using a piezo-electric film sensor: an in-vitro study. *J Prosthet Dent.* 2022;127:331-337.
66. Kerstein RB. Reducing chronic masseter and temporalis muscular hyperactivity with computer guided occlusal adjustments. *Comp Contin Ed Dent.* 2010;31:530-4.
67. Kerstein RB, Radke J. The effect of Disclusion Time reduction on maximal clench muscle activity levels. *Cranio.* 2006;24:156-65.
68. Thumati P, Manwani R, Mahantshetty M. The effect of reduced Disclusion Time in the treatment of myofascial pain syndrome using immediate complete anterior guidance development protocol monitored by digital analysis of occlusion. *Cranio.* 2014;32:289-99.
69. Yiannios N, Kerstein RB, Radke J. Treatment of frictional dental hypersensitivity (FDH) with computer-guided occlusal adjustments. *Cranio.* 2017;35:347-57.
70. Thumati P, Sutter B, Kerstein RB, Yiannios N, Radke j. Changes in the Beck Depression Inventory – II Scores of TMD Subjects after Measured Occlusal Treatment. *Adv Den Tech.* 2018;1:1-13.
71. Thumati P, Poovani S, Bharathi B, Mounika A, Kerstein Rb, Radke J. A Disclusion Time Reduction Randomized Controlled Occlusal Adjustments Trial. *Adv Den Tech.* 2020;2:1-23.
72. Baldini A, Nota A, Cozza P. The association between occlusion time and temporomandibular disorders. *J Electromyogr Kinesiol.* 2015;25:151-4.
73. Cerna M, Ferreira R, Zaror C, Navarro P, Sandoval P. In vitro evaluation of T-Scan III through study of the sensels. *Cranio.* 2016;33:300-306.
74. Andrus R, Quian F, Weir D, Schneider R, Huber L, Kerstein RB: Comparison of results of traditional occlusal adjustment technique w/computer-aided occlusal adjustment technique. *Adv Technologies Techniques.* 2019;1:43-53.

75. Sadadori S, Hiroo K, Hitoshi A. Quantitative analysis of occlusal force balance in intercuspal position using Dental Prescale System in patients with tempormandibular disorders. *Int Chin J Dent.* 2007;7:43-47.
76. Hattori Y, Okugawa H, Watanabe M. Occlusal force measurement using dental Prescale. *J Jpn Prosthodont Soc.* 1994;38:835-841.
77. Suzuki T, Watanabe T, Yoshitomi N. Evaluation of a New Measuring System for Occlusal Force with Pressure Sensitive Sheets. *J Jpn Prosthodont Soc.* 1994;38:966-970.
78. Fitzig S, Serfaty V, Gazit E. Photoocclusion technique for simultaneous qualitative and quantitative occlusal contact registration. *J Prosthet Dent.* 1985;53:413-414.
79. Ando K, Fuwa Y, Kurosawa M, et al. Cite force measurement system unig pressure-sensitive sheet and silicone impression material. *Dent Mater J.* 2009;28:212-218.
80. Qadeer S. Limitations of traditional non digital occlusal indicators when compared to T-Scan computerized occlusal analysis. In: Kerstein RB, editor. *Handbook of Research. Computerized Occlusal Analysis Technology Application in Dental Medicine. Volume II.* Hershey: IGI Global: 2019.
81. Afrashtehfar KI, Qadeer S. Computerized occlusal analysis as an alternative occlusal indicator. *Cranio.* 2016;34:52-7.
82. Chutchalermpan T, Pumklin J, Piyapattamin T. Evaluation of Disclusion Time in Various Angle's Malocclusions by T-Scan III System. *Eur J Dent.* 2019;13:510-513.
83. Sadry S, Giray B. Evaluation of occlusion parameters using T-scan III in patients receiving fixed orthodontic treatment. *APOS Trends Orthod.* 2023;13:91-9.
84. Rubió-Ferrer G, Rovira-Lastra B, Khoury-Ribas L, Elan Ignacio Flores-Orozco EI, Raul Ayuso-Montero R, Martinez-Gomis J. Reference values and reliability of occlusal force distribution and occlusal time measured by the T-Scan system in adults with healthy dentition. *J Prosthodont.* 2024;33:558-564.
85. Mao Z, Bleiel H, Beuer F, Heinrich Böse MW, Soetebeer M. Occlusal changes on implant-supported single crowns with one year follow-up after loading: A systematic review and meta-analysis. *J Dent.* 2024;146:105000.

Nika Zrnčić rođena je 25. 10. 1999. u Splitu. Svoje školovanje započinje u Osnovnoj školi „Bol“ i potom upisuje Opću gimnaziju „Marko Marulić“. Na Stomatološki fakultet u Zagrebu upisuje se 2018. godine.