
ASSESSMENT OF THE ENDODONTIC SPACE IN MANDIBULAR MOLARS WITH CONE BEAM COMPUTED TOMOGRAPHY

Risto Panajotu

Faculty of Medical Sciences, Goce Delchev University, Shtip, North Macedonia,
risto.311100@student.ugd.edu.mk

Ivona Kovachevska

Faculty of Medical Sciences, Goce Delchev University, Shtip, North Macedonia,
ivona.kovacevska@ugd.edu.mk

Abstract: The main goal of endodontics is to preserve the dental pulp, which is a complex network of blood and lymphatic vessels and nerves, organized into specialized tissue. The health and functionality of the pulp is crucial for maintaining the vitality and longevity of natural teeth, but in the event of pathological changes and diseases, endodontic treatment is performed as a therapy, which can be performed in one or more visits to the dentist.

Radiography always goes hand in hand with endodontics. Nowadays, we have at our disposal a multitude of methods, techniques and modern technologies for easy and accurate visualization of the endodontic space as well as for the correct diagnosis of pathologies of endodontic origin. Cone beam computed tomography, as a newer modern technology, allows us to do all of this.

X-rays are the first physical parameter that provides access and partial visibility into the canal system, starting from diagnostics, anatomy, topography, and pathology of the teeth in general. Various imaging techniques provide a two-dimensional representation of the teeth, and are often insufficient in presenting the anatomical structures in the endodontic space. All of this complicates the therapeutic treatment itself, and of course, has a prospective impact on the success of the therapy. In recent decades, Cone Beam Computed Tomography (CBCT), as one of the more modern methodologies, has further increased the possibilities for diagnostics, accessibility, and three-dimensional visualization of complex cases of the endodontic space, which subsequently increases the success of the therapy.

The examination of the anatomical morphological characteristics of a certain population group in a certain geographical area is nothing new in the world. In our country, there is no relevant research on the variations in the root canal system in lower molars.

In this research, we want to investigate the variations and calculate their prevalence. This will help professional dentists in the endodontic treatment of teeth. This research was conducted on 40 patients, that is, 160 mandibular molars were analyzed. Analyzing the results obtained, we witness almost all the variations in mandibular molars and their endodontic space that are described in the literature.

Keywords: endodontics, mandibular molars, endodontic space, cone beam computed tomography, assessment.

ПРОЦЕНА НА ЕНДОДОНТСКИОТ ПРОСТОР КАЈ МАНДИБУЛАРНИТЕ МОЛАРИ СО КОМПЈУТЕРСКА ТОМОГРАФИЈА СО КОНУСЕН ЗРАК

Ристо Панајоту

Факултет за медицински науки, Универзитет Гоце Делчев, Штип, Северна Македонија,
risto.311100@student.ugd.edu.mk

Факултет за медицински науки, Универзитет Гоце Делчев, Штип, Северна Македонија,
ivona.kovacevska@ugd.edu.mk

Резиме: Основната цел на ендодонцијата е да се зачува забната пулпа која претставува сложена мрежа од крвни и лимфни садови и нерви, организирани во специјализирано ткиво. Здравјето и функционалноста на пулпата е од клучно значење за одржување на виталноста и долговечноста на природните заби, но при патолошки промени и заболувања, како терапија се реализира ендодонтски третман, кој може да се изврши во една или повеќе посети кај стоматолог.

Радиографијата пак секогаш оди рака за рака со ендодонцијата. Во денешно време имаме на располагање мноштво од методи, техники и модерни технологии за лесно и точно визуелизирање на ендодонтското пространство како и за правилно дијагностицирање на патологиите од ендодонтско потекло. Компјутерската томографија со конусен зрак, како понова современа технологија, ни го овозможува сето тоа.

Рендгенските зраци претставуваат прв физички параметар, кој обезбедува пристап и делумна видливост во каналниот систем, почнувајќи од дијагностиката, анатомијата, топографијата, патологијата на забите во целина. Различните техники на снимање даваат претстава за забите во две димензии, а често пати се инсуфициентни во презентацијата на анатомските структури во ендодонтскиот простор. Сето ова го усложнува самиот тераписки третман, а секако перспективно влијае и на успехот на терапијата. Последните декади, Компјутерската томографија со конусен зрак (СВСТ – Cone Beam Computed Tomography), како една од по современите методологии, дополнително ги зголемува можностите за дијагностика, пристапност, тродимензионална визуелизација и за сложените случаи на ендодонтскиот простор, кое последователно го зголемува и успехот на терапијата.

Испитувањето на анатома морфолошките карактеристики на определена група население во определено географско подрачје не е ништо ново во светот. Во нашата држава не постои релевантно истражување за варијациите во коренско каналниот систем кај долните молари.

Во ова истражување сакаме да ги истражime варијациите и да ја пресметаме нивната преваленца. Тоа ќе помогне на професионалците стоматолози во ендодонтското третирање на забите. Ова истражување беше направено на 40 пациенти односно беа анализирани 160 мандибуларни молари. Анализирајќи ги добиените резултати сведоци сме на скоро сите варијации кај мандибуларните молари и нивниот ендодонтски простор што се опишани во литературата.

Клучни зборови: ендодонција, мандибуларни молари, ендодонтски простор, компјутерска томографија со конусен зрак, процена .

1. ВОВЕД

Ендодонциум, познат и како пулпо-дентински комплекс или ендодонт. Овој термин вклучува две забни ткива: дентин и пулпа, кои сочинуваат структурно и функционално единство. Овие ткива имаат огромно, неразделно влијание едно врз друго. Пулпата (меѓу другото) го храни дентинот, додека дентинот формира заштитна бариера за пулпата. Тие се развиваат од папиларното ткиво (papilla dentis). Сепак, во клиничката пракса овој структурно-функционален комплекс често се третира како две посебни ткива, а не како целина. Соодветното познавање на структурата, функцијата и заштитните механизми на ендодонтот дава успешни резултати во ендодонтскиот третман (Yu, Abbott, 2007).

Дентинот (dentinum) ја сочинува најголемата маса во забот и вокоронката и во коренскиот дел. Во коронарниот дел е покриен со емајл, додека во коренскиот дел со цемент. Кај трајните заби има жолтеникава боја и синкаво-бела кај млечните заби. Поцврст е од густата коска - нејзината цврстина одговара на 4-5 степени во скала од десет степени по Мос. Во исто време дентинот има еластичност што ја зголемува механичката отпорност на повреди. Во хемиска смисла, дентинот е составен од: неорганични материи - 70%, органични материи - 18% и вода - 12% (Kleinert, 2018).

Пулпа (Pulpa dentis) е ткиво што е полнеж на забот. Се наоѓа и во комората и во коренските канали. Хистолошки, наликува на сврзно ткиво слично на желатин, кое содржи голем број супстанции богати со протеоглигани, мрежа од лабаво наредени колагенски влакна и бројни свездести клетки. На периферијата на пулпата има дебели сребро-апсорбирачки влакна наречени Korff спирални влакна. Во рамките на пулпата се разликуваат три зони: одонтобластна зона, безклеточна зона и зона богата со клетки. Пулпата е инервирана од сензорни влакна (миелинизирани) и немиелинизирани вегетативни влакна. Заедно со крвните садови, нервните влакна (во 2-3 снопови кои содржат неколку стотици аксони) продираат во пулпата преку апикалниот отвор. Во централниот дел на пулпата, влакната се миелинизирани и немиелинизирани. Потоа се разгрануваат во неколку помали снопови. Директно под одонтобластниот слој, двата типа на влакна формираат субодонтобластен плексус (нервниот плексус на Рашков). Сензорните нерви се рецептори кои примаат различни стимули, пренесувајќи го чувството на болка. Сетилните нерви се движат од тригеминалниот ганглион. Сетилните влакна продираат како миелински влакна, а потоа се разгрануваат и ја губат миелинската обвивка. Од субодонтобластниот плексус продолжуваат до одонтобластниот слој во многу тенки не-миелинизирани влакна и понатаму до дентинските тубули. Вазомоторните влакна се влакна на симпатичкиот нервен систем и се одговорни за васкуларната циркулација, регулирајќи го протокот на крв во крвните садови со нивно стеснување или проширување. Артериите на пулпата се гранки на пародонтални садови. Продираат како мали артериоли (3 или повеќе) и се разгрануваат во коронарната пулпа. Овие гранки се од капиларен тип. Постојат два вида капилари во пулпата. Првиот тип е фенестриран тип капилари, најтенок, со пори во базалната мембрана, што ја олеснува размената на различни материи помеѓу крвта и клетките. Вториот тип се континуирани капилари кои имаат континуирана ендотелијална обвивка и се типични капилари. Сите пулпни садови имаат многу тенки сидови поради редукција на мускуларната мукоза. Ова ја прави пулпата многу чувствителна на промените во притисокот. При брз проток на крв,

садовите опкружени со тврдо ткиво на забот не можат да го зголемат својот волумен. Исто така, одливот на крв низ тесниот апикален отвор е отежнат. Долгорочно покачен васкуларен притисок, што резултира со конгестија на пулпата, може да доведе до некротизирачки промени на истата.

Мандибуларни молари

Прв мандибуларен молар. Како заб кој што еруптира најрано од дисталните заби, мандибуларниот прв молар најчесто има потреба од ендодонтско лекување. Обично има два корени, но понекогаш и три. Најчесто со два канали во мезијалниот и еден или два канали во дисталниот корен. Дисталниот корен е лесно достапен за механичката инструментација. Каналите на дисталниот корен се по широки од оние на мезијалниот. Понекогаш орифициумот е широк во буко-лингвален правец. Оваа анатомија укажува на можноста за втор канал или овален лентовиден канал со сложена мрежа што може да ја отежни инструментацијата. Мезијалните корени се обично закривени, со најголема закривеност во мезио-букалниот канал. Орифициумите обично се добро одвоени во рамките на комората на пулпата. Првиот мандибуларен молар речиси секогаш е под силен оклузален стрес така што во пулпната комора често има калцификати. Скидмор и Бјорндал соопштуваат дека приближно една третина од испитуваните првимандибуларни молари имале четири коренски канали. Досега, голем број на студии објавуваат разлики во коренско каналните системи. Варијација на која и е посветено особено внимание е мандибуларниот молар со три корени. Испитувањата на популациите од монголско потекло укажуваат на висока преваленца на трикоренските мандибуларни молари. Фреквенцијата на оваа карактеристика се движи од 6 до 44%. Кога овој дополнителен корен се наоѓа во дисто-лингвалната страна се нарекува *radix entomolaris*, а ако се наоѓа на мезио-букалната страна се нарекува *radix paramolaris*. Двукорените мандибуларни први молари обично имаат три канали. Два коренски канали се наоѓаат во мезијалниот корен и еден канал во дисталниот корен. Авторот Хес, објавува дека преваленцата на три коренски канали во мандибуларните трајни моларни заби била 78%. Во 40-45% од двукорените мандибуларни први постојани катници, мезијалниот корен има два коренски канали со еден апикален форамен (Hess, 1925). Скидмор и Бјордал (1971), покажаа дека преваленцата на два коренски канали во дисталниот корен на првите трајни катници е речиси 30% во ин витро студија. Вести и соработниците (2001), заклучиле дека преваленцата на четири коренски канали во двукорените први трајни мандибуларни катници била 47%. Ахмед и соработниците (2007), објавија дека 59% од мандибуларните први постојани катници кај Суданците имале четири коренски канали. .

Втор мандибуларен молар. Нешто помал коронарно од првиот мандибуларен молар и со тенденција кон поголема симетрија, вториот молар на долната вилица се препознава поради близината на неговите корени. Корените често се движат дистално во постепена кривина со врвовите блиску еден до друг. Степенот и конфигурацијата на искривување на каналите во мезијалните корени беа проочувани на 100 случајно избрани први и втори молари на мандибулата. Сто проценти од примероците покажаа искривување и во буко-лингвална и во мезио-дистална насока. Вториот мандибуларен молар е најподложен на вертикална фрактура (Burns, Buchanan, 2009). Познавањето на морфологијата на коренско каналниот систем е од суштинско значење за правилна дијагноза на анатомските варијации пред да се започне со ендодонтската терапија. Мандибуларните втори катници обично имаат два корени со три коренски канали, два во мезијалниот корен и еден во дисталниот корен. Сепак кај овие заби може да се забележат сериозни анатомски варијации, како што е присуството на три канали во мезијалниот корен, два канали во дисталниот корен или надбројните дополнителни корени (Gomez, 2021). Конфигурацијата во облик на С е во рамките на анатомските варијанти што може да се најдат кај вториот мандибуларен канал. Оваа варијација за прв пат беше опишана во 1979 година од Куки и Кокс, како последица на промена во развојот на коренот поради недостаток на фузија на епителна обвивка Хертвиг на вестибуларната или лингвалната страна. Анатомската конфигурација во облик на С може да биде како единечна лента или истмус што ги поврзува индивидуалните коренски канали. Оваа варијација е особено присутна кај азијатската популација со дури 40% кај вторите мандибуларни молари. За разлика од вторите мандибуларни молари кај првите преваленцата е до 1%. Кога забот е со два канали, тие остануваат два различни канали со посебни апикални отвори или се обединуваат и формираат заеднички апикален отвор. Двата канали делумно или целосно комуницираат преку попречни анастомози. Мултипни аксесорни форамини се наоѓаат во областите на фуркацијата на мандибуларните катници. Обично е невозможно директно да се обработат и обликуваат и ретко се визуализираат освен повремено на постоперативни снимки ако се обтурирани со канален силер или загреана гутаперка (Gomez, Vrea, Gomez-Sosa, 2021). Вторите мандибуларни молари често бараат ендодонтски третман и најчесто покажуваат два корени со три канали, но неколку студии покажаа отстапувања од оваа норма (Buchanan, et al., 2023).

СВСТ снимката обезбедува реална проценка на постоечката оптурација на коренскиот канал (Cotton, 2007). Компјутеризираната томографија со конусен зрак (СВСТ) овозможува брза и прецизна тродимензионална

(3D) анализа на анатомските структури, покрај тоа што е неинвазивен и недеструктивен метод. Клинички, таа е корисна и прецизна алатка за идентификација на анатомските детали, овозможувајќи идеална дијагноза и третман (Mantovani, et al., 2022). Воведувањето на СВСТ во 1990-тите доведе до значителен напредок во ендодонтската дијагностика. Иако конвенционалната радиографија рутински се користи за проценка на сложената анатомија на коренскиот канал, нејзиното главно ограничување е дводимензионалното претставување на сликите, што може да доведе до превидување на дополнителни коренски канали или анатомски варијации (Al-Habib, 2024). СВСТ е предложена за класифицирање на потеклото на лезијата како ендодонтско или неендодонтско што може да влијае на планот за лекување. Откривањето на вертикални фрактури на коренот, мерење на длабочината на фрактурата на дентинот и откривање хоризонтални фрактури е по лесно поради отсуството на артефакти и проблеми со проекцијата на 2D снимката (Nakata, 2005). Приказот на пулпните рогови и нивната екстензија во туберите под оклузалната површина и локализацијата на скршените инструменти се поедноставени со СВСТ снимки. Најголемата практична придобивка од СВСТ при снимањето на забите е олеснувањето во интеракција со податоците и создавање слики кои ги имитираат оние што обично се користат во клинички услови (на пример, панорамски, цефалометриски или билатерални мултипланарни проекции на темпоромандибуларниот зглоб. Во ендодонцијата, најдобар метод за точно одредување на анатомијата и морфологијата на корените и каналите е СВСТ. Ваквата снимка нуди три рамнини на анализа на забите во споредба со периапикална или панорамска радиографија кои се дводимензионални (Tyndall, Rathore, 2008). СВСТ анализите овозможува да се спроведат студии врз мандибуларните молари кај популации во држави како што се Кина, Индија, Кореја, Бразил, Португалија и Израел, овозможувајќи да се определат варијациите од анатомотоморфолошка гледна точка како и да се влечат проценти од ваквите анализи. Тоа на клиничарите и на сите професионалци од стоматолошката клиничка но и научна дејност им дава поле за успешно лекување но и понатамошно научно истражување на варијациите (Venkatesh, Elluru, 2017).

2. МАТЕРИЈАЛИ И МЕТОДИ

Целта на ова истражување е да направиме анализа на морфологијата на коренско каналниот систем на мандибуларните први и втори молари на извадок од населението во Р.С. Македонија. Целта е да се запознаеме со анатомските карактеристики и морфологијата на корените на мандибуларните молари како и со нивните варијации. Со ова би се зголемило знаењето за различните варијанти во анатомски аспект а со тоа би се зголемила и успешноста на ендодонтската терапија. Како материјали за анализа земени се 40 СВСТ снимки, како и 40 панорамски снимки, кои беа детално и прецизно разгледани и анализирани. Практично, анализата беше извршена на вкупно 160 мандибуларни молари, а што се оденсува до СВСТ снимките, истите беа направени претходно за друга цел. За ова истражување не е направена ниту една СВСТ снимка.

3. РЕЗУЛТАТИ

На сите 40 панорамски снимки единствено што можеше да се види е бројноста на корените. Скоро сите панорами покажаа 2 корени и кај првиот и кај вториот молар. Прецизна информација за каналниот систем неговата морфологија и анатомија не може да се извлече од панорамска снимка. Поради ограниченоста на информацијата и литературата не препорачува ендодонтски третман врз база на панорамска снимка.

Табела 1- Број на пациенти и поделба по пол во процент

Пол	Број	%
Маж	21	52.5
Жени	19	47.5

Извор: Истражување на авторите

Табела 2-Возраст на пациентите

Возраст		
Маж	39.3	37.4
Жени	33.6	

Извор: Истражување на авторите

Најмладиот пациент има 13 а највозрасниот 69 години.

Прв мандибуларен молар

Број на корени кај прв мандибуларен молар

Табела 3 – Бројност на морени на прв мандибуларен молар во проценти

2 корени	78	97,5%
3 корени	2	2,5%

Извор: Истражување на авторите

Број на канали во мезијален корен на прв мандибуларен молар

Табела 4 – Канали во мезијален корен во проценти

Мезијален корен	1 канал	2 канала	3 канала
	1	79	0
	0.8%	99.2%	/

Извор: Истражување на авторите

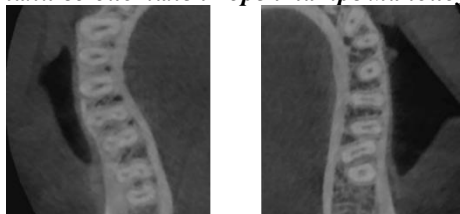
Број на канали во дистален корен на прв мандибуларен молар

Табела 5 – Канали во дистален корен во проценти

Дистален корен		
1 канал	61	76,24
2 канала	19	23,75

Извор: Истражување на авторите

Слика 1: Канали во дистален корен на прв мандибуларен молар



Извор: Сопствени снимки

Втор мандибуларен молар

Број на корени кај вториот мандибуларен молар

Табела 6 – број на корени во проценти

1 корен	8	10%
2 корени	72	90%

Извор: Истражување на авторите

Број на канали во мезијалниот корен кај вториот мандибуларен молар

Табела 7 – канали во мезијален корен во проценти

Мезијален корен	1 канал	2 канала	
	17	55	72
	13.6%	68.75%	

Извор: Истражување на авторите

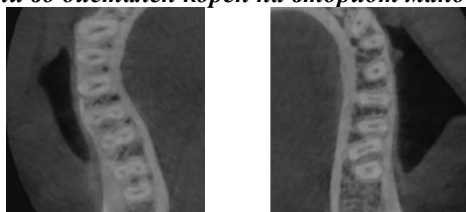
Број на канали во дисталниот корен на вториот мандибуларен молар

Табела 8 – Канали во дистален корен во проценти

Дистален корен	1 канал	2 канала	72
	71	1	
	88,75%	1,25%	

Извор: Истражување на авторите

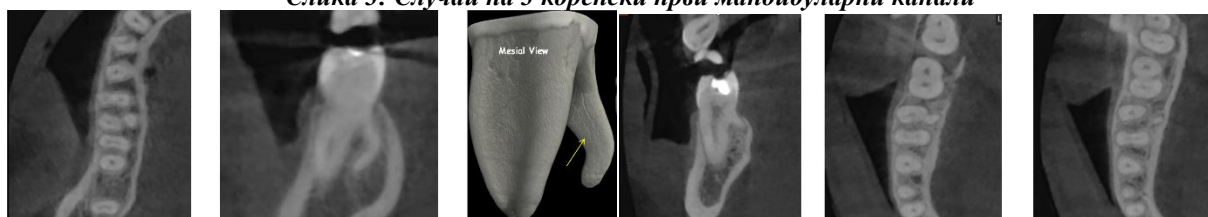
Слика 2: Канали во дистален корен на вториот мандибуларен молар



Извор: Сопствени снимки

Во ова истражување констатирани се 2 случаи на 3 коренски први мандибуларни канали, кои даваат за право да се надеваме дека во иднина, кај истражување со поголем процент на примероци, би можело да се пронајдат и повеќе.

Слика 3: Случаи на 3 коренски први мандибуларни канали



Извор: Сопствени снимки

Исто така посебно внимание се обрнува на 8 втори енокоренски молари кои што се со C конфигурација на каналниот систем.

4. ДИСКУСИЈА

Испитувањето на анатомото морфолошките карактеристики на определена група население во определено географско подрачје не е ништо ново во светот. Во нашата држава не постои релевантно истражување за варијациите во коренско каналниот систем кај долните молари. Во ова истражување идејата беше да се истражат варијациите и да се пресмета нивната преваленца. Тоа ќе помогне на професионалците стоматолози во ендодонтското третирање на забите. Така, литературата соопштува резултати од 8% кај популацијата во Европа. Во нашето досегашно истражување добивме резултат од 10% од испитуваните втори молари или 5% од вкупниот број на први и втори молари.

5. ЗАКЛУЧОК

Ова истражување го направивме на ограничен број пациенти. За потребите на трудот, беа вклучени вкупно 40 пациенти, или беа анализирани вкупно 160 мандибуларни молари. Сепак, и покрај ограничениот број на пациенти сведоци сме на скоро сите варијации кај мандибуларните молари и нивниот ендодонтски простор што се опишани во литературата.

ЛИТЕРАТУРА

- Ahmed, HA., Abu-bakr, NH., Yahia, NA., Ibrahim, YE. (2007). Root and canal morphology of permanent mandibular molars in a Sudanese population. *Int Endod J.* 2007;40:766–71.
- Al-Habib, M. A., Almarzouki, S., Alsulaiman, M., & Alsofi, L. (2024). Comprehensive Analysis of Mandibular First Molar Root and Canal Morphology in Saudi Patients Using Cone Beam Computed Tomography (CBCT). *Medical science monitor: international medical journal of experimental and clinical research*, 30, e945364. <https://doi.org/10.12659/MSM.945364>

- Antony, DP., Thomas, T., Nivedhitha, MS. (2020). Two-dimensional Periapical, Panoramic Radiography Versus Three-dimensional Cone-beam Computed Tomography in the Detection of Periapical Lesion After Endodontic Treatment: A Systematic Review. *Cureus*. 2020 Apr 19;12(4):e7736. doi: 10.7759/cureus.7736. PMID: 32440383; PMCID: PMC7237056.
- Bence, R. (1980). *Handbook of clinical endodontics*. 2nd ed. St.Louis, The C.V. Mosby Company, p. 1.
- Buchanan, G. D., Gamielien, M. Y., Fabris-Rotelli, I., van Schoor, A., & Uys, A. (2023). Investigation of mandibular second molar root and canal morphology in a Black South African population using cone-beam computed tomography and two classification systems. *Journal of oral science*, 65(4), 226–231. <https://doi.org/10.2334/josnusd.23-0123>
- Burns, RC., Buchanan, LS. (2009). *Tooth Morphology and Access Openings. Part One: The Art of Endodontics in Pathway of Pulp*, 6th Ed. p. 162.
- Cotton, TP., Geisler, TM., Holden, DT., Schwartz, SA., Schindler, WG. (2007). Endodontic applications of cone-beam volumetric tomography. *J Endod*. 2007. September;33(9):1121–32. 10.1016/j.joen.2007.06.011
- Gomez, F., Brea, G. & Gomez-Sosa, J.F. (2021). Root canal morphology and variations in mandibular second molars: an in vivo cone-beam computed tomography analysis. *BMC Oral Health* 21, 424 <https://doi.org/10.1186/s12903-021-01787-7>
- Hess, W. (1925). *Anatomy of the Root Canals of the Teeth of the Permanent Dentition, Part 1*. New York: William Wood & Co; 1925. 1-39
- Kleinert, A., Kleinert, L., Ozimirska, M., Chałas, R. (2018). Endodontium - together or separately? *Folia Morphol (Warsz)*. 2018;77(3):409-415. doi: 10.5603/FM.a2018.0008. Epub 2018 Jan 18. PMID: 29345716.
- Mantovani, V. O., Gabriel, A. E. S., Silva, R. G., Savioli, R. N., Sousa-Neto, M. D., & Cruz-Filho, A. M. (2022). Analysis of the mandibular molars root canals morphology. Study by computed tomography. *Brazilian dental journal*, 33(5), 1–8. <https://doi.org/10.1590/0103-6440202205105>
- Nakata, K., Naitoh, M., Izumi, M., Inamoto, K., Arijji, E., Nakamura, H., (2005). Effectiveness of dental computed tomography in diagnostic imaging of periradicular lesion of each root of a multirouted tooth: a case report. *J Endod*. 2006. June;32(6):583–7. 10.1016/j.joen.2005.09.004
- Ozer, SY. (2010). Detection of vertical root fractures of different thicknesses in endodontically enlarged teeth by cone beam computed tomography versus digital radiography. *J Endod*. 2010. July;36(7):1245–9. 10.1016/j.joen.2010.03.021
- Shahi, S., Yavari, HR., Rahimi, S., Torkamani, R. (2008). Root canal morphology of human mandibular first permanent molars in an Iranian population. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects*. 2008 Winter;2(1):20-3. doi: 10.5681/joddd.2008.004. Epub 2008 May 15. PMID: 23285325; PMCID: PMC3533633.
- Skidmore, AE., Bjorndal, AM. (1971). Root canal morphology of the human mandibular first molar. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1971;32:778–84.
- Tyndall, DA., Rathore, S. (2008). Cone-beam CT diagnostic applications: caries, periodontal bone assessment, and endodontic applications [vii.]. *Dent Clin North Am*. 2008. October;52(4):825–41. 10.1016/j.cden.2008.05.002
- Venkatesh, E., Elluru, SV. (2017). Cone beam computed tomography: basics and applications in dentistry. *J Istanbul Univ Fac Dent*. 2017 Dec 2;51(3 Suppl 1):S102-S121. doi: 10.17096/jiufd.00289. PMID: 29354314; PMCID: PMC5750833.
- Wasti, F., Shearer, AC., Wilson, NHF. (2001). Root canal systems of the mandibular and maxillary first permanent molar teeth of South Asian Pakistanis. *Int Endod J*. 2001;34:263–6.
- Yu C, Abbott PV. (2007). An overview of the dental pulp: its functions and responses to injury. *Aust Dent J*. 2007 Mar;52(1 Suppl):S4-16. doi: 10.1111/j.1834-7819.2007.tb00525.x. PMID: 17546858. <http://rootcanalanatomy.blogspot.com/2011/03/mandibular-first-molar.html>
<http://rootcanalanatomy.blogspot.com/search?q=mandibular+second+molar>