

Факултет Стоматолошки

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

(Број захтева)

Веће научних области медицинских наука
(Назив већа научне области коме се захтев упућује)

(Датум)

ЗАХТЕВ**за давање сагласности на одлуке о усвајању извештаја Комисије за оцену докторске дисертације и о именовању комисије за одбрану**

Молимо да, сходно члану 48 ст. 5 тач. 4) Статута Универзитета у Београду ("Гласник Универзитета", бр. 201/2018, 207/2019, 213/2020, 214/2020, 217/2020, 230/21, 232/22, 233/22 и 236/22), дате сагласност на одлуку о усвајању извештаја Комисије за оцену докторске дисертације:

КАНДИДАТ **Гаврило (Жарко) Илић**

(име, име једног од родитеља и презиме)

студент докторских студија на студијском програму **Базична и клиничка истраживања у стоматологији**,уписан на докторске студије **09.10.2018.** године,пријавио је тему докторске дисертације дана **23.11.2023.** године, под називом:**„Анализа вредности момента силе завртања надокнада на имплантатима након симулиране клиничке примене“**

из научне области:

Стоматолошке наукеУниверзитет је дана **26.03.2024.**својим актом
под бр.**61206-909/2-24**дао сагласност на предлог теме докторске
дисертације

која је гласила:

„Анализа вредности момента силе завртања надокнада на имплантатима након симулиране клиничке примене“Име и презиме ментора **проф. др Алекса Марковић**
проф. др Александра Милић ЛемићКомисија за оцену докторске дисертације именована је на седници одржаној **09.12.2025.**одлуком факултета под бр. **3/108**, у саставу

	Име и презиме члана комисије	звање	научна област	Установа у којој је запослен
1.	проф. др Александар Тодоровић	редовни професор	Стоматолошке науке	Стоматолошки факултет Универзитета у Београду
2.	проф др Александра Шпадијер Гостовић	редовни професор	Стоматолошке науке	Стоматолошки факултет Универзитета у Београду
3.	доц. др Мирко Глишић	доцент	Стоматолошке науке	Стоматолошки факултет Универзитета у Београду
4.	проф. др Дубравка Марковић	редовни професор	Стоматолошке науке	Медицински факултет Универзитета у Новом Саду
5.	др сци. Мирослав Драговић	Научни сарадник	Стоматолошке науке	Стоматолошки факултет Универзитета у Београду

Напомена: уколико је члан Комисије у пензији навести датум пензионисања

Датум стављања извештаја Комисије и докторске дисертације на увид јавности 22.01.2026.

Наставно-научно веће факултета усвојило је извештај Комисије за оцену докторске дисертације на седници одржаној дана 31.03.2026.

Комисија за одбрану докторске дисертације именована је на седници одржаној 31.03.2026.

одлуком факултета под бр. 3/22, у саставу:

	Име и презиме члана комисије	звање	научна област	Установа у којој је запослен
1.	проф. др Александар Тодоровић	редовни професор	Стоматолошке науке	Стоматолошки факултет Универзитета у Београду
2.	проф др Александра Шпадијер Гостовић	редовни професор	Стоматолошке науке	Стоматолошки факултет Универзитета у Београду
3.	доц. др Мирко Глишић	доцент	Стоматолошке науке	Стоматолошки факултет Универзитета у Београду
4.	проф. др Дубравка Марковић	редовни професор	Стоматолошке науке	Медицински факултет Универзитета у Новом Саду
5.	др сци. Мирослав Драговић	Научни сарадник	Стоматолошке науке	Стоматолошки факултет Универзитета у Београду

Напомена: уколико је члан Комисије у пензији навести датум пензионисања.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

- Прилози:
1. Одлука Наставно-научног већа о усвајању извештаја Комисије за оцену докторске дисертације и одлука о именовану Комисије за одбрану докторске дисертације
 2. Извештај Комисије о оцени докторске дисертације
 3. Примедбе на извештај Комисије о оцени докторске дисертације (уколико их је било) и мишљење Комисије о примедбама

Напомена: Факултет доставља Универзитету захтев са прилозима у електронској форми и у једном писаном примерку за архиву Универзитета

На основу члана 53. Статута Стоматолошког факултета Универзитета у Београду, Наставно научно веће Стоматолошког факултета, на седници одржаној 31.03.2026. године, донело је следећу

О Д Л У К У

Усваја се позитиван извештај Комисије за оцену завршене докторске дисертације **др Гаврила Илића**, под називом **„Анализа вредности момента силе завртања надокнада на имплантатима након симулиране клиничке примене“**.

Именовани/а ће јавно бранити докторску дисертацију, након добијања сагласности Већа научних области медицинских наука Универзитета у Београду, пред комисијом у саставу:

- проф. др Александар Тодоровић, редовни професор, Стоматолошки факултет у Београду
- проф. др Александра Шпадијер Гостовић, редовни професор, Стоматолошки факултет у Београду
- доц. др Мирко Глишић, доцент, Стоматолошки факултет у Београду
- проф. др Дубравка Марковић редовни професор, Медицински факултет у Новом Саду
- др сци. Мирослав Драговић, научни сарадник, Стоматолошки факултет у Београду

Образложење

Веће научних области медицинских наука, на седници од 26.03.2024. године, дало је сагласност на предлог теме докторске дисертације др Гаврила Илића, под називом **„Анализа вредности момента силе завртања надокнада на имплантатима након симулиране клиничке примене“**.

Именовани/а је у часопису „VOJNOSANITETSKI PREGLED“, објавио/ла рад под називом: „The impact of everyday usage of different dental implant torque wrenches on their performance accuracy and repeatability: an in vitro study“ (2024).

Именовани/а је у часопису „JOURNAL OF PROSTHODINTICS“, објавио/ла рад под називом: „The impact of abutment screw removal torque value after experimental aging“ (2024).

Имајући у виду напред наведено, Наставно научно веће Стоматолошког факултета Универзитета у Београду, решило је као у диспозитиву.

Одлуку доставити: Именованом/ој, Универзитету у Београду, Одсеку за наставу, Већу, Комисији (5) и Писарници.

Шеф
Административно-
кадровског одсека
Николија Мартић

Декан
Стоматолошког факултета
проф. др Војкан Лазић

Наставно-научном већу

Стоматолошки факултет Универзитет у Београду

На основу члана 53. Статута Стоматолошког факултета Универзитета у Београду, Наставно-научно веће Стоматолошког факултета, на седници одржаној 09.12.2025. године, именовало је Комисију у саставу:

Проф. др Александар Тодоровић, редовни професор, Стоматолошки факултет, Универзитет у Београду, ужа научна област: Стоматолошка протетика

Проф. др Александра Шпадијер Гостовић, редовни професор, Стоматолошки факултет, Универзитет у Београду, ужа научна област: Стоматолошка протетика

Доц. др Мирко Глишић, доцент, Стоматолошки факултет, Универзитет у Београду, ужа научна област: Импантологија

Проф. др Дубравка Марковић, редовни професор, Медицински факултет – одсек стоматологија, Универзитет у Новом Саду, ужа научна област: Стоматолошка протетика

Др сци. мед. Мирослав Драговић, научни сарадник Стоматолошки факултет, Универзитет у Београду, ужа научна област: Орална хирургија

за оцену завршене докторске дисертације под називом:

„Анализа вредности момента силе завртања надокнада на имплантатима након симулиране клиничке примене“

Кандидат: **др Гаврило Илић**

Ментори:

Проф. др Александра Милић Лемпић, редовни професор, Стоматолошки факултет, Универзитет у Београду, ужа научна област: Стоматолошка протетика

Проф. др Алекса Марковић, редовни професор, Стоматолошки факултет, Универзитет у Београду, ужа научна област: Орална хирургија

На основу прегледа приложеног материјала, именована Комисија подноси Наставно-научном већу Стоматолошког факултета Универзитета у Београду следећи

ИЗВЕШТАЈ

Основни подаци о кандидату

Др Гаврило Илић рођен је 24.09.1979. године у Лозници. Основну школу и гимназију завршио је у Лозници са одличним успехом. Стоматолошки факултет Универзитета у Београду уписао је 1998. године и завршио са просечном оценом 8,63.

Специјалистичке студије из области стоматолошке протетике уписао је 2015. године и завршио са одличним успехом 2018. године. Школске 2018/2019. године уписује докторске академске студије на Стоматолошком факултету Универзитета у Београду, на модулу „Базична и клиничка истраживања у стоматологији“, где је положио све испите предвиђене планом и програмом са просечном оценом 10 (десет). Такође је завршио и специјалистичке студије из области оралне хирургије (2019–2022) са одличним успехом.

Тренутно је запослен у стоматолошкој ординацији „Илић“ у Лозници.

Др Гаврило Илић је учествовао на стручним и научним конгресима и акредитованим курсевима. До сада је објавио два рада у часописима индексираним на SCI и SC листама:

Категорије M21a

Пић G, Vulovic S, Bukorovic J, Dragovic M, Markovic A, Todorovic A, Milić Lemić A. The impact of abutment type on abutment screw removal torque value after experimental aging. J Prosthodont. 2024;1–8. **(IF 2023 = 3.4)**

Категорије M23

Пић Gavrilo, Milić-Lemić Aleksandra, Vulović Stefan, Marković Aleksa, Lazić Zoran, Dragović Miroslav, Todorović Aleksandar. The impact of everyday usage of different dental implant torque wrenches on their performance accuracy and repeatability: An in vitro study. Vojnosanitetski pregled 2024 Volume 81, Issue 9, Pages: 562-569 **(IF 2023 = 0.2)**

Приказ садржаја докторске дисертације

Докторска дисертација др Гаврила Илић под називом „**Анализа вредности момента силе завртања надокнада на имплантатима након симулиране клиничке примене**“ написана је на 88 страна, уз приказ 28 слика, 13 табела и графикона, као и 81 референци из релевантне савремене научне литературе. Докторска дисертација садржи: сажетак на српском и енглеском језику, увод, циљеве истраживања, материјал и метод, резултате, дискусију, закључке и списак литературе.

У уводу, кандидат приказује значај имплантатно-протетске терапије као савременог и предвидивог начина рехабилитације безубости, са бројним предностима у односу на конвенционалне протетске модалитете, пре свега у погледу очувања суседних зуба, стабилности надокнаде и функционалног комфора пацијената. Открићем осеоинтеграције и дефинисањем услова који је омогућавају, започео је развој имплантологије као ефикасне методе протетске рехабилитације са продуженим веком трајања имплантата и зубних надокнада у функцији (Lekholm и сар., 1999).

Посебан акценат у уводу дат је имплантатно-протетској вези, при чему кандидат истиче значај завртњем ретинираних надокнада. Завртњи имају кључну улогу у обезбеђивању механичке стабилности система, омогућавају контролисану примену момента силе завртања, као и лакшу демонтажу надокнаде у случају потребе за корекцијом или одржавањем. Адекватна вредност момента завртања од суштинског је значаја за одржавање преднапрезања завртња, спречавање његовог попуштања и дугорочну стабилност имплантатно-протетске конструкције, чиме се логично уводи основна проблематика која је предмет ове докторске дисертације.

Кандидат даље наводи предности зубних надокнада на имплантатима, које се у односу на конвенционалне протетске модалитете огледају у високом степену дугорочне клиничке успешности и стабилности терапијског исхода, повољном преносу функционалних оптерећења на периимплантно коштаног ткиво и очувању алвеоларне кости. Такође се истиче стабилна функција жвакања и говора у односу на мобилне протезе, као и адекватна естетска реконструкција и побољшање квалитета живота пацијената.

Кандидат је посебну пажњу посветио проблематици компликација у имплантатно-протетској терапији, које се у литератури најчешће класификују као биолошке, функционалне, механичке и естетске. Биолошке компликације обухватају појаву периимплантатних обољења, као што су периимплантни мукозитис и периимплантитис, док механичке компликације укључују лабављење или лом протетског завртња, као и оштећења абатмента или протетске надокнаде. Оваква класификација омогућава систематичан приступ анализи узрока и последица компликација у имплантатно-протетској терапији.

У докторској дисертацији приказани су кључни фактори који утичу на успешност и дугорочност остварених резултата имплантолошке терапије. Они обухватају оптималну силу завртања абатмента и/или зубне надокнаде, правилну употребу момент-кључа, одговарајући дизајн и избор имплантата, зубне надокнаде, абатмента и завртња, као и тип везе између имплантата и надокнаде. Посебно се истичу прецизност израде протетске надокнаде, адекватан протокол уградње и оптерећења имплантата, као и контрола оклузалног и функционалног оптерећења.

Примена савремених технологија, као што су компјутеризована томографија конусног зрака (СВСТ) и дигитално планирање, додатно доприноси повећању предвидљивости и безбедности имплантолошке терапије.

Кандидат даље анализира **стабилност завртња**, што представља и научни основ истраживања где се анализом доступне литературе указује да су појединачне крунице на имплантатима подложније лабављењу завртња у односу на друге типове надокнада, као и да конусност везе имплантат–абатмент има значајну улогу у очувању механичке стабилности. Са развојем CAD/CAM технологије и појавом хибридних супраструктура са титанијумском базом и цирконијумским мезоструктурама, постигнут је напредак у естетици и биомеханичким карактеристикама. Ипак, истраживања показују да код ових конструкција најчешће долази до трајне пластичне деформације завртња, што представља критичну тачку система.

Додатни проблем представља употреба неоригиналних абатмената, чија прецизност и стабилност нису у потпуности потврђене. Подаци из литературе указују да је губитак силе завртања мањи код оригиналних компоненти, док копије показују већи ризик од лабављења. Контактне површине имплантата и завртња изложене су динамичким оптерећењима, а бројни клинички поступци, као што су пробе, узимање отисака и

хигијенски третмани, могу додатно утицати на смањење преднапрезања (губитак напона) завртња.

Посебан значај има тачност момент кључева, јер од њих зависи прецизност примене препоручене силе завртња. Недавна истраживања показују да постоје значајне разлике у прецизности различитих типова кључева, али недостају подаци о утицају клиничких услова и типа супраструктуре на стабилност завртња. Ово указује на потребу за научним истраживањем у овој области.

Циљ истраживања

Кандидат Гаврило Илић је јасно дефинисао опште и специфичне циљеве и на њих одговорио својим истраживањем.

Општи циљ дисертације био је испитивање утицаја различитих клиничких фактора на стабилност завртња у имплантатно ношеним надокнадама. У том контексту, кандидат је анализирао промене силе одвртања у односу на примењену силу завртања код различитих типова супраструктура, како у условима поновљених циклуса завртања и одвртања, тако и након симулираног механичког оптерећења.

Посебна пажња посвећена је процени тачности и прецизности момент кључева различитог дизајна и произвођача, као и утицају њиховог вештачког старења на поузданост постигнуте силе завртања. Такође, анализирани су промене на површинама завртња настале услед поновљених механичких оптерећења и симулираног старења.

На основу дефинисаних циљева, кандидат је формулисао следеће нулте хипотезе:

H01: Не постоји статистички значајна разлика у тачности постигнутог обртног момента између различитих типова момент кључева (са полугом или клик-механизмом), нити у зависности од њиховог стања (нови или коришћени), у односу на циљану вредност момента силе дефинисане од стране произвођача.

H02: Не постоји статистички значајна разлика у вредности момента силе одвртања код конвенционалних анатомских, оригиналних хибридних и неоригиналних хибридних абатмената након симулираних различитих клиничких ситуација, нити у зависности од тога да ли је коришћен нови или претходно употребљен завртањ

У поглављу **Материјал и метод** кандидат описује план и дизајн експерименталног истраживања спроведеног на Клиници за стоматолошку протетику Стоматолошког

факултета Универзитета у Београду. Истраживање је реализовано уз одобрење Етичког одбора Стоматолошког факултета Универзитета у Београду (бр. 36/53), у складу са важећим етичким принципима и стандардима за научна истраживања.

Истраживање је спроведено кроз више експерименталних фаза које су обухватиле процену тачности и поузданости различитих компонената имплантно-протетског система. У првој фази испитивана је тачност и прецизност нових и коришћених механичких момент кључева различитих произвођача, укључујући уређаје са полугом и клик-механизмом, при чему су мерења извођена дигиталним мерним уређајем уз вишеструка понављања.

У даљем току истраживања анализирана је стабилност завртња на узорку од 30 имплантата, при чему су испитиване три групе абатмената: анатомски, оригинални хибридни и неоригинални хибридни. Процењивана је разлика између примењене силе завртања и силе одвртања током више узастопних циклуса.

Након тога, комплетне имплантатно-протетске структуре биле су подвргнуте симулираном термомеханичком старењу у складу са стандардом ISO 14801, које је обухватало термоциклирање и механичко оптерећење дефинисаном силом и углом деловања. Посебно је испитиван и утицај замене коришћеног завртња новим на стабилност споја имплантат–абатмент.

Морфолошке промене на површинама завртња након оптерећења и старења анализирани су применом скенирајуће електронске микроскопије. Добијени подаци обрађени су применом одговарајућих метода дескриптивне и инференцијалне статистике, уз ниво статистичке значајности постављен на $p < 0,05$.

У поглављу **Резултати** кандидат је веома прегледно и систематично обрадио све резултате добијене током истраживања:

1. Тачност момент кључева

- Нови кључеви углавном показују добро поклапање са циљним вредностима (одступање $< 10\%$).
- Коришћени кључеви имају већа одступања, нарочито они са клик-механизмом (до 70%).
- Кључеви са полугом су прецизнији и стабилнији од клик-механизма.

Анализа тачности кључева је показала да су нови кључеви показали добро поклапање са циљним вредностима момента силе, док су коришћени имали већа одступања, нарочито они са клик-механизмом.

2. Стабилност завртња код различитих абатмената

- о Анатомски и оригинални хибридни абатменти задржавају стабилност до 4. циклуса.
- о Неоригинални хибридни абатменти губе стабилност већ након првог циклуса (пад VSO >50%).
- о ANOVA анализа потврђује статистички значајне разлике ($p < 0,05$).

Анализа стабилности завртња код различитих абатмената показала је да анатомски и оригинални хибридни абатменти задржавају стабилност завртња до четвртог циклуса, док неоригинални хибридни абатменти губе стабилност већ након првог циклуса, са падом вредности силе одвртања већим од 50%. Статистичка анализа (ANOVA) потврдила је да су разлике између група статистички значајне ($p < 0,05$), што указује на већи ризик од лабављења код неоригиналних компоненти.

3. Термомеханичко старење

Након примене протокола ISO 14801 сви типови абатмената показали су смањење стабилности завртња, при чему су најизраженије промене забележене код неоригиналних хибридних абатмената. Замена коришћеног завртња новим резултирала је побољшањем вредности силе одвртања, али су неоригинални абатменти и даље показивали најнижу стабилност у односу на остале групе.

4. SEM анализа

Скенирајућа електронска микроскопија показала је да су најмање морфолошке промене и оштећења на завртањима забележене код анатомских абатмената. Највеће хабање и деформације уочене су код неоригиналних хибридних абатмената, нарочито након симулираног старења.

У **Дискусији** кандидат свеобухватно анализира добијене резултате и пореди их са постојећим подацима из доступне литературе. Лабављење завртња у имплантолошко-протетским конструкцијама представља значајан изазов у стоматолошкој пракси, јер може компромитовати стабилност, функционалност и

дуготрајност протетске рехабилитације. Обрада и анализа података прикупљених током експерименталног истраживања омогућила је да се дају одговори на питања да ли на лабављење завртња у имплантолошком протетском склопу утиче избор и врста момент кључева, период њиховог коришћења и врста употребљеног абатмента. Додатно је испитан утицај функционалне употребе протетског склопа у оралној средини у односу на врсту абатмента, кроз процес термомеханичког старења, и посебно је испитан утицај предложене замене већ коришћеног завртња у припреми зубне надокнаде потпуно новим завртњем за коначну поставку. Такође, SEM анализа површина завртња омогућила је визуелну процену стања површине материјала.

Добијени резултати показују да оригинални и хибридни абатменти задржавају већу стабилност завртња у односу на неоригиналне, што је у складу са налазима претходних истраживања Гузајтиса и сарадника (2011) и Парка и сарадника (2017). Такође, тачност момент кључева и период њиховог коришћења утичу на вредност силе одвртања завртња, што се слаже са резултатима Неугебауер и сарадника (2015). Термомеханичко старење додатно смањује вредност силе одвртања завртња, нарочито код неоригиналних хибридни абатмената, док замена коришћеног завртња новим значајно повећава стабилност, што је у складу са препорукама Кардосо и сарадника (2012).

Закључци су прецизно формулисани и у складу са постављеним циљевима.

1. Тип абатмента и стабилност

- Неоригинални хибридни абатменти имају значајно мању силу одвртања и већу вероватноћу лабављења у односу на оригиналне анатомске и хибридне абатменте.
- Оригинални хибридни абатменти показују стабилност сличну анатомским.

2. Утицај термомеханичког старења

- После старења, сила одвртања код неоригиналних хибридни абатмената је двоструко мања него код оригиналних.
- Препорука: увек заменити коришћени завртањ новим, нарочито код неоригиналних абатмената.

3. Дизајн момент кључа

- Кључеви са полугом су прецизнији и поузданији од клик-механизма.

- Нови клик-кључеви имају тачност упоредиву са коришћеним кључевима са полугом, што потврђује предност полуге.

4. Утицај употребе на прецизност

- Кључеви са полугом задржавају прихватљиву прецизност и после дужег коришћења, док клик-кључеви не испуњавају критеријуме тачности ни у новом стању.

5. SEM анализа

- Видљиве деформације и хабање навоја након више циклуса и старења потврђују потребу да се за коначну фиксацију увек користи нови завртањ.

Научна вредност и упоредна анализа докторске дисертације са подацима из литературе

Упоредна анализа добијених резултата са подацима из литературе показује високу сагласност и потврђује клинички значај истраживања. Испитивањем стабилности завртња утврђено је да неоригинални хибридни абатменти имају значајно мању силу одвртања и већу вероватноћу лабављења у односу на оригиналне анатомске и хибридне абатменте, што је у складу са претходним студијама које указују на механичку предност оригиналних компоненти. Након термомеханичког старења, пад силе одвртања био је најизраженији код неоригиналних хибридни абатмената, што потврђује налазе других аутора да динамичко оптерећење и термоциклирање значајно утичу на губитак преднапона.

Резултати о тачности момент кључева показали су да кључеви са полугом обезбеђују већу прецизност и стабилност у односу на клик-механизме, што је у складу са претходним истраживањима која наглашавају предност овог дизајна. Употреба новог завртња након више циклуса завртња и одвртања значајно повећава стабилност, што потврђује препоруке из литературе о неопходности замене завртња пре коначне фиксације. SEM анализа је показала видљива оштећења и хабање навоја, нарочито код неоригиналних хибридни абатмената, што је у потпуности у складу са претходним налазима који указују на микропукотине и губитак преднапона као последицу механичког оптерећења.

Ови резултати потврђују да је употреба оригиналних компоненти, редовна контрола инструмената и замена завртња пре финалне фиксације кључна за дуготрајну стабилност имплантно-протетских надокнада.

Кратак опис постигнутих резултата уз практичне препоруке за клиничку праксу

У клиничкој пракси препоручује се употреба оригиналних анатомских или хибридних абатмената, јер обезбеђују већу стабилност и мањи ризик од лабављења завртња. После више циклуса проба и подешавања, као и након термомеханичког оптерећења, увек користити нови завртањ за финално затезање надокнаде. Током клиничке припреме број циклуса завртања и одвртања не би требало да прелази пет, јер већи број циклуса значајно смањује преднапон и повећава ризик од лабављења. Препоручује се употреба момент кључева са полугом, који обезбеђују већу тачност и прецизност у односу на клик-механизме, чак и након дужег периода употребе. Момент кључеве треба редовно калибрисати у складу са ISO стандардима и заменити ако одступање прелази 20% од номиналне вредности.

Кандидат је објавио два рада који чине део докторске дисертације, и то:

1. **Пић G**, Vulovic S, Bukorovic J, Dragovic M, Markovic A, Todorovic A, Milić Lemić A. The impact of abutment type on abutment screw removal torque value after experimental aging. J Prosthodont. 2024;1–8. **(IF 2023 = 3.4)**
2. **Пић Gavriло**, Milić-Lemić Aleksandra, Vulović Stefan, Marković Aleksa, Lazić Zoran, Dragović Miroslav, Todorović Aleksandar. The impact of everyday usage of different dental implant torque wrenches on their performance accuracy and repeatability: An in vitro study. Vojnosanitetski pregled 2024 Volume 81, Issue 9, Pages: 562-569 **(IF 2023 = 0.2)**

Поред тога, кандидат је учествовао и на међународном конгресу са радом:

3. Aleksandra Špadijer-Gostović, Stefan Vulović, **Gavriло Пић**, Miroslav Dragović, Aleksandar Todorović, Aleksandra Milić-Lemić. Accuracy of brand-new implant torque wrenches of different mechanical design and manufacturer. Y: Proceedings of

the EAO Congress 2024 – 31st Annual Scientific Meeting. Joint meeting with the Italian Associations IAO & SIIdP. 24 – 26 October, 2024. Milano: European Association for Osseointegration; 2024. IAO-EAO-SIIdP-648ber

Провера оригиналности докторске дисертације

На основу Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду и налаза у извештају из програма iThenticate којим је извршена провера оригиналности докторске дисертације **„Анализа вредности момента силе завртања надокнада на имплантатима након симулиране клиничке примене,”** аутора **Гаврила Илића**, констатујем да утврђено подударање текста износи **8%**. Овај степен подударности последица је коришћења општих појмова и личних имена библиографских података о коришћеној литератури, општих места и података, што је у складу са чланом 9. Правилника.

Закључак (образложење научног доприноса)

Докторска дисертација др Гаврила Илић под називом **„Анализа вредности момента силе завртања надокнада на имплантатима након симулиране клиничке примене“** представља темељно осмишљено и оригинално истраживање које анализира лабављење завртња код надокнада на имплантатима, као значајан клинички изазов који може угрозити стабилност, функционалност и дуготрајност протетске рехабилитације. Резултати истраживања су показали да на овај феномен утичу избор и врста момент кључева, период њихове употребе, као и тип абатмента. Додатно, функционално оптерећење и термомеханичко старење у оралној средини имају значајан утицај на стабилност везе имплантат/абатмент. Замена већ коришћеног завртња новим приликом дефинитивног фиксирања надокнаде показала се као препоручена (пожељна) мера за смањење ризика од лабављења. SEM анализа површина завртња омогућила је боље разумевање стања материјала и могућих механизма оштећења. Докторска дисертација је дала значајне научно засноване препоруке за клинички рад:

- Обезбедити редовну контролу момента затезања и користити исправне, калибрисане момент кључеве.

- Приликом финалне поставке надокнаде размотрити замену завртња новим ради оптималне стабилности.
- Узети у обзир тип абатмента и његов утицај на дуготрајност склопа.
- Пратити ефекте функционалног оптерећења и термомеханичког старења, нарочито код пацијената са високим жвакаћим оптерећењем.

Докторска дисертација др Гаврила Илића спроведена је у складу са свим начелима научног истраживања, са прецизно дефинисаним циљевима, оригиналном методологијом, детаљно изложеним и аргументованим резултатима и јасно формулисаним закључцима. У прилог томе је и цитираност радова који су у вези докторском дисертацијом (извор Scopus):

Пић Г, Vulovic S, Bukorovic J, Dragovic M, Markovic A, Todorovic A, Milić Lemić A. The impact of abutment type on abutment screw removal torque value after experimental aging. J Prosthodont. 2024;1–8. **(3 цитата)**

Пић Гаврило, Milić-Lemić Aleksandra, Vulović Stefan, Marković Aleksa, Lazić Zoran, Dragović Miroslav, Todorović Aleksandar. The impact of everyday usage of different dental implant torque wrenches on their performance accuracy and repeatability: An in vitro study. Vojnosanitetski pregled 2024 Volume 81, Issue 9, Pages: 562-569 **(1 цитат)**

Након увида у достављени текст, Комисија је једногласно оценила да докторска дисертација **„Анализа вредности момента силе завртања надокнада на имплантатима након симулиране клиничке примене“** аутора др Гаврила Илића представља оригинално, самостално и научно утемељено истраживање. Комисија сматра да комплексност ове докторске дисертације упућује на научну релевантност кандидата.

Докторска дисертација у потпуности испуњава све критеријуме прописане Законом о високом образовању и статутима Универзитета у Београду и Стоматолошког факултета Универзитета у Београду.

На основу изнетог, Комисија предлаже Наставно-научном већу Стоматолошког факултета Универзитета у Београду да прихвати позитиван извештај Комисије за оцену

докторске дисертације др Гаврила Илића и достави се надлежном већу научних области Универзитета на сагласност.

Проф. др Александар Тодоровић,

Стоматолошки факултет, Универзитет у Београду

Проф. др Александра Шпадијер Гостовић,

Стоматолошки факултет, Универзитет у Београду

Доц. др Мирко Глишић,

Стоматолошки факултет, Универзитет у Београду

Проф. др Дубравка Марковић,

Медицински факултет – одсек стоматологија, Универзитет у Новом Саду

Др сц. мед. Мирослав Драговић,

Стоматолошки факултет, Универзитет у Београду

У Београду, _____

Број:
Датум:

У складу са одредбама Закона о високом образовању, као и одговарајућим одредбама општих аката Стоматолошког факултета Универзитета у Београду, ставља се на увид јавности:

Докторска дисертација и извештај стручне комисије за оцену завршене докторске дисертације др Гаврила Илића, под називом

„Анализа вредности момента силе завртања надокнада на имплантатима након симулиране клиничке примене“

Стручна комисија доставила је наведени извештај Наставно научном већу Факултета **22.01.2026. године.**

Рок за увид јавности је 30 дана, и истиче **20.02.2026. године.**

У наведеном периоду, извештај се може добити на увид у Одсеку за наставу Секретаријата факултета, сваког радног дана од 8 до 14 часова, а штампана верзија докторске дисертације у Библиотеци Факултета.

Електронска верзија докторске дисертације и извештај стручне комисије налазе се и на сајту Факултета.

Како се, према одредбама Статута, јавност информисе истицањем обавештења о праву на увид јавности на огласну таблу у наставно-научној ОЈ, молимо Вас да овај акт видно истакнете на поменути начин.

Дипломирани правник
Николија Мартић

На основу члана 53. Статута Стоматолошког факултета Универзитета у Београду, Наставно научно веће Стоматолошког факултета, на седници одржаној 09.12.2025. године, донело је следећу

О Д Л У К У

Именује се комисија за оцену завршене докторске дисертације **др Гаврила Илића**, под називом „**Анализа вредности момента силе завртања надокнада на имплантатима након симулиране клиничке примене**“, у саставу:

- проф. др Александар Годоровић, редовни професор, Стоматолошки факултет у Београду
- проф. др Александра Шпадијер Гостовић, редовни професор, Стоматолошки факултет у Београду
- доц. др Мирко Глишић, доцент, Стоматолошки факултет у Београду
- проф. др Дубравка Марковић, редовни професор, Медицински факултет у Новом Саду
- др сци. Мирослав Драговић, научни сарадник, Стоматолошки факултет у Београду

Образложење

Комисија за научно-истраживачки рад, на иницијативу одговарајуће катедре, утврдила је предлог састава комисије, а Наставно научно веће је одлучило као у диспозитиву.

Одлуку доставити: Кандидату, Комисији (5), Одсеку за наставу, Већу и Писарници.

Референт кадровског одсека
Виолета Растовић

Декан
Стоматолошког факултета
Универзитета у Београду


Проф. др Војкан Лaziћ

ОЦЕНА ИЗВЕШТАЈА О ПРОВЕРИ ОРИГИНАЛНОСТИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

На основу Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду и налаза у извештају из програма iThenticate којим је извршена провера оригиналности докторске дисертације „Анализа вредности момента силе завртања надокнада на имплантатима након симулиране клиничке примене, ” аутора Гаврила Илића, констатујем да утврђено подударње текста износи 8%. Овај степен подударности последица је коришћења општих појмова и личних имена библиографских података о коришћеној литератури, општих места и података, што је у складу са чланом 9. Правилника.

На основу свега изнетог, а у складу са чланом 8. став 2. Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду, изјављујем да извештај указује на оригиналност докторске дисертације, те се прописани поступак припреме за њену одбрану може наставити.

Београд, 27.11.2025. године

Ментор

Проф. Др Алекса Марковић

ОЦЕНА ИЗВЕШТАЈА О ПРОВЕРИ ОРИГИНАЛНОСТИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

На основу Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду и налаза у извештају из програма iThenticate којим је извршена провера оригиналности докторске дисертације „**Анализа вредности момента силе завртања надокнада на имплантатима након симулиране клиничке примене,**” аутора **Гаврила Илића**, констатујем да утврђено подударање текста износи **8%**. Овај степен подударности последица је коришћења општих појмова и личних имена библиографских података о коришћеној литератури, општих места и података, што је у складу са чланом 9. Правилника.

На основу свега изнетог, а у складу са чланом 8. став 2. Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду, изјављујем да извештај указује на оригиналност докторске дисертације, те се прописани поступак припреме за њену одбрану може наставити.

Београд, 27.11.2025. године


Ментор

Проф. Др Александра Милић Лемич



Универзитет у Београду
СТОМАТОЛОШКИ ФАКУЛТЕТ

Београд, Улица др Суботића бр. 8, тел: 2685-288
e-mail: stomfak@rcub.bg.ac.rs web: www.stomf.bg.ac.rs



ПОТВРДА

У Централној библиотеци Стоматолошког факултета урађена је категоризација објављених радова **Гаврила Илића**, индексираних у Web of Science бази.

На основу Правилника о стицању истраживачких и научних звања ("Службени гласник РС", број 80/2024) и Правилника о категоризацији и рангирању научних часописа ("Службени гласник РС", број 80/2024) утврђено је да је Гаврило Илић публиковао два рада у часописима са импакт фактором.

1. **Ilić G, Milić Lemić A, Vulović S, Marković A, Lazić Z, Dragović M, Todorović A (2024)**
The impact of everyday usage of different dental implant torque wrenches on their performance accuracy and repeatability: an in vitro study. VOJNOSANITETSKI PREGLED, vol. 81, br. 9, str. 562-569.
(Категорија M23; IF2 2024 = 0,2; IF5 2024 = 0,3; JCI 2024 = 0,09)
2. **Ilić G, Vulović S, Bukorović J, Dragović M, Marković A, Todorović A, Milić Lemić A (2024)**
The impact of abutment type on abutment screw removal torque value after experimental aging. JOURNAL OF PROSTHODONTICS, Early View, DOI: 10.1111/jopr.13978.
(Категорија M21a; IF2 2022 = 4,0; IF5 2024 = 4,2; JCI 2023 = 1,60)

Библиотекар

Централне библиотеке

Др Јелена Јаћимовић



У Београду, 25.11.2025. године



The impact of everyday usage of different dental implant torque wrenches on their performance accuracy and repeatability: an *in vitro* study

Uticaj svakodnevnog korišćenja različitih moment-ključeva za dentalne implantate na tačnost i ponovljivost njihovog učinka: *in vitro* studija

Gavrilo Ilić*, Aleksandra Milić Lemić†, Stefan Vulović†, Aleksa Marković‡, Zoran Lazić§, Miroslav Dragović*, Aleksandar Todorović†

University of Belgrade, *School of Dental Medicine, †Department of Prosthodontics, ‡Implant Center, Belgrade, Serbia; §Military Medical Academy, Dental Clinic, Belgrade, Serbia

Abstract

Background/Aim. The clinical success of prosthetic rehabilitation that commences after the attained implant osseointegration is dependent on the influence of several factors, of which screw loosening is a frequent one, and it is highly related to inadequate tightening (torquing) using torque wrenches. Although the wrenches are initially calibrated by the manufacturer, it is of great importance to evaluate their function after usage for a certain period of time. The aim of this study was to evaluate the accuracy and repeatability of the performance of implant torque wrenches in delivering necessary torque values before and after one year of usage. **Methods.** Two types of wrenches were used in the study: the beam-type and the toggle-type. Four various brands of beam-type wrench were marked as Beam 1 – Beam 4, and three various brands of toggle-type wrench were marked as Toggle 1 – Toggle 3, according to their design. Torque values delivered by wrenches were measured and analyzed using the One-Sample *t*-test, Independent-Samples *t*-test, and Mann-Whitney *U* test. The Bland-

Altman bias test was used as an index of accuracy, whereas Forkman's comparison of datasets coefficients of variation (CV) served as an index of repeatability. **Results.** All wrenches except new Beam 2 and Beam 3 showed differences between the average measured torque value and target torque value. Differences were found in the average measured values between all used and new wrenches. Higher bias was observed in Toggle 1, Toggle 2, and Toggle 3 brands, whereas lower bias was recorded between used and new Beam 1 and Beam 3 wrenches. When comparing the CV for used and new wrenches, Beam 1, Beam 4, Toggle 1, and Toggle 2 revealed differences, whereas the CV for Beam 2, Beam 3, and Toggle 3 did not differ significantly. **Conclusion.** Compared to toggle-type, the beam-type wrenches offer greater accuracy in achieving the target torque value. The torque deteriorates in all wrenches after aging/usage and is more prominent in toggle-type devices.

Key words: biomechanical phenomena; dental implantology; dental instruments; *in vitro* techniques; torque.

Apstrakt

Uvod/Cilj. Klinički uspeh protetske rehabilitacije nakon postignute oseointegracije implantata zavisi od uticaja nekoliko faktora, od kojih je razlabavlivanje šrafa čest faktor i u velikoj meri je povezano sa neadekvatnim zatezanjem upotrebom moment-ključeva. Iako je proizvođač inicijalno kalibrisao ključeve, veoma je važno proceniti njihovu funkciju nakon korišćenja tokom određenog vremenskog perioda. Cilj ove studije bio je da se proceni tačnost i ponovljivost učinka moment-ključeva za implantate u postizanju potrebnog stepena zatezanja, pre i posle njihovog korišćenja tokom godinu dana. **Metode.** Dva tipa moment-ključeva su korišćena u studiji: *beam*-tip i

toggle-tip. Četiri različite marke *beam*-tipa ključeva koji su korišćeni u studiji su označeni kao *Beam 1 – Beam 4*, a tri različite marke *toggle*-tipa ključeva su označene kao *Toggle 1 – Toggle 3* u skladu sa njihovim dizajnom. Vrednosti obrtnog momenta koje su postigli ključevi merene su i analizirane pomoću *One-Samples t*-testa, *Independent-Samples t*-testa i Mann-Whitney *U* testa. Bland-Altman-ov test odstupanja korišćen je kao indeks tačnosti, dok je Forkman-ov test poređenja koeficijenata varijacije (KV) skupova podataka korišćen kao indeks ponovljivosti. **Rezultati.** Svi moment-ključevi osim novih *Beam 2* i *Beam 3*, pokazali su razlike između prosečne izmerene vrednosti i ciljne vrednosti obrtnog momenta. Utvrđene su razlike u prosečnim izmerenim vrednostima obrtnih momenata

između svih korišćenih i novih ključeva. Veće odstupanje primećeno je kod *Toggle 1*, *Toggle 2* i *Toggle 3* modela, dok je manje odstupanje zabeleženo između korišćenih i novih ključeva *Beam 1* i *Beam 3*. Kada su upoređivani KV korišćenih i novih ključeva, *Beam 1*, *Beam 4*, *Toggle 1* i *Toggle 2* su pokazali značajne razlike, dok se KV za *Beam 2*, *Beam 3* i *Toggle 3* nisu značajno razlikovali. **Zaključak.** U poređenju sa *toggle*-tipom, moment-ključevi *beam*-tipa nude

veću tačnost u postizanju ciljne vrednosti obrtnog momenta. Vrednost obrtnog momenta se nakon starenja/korišćenja pogoršava kod svih ključeva i izraženiji je kod uređaja *toggle*-tipa.

Ključne reči: biomehanika; stomatološka implantacija; stomatološka oprema; *in vitro*; obrtni moment.

Introduction

Prosthetic rehabilitation that commences after the attained implant osseointegration represents one of the milestones in implant therapy. Its long-term clinical success is highly dependent on the influence of distinctive mechanical and biological features. One of the most commonly reported in the literature that may have an impact on the clinical outcome is screw loosening¹⁻⁴. Screw loosening is considered a substantial clinical problem caused by various factors. Most of them are related to inadequate tightening (torquing), incompatible screw alloy type or shape, dominant lateral occlusal loading and repeated bending, improper occlusal morphology, and misfit of implant-abutment components⁵⁻¹¹. First, it is of crucial importance that the initial tightening force using the torque wrench (TW) applied to the screw is neither inadequate nor excessive but rather accurately applied as designated by the manufacturer. Hence, a proper fit of the abutment and implant without possible complications is achieved¹²⁻¹⁴. That consequently leads to a long-term integrity of the implant components assembly with functional loading^{15, 16}. Different designs of TW are currently available on the market, classified as electrical and mechanical, whereas the latter are further divided into beam-type (BT) (spring) wrenches and toggle-type (TT) (friction) wrenches¹⁵. BT devices use the bending of an attached bar to the extent value readable on the scale, whereas the TT devices are designed to break away once the determined torque value (TV) is achieved^{16, 17}. TWs are initially calibrated by the manufacturer and are ready to deliver an adequate torque value for specific implant components. Although the manufacturer calibration is undisputable, there are considerable differences between the target TV and achieved TV in brand-new TWs¹⁸. Moreover, each torque device is subjected to different clinical conditions in the oral environment and consequently requires proper maintenance¹⁹. Hence, various fluids such as saliva, blood, and saline solution or improper handling and dismantling are issues that are expected to have an impact on the accuracy of TWs. In support of this, a study implementing unused TWs and the used ones under normal clinical conditions showed significant fluctuations above and below the target TV²⁰. According to previously published studies, BT TWs possess a more consistent range of TVs, whereas the variations are dependent on the wrench design and the obtained torque level^{21, 22}. However, features like the accuracy and repeatability of mechanical oral TWs have not been fully evaluated, particularly considering the influence of aging deterioration due to metal fatigue, cleaning, and dis-

infection or wet conditions in the oral environment. Considering these issues, the present study aimed to evaluate the accuracy and repeatability of measurement of various TWs with different mechanical designs before and after annual clinical use. The null hypothesis was that regardless of the TWs' mechanical design (BT or TT) or condition (new or used), no significant difference would be found among them with regard to their measurement accuracy and repeatability while achieving the target TV proposed by the manufacturer.

Methods

Ethical standard

The procedures performed in the study were approved by the Ethics Committee of the Faculty of Dental Medicine, University of Belgrade, Serbia (No. 36/53), and were in line with the ethical standards of the 1964 Helsinki Declaration.

Selection of torque wrenches

The TWs selected for the study are representative of the two different torque mechanisms (BT and TT), as well as of various brands mostly presented in our country's market, designated for use with manufacturer-supplied implant component parts. Tested wrenches of seven brands, marked as Beam 1 (Straumann Group), Beam 2 (Neodent® Dental Implants System), Beam 3 (Nobel™ Biocare), Beam 4 (Bredent Group), Toggle 1 (Bredent Group), Toggle 2 (Astra Tech Implant System® – Dentsply Sirona), and Toggle 3 (Alpha-Bio Tec) according to their design, with their required target TVs adopted from the manufacturer's instructions, are presented in Table 1. TWs were divided into two groups. The first study group (new) consisted of new TWs in the "as-received" condition. The second study group (used) was comprised of TWs of the same brands that were used for one year in usual clinical practice (minimum 250 times a year)²³. For each study group, one TW *per* brand was tested (n = 1).

Experimental procedure

The experimental procedure for this investigation was performed using a test assembly comprising a torque-measuring device (iSD900, NSK-Nakanishi International) operating at 230 V. Holding the torque-measuring device in one hand, the operator was able to apply the target TV using the tested TW in another one²⁴ (Figure 1).

Table 1

Brands of torque wrenches included in the study

Torque wrench	Manufacturer	Target torque value (Ncm)
Beam 1	Straumann Group	35
Beam 2	Neodent® Dental Implants System	20
Beam 3	Nobel™ Biocare	35
Beam 4	Bredent Group	25
Toggle 1	Bredent Group	25
Toggle 2	Astra Tech Implant System®, Dentsply Sirona	25
Toggle 3	Alpha-Bio Tec	30

Ncm – Newton x cm.

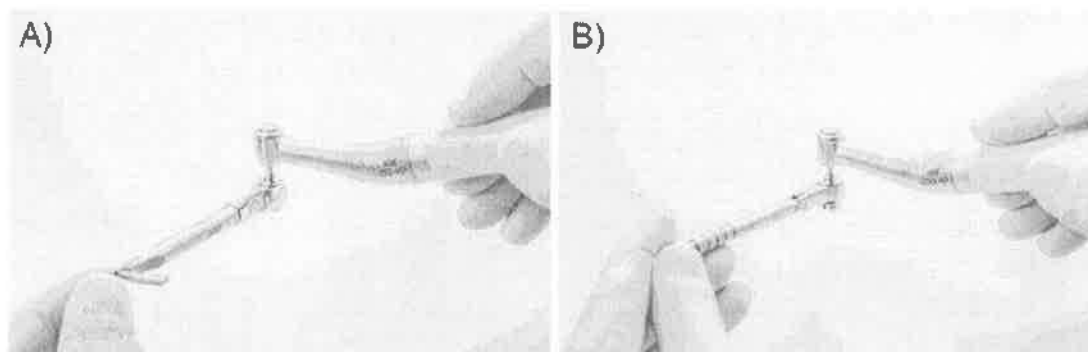


Fig. 1 – Measuring the applied target torque value by holding the torque-measuring device in one hand and the tested beam (A) or toggle (B) torque wrench in another hand.

The measurements were repeated 15 times for each TW and were performed by one investigator to avoid discrepancies resulting from the inclusion of multiple operators. The average measured TV of all the measurements was calculated and recorded accordingly.

The bias that represents the difference between the average measured TV and target TV divided by the target TV was used as the index of measurement accuracy. The coefficient of variation (CV) that represents the standard deviation (SD) of the measured TV divided by the average measured TV was used as an index of measurement repeatability.

Statistical analysis

All statistical analyses were performed using the Statistical Package for Social Sciences (SPSS version 26.0, SPSS) and Prism 9 for macOS version 9.5.1, GraphPad Software, LLC. The difference between the target TV and the average measured TVs of the used and new TWs was analyzed using the One-Sample *t*-test. A pairwise comparison of the average measured TVs of the used and new TWs was performed using the Independent-Samples *t*-test and Mann-Whitney *U* test, according to the results obtained by the One-Sample Kolmogorov-Smirnov test for normal distribution. Mean \pm SD and median (minimum-maximum) were used to describe the numeric data. The bias was determined using the Bland-Altman plot method²⁵. This method was used to quantify the agreement between two quantitative measurements within the limits of the agreement by calculating the mean and SD of the differences between the two measurements. Therefore, the mean difference between the used and new TW (within

its 95% limits of agreement) vs. the average of the two datasets is used to depict and quantify bias. The Forkman test²⁶ was implemented to compare the CVs. Differences were considered significant when the *p*-value was < 0.05 .

Results

The results from the present study revealed that the majority of the tested TWs showed a significant difference ($p < 0.05$) between the obtained average measured TV and the target TV. The only TWs that showed an absence of statistical significance with regard to the same parameters were Beam 2 ($p = 0.257$) and Beam 3 ($p = 0.065$) wrenches, both in the new “as-received” condition (Figure 2).

Furthermore, the obtained data revealed a significant difference ($p < 0.05$) in the average measured TV when comparing the used and new TWs of all brands included in the research (Figure 3). The detailed descriptive statistics are given in Table 2.

Regarding the measurement accuracy, according to the presented data, a certain degree of bias was noticed in all tested implant brands (Figure 4). Descriptive statistics (Table 2) revealed the highest bias in Toggle 2, followed by Toggle 1 and Toggle 3. On the other hand, Beam 1 and Beam 3 exhibited the lowest bias when comparing the used and new TWs. Considering the repeatability of the measured, CVs are listed in Table 2. When comparing the CVs of the datasets for used and new TWs, Beam 1, Beam 4, Toggle 1, and Toggle 2 revealed significant differences ($p < 0.05$), whereas the CVs of Beam 2, Beam 3, and Toggle 3 did not differ significantly ($p > 0.05$) (Figure 5).

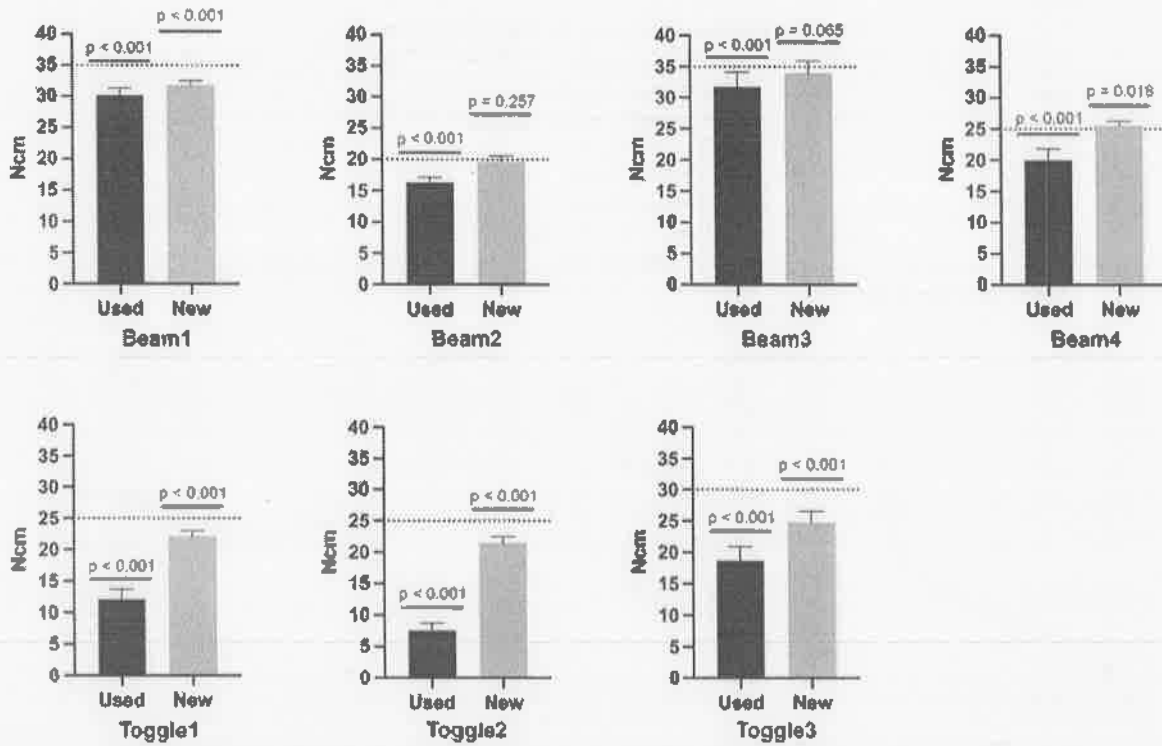


Fig. 2 – The difference between the target torque value (dotted line) and the average measured torque values of the used and new torque wrenches (One-Sample *t*-test).
Ncm – Newton x cm.

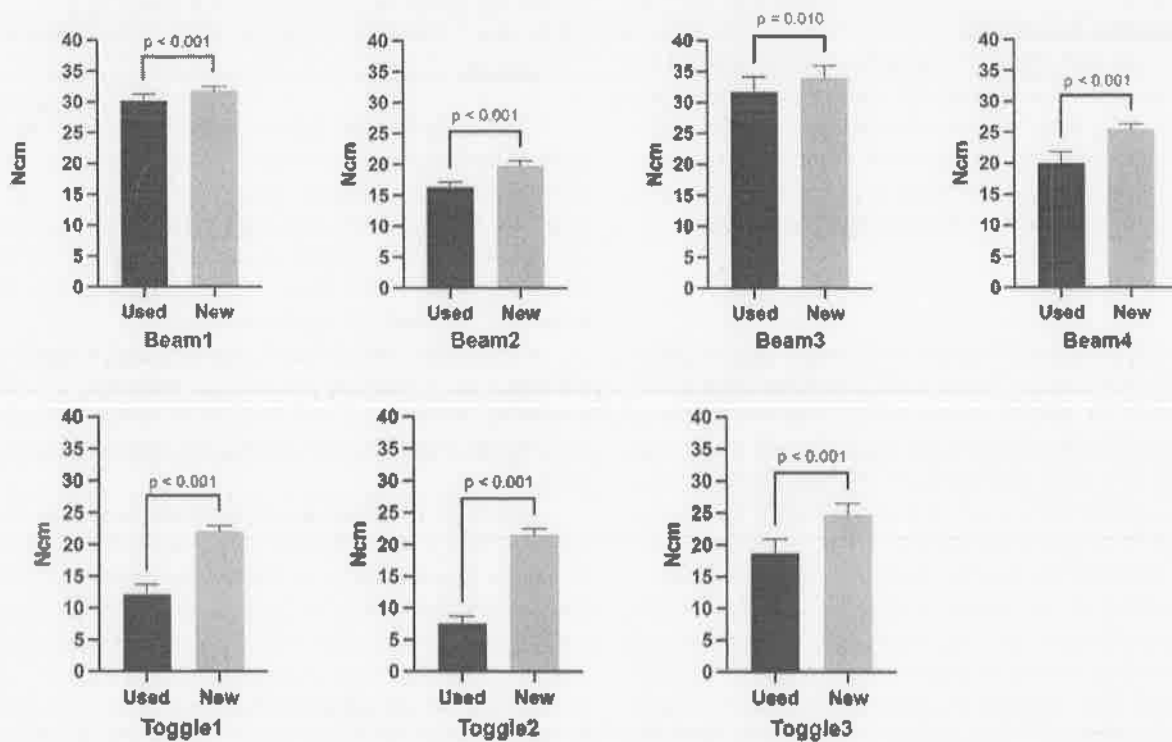


Fig. 3 – Pairwise comparisons of the average measured torque values of the used and new torque wrenches (Independent-Samples *t*-test and Mann-Whitney *U* test).
Ncm – Newton x cm.

Table 2
Descriptive statistics of datasets for torque values of various used and new torque wrenches

Torque wrench	Mean ± SD (Ncm)	Median (min-max) (Ncm)	CV (%)	Bias (Mean difference ± SD)
Beam 1				
used	30.14 ± 1.15	30.02 (28.26–32.67)	3.82	1.71 ± 0.71
new	31.85 ± 0.62	31.79 (30.91–32.67)	1.94	
Beam 2				
used	16.35 ± 0.80	16.68 (14.72–17.66)	4.89	3.40 ± 0.73
new	19.75 ± 0.82	19.62 (17.66–20.60)	4.14	
Beam 3				
used	31.73 ± 2.39	30.91 (28.26–35.32)	7.54	2.24 ± 1.24
new	33.97 ± 1.10	35.32 (30.91–36.20)	5.88	
Beam 4				
used	20.01 ± 1.81	19.62 (17.66–23.54)	9.03	5.50 ± 1.22
new	25.51 ± 0.74	25.51 (24.53–27.47)	2.90	
Toggle 1				
used	12.12 ± 1.59	12.6 (9.90–14.40)	13.12	9.96 ± 0.87
new	22.08 ± 0.89	21.6 (20.70–23.40)	4.04	
Toggle 2				
used	7.53 ± 1.20	7.95 (5.30–8.83)	15.90	13.95 ± 0.49
new	21.49 ± 0.98	21.19 (19.43–22.96)	4.58	
Toggle 3				
used	18.64 ± 2.23	17.66 (15.89–22.96)	11.96	6.08 ± 1.94
new	24.72 ± 1.83	24.72 (21.19–28.26)	7.40	

SD – standard deviation; CV – coefficient of variation; Ncm – Newton x cm; min – minimum; max – maximum.

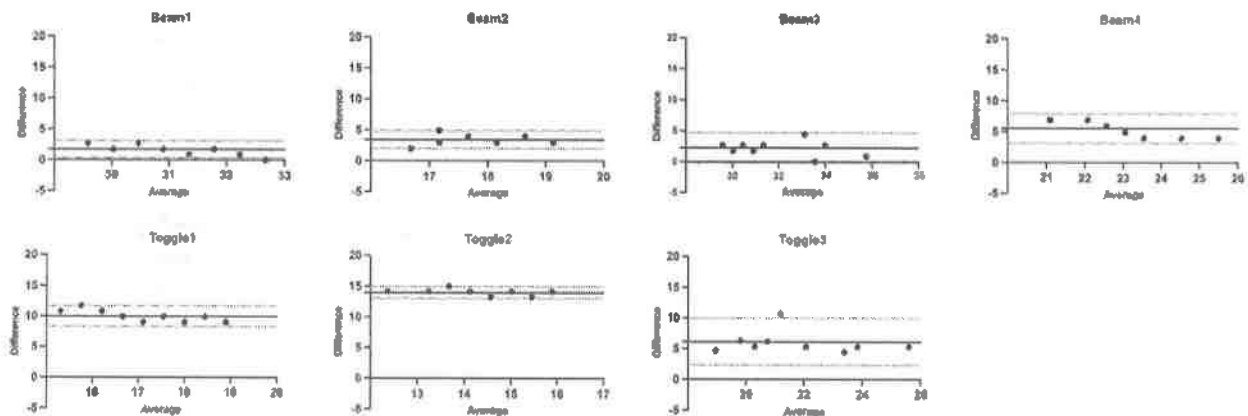


Fig. 4 – The bias (index of measurement accuracy) represents the difference between the average measured torque value and the target torque value, divided by the target torque value. The solid line represents the mean difference, and the dotted lines represent the 95% of limits of agreement (Bland-Altman plot method ²⁵).

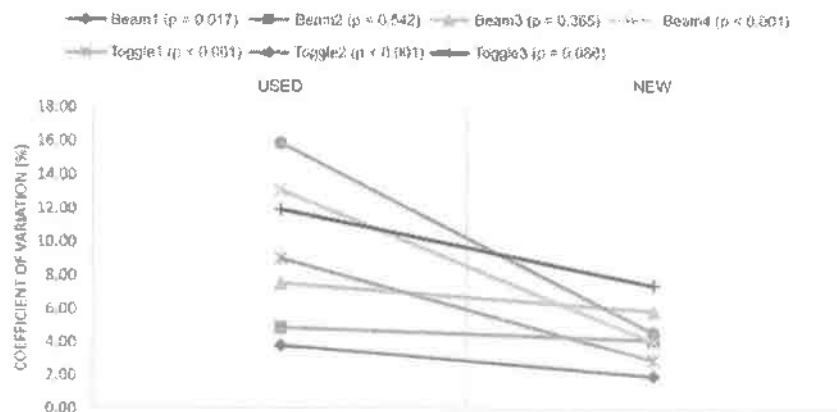


Fig. 5 – The coefficient of variation (CV) represents the standard deviation of the measured torque value, divided by the average measured torque value (Forkman test ²⁶). The CV was used as an index of measurement repeatability.

Discussion

It is of paramount importance to position and fix the implant-abutment complex in correct relation to the delivered manufacturer's recommended TV, obtaining in such a way specific stability and long-term functionality²⁷⁻³⁰. A prerequisite for achieving stability and screw preload is the clinician's knowledge of the amount of torque required for the specific implant brand employed. Each manufacturer provides its own recommendation of TV depending on various factors, including the type of implant, implant-abutment connection, abutment design, screw design, and screw material. Improper and inadequate screw torquing can result in various mechanical failures, including screw loosening or fracture, with consequent restoration loss³¹. On the other hand, overtorquing may initiate screw joint high preload with abutment screw complications such as screw fracture or flattening of the screw threads^{32,33}. Since hand-held screwdrivers do not deliver sufficient torque force and are not able to provide adequate abutment tightening³⁴, mechanical torque-limited devices are considered standard tools for precise and accurate torquing in everyday clinical practice. This study aimed to evaluate the measurement accuracy and repeatability of different used and new mechanical torque devices (wrenches) from implant brands that are most common in our country's market today.

The results from the present study are in agreement with the outcomes of previous research that revealed that even in the new, "as-delivered" condition, there is variation among TWs in their ability to deliver specific values of torque³⁵. Discrepancies between the target and obtained TVs were found for the majority of the tested wrenches. These findings indicate that clinicians should be aware that each new wrench unwrapped from the factory package carries some torque errors. A possible explanation for this may be that new, "as-delivered" mechanical components of the wrenches are still stiffened and require some manipulation prior to everyday use. However, new, unused devices with BT (spring) mechanical design, such as Beam 2 and Beam 3 wrenches, delivered TVs without significant difference compared to the target value, whereas only a new Beam 4 wrench managed to achieve the exact target value. Furthermore, the highest bias, index of accuracy, was observed for all three representative wrenches of the TT.

In addition, after comparing wrenches with different mechanical designs (BT and TT) from the same manufacturer (Beam 4 and Toggle 1), a higher TV was obtained for the BT device. One may speculate that the ability of the oral implant TWs to deliver the target TV is most likely influenced by the design of the wrench components. Thus, the results of this study confirm that the BT (spring) wrenches offer greater accuracy regarding the target values compared to the TT (friction) wrenches, which is in agreement with previous findings²¹. The results suggest that the prerequisite for TW accuracy is BT mechanical construction.

In comparing the average measured TVs between the used and new TWs, a significant difference was observed

within all tested wrenches. The results of the present research support that the observed TVs tended to be lower than the target values for both mechanical designs³⁵, which is the opposite of the studies where greater TVs in both used and new wrenches compared to the target values were found^{17,22}. Furthermore, the obtained TVs of the TT wrenches were less consistent compared to those of the BT, which were associated with a lower risk of disagreement between repeated measurement values, which is in favor of a previously reported statement³⁶. However, some studies did not find that the design of the wrenches and their limiting mechanism had any impact on the repeatability and confidence interval¹⁶. According to our results, the CVs of the datasets for the used and new wrenches of Beam 2, Beam 3, and Toggle 3 did not differ significantly. On the other hand, a large discrepancy in the results of the average measure TVs between the used and new devices was observed for Toggle 1 and Toggle 2 wrenches, supporting the speculation that TT mechanical design is more susceptible to inaccurate values due to aging and reuse. Considering all the aforementioned, the results of the present study revealed some degree of error between the used and newly tested devices. However, Beam 1 and Beam 3 wrenches were the most consistent throughout all measurements. In other words, the reported data imply that TVs for used and new Beam 1 and Beam 3 wrenches can be expected to differ by no more than 3 Nm or no more than 10%, which could be regarded as insignificant from a clinical point of view and still lead to accepted clinical target values²⁴.

Taking into consideration all of the results from the present study, the null hypothesis – regardless of the TWs' mechanical design (BT or TT) or condition (new or used), no significant difference would be found among them with regard to their accuracy and repeatability while achieving the target TV proposed by the manufacturer – was rejected.

The major limitation of the current study might be the fact that only one TW device from each manufacturer was used for the analyses. Therefore, any differences between individual wrenches were omitted. In order to strengthen the study, although a similar conceptualization was reported previously^{15,37}, we incorporated a relatively large number of repeated measurements for each tested TW, thus indicating greater assurance of whether the device delivered its target TV. Despite the aforementioned limitations, the generalized applicability of the present study may be that the accuracy of wrenches deteriorates during use, which implies the importance of calibration of the wrenches from time to time, as recommended by the International Organization for Standardization (ISO) 6789-2³⁸. Moreover, clinicians must be aware that handling during clinical use and maintenance must be performed mindfully because TWs are prone to misfit owing to their regular use. The latter is of much more importance for TT devices since it has been shown that their accuracy loss is more expected after prolonged clinical use. Therefore, the results from the present study may be

beneficial for selecting implant and implant components assembly systems and achieving clinical functionality.

Conclusion

Based on the findings of the present study, two conclusions could be drawn. First, compared with the toggle-type (friction), the beam-type (spring) of torque wrenches offers greater accuracy while delivering the target torque value proposed by the manufacturer. Second, the ability to torque after aging and prolonged clinical use deteriorates in all test-

ed torque wrenches and is more prominent in those with toggle-type mechanical design than beam-type devices.

Funding

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or non-for-profit sectors.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

REFERENCES

1. Goodacre BJ, Goodacre SE, Goodacre CJ. Prosthetic complications with implant prostheses (2001–2017). *Eur J Oral Implantol* 2018; 11 Suppl 1: S27–36.
2. Ekfeldt A, Carlsson GE, Börjesson G. Clinical evaluation of single-tooth restorations supported by osseointegrated implants: A retrospective study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1994; 9(2): 179–83.
3. Haas R, Mensdorff-Pouilly N, Mailath G, Watzek G. Brånemark single tooth implants: A preliminary report of 76 implants. *J Prosthet Dent* 1995; 73(3): 274–9.
4. Henry PJ, Laney WR, Jenn T, Harris D, Krogh PH, Polizzi G, et al. Osseointegrated implants for single-tooth replacement: A prospective 5-year multicenter study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1996; 11(4): 450–5.
5. Cho SC, Small PN, Elian N, Tornow D. Screw loosening for standard and wide diameter implants in partially edentulous cases: 3- to 7-year longitudinal data. *Implant Dent* 2004; 13(3): 245–50.
6. Martin WC, Woody RD, Miller BH, Miller AW. Implant abutment screw rotations and preloads for four different screw materials and surfaces. *J Prosthet Dent* 2001; 86(1): 24–32.
7. Pesnu IJ, Brosky ME, Korioth TW, Hodges J, Devoe BJ. Operator-induced compressive axial forces during implant gold screw fastening. *J Prosthet Dent* 2011; 86(1): 15–9.
8. Hanses G, Smedberg JJ, Nilner K. Analysis of a device for assessment of abutment and prosthesis screw loosening in oral implants. *Clin Oral Implants Res* 2002; 13(6): 666–70.
9. Kbraizat A, Stegaroin R, Nomura S, Miyakawa O. Fatigue resistance of two implant/abutment joint designs. *J Prosthet Dent* 2002; 88(6): 604–10.
10. Lang LA, Wang RF, May KB. The influence of abutment screw tightening on screw joint configuration. *J Prosthet Dent* 2002; 87(1): 74–9.
11. Al Rajfee MA, Nagy WW, Fournelle RA, Dhurn VB, Tzenakis GK, Pechons CE. The effect of repeated torque on the ultimate tensile strength of slotted gold prosthetic screws. *J Prosthet Dent* 2002; 88(2): 176–82.
12. Stiiker RA, Teixeira ER, Beck JC, da Costa NP. Preload and torque removal evaluation of three different abutment screws for single standing implant restorations. *J Appl Oral Sci* 2008; 16(1): 55–8.
13. Nergiz I, Schmage P, Shabin R. Removal of a fractured implant abutment screw: a clinical report. *J Prosthet Dent* 2004; 91(6): 513–7.
14. Stimmelmayer M, Edelhoff D, Güth JF, Erdelt K, Happe A, Buser F. Wear at the titanium–titanium and the titanium–zirconia implant abutment interface: a comparative in vitro study. *Dent Mater* 2012; 28(12): 1215–20.
15. Shiba H, Sato Y, Furnyo J, Osawa T, Isebe A, Hayashi M, et al. Experimental study on the factors affecting torque of beam-type implant torque wrenches. *BMC Oral Health* 2021; 21(1): 344.
16. Britton-Vidal E, Baker P, Mettenburg D, Pannu DS, Looney SW, Londono J, et al. Accuracy and precision of as-received implant torque wrenches. *J Prosthet Dent* 2014; 112(4): 811–6.
17. Gobeen KL, Vermilyea SG, Vossongbi J, Agar JR. Torque generated by handheld screwdrivers and mechanical torquing devices for osseointegrated implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1994; 9(2): 149–55.
18. Dellings M, Curtis D. Effects of infection control procedures on the accuracy of a mechanical torque wrench system for implant restorations. *J Prosthet Dent* 1996; 75(1): 93–8.
19. Standlee JP, Caputo AA. Accuracy of an electric torque limiting device for implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1999; 14(2): 278–81.
20. Jaarda MJ, Razzoog ME, Gratton DG. Providing optimum torque to implant prostheses: a pilot study. *Implant Dent* 1993; 2(1): 50–2.
21. Akca K, Cebeli MC. Accuracy of 2 impression techniques for ITI implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2004; 19(4): 517–23.
22. Gutierrez J, Nicholls JL, Libman WJ, Button TJ. Accuracy of the implant torque wrench following time in clinical service. *Int J Prosthodont* 1997; 10(6): 562–7.
23. Erdem MA, Karatasli B, Dincer Kose O, Kose TE, Çene E, Aydın Aya S, et al. The Accuracy of New and Aged Mechanical Torque Devices Employed in Five Dental Implant Systems. *Biomed Res Int* 2017; 2017: 8652720.
24. Neugebauer J, Petermüller S, Sabeer M, Happe A, Faber FJ, Zoeller JE. Comparison of design and torque measurements of various manual wrenches. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2015; 30(3): 526–33.
25. Bland JM, Altman DG. Measuring agreement in method comparison studies. *Stat Methods Med Res* 1999; 8(2): 135–60.
26. Forkman J. Estimator and Tests for Common Coefficients of Variation in Normal Distributions. *Commun Stat - Theory Methods* 2009; 38(2): 233–51.
27. Jaarda MJ, Razzoog ME, Gratton DG. Ultimate tensile strength of five interchangeable prosthetic retaining screws. *Implant Dent* 1996; 5(1): 16–9.
28. Jaarda MJ, Razzoog ME, Gratton DG. Comparison of “look-alike” implant prosthetic retaining screws. *J Prosthodont* 1995; 4(1): 23–7.
29. Jaarda MJ, Razzoog ME, Gratton DG. Geometric comparison of five interchangeable implant prosthetic retaining screws. *J Prosthet Dent* 1995; 74(4): 373–9.
30. Burgette RL, Johns RB, King T, Patterson EA. Tightening characteristics for screwed joints in osseointegrated dental implants. *J Prosthet Dent* 1994; 71(6): 592–9.

31. *McGlumphy EA*. Keeping implant screws tight: the solution. *J Dent Symp* 1993; 1: 20–3.
32. *Cobrelli MC, Akça K, Tönük E*. Accuracy of a manual torque application device for morse-taper implants: a technical note. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2004; 19(5): 743–8.
33. *Rajatihaqbi H, Ghanbarzadeh J, Danesbsani N, Sahebalam R, Nakebae M*. The accuracy of various torque wrenches used in dental implant systems. *J Dent Mater Tech* 2013; 2(2): 38–44.
34. *Dellinger MA, Tebrock OC*. A measurement of torque values obtained with hand-held drivers in a simulated clinical setting. *J Prosthodont* 1993; 2(4): 212–4.
35. *Vallee MC, Conrad HJ, Basu S, Seong WJ*. Accuracy of friction-style and spring-style mechanical torque limiting devices for dental implants. *J Prosthet Dent* 2008; 100(2): 86–92.
36. *McCracken MS, Mitchell L, Hogde R, Mavalli MD*. Variability of mechanical torque-limiting devices in clinical service at a US dental school. *J Prosthodont* 2010; 19(1): 20–4.
37. *Moris IC, Faria AC, Ribeiro RF, Rodrigues RC*. Torque loss of different abutment sizes before and after cyclic loading. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2015; 30(6): 1256–61.
38. *International Organization for Standardization*. ISO 6789-2:2017. Assembly tools for screws and nuts - hand torque tools. Part 2: Requirements for calibration and determination of measurement uncertainty [Internet]. Geneva: ISO; 2017 [cited on 2024 June 6]. Available from: <https://www.iso.org/standard/62550.html>

Received on March 10, 2024

Revised on March 29, 2024

Revised on June 5, 2024

Revised on June 11, 2024

Online First July 2024

ORIGINAL ARTICLE

The impact of abutment type on abutment screw removal torque value after experimental aging

Gavrilo Ilić DDS¹ | Stefan Vulović DDS, PhD² | Jovan Bukorović DDS² |
 Miroslav Dragović DDS, PhD¹ | Aleksa Marković DDS, MSc, PhD³ |
 Aleksandar Todorović DDS, MSc, PhD² | Aleksandra Milić Lemić DDS, MSc, PhD²

¹School of Dental Medicine, University of Belgrade, Belgrade, Serbia

²Department of Prosthodontics, School of Dental Medicine, University of Belgrade, Belgrade, Serbia

³Implant Center, School of Dental Medicine, University of Belgrade, Belgrade, Serbia

Correspondence

Stefan Vulović, Department of Prosthodontics, School of Dental Medicine, University of Belgrade, Rankova, Belgrade 411000, Serbia.
 Email: stefan.vulovic@stomf.bg.ac.rs

Abstract

Purpose: To evaluate the changes in abutment screw removal torque value (RTV) of anatomic, original hybrid, and non-original hybrid abutments after simulated clinical use.

Materials and Methods: Ninety-three implant-abutment-crown specimens were divided into groups according to abutment types ($n = 31$): anatomic (stock) (A), original hybrid (OH), and non-original hybrid (NOH). After the initial abutment screw tightening, the specimens were subjected to five screw tightening (insertion/removal) cycles, or to 5000 thermal cycles with 500,000 chewing cycles combined with one or five screw tightening cycles. RTV measurements and surface analysis using scanning electron microscope were performed before and after aging. The impact of abutment types and aging treatments on RTV was determined using two-way repeated measures ANOVA, data were described with mean \pm SD and range, whereas the differences were significant at $p < 0.05$.

Results: A significant interaction was found between abutment types and screw tightening cycles only ($p = 0.036$) or combined with thermomechanical aging ($p < 0.001$) on RTV. RTV was lower in NOH than in A and OH groups after screw tightening and thermomechanical aging ($p < 0.05$). Before aging, the NOH abutment screw was slightly more damaged than OH and A abutment screws. After aging, screw damage was more pronounced on the surfaces of hybrid abutments, and more evident in the NOH group.

Conclusions: The abutment screw RTV of anatomic, original hybrid, and non-original hybrid abutments become significantly lower after abutments undergo screw tightening and/or thermomechanical aging cycles, with higher RTV loss in hybrid abutments, especially non-original ones.

KEYWORDS

anatomic abutment, hybrid abutment, implant, removal torque value, screw tightening, Ti-base

Implant-supported dental restorations have proven to be a promising treatment option for the rehabilitation of missing teeth. Although their success rate is approximately 94.5% in 5 years follow-up,¹ there are several mechanical, biological, and esthetic complications that cannot be eluded.² The most common mechanical complications are abutment screw loosening and reduction in the removal torque value (RTV).³ Several factors have been highlighted as principal regarding the etiology of these complications, such as initial

tightening force,⁴ screw design,^{5,6} restoration type,⁷ abutment type,^{8,9} implant-abutment connection type,¹⁰ and the design and utilization of the torque wrench.^{11–13}

It is indisputable that single dental restorations are more prone to screw loosening^{14,15} and that taper abutment connections provide better stability of the implant-abutment assembly.^{16,17} Moreover, with the emerging use of implants in modern dentistry and after the introduction of computer-aided design and computer-aided manufacturing

(CAD-CAM) systems new prosthetic components appeared in the market. Anatomic titanium abutments that were once considered the gold standard are rather replaced with hybrid ("Ti-base") abutments that consist of a titanium base connected to a zirconia mesostructure with a resin cement.

Utilizing the best of both materials (titanium and zirconia), improved esthetic outcomes were achieved, together with optimal biological response and acceptable mechanical characteristics.^{18,19} Conversely, several authors have stated that the failure of hybrid abutments dominantly occurs in the abutment screw, indicating that it is the weakest point within the implant-abutment assembly.²⁰ Likewise, it has been reported that a widespread complication is fracture of abutment screws due to bending during occlusal loading.²¹ Moreover, a reduction in the hybrid abutment stability is expected when introducing non-original hybrid abutments. These abutments undergo different machining processes, which might result in discrepancies in their design, with micro-alterations and subsequent implant-abutment instability.²² It was reported that the use of abutment and implant systems from different manufacturers resulted in significant misfit at the implant-abutment interface;²³ however, there are also statements that proper mechanical properties with non-original abutments may be expected.²²

Therefore, the aim of this study was to evaluate the changes in abutment screw RTV of different abutment types (anatomic, original hybrid, and non-original hybrid) in one implant system with internal taper implant-abutment connections after simulated clinical use. The null hypothesis was that no significant changes would be found in abutment screw RTV of various abutment types (anatomic, original hybrid, and non-original hybrid) after different aging treatments (screw tightening and thermomechanical aging cycles), with significant differences among them.

MATERIALS AND METHODS

Preparation of the specimens

Ninety-three dental implants (Helix GM, Neodent Dental Implants System, Curitiba, Brazil) with 4 mm diameter and 11.5 mm length were invested in 1.5 × 1.5 × 2.5 cm resin blocks (GC Reline, GC Europe, Leuven, Belgium). Implant positioning was performed perpendicular using a milling surveyor (Degussa F2, Degudent, Hamburg, Germany), with implant necks left uncovered 3 mm above the surface of the resin blocks, as specified by the International Organization for Standardization (ISO) 14801:2016.²⁴ The implants were then randomly divided into three groups according to their connection with three types of abutments ($n = 31$): anatomic (stock) (A) (GM Exact Click Anatomic, Neodent Dental Implants System, Curitiba, Brazil), original hybrid (OH) (GM Exact Ti-Base, Neodent Dental Implants System, Curitiba, Brazil), and non-original hybrid abutments (NOH) (DESS Ti-base, Dental Smart Solutions DESS, Barcelona,

Spain). All abutments had corresponding diameters and an internal taper connection to the implant.

Then, the restorations for each implant-abutment assembly were designed and manufactured using a CAD-CAM system. In A and OH groups scanbodies (CM Exact Intraoral Scanbody, Neodent Dental Implants System, Curitiba, Brazil), and in NOH group scan abutments (Scan abutment compatible with Neodent GM, Dental Smart Solutions DESS, Barcelona, Spain) were positioned on implants. All scanbodies/scan abutments were then scanned using an intraoral scanner (TRIOS 4, 3Shape, Kobenhavn, Denmark). Subsequently, 93 crowns of the same morphology and size for the upper second premolar were designed in software (Exocad, Darmstadt, Germany) and milled out of the zirconia block (3D-ProML, Zahndent, Taizhou, Zhejiang, China) using a milling machine (VHF K5, Zahndent, Taizhou, Zhejiang, China). In group A, crowns were designed with a hole to provide a screw channel for later research procedures. The crowns in all groups were cemented to the respective abutment (Multilink Automix Cement, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein), and the entire construction (implant-abutment-crown) was stored in an incubator for 3 days at 37°C to ensure resin cement polymerization completeness.

The total number of specimens (implant-abutment-crown) was determined using G*Power 3.1.9.7 program (Heinrich Heine University, Düsseldorf, Germany) considering "ANOVA: Fixed effects, special, main effects and interactions" and following input parameters: effect size 0.04 (large), α 0.05, power 0.95, numerator df 4, and number of groups 9 (3 groups × 3 aging treatments). The required total specimen size was 81, or 27 per group ($n = 27$). In addition, 12 more specimens have been introduced for later descriptive scanning electron microscopy analysis, four per group ($n = 4$). Therefore 93 was finalized as a definitive number of specimens, or 31 per group (A, OH, and NOH) ($n = 31$).

Experimental procedure

The abutment screws of each specimen (implant-abutment-crown) were initially tightened following manufacturer's recommended load value of 20 Ncm using a previously calibrated digital torque gauge (iSD900, NSK-Nakanishi International, Kanuma, Tochigi, Japan). To overcome the settling effect, all abutment screws were retightened after 10 min at the same load of 20 Ncm.²⁵

Within each group (A, OH, and NOH) 30 specimens ($n = 30$) were then randomly subjected to three different aging treatments, replicating procedures encountered during clinical use, with 10 specimens per each treatment ($n = 10$). In the first aging treatment, five repeated screw tightening cycles were adopted to simulate various abutment screw insertion/removal procedures. In the second aging treatment, the abutment screws of each specimen were only once tightened, then the specimens were subjected to thermomechanical aging. The specimens were first aged in a custom-made computer-controlled thermocycler for 5,000

cycles, in a deionized water solution in a temperature range from 5 to 55°C, with a dwell time of 30 s.²⁶ Following the thermocycling procedure, the specimens were rinsed under running water and gently dried using tissue paper. Thereafter, mechanical aging was performed using a chewing simulator (Chewing Simulator CS-4.2, SD Mechatronik, Feldkirchen-Westerham, Germany). The specimens were mounted in the specific holder of the simulator, and a load of 120 N was applied to the long axis of specimens under the frequency of the loading strokes of 2 Hz for 500,000 cycles, according to ISO 14801:2016.²⁴ In the third aging treatment, the specimens were first assigned to five abutment screw tightening (insertion/removal) cycles and then subjected to thermomechanical aging cycles. RTV was measured after each aging treatment.

In order to present the initial surface morphology of the abutment screws and to visualize any screw thread damage and deformities after aging treatments, the abutment screws were assigned to analyze the surface morphology using a scanning electron microscope (JEOL JSM-6610LV, Jeol, Akishima, Tokyo, Japan). For each group (A, OH, and NOH) four specimens were used ($n = 4$): one brand-new ($n = 1$), and one after each of three different abovementioned aging treatments ($n = 3$). The procedure was performed under $\times 500$ magnification, 20 kV voltage, and observational angles of 10° – 45° .

Statistical analysis

Statistical analysis was performed using the Statistical Package for Social Science (SPSS 27.0, SPSS, Chicago, IL, USA) and Prism 9 for MacOS version 9.5.1 GraphPad Software. Analysis of normality was performed using the *Kolmogorov–Smirnov* test and no outliers, as assessed by no studentized residuals greater than ± 3 standard deviations. The results were statistically analyzed separately for all three groups (A, OH, and NOH) considering differences between RTV after each screw tightening cycle. Mean values were calculated and compared for each stage RTV and afterward compared between groups. Further, RTV mean value before aging and mean value of RTV after aging were compared in each group and between groups. Mean \pm standard deviation (SD) and range were used for description of numeric data. A two-way repeated measures ANOVA was run to determine the effect of different abutment types and number of screw tightening and thermomechanical aging cycles separately and combined on the abutment screw RTV. Differences were considered significant when the p -value was < 0.05 .

RESULTS

RTV measurements

The results of the RTV measurements revealed that abutment screws RTV decreased in all groups after each aging treat-

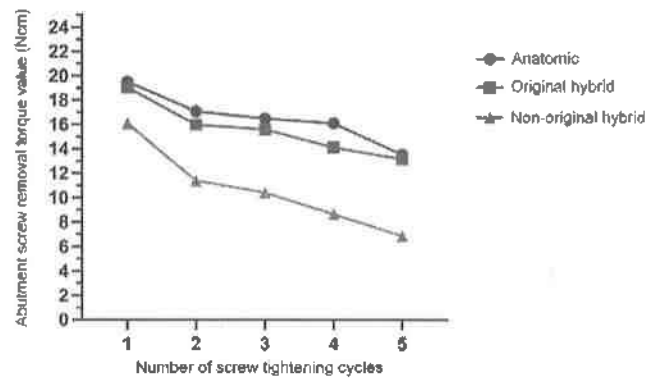


FIGURE 1 Abutment screw removal torque values for different abutment types after screw tightening cycles.

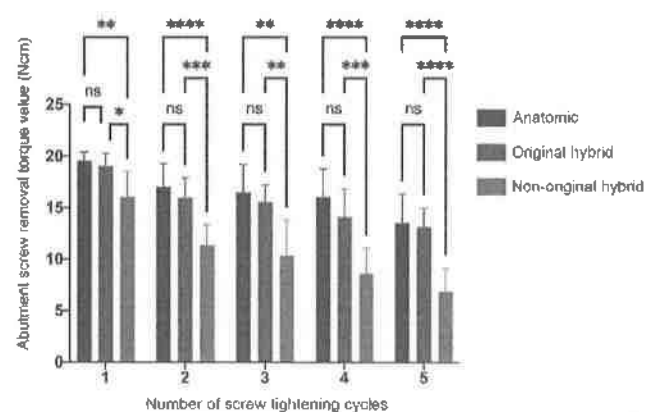


FIGURE 2 Bonferroni's multiple comparisons test between abutment screw removal torque values for different abutment types at various screw tightening cycle points. ns – statistically not significant ($p > 0.05$). * – statistically significant ($*p < 0.05$, $**p < 0.01$, $***p < 0.001$, $****p < 0.0001$).

ment. Statistically significant interaction was found between different abutment types and the number of screw tightening cycles on RTV ($F(8, 108) = 2.166$; $p = 0.036$) (Figure 1). Furthermore, Bonferroni's multiple comparisons test revealed that the NOH group showed a significant difference in terms of abutment screw RTV compared to both A and OH groups at each of the five screw tightening cycle points ($p < 0.05$) (Figure 2). In contrast, there was no significant difference between A and OH groups at any screw tightening cycle point ($p > 0.05$). Likewise, RTV decreased significantly after just one screw tightening cycle in both OH and NOH groups ($p < 0.05$), whereas it did not differ significantly in group A until the 4th ($p = 0.049$) and 5th screw tightening cycles ($p = 0.001$) (Figure 3). Nevertheless, in the OH abutment RTV declined slower after the 1st screw tightening cycle and remained relatively stable until the 5th screw tightening cycle. Conversely, in the NOH group the loss of RTV was significant and prominent from the 1st screw tightening cycle to the last one ($p < 0.001$).

Regarding the combined effect of screw tightening and thermomechanical aging cycles, a statistically significant

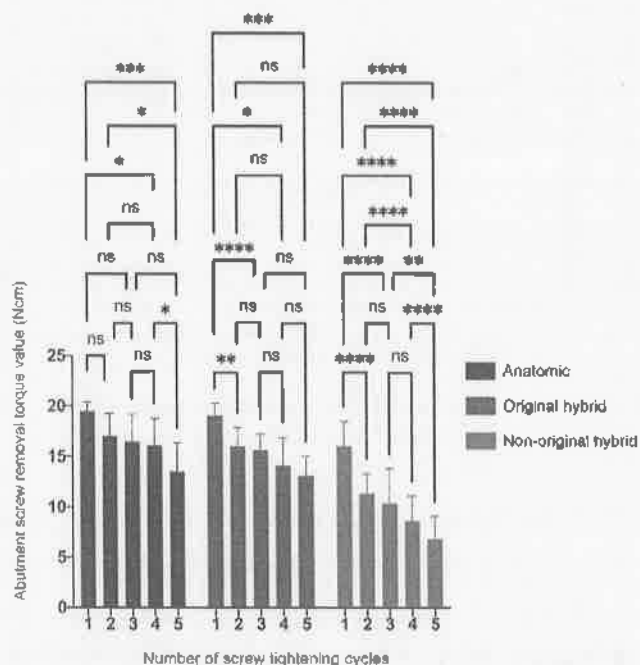


FIGURE 3 Bonferroni's multiple comparisons test between abutment screw removal torque values for various screw tightening cycle points on different abutment types. ns – statistically not significant ($p > 0.05$), * – statistically significant ($*p < 0.05$, $**p < 0.01$, $***p < 0.001$, $****p < 0.0001$).

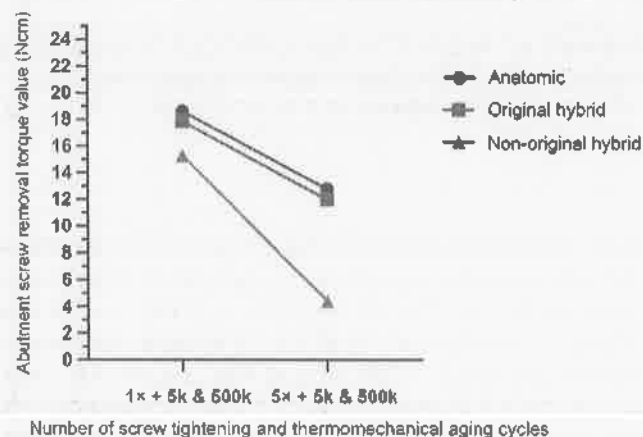


FIGURE 4 Abutment screw removal torque values for different abutment types after screw tightening and thermomechanical aging cycles.

interaction was found between these factors and the various abutment types ($F(2, 27) = 71.07$; $p < 0.001$) (Figure 4). In addition, RTV of NOH abutment screws was significantly lower in comparison with RTV of both A and OH abutment screws at different screw tightening and thermomechanical aging cycle points ($p < 0.05$) (Figure 5). Furthermore, NOH abutments showed the greatest mean difference between the two-screw tightening and thermomechanical aging cycle points (10.89; 95% CI 10.21–11.57; $p < 0.0001^*$) compared to A (5.88; 95% CI 5.19–6.56; $p < 0.0001^*$) and

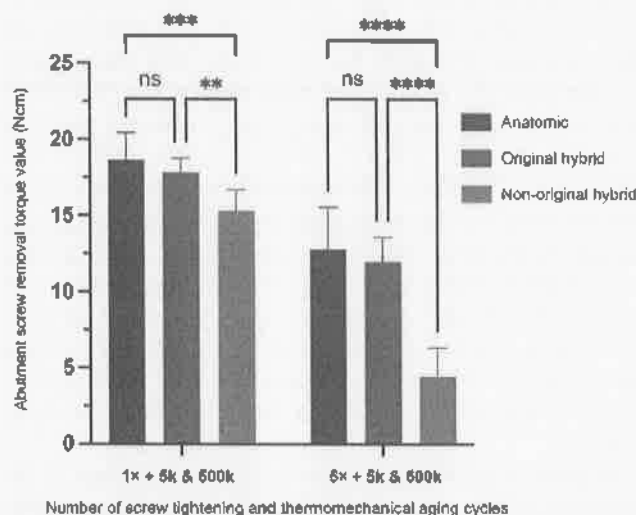


FIGURE 5 Bonferroni's multiple comparisons test between abutment screw removal torque values for different abutment types at various screw tightening and thermomechanical aging cycle points. ns – statistically not significant ($p > 0.05$), * – statistically significant ($*p < 0.05$, $**p < 0.01$, $***p < 0.001$, $****p < 0.0001$).

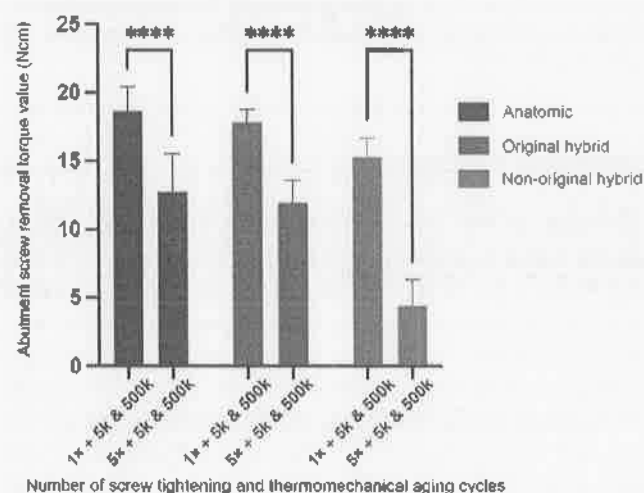


FIGURE 6 Bonferroni's multiple comparisons test between abutment screw removal torque values for various screw tightening and thermomechanical aging cycle points on different abutment types. ns – statistically not significant ($p > 0.05$), * – statistically significant ($*p < 0.05$, $**p < 0.01$, $***p < 0.001$, $****p < 0.0001$).

OH abutments (5.87; 95% CI 5.19–6.56; $p < 0.0001^*$) (Figure 6).

Scanning electron microscopy (SEM) analysis

SEM micrographs of randomly selected abutment screws of each group before and after each aging treatment are presented in Figure 7.

Before implementing the aging treatments, the NOH abutment screw was slightly more damaged than the screws of the OH and A abutments, with a couple of holes and super-

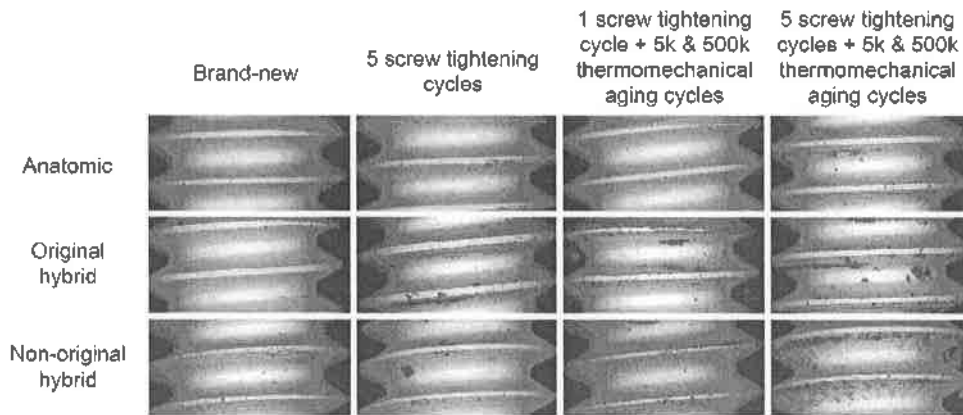


FIGURE 7 Scanning electron microscopy micrographs of abutment screws of different abutment types before and after screw tightening and thermomechanical aging cycles recorded at $\times 500$ magnification.

ficial abrasion all over the threads. After screw tightening and thermomechanical aging cycles, damage of the abutment screw threads was observed in all groups to different degrees. The smallest change in surface morphology was noticed on the screw threads of A abutments that remained the most consistent through different screw tightening and thermomechanical aging cycles. Conversely, the loss of metallic substance and flattening of the threads were more obvious on the surfaces of both hybrid abutments (OH and NOH), with slightly more evident defects on the surfaces of NOH abutment screws.

Considering the aging treatments, more visible fissures and grooves were observed on the surfaces of the tested abutment screws after thermomechanical aging cycles than after screw tightening cycles. Similarly, as expected, the combination of both procedures initiated the most obvious material wear, with consequent debris on tested abutment screws.

DISCUSSION

The present study evaluated the changes in abutment screw RTV of different abutment types (anatomic, original hybrid, and non-original hybrid) in one implant system with internal taper implant-abutment connection after aging treatments that simulate clinical use. A repeated abutment screw tightening (insertion/removal) protocol was adopted to simulate clinical procedures during restoration fabrication, assuming that an optimum of five insertion/removal cycles of the abutment screw is needed for impression, several try-ins, and occlusal adjustment. Thermal cycling is a widely accepted method for simulating the process of hydrothermal aging of dental restorations in an oral environment. The number of thermal cycles varied between previous studies; however, 5000 cycles were included in the present research since it is well established that they correspond to 6 months of presence in the oral cavity.²⁷ Furthermore, a 5–55°C temperature variation was implemented because this range is recognized as similar to the food/drinks temperature ingested during daily meals, without damaging the oral tissues.²⁸ Likewise, the introduc-

tion of mechanical chewing cycles simulate the same clinical oral function. The number of used cycles of 500,000 was, similar to thermal cycling, an appropriate number for simulating approximately 6 months of masticatory function in the oral environment, as specified in ISO 14801:2016.²⁴

Abutment screw RTV loss was observed in all groups after each aging treatment, but without complete screw loosening in any of the groups. This implies that the internal taper connection design most likely keeps the implant-abutment assembly from disengaging, which is in accordance with the results of previous research.²⁹ However, compared to anatomic abutments, significant loss of abutment screw RTV was observed in the groups with hybrid abutments, with dominant loss in non-original abutments. One may speculate that RTV loss is a consequence of the specific preparation process of the hybrid abutments. Namely, the fabrication of hybrid abutments utilizes standardized milling of a titanium base, but the process of connecting zirconia mesostructure to the titanium base with a resin cement mostly relies on dental technician skills and resin cement selection. Furthermore, repeated screw tightening cycles, such as in the first implemented aging treatment, create stresses in the resin-zirconia or resin-titanium interface with further deterioration of their structure and consequent misfit and instability during loading. This leads to micromotion and disharmony in the implant-abutment connection, wear of the contact surfaces, and weakening of the screw preload. Likewise, anatomic abutments are greater in size than hybrid ones, therefore the forces that the screw of anatomic abutment experiences during occlusal load are less magnified and dissipated more favorably.

After each of the five repeated abutment screw tightening cycles, a decrease in RTV occurred. This observation is in agreement with a previous study that reported that consequent insertion, removal, and dynamic loading of abutment screws leads to plastic deformation and wear of the screw threads, with a consequent decrease in RTV.³⁰ Similar findings were reported by another group of authors, who stated that the irregularities on the contact surfaces during repeated tightening cycles initialize crevices with further damage

and ultimate preload loss.³¹ Therefore, it was stated that at every five repeated insertion/removal cycles replacement of the abutment screw should appear because it ensures a stabilized preload value.^{32,33} The analysis of the SEM micrographs of the abutment screws confirmed the aforementioned statement. After five tightening cycles, surface degradation of the abutment screws was observed in all tested groups, with the worst scenario in the non-original hybrid abutment screw. Although machined to fit the intended implant system brand properly, the reason for the more deteriorated abutment screws in the non-original hybrid abutment group might be the fact that these are made out of different alloys, therefore they do not establish perfectly smooth contact surfaces with the implant internal interface.

Similarly, after thermomechanical aging cycles, RTV was also reduced in all groups. The effect of thermal cycling together with the presence of water is well established in the literature as a factor that induces significant degradation of the dental materials' surface morphology.³⁴ Moreover, the obtained results are consistent with the previous study that reported RTV loss of anatomic and hybrid abutments with internal connection to the implants after mechanical loading.³⁵ The wear of the screw threads inside the implant-abutment assembly might be caused by the sliding of the abrasive particles during loading, which induces further micro cutting and cracking. Similar to the aging treatment with repeated abutment screw tightening cycles, a significantly lower RTV was observed in the non-original hybrid abutments. Although the authors of one study stated that reliable mechanical properties of the non-original abutments were achieved under static load,²² the results of the present research support the fact that the original configuration of the components provides long-term success of the restorations in relation to screw torque maintenance.³⁶ Therefore, the discrepancies in RTV loss may be related to the screw design of the groups, which is in agreement with previous research.³⁷ Furthermore, studies comparing original and non-original abutments reported a lower percentage of RTV loss in the original abutments after cyclic loading,^{32,38} presuming that the abutment screws and implants from the same manufacturer perform similarly.³⁹ Likewise, the decreased precision of the components owing to their different origins promotes rotational freedom inside the implant-abutment assembly and, inevitably, RTV loss. SEM micrographs were in accordance with the numerical RTV results, showing more wear after thermomechanical aging cycles on the surfaces of all abutment screws, which was more evident in hybrid abutments, as also revealed in several studies.^{40,41} One may speculate that thermal effect might first damage the resin-abutment interface and that with such impaired stability implant-hybrid abutment assembly is more prone to damage after mechanical loading. In addition, the significant difference in RTV in the group of non-original hybrid abutments indicates that the metallic parts of different manufacturers possess varying machining tolerances, which together with different material properties initiate surface discrepancies responsible for diminished torque maintenance capacity.⁴²

Considering all aforementioned, the null hypothesis that no significant changes would be found in abutment screw RTV of various abutment types (anatomic, original hybrid, and non-original hybrid) after different aging treatments (screw tightening and thermomechanical aging cycles), with significant differences among them was rejected.

The outcomes of the present in vitro study should be interpreted with caution as this study design cannot fully include all relevant factors present in the oral environment. Furthermore, numerous other implant brands are available in the market, whose components, such as abutment screws, are in another way designed and might be affected differently by mechanical or chemical aging. However, the obtained results suggest that brand-new abutment screws are needed for final abutment screw tightening during restoration delivery. Likewise, anatomic abutments are preferred, but if hybrid abutments are used, care should be taken for proper restoration design with adjusted occlusal load and frequent patient follow-up to maintain an adequate tightening of the abutment screw. Conversely, the use of original components is recommended over non-original ones because of the limited likelihood of loss of the RTV during clinical use. Nevertheless, in order to confirm the findings of the present research additional clinical studies are necessary.

CONCLUSIONS

Within the limitations of this study, it was concluded that the abutment screw removable torque values (RTV) of various abutment types (anatomic, original hybrid, and non-original hybrid) become significantly lower after abutments undergo aging treatments (screw tightening and/or thermomechanical aging cycles). In addition, the aging treatments decrease the abutment screw RTV of the hybrid abutments more than that of the anatomic abutment, with higher RTV loss in the non-original than in the original hybrid abutment.

CONFLICT OF INTEREST STATEMENT


The authors have no conflict of interest to declare.

DATA AVAILABILITY STATEMENT

The data that support the findings of this study are available from the corresponding author upon reasonable request.


ORCID

Gavrilo Ilić DDS  <https://orcid.org/0009-0000-3801-6276>

Stefan Vulović DDS, PhD  <https://orcid.org/0000-0003-2007-8852>

Jovan Bukorović DDS  <https://orcid.org/0009-0004-5116-6665>

Miroslav Dragović DDS, PhD  <https://orcid.org/0000-0001-8681-191X>

Aleksa Marković DDS, MSc, PhD  <https://orcid.org/0000-0002-7939-0974>

Aleksandar Todorović DDS, MSc, PhD  <https://orcid.org/0000-0003-0421-0198>

Aleksandra Milić Lemić DDS, MSc, PhD  <https://orcid.org/0000-0002-1549-7748>

REFERENCES

- Pjetursson BE, Thoma D, Jung R, Zwahlen M, Zembic A. A systematic review of the survival and complication rates of implant-supported fixed dental prostheses (FDPs) after a mean observation period of at least 5 years. *Clin Oral Implants Res.* 2012;23(Suppl 6):22–38.
- Zembic A, Kim S, Zwahlen M, Kelly JR. Systematic review of the survival rate and incidence of biologic, technical, and esthetic complications of single implant abutments supporting fixed prostheses. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2014;29(Suppl):99–116.
- Assunção WG, Delben JA, Tabata LF, Barão VA, Gomes EA, Garcia IR Jr. Preload evaluation of different screws in external hexagon joint. *Implant Dent.* 2012;21(1):46–50.
- Khraisat A, Abu-Hammad O, Dar-Odeh N, Al-Kayed AM. Abutment screw loosening and bending resistance of external hexagon implant system after lateral cyclic loading. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2004;6(3):157–64.
- Moris IC, Faria AC, Ribeiro RF, Rodrigues RC. Torque loss of different abutment sizes before and after cyclic loading. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2015;30(6):1256–61.
- Shinohara R, Ueda K, Watanabe F. Influence of the difference between implant body and screw materials on abutment screw loosening. *Dent Mater J.* 2019;38(1):150–56.
- Pjetursson BE, Bragger U, Lang NP, Zwahlen M. Comparison of survival and complication rates of tooth-supported fixed dental prostheses (FDPs) and implant-supported FDPs and single crowns (SCs). *Clin Oral Implants Res.* 2007;18(Suppl 3):97–113.
- Alikhasi M, Monzavi A, Bassir SH, Naini RB, Khosronejad N, Keshavarz S. A comparison of precision of fit, rotational freedom, and torque loss with copy-milled zirconia and prefabricated titanium abutments. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2013;28(4):996–1002.
- Siadat H, Beyabanaki E, Mousavi N, Alikhasi M. Comparison of fit accuracy and torque maintenance of zirconia and titanium abutments for internal tri-channel and external-hex implant connections. *J Adv Prosthodont.* 2017;9(4):271–77.
- Kitagawa T, Tanimoto Y, Odaki M, Nemoto K, Aida M. Influence of implant/abutment joint designs on abutment screw loosening in a dental implant system. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2005;75B(2):457–63.
- Britton-Vidal E, Baker P, Mettenberg D, Pannu DS, Looney SW, Londono J, Rueggeberg FA. Accuracy and precision of as-received implant torque wrenches. *J Prosthet Dent.* 2014;112(4):811–16.
- Erdem MA, Karataşlı B, Dinçer Kose O, Kose TE, Çene E, Aydın Aya S, Cankaya AB. The Accuracy of New and Aged Mechanical Torque Devices Employed in Five Dental Implant Systems. *Biomed Res Int.* 2017;2017:8652720.
- Shiba H, Sato Y, Furuya J, Osawa T, Isobe A, Hayashi M, Kitagawa N. Experimental study on the factors affecting torque of beam-type implant torque wrenches. *BMC Oral Health.* 2021;21(1):344.
- Jung RE, Zembic A, Pjetursson BE, Zwahlen M, Thoma DS. Systematic review of the survival rate and the incidence of biological, technical, and aesthetic complications of single crowns on implants reported in longitudinal studies with a mean follow-up of 5 years. *Clin Oral Implants Res.* 2012;23(Suppl 6):2–21.
- Tey VHS, Phillips R, Tan K. Five-year retrospective study on success, survival and incidence of complications of single crowns supported by dental implants. *Clin Oral Implants Res.* 2017;28(5):620–25.
- Gracis S, Michalakis K, Vigolo P, Vult von Steyern P, Zwahlen M, Sailer I. Internal vs. external connections for abutments/reconstructions: a systematic review. *Clin Oral Implants Res.* 2012;23(6):202–16.
- Schmitt CM, Nogueira-Filho G, Tenenbaum HC, Lai JY, Brito C, Döring H, Nonhoff J. Performance of conical abutment (Morse Taper) connection implants: a systematic review. *J Biomed Mater Res A.* 2014;102(2):552–74.
- Chun H-J, Yeo I-S, Lee J-H, Kim S-K, Heo S-J, Koak J-Y, Han J-S, Lee S-J. Fracture strength study of internally connected zirconia abutments reinforced with titanium inserts. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2015;30(2):346–50.
- Sailer I, Philipp A, Zembic A, Pjetursson BE, Hämmerle CH, Zwahlen M. A systematic review of the performance of ceramic and metal implant abutments supporting fixed implant reconstructions. *Clin Oral Implants Res.* 2009;20(Suppl 4):4–31.
- Gehrke P, Johansson D, Fischer C, Stawarczyk B, Beuer F. In vitro fatigue and fracture resistance of one- and two-piece CAD/CAM zirconia implant abutments. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2015;30(3):546–54.
- Rosentritt M, Rembs A, Behr M, Hahnel S, Preis V. In vitro performance of implant-supported monolithic zirconia crowns: influence of patient-specific tooth-coloured abutments with titanium adhesive bases. *J Dent.* 2015;43(7):839–45.
- Gigandet M, Bigolin G, Faoro F, Bürgin W, Bragger U. Implants with original and non-original abutment connections. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2014;16(2):303–11.
- de da Moraes Alves Cunha T, de Araújo RP, da Rocha PV, Amoedo RM. Comparison of fit accuracy between Procera® custom abutments and three implant systems. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2012;14(6):890–95.
- International Organization for Standardization (ISO) 14801:2016. *Dentistry-Implants-Dynamic loading test for endosseous dental implants.* Geneva.
- Siamos G, Winkler S, Boberick KG. Relationship between implant preload and screw loosening on implant-supported prostheses. *J Oral Implantol.* 2002;28(2):67–73.
- Truninger TC, Stawarczyk B, Leutert CR, Sailer TR, Hämmerle CH, Sailer I. Bending moments of zirconia and titanium abutments with internal and external implant-abutment connections after aging and chewing simulation. *Clin Oral Implants Res.* 2012;23(1):12–18.
- Gale MS, Darvell BW. Thermal cycling procedures for laboratory testing of dental restorations. *J Dent.* 1999;27(2):89–99.
- Ribeiro Pinto JR, Mesquita MF, De Arruda Nóbilo MA, Elias Pessanha Henriques G. Evaluation of varying amounts of thermal cycling on bond strength and permanent deformation of two resilient denture liners. *J Prosthet Dent.* 2004;92(3):288–93.
- Rocha Bernardes S, Chiarello De Mattos MDG, Hobkirk J, Faria Ribeiro R. Loss of preload in screwed implant joints as a function of time and tightening/untightening sequences. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2014;29(1):89–96.
- Saboury A, Neshandar Asli H, Vaziri S. The effect of repeated torque in small diameter implants with machined and premachined abutments. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2012;14(Suppl 1):e224–30.
- Weiss EI, Kozak D, Gross MD. Effect of repeated closures on opening torque values in seven abutment-implant systems. *J Prosthet Dent.* 2000;84(2):194–99.
- Guzaitis KL, Knoernschild KL, Viana MA. Effect of repeated screw joint closing and opening cycles on implant prosthetic screw reverse torque and implant and screw thread morphology. *J Prosthet Dent.* 2011;106(3):159–69.
- Cardoso M, Torres MF, Lourenço EJ, de Moraes Telles D, Rodrigues RC, Ribeiro RF. Torque removal evaluation of prosthetic screws after tightening and loosening cycles: an in vitro study. *Clin Oral Implants Res.* 2012;23(4):475–80.
- Vasiliiu RD, Porojan SD, Bîrdeanu MI, Porojan L. Effect of thermocycling, surface treatments and microstructure on the optical properties and roughness of CAD-CAM and heat-pressed glass ceramics. *Materials.* 2020;13(2):381.
- Nakano R, Homma S, Takahashi T, Hirano T, Furuya Y, Yajima Y. Influence of eccentric cyclic loading on implant components: comparison between titanium and zirconia abutments. *Dent Mater J.* 2021;40(1):235–44.
- Alonso-Pérez R, Bartolomé JF, Ferreira A, Salido MP, Pradies G. Original vs. non-original abutments for screw-retained single implant

- crowns: an in vitro evaluation of internal fit, mechanical behaviour and screw loosening. *Clin Oral Impl Res.* 2018;29(12):1230–38.
37. Piermatti J, Yousef H, Luke A, Mahevich R, Weiner S. An in vitro analysis of implant screw torque loss with external hex and internal connection implant systems. *Implant Dent.* 2006;15(4):427–35.
 38. Park J-M, Baek C-H, Heo S-J, Kim S-K, Koak J-Y, Kim S-K, Belser U. An in vitro evaluation of the loosening of different interchangeable abutments in internal-connection-type implants. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2017;32(2):350–55.
 39. Bhumpattarachai S, Kan JYK, Goodacre CJ, Swamidass RS, Al-Ardah A, Runghcharassaeng K, Lozada J. Effects of cyclic loading on loss of abutment screw torque of angled screw channel single implant crowns on narrow diameter implants. *J Prosthet Dent.* 2023;130(5):741.e1–741.e9.
 40. Nam RK, Lee SJ, Park EJ, Kwon HB, Yoon HI. Three-dimensional deformation and wear of internal implant-abutment connection: a comparative biomechanical study using titanium and zirconia. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2018;33(6):1279–86.
 41. Stimmelmayer M, Edelhoff D, Güth JF, Erdelt K, Happe A, Beuer F. Wear at the titanium-titanium and the titanium-zirconia implant-abutment interface: a comparative in vitro study. *Dent Mater.* 2012;28(12):1215–20.
 42. Oziūnas R, Sakalauskiene J, Jelelevičius D, Janužis G. A comparative biomechanical study of original and compatible titanium bases: evaluation of screw loosening and 3D-crown displacement following cyclic loading analysis. *J Adv Prosthodont.* 2022;14(2):70–77.

How to cite this article: Ilić G, Vulović S, Bukorović J, Dragović M, Marković A, Todorović A, et al. The impact of abutment type on abutment screw removal torque value after experimental aging. *J Prosthodont.* 2024;1–8. <https://doi.org/10.1111/jopr.13978>



Универзитет у Београду
СТОМАТОЛОШКИ ФАКУЛТЕТ

Београд, Улица др Суботића бр. 8, тел: 2685-288

e-mail: stomfak@rcub.bg.ac.rs

web: www.stomf.bg.ac.rs



ЕТИЧКИ ОДБОР

БР-36/53

20-12-2023

На молбу др Гаврила Илића, Етички одбор Стоматолошког факултета Универзитета у Београду, на електронској седници одржаној дана 12.12.2023. године, даје

САГЛАСНОСТ

др Гаврилу Илићу за спровођење истраживања у оквиру докторске дисертације под називом:

**„Анализа вредности момента силе завртања надокнада на имплантатима
након симулиране клиничке примене”**

и у друге сврхе не може се користити.

Београд,

15.12.2023.



ПРЕДСЕДНИК ЕТИЧКОГ ОДБОРА

/Проф. др Наташа Николић Јакоба/

На основу члана 21. и члана 92. став 1. тачка 6. Статута Стоматолошког факултета Универзитета у Београду, продекан за научно-истраживачку делатност доноси следећу

ОДЛУКУ

Гаврилу Илићу, број индекса: 2018/4001, студенту на студијском програму докторске академске студије, одобрава се мировање права и обавеза студената у школској 2022/23. години због болести.

Образложење

Гаврило Илић, број индекса: 2018/4001, дана 31.08.2023. године упутио је допис бр. 21/22 за мировање права и обавеза на докторским академским студијама у школској 2022/23. години због болести.

Разматрајући молбу именованог, као и приложену документацију, донета је одлука као у диспозитиву.

Одлуку доставити:
Именованом;
Студентској служби;
Писарници.

Продекан за научно- истраживачку делатност

Стоматолошког факултета



Проф. др Ивана Радовић

На основу члана 109. став 3. Закона о високом образовању, члана 101. став 4. Статута Универзитета у Београду, члана 18. и члана 93. став 3. Статута Стоматолошког факултета Универзитета у Београду, а у складу са дописом Универзитета у Београду бр. 847/2 од 25.04.2024. године, декан доноси следећу

ОДЛУКУ

Гаврилу Илићу, бр. индекса: 4001/2018, одобрава се завршетак Докторских академских студија стоматологије у троструком трајању.

Образложење

Гаврило Илић, бр. индекса: 4001/2018, поднео је захтев бр. 31/137 од 12.11.2024. године да му се одобри завршетак студија у троструком трајању

Решавајући по молби именованог а имајући у виду да испуњава законске услове, донета је одлука као у диспозитиву.

Одлуку доставити:

*Именованом;
Студентској служби;
Писарници.*

**Дипломирани правник
Николија Мартић**

**Декан
Стоматолошког факултета
проф. др Војкан Лазић**
