

Vlerësimi i fortësisë së zirkoniumit konvencional dhe monolitik pas sinterimit me protokoll të zakonshëm

Assessment of the hardness of conventional and monolithic zirconia following sintering with a conventional protocol

Genc Rukiqi¹, Sebahate Hamiti Alidema¹, Blerta Musliu Krasniqi¹, Diellona Perolli Shahini¹, Linda Jani Ukmata¹, Vjosa Muqolli Rukiqi²

¹ Departamenti i Lëndëve Stomatologjike,
Fakulteti i Stomatologjisë, AMECC Rezonanca,
Prishtinë, Kosovë.

² Unique Dent Dental Clinic, Prishtinë, Kosovë.

¹ Department of Dental Disciplines,
Faculty of Dentistry, AMECC Rezonanca,
Prishtina, Kosovo.

² Unique Dent Dental Clinic, Prishtina, Kosovo.

Për korrespondencë For correspondence

Sebahate Hamiti Alidema
sebahate.hamiti@rezonanca-rks.com

ABSTRAKTI

Zirkoniumi dentar përdoret gjerësisht në restaurimet protetike për shkak të vetive të favorshme mekanike dhe estetike. Avancimet në teknologjinë CAD/CAM dhe protokollat e sinterimit kanë përmirësuar ndjeshëm performancën klinike të këtij materiali. Qëllimi i këtij studimi in vitro ishte të përcaktojë dhe të krahasojë fortësinë e zirkoniumit konvencional dhe monolitik pas sinterimit. Blloqet e zirkoniumit konvencional [Sirona Cercon HT (grupi SK) dhe Orodent Zirconia Bleach (grupi OK)] dhe ato monolitike [Sirona Cercon ML (grupi SM) dhe Orodent Zirconia Venus (grupi OM)] u përpunuan me teknologjinë CAD/CAM për prodhimin e 60 mostrave të kurorave molare. Mostrat u ndanë në katër grupe (n=15): SK, SM, OK dhe OM si dhe u sinteruan në temperaturë 1500°C për 8 orë. Fortësia u vlerësua me Vickers Hardness Tester (VHN), ndërsa analizat statistikore u kryen me testin ANOVA (P<0.05). Rezultatet treguan se fortësia VHN për grupet SK dhe OK ishte 1582.9±115.7 HV dhe 1513.2±129.3 HV, ndërsa për grupet SM dhe OM ishte 1510.1±125.4 HV dhe 1638.4±128.7 HV, me dallime statistikisht të rëndësishme ndërmjet grupeve. Fortësia më e lartë u regjistrua në grupin OM. Në përfundim, të dy llojet e zirkoniumit treguan fortësi të lartë dhe përshtatshmëri për punimet protetike fikse. Megjithatë, zirkoniumi monolitik i prodhuesit Orodent paraqiti vlerat më të larta të fortësisë. Nga aspekti klinik, këto rezultate sugjerojnë se zirkoniumi monolitik mund të ofrojë rezistencë më të lartë ndaj ngarkesave funksionale dhe konsumimit afatgjatë, duke e bërë atë një alternativë premtuese për punimet protetike në zonat me ngarkesë të shtuar okluzale dhe kërkesa të larta funksionale.

Fjalët kyçe: CAD/CAM, fortësia, sinterimi, zirkoniumi konvencional, zirkoniumi monolitik.

ABSTRACT

Dental zirconia is widely used in prosthetic restorations due to its favorable mechanical and aesthetic properties. Advances in CAD/CAM technology and sintering protocols have significantly improved the clinical performance of this material. The aim of this in vitro study was to determine and compare the hardness of conventional and monolithic zirconia after sintering. Conventional zirconia blocks [Sirona Cercon HT (SK group) and Orodent Zirconia Bleach (OK group)] and monolithic zirconia blocks [Sirona Cercon ML (SM group) and Orodent Zirconia Venus (OM group)] were processed using CAD/CAM technology to fabricate 60 molar crown specimens. The specimens were divided into four groups (n=15): SK, SM, OK, and OM, and were sintered at 1500°C for 8 hours. Hardness was evaluated using a Vickers Hardness Tester (VHN), while statistical analyses were performed using the ANOVA test (P<0.05). The results showed that the Vickers hardness values for the SK and OK groups were 1582.9±115.7 HV and 1513.2±129.3 HV, respectively, whereas the SM and OM groups demonstrated values of 1510.1±125.4 HV and 1638.4±128.7 HV, indicating statistically significant differences among the groups. The highest hardness value was recorded in the OM group. In conclusion, both types of zirconia demonstrated high hardness and suitability for fixed prosthetic restorations. However, monolithic zirconia produced by Orodent exhibited the highest hardness values. From a clinical perspective, these findings suggest that monolithic zirconia may provide greater resistance to functional loading and long-term wear, making it a promising alternative for prosthetic restorations in areas exposed to increased occlusal stress and high functional demands.

Keywords: CAD/CAM, conventional zirconia, hardness, monolithic zirconia, sintering..

Hyrje

Zirkoniumi dentar është bërë një material i rëndësishëm në punimet protetike falë vetive të tij mekanike, fizike dhe estetike. Avancimet në teknologjitë e përpunimit, biokompatibiliteti i lartë dhe protokollet moderne të sinterimit kanë përmirësuar ndjeshëm performancën klinike të tij. Për këtë arsye, hulumtimet bashkëkohore janë të orientuara gjithnjë e më shumë drejt restaurimeve protetike pa metal, me qëllim arritjen e rezultateve optimale funksionale dhe estetike [1–3]. Sot, në praktikën dentare, zirkoniumi përdoret në restaurimet e dhëmbëve në formë të inlay, onlay apo overlay, përdoret për kurorat apo urat dentare, në rindërtimet e kurorës së dhëmbit dhe në implantet dhe abutmentet nga zirkoniumi [4]. Kurorat tërësisht qeramike ndahen në dy kategori kryesore: monolitike dhe konvencionale (dyshtresore). Kurorat monolitike përbëhen nga një shtresë e vetme qeramike, e cila siguron rezistencë të lartë mekanike dhe stabilitet strukturor. Ndërsa, kurorat dyshtresore përbëhen nga një bazë mbështetëse me fortësi të lartë dhe një shtresë sipërfaqësore qeramike më estetike, e cila mundëson një pamje më natyrale të punimit [5, 6]. Nga viti 2008 deri në 2023, zirkoniumi dentar ka evoluar nga një material me përbërje të thjeshtë (3 mol% Y-TZP) në një gamë të larmishme materialesh të avancuara. Ky zhvillim përfshin ndryshime në përmbajtjen e ytiumit dhe aluminit si dhe në madhësinë dhe tipin e grimcave, duke rezultuar në produkte me veti të ndryshme mekanike dhe optike [7, 8]. Zirkoniumi tetragonal polikristalin i stabilizuar me ytium (Y-TZP) përfaqëson një nga format më të avancuara dhe më të përdorura të zirkoniumit dentar në praktikën bashkëkohore. Ky material dallon për vetitë e tij të larta mekanike dhe rezistencën e shtuar ndaj faktorëve të mjedisit oral, duke e bërë atë më të qëndrueshëm krahasuar me qeramikat tradicionale [9]. Në planifikimin e trajtimit protetik, përzgjedhja e materialit bazohet në faktorë klinikë dhe funksionalë. Megjithatë, çdo restaurim duhet të plotësojë kërkesat mekanike, biologjike dhe estetike për të siguruar rezultat optimal klinik [10]. Përveç faktorëve klinikë dhe funksionalë, teknologjia CAD/CAM është integruar gjerësisht në praktikën dentare, duke mundësuar dizajnimin dhe prodhimin e restaurimeve protetike nga zirkoniumi dhe disilikati i litiumit. Kjo teknologji ka përshepuar procesin e punës dhe ka reduktuar kohën e pritjes për pacientët [11]. Zirkoniumi konvencional (3Y-TZP) përdoret gjerësisht në restaurimet protetike dyshtresore, por shtresa e porcelanit mbetet e ndjeshme ndaj copëtimit dhe delaminimit nën forcat okluzale [12]. Kurorat nga zirkoniumi monolitik prodhohen me teknologjinë CAD/CAM dhe i nënshtrohen sinterimit, polirimit dhe

Introduction

Dental zirconia has become an important material in prosthetic restorations due to its mechanical, physical, and aesthetic properties. Advances in processing technologies, high biocompatibility, and modern sintering protocols have significantly improved its clinical performance. For this reason, contemporary research is increasingly focused on metal-free prosthetic restorations, with the aim of achieving optimal functional and aesthetic outcomes [1–3]. Today, in dental practice, zirconia is widely used in tooth restorations in the form of inlays, onlays, and overlays, as well as for crowns, dental bridges, tooth reconstructions, implants, and zirconia abutments [4]. All-ceramic crowns are divided into two main categories: monolithic and conventional (bilayered). Monolithic crowns consist of a single ceramic layer, which provides high mechanical strength and structural stability. In contrast, bilayered crowns consist of a high-strength supporting core and a more aesthetic ceramic veneering layer, which enables a more natural appearance of the restoration [5, 6]. From 2008 to 2023, dental zirconia evolved from a material with a simple composition (3 mol% Y-TZP) into a diverse range of advanced materials. This development includes changes in yttrium and aluminum content, as well as in particle size and type, resulting in products with different mechanical and optical properties [7,8]. Yttria-stabilized tetragonal zirconia polycrystal (Y-TZP) represents one of the most advanced and widely used forms of dental zirconia in contemporary practice. This material is distinguished by its superior mechanical properties and enhanced resistance to factors present in the oral environment, making it more durable compared with traditional ceramics [9]. In prosthetic treatment planning, material selection is based on clinical and functional factors. However, every restoration must fulfill mechanical, biological, and aesthetic requirements to ensure an optimal clinical outcome [10]. In addition to clinical and functional considerations, CAD/CAM technology has been widely integrated into dental practice, enabling the design and fabrication of prosthetic restorations from zirconia and lithium disilicate. This technology has accelerated the workflow and reduced waiting times for patients [11]. Conventional zirconia (3Y-TZP) is widely used in bilayered prosthetic restorations; however, the porcelain veneering layer remains susceptible to chipping and delamination under the influence of occlusal forces [12]. Monolithic zirconia crowns are fabricated using CAD/CAM technology and undergo

sipas nevojës glazurimit për të arritur rezultat estetik natyral [13, 14]. Materialet monolitike qeramike janë zhvilluar për të reduktuar dobësitë e restaurimeve konvencionale. Në kombinim me teknologjinë CAD/CAM, ato ofrojnë qëndrueshmëri të lartë dhe përshtatshmëri për restaurimet në regionin posterior [15, 16]. Vetitë mekanike të materialeve qeramike vlerësohen përmes një sërë parametrash specifikë, të cilët mundësojnë analizimin e sjelljes së tyre nën kushte të ndryshme ngarkese. Ndër treguesit më të rëndësishëm përfshihen fortësia Vickers, rezistenca ndaj thyerjes (fracture toughness), moduli Weibull dhe forca në përkulje (flexural strength) [17]. Qëllimi i këtij studimi ishte të përcaktojë dhe krahasojë parametrat e fortësisë të zirkoniumit konvencional dhe monolitik pas sinterimit me protokoll të zakonshëm.

Materiali dhe metodat

Në këtë studim u përfshinë 4 blloqe zirkoniumi ($98 \times 18 \times 14$ mm), të përcaktuara në dy kategori: zirkonium konvencional ($n=30$) dhe monolitik ($n=30$). Dy blloqet konvencionale përfshinin Sirona Cercon HT dhe Orodent Zirconia Bleach, ndërsa dy blloqet monolitike Sirona Cercon ML dhe Orodent Zirconia Venus. Të gjitha blloqet u identifikuan sipas numrit rendor dhe simbolit përkatës. Një model pune u përgatit nga një dhëmb molar i dekortikuar duke përdorur material silikon (Elite HD+, Zhermack, Itali). Modeli u skanua me sistemin CAD/CAM (inEos X5, Dentsply Sirona) dhe kurorat u dizajnuan në softuerin inLab CAD (SW 22) me trashësi minimale okluzale 1.5 mm. Nga secili bllok u prodhuan (inLab CAM) 15 kurora me frezim (inLab MC X5), duke rezultuar në gjithsej 60 kurora (Figura 1). Kurorat u sinteruan në furrë (Zirkonofen 600/V3 Zirkonzahn) në 1500°C për 8 orë me protokoll të kontrolluar ngrohjeje dhe ftohjeje. Kurorat konvencionale u veshën me një shtresë të hollë porcelani (GC Initial Enamel). Mostrat u ndanë në katër grupe ($n=15$): Sirona Konvencional – SK, Sirona Monolitik – SM, Orodent Konvencional – OK dhe Orodent Monolitik – OM. Fortësia u mat me testuesin Vickers (HV-1000DT) duke aplikuar ngarkesë prej një (1) kilogram (kg) për dhjetë (10) sekonda (s) (Figura 2). Dy diagonalet e gjurmës u matën dhe u përdorën për llogaritjen e fortësisë (HV) (Figura 3). Për çdo mostër u kryen matje të dyfishta për saktësi. Përpunimi statistikor i të dhënave u realizua me paketën SPSS 22.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA). Krahasimet ndërmjet grupeve të të dy prodhuesve u kryen me t-test ose Mann-Whitney test, ndërsa ndërmjet katër grupeve u kryen me One-way ANOVA ose testin Kruskal-Wallis, në varësi të shpërndarjes së të dhënave. Dallimet u konsideruan statistikisht të rëndësishme për vlera $P < 0.05$.

sintering, polishing, and, when necessary, glazing to achieve a natural aesthetic result [13, 14]. Monolithic ceramic materials were developed to reduce the weaknesses associated with conventional restorations. In combination with CAD/CAM technology, they offer high durability and suitability for restorations in the posterior region [15, 16]. The mechanical properties of ceramic materials are evaluated through a range of specific parameters, with the most important indicators being Vickers hardness, fracture toughness, Weibull modulus, and flexural strength [17]. The aim of this study is to determine and compare the hardness parameters of conventional and monolithic zirconia after sintering using a conventional protocol.

Materials and Methods

This study included four zirconia blocks ($98 \times 18 \times 14$ mm), classified into two categories: conventional zirconia ($n = 30$) and monolithic zirconia ($n = 30$). The two conventional blocks included Sirona Cercon HT and Orodent Zirconia Bleach, while the two monolithic blocks included Sirona Cercon ML and Orodent Zirconia Venus. All blocks were identified according to ordinal numbers and corresponding symbol. A working model was prepared from a decoronated molar tooth using silicone material (Elite HD+, Zhermack, Italy). The model was scanned using a CAD/CAM system (inEos X5, Dentsply Sirona), and the crowns were designed in the inLab CAD software (SW 22) with a minimum occlusal thickness of 1.5 mm. From each block, 15 crowns were fabricated (inLab CAM) by milling (inLab MC X5), resulting in a total of 60 crowns (Figure 1). The crowns were sintered in a furnace (Zirkonofen 600/V3 Zirkonzahn) at 1500°C for 8 hours using a controlled heating and cooling protocol. The conventional crowns were veneered with a thin layer of porcelain (GC Initial Enamel). The specimens were divided into four groups ($n = 15$): Sirona Conventional – SK, Sirona Monolithic – SM, Orodent Conventional – OK, and Orodent Monolithic – OM. Hardness was measured using a Vickers hardness tester (HV-1000DT) by applying a load of one (1) kilogram (kg) for ten (10) seconds (s) (Figure 2). The two diagonals of the indentation were measured and used for the calculation of hardness (HV) (Figure 3). Duplicate measurements were performed for each specimen to ensure accuracy. Statistical data analysis was performed using SPSS 22.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA). Comparisons between the groups of the two manufacturers were conducted using either the t-test or Mann-Whitney test, while comparisons among the four groups were performed using One-way ANOVA or the Kruskal-Wallis test, depending on the data. Differences were considered statistically significant at $P < 0.05$.



Figura 1 Prodhimi i kurorave nga maqina frezuese Sirona inLab mc x5. **Figure 1** Crown fabrication using the Sirona inLab mc x5 milling machine.



Figura 2 Aplikimi i testuesit Vickers mbi mostrën. **Figure 2** Application of the Vickers Hardness Tester on the Specimen.

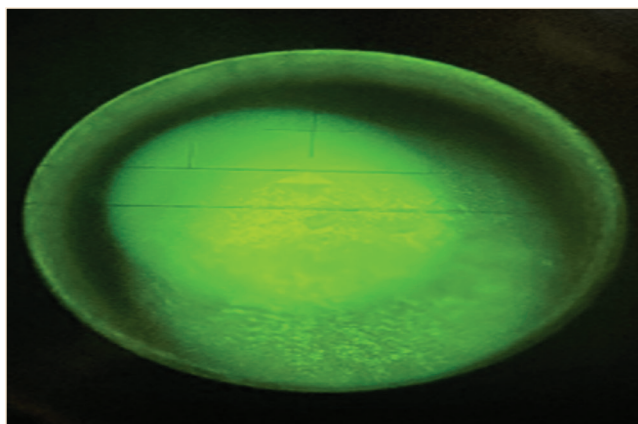


Figura 3 Pamja mikroskopike e mostrës. **Figure 3** Microscopic view of the specimen.

Rezultatet

Ky studim përfshiu 60 mostra nga dy prodhues të ndryshëm. Mostrat nga prodhuesi Sirona u ndanë në grupet SK dhe SM, ndërsa mostrat nga prodhuesi Orodent në grupet OK dhe OM. Rezultatet treguan se vlerat mesatare të fortësisë VHN për grupet SK dhe OK ishin 1582.9 ± 115.7 HV përkatësisht 1513.2 ± 129.3 HV, ndërsa për grupet SM dhe OM ishin 1510.1 ± 125.4 HV përkatësisht 1638.4 ± 128.7 HV, me dallime statistikisht të rëndësishme (**Tabela 1**). Për krahasimin e katër grupeve u aplikua testi One-way ANOVA. Vlera ($P < 0.0001$) tregon dallime të rëndësishme statistikore ndërmjet grupeve të të dy prodhuesve (Sirona dhe Orodent). Rezultatet treguan se kishte dallime të rëndësishme statistikore ndërmjet grupeve SK dhe SM të prodhuesit Sirona ($P = 0.017$). Gjithashtu ndërmjet grupeve OK dhe OM të prodhuesit Orodent u shfaqën dallime të

Results

The results showed that the mean Vickers hardness (VHN) values for the SK and OK groups were 1582.9 ± 115.7 HV and 1513.2 ± 129.3 HV, respectively, whereas the corresponding values for the SM and OM groups were 1510.1 ± 125.4 HV and 1638.4 ± 128.7 HV, respectively, with statistically significant differences observed among the groups (**Table 1**). Table 1. Hardness of Specimens in the Sirona Conventional (SK), Sirona Monolithic (SM), Orodent Conventional (OK), and Orodent Monolithic (OM) Groups For the comparison of the four groups, the One-way ANOVA test was applied. The P-value ($P < 0.0001$) indicated statistically significant differences among the groups of both manufacturers (Sirona and Orodent). The results demonstrated statistically significant differences between the SK and SM groups of the Sirona manufacturer ($P = 0.017$). Likewise, statistically significant

rendësishme statistikore, ku grupi OM kishte fortësi më të lartë krahasuar me grupin OK ($P < 0.0001$). Nga rezultatet e fituara, me Kruskal-Wallis test kemi fituar dallim me sinjifikancë të rëndësishme statistikore ($P < 0.0001$) ndërmjet fortësisë së mostrave të të gjitha grupeve së bashku (SK, SM, OK, OM) (Figura 4).

differences were observed between the OK and OM groups of the Orodent manufacturer, with the OM group exhibiting higher hardness values compared with the OK group ($P < 0.0001$). Based on the obtained results, the Kruskal-Wallis test revealed a statistically significant difference ($P < 0.0001$) in the hardness values among the specimens of all groups combined (SK, SM, OK, and OM) (Figure 4).

► **Tabela 1** Fortësia e mostrave të grupeve Sirona Konvencional (SK), Sirona Monolitik (SM), Orodent Konvencional (OK) dhe Orodent Monolitik (OM)

► **Table 1** Hardness of specimens in the Sirona Conventional (SK), Sirona Monolithic (SM), Orodent Conventional (OK), and Orodent Monolithic (OM) Groups.

Hardness Vickers (HV)	Sirona Conventional (SK)	Sirona Monolitik (SM)	Orodent Conventional (OK)	Orodent Monolithic (OM)
N	15	15	15	15
Mean	1582,9	1510,1	1513,2	1638,4
DS	115,7	125,4	129,3	128,7
Min	1347	1251	1250	1273
Max	1792	1753	1763	1819
KW test, P-value	KW 25,46 ; $P < 0,0001$			

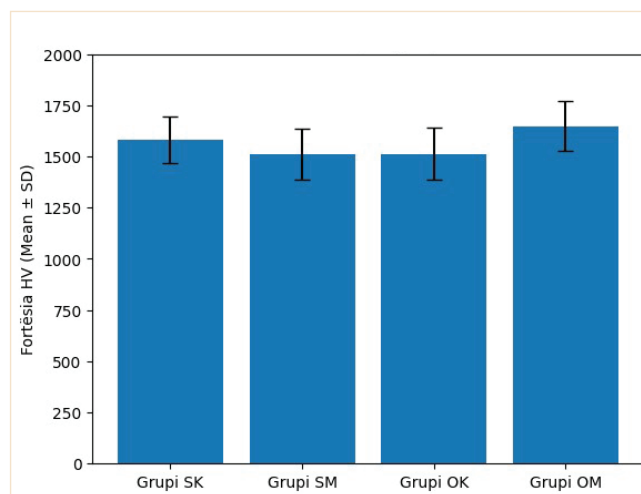


Figura 4 Krahasimi i fortësisë së mostrave të grupeve SK, SM, OK dhe OM. **Figure 4** Comparison of the hardness of specimens in the SK, SM, OK, and OM Groups.

Diskutimi

Në këtë studim in-vitro u krahasuan parametrat e fortësisë së zirkoniumit konvencional dhe monolitik pas sinterimit në 1500°C. Rezultatet treguan se zirkoniumi monolitik OM paraqiti fortësinë më të lartë, ndërsa grupi SM vlerat më të ulëta të fortësisë. Materialet e zirkoniumit zakonisht sinterohen në intervalin 1350–1600°C, pasi temperaturat më të larta mund të rrisin porozitetin,

Discussion

In this in vitro study, the hardness parameters of conventional and monolithic zirconia after sintering at 1500°C were compared. The results showed that the OM monolithic zirconia exhibited the highest hardness, whereas the SM group presented the lowest hardness values. Zirconia materials are generally sintered within the temperature range of 1350–1600°C, since higher temperatures may increase

ndërsa ato nën 1400°C mund të ndikojnë negativisht në vetitë mekanike dhe optike të materialit [18–21]. Bazuar në këto të dhëna, në këtë studim, sinterimi u realizua në temperaturë 1500°C për të arritur vetitë optimale, mekanike dhe strukturore të zirkoniumit. Paralelisht, integrimi i teknologjisë CAD/CAM ka standardizuar dhe automatizuar prodhimin e kurorave të zirkoniumit, duke përmirësuar saktësinë dhe cilësinë e punimeve protetike [11, 22]. Në këtë studim nuk janë aplikuar variacione në temperaturën apo kohëzgjatjen e sinterimit. Megjithatë, gjetjet e raportuara nga Inokoshi me bp., të cilët analizuan sinterimin e zirkoniumit në temperatura 1450°C, 1550°C dhe 1650°C, tregojnë se vlerat optimale të fortësisë Vickers arrihen në 1450°C me kohëzgjatje prej 1 ore [23]. Rezultatet e tyre sugjerojnë se fortësia rritet deri në këtë temperaturë, ndërsa në temperatura më të larta vërehet një rënie e saj. Bruhnke me bp., kanë analizuar tre materiale zirkoniumi monolitik shumëstresor (multilayer), duke vlerësuar dhe krahasuar vetitë e tyre të fortësisë [24]. Në studimin e Bruhnke me bp., mostrat iu nënshtruan sinterimit konvencional dhe u evidentua se ndryshimet mikrostrukturore ndikojnë drejtpërdrejt në vetitë mekanike të materialit. Gjetje të ngjashme u identifikuan edhe në studimin tonë, ku u regjistruan dallime statistikisht të rëndësishme në fortësi ndërmjet llojeve të ndryshme të zirkoniumit monolitik. Këto rezultate nuk përputhen me ato të raportuara nga Candido me bp. [14]. Në studimin e Candido me bp., nuk u evidentuan dallime statistikisht të rëndësishme në fortësi ndërmjet zirkoniumit konvencional dhe atij monolitik. Megjithatë, vlerat e raportuara të fortësisë (1516 HV) ishin të afërta me rezultatet tona prej 1510 HV dhe 1513 HV [14]. Këto rezultate sugjerojnë se vetitë mekanike mund të jenë të krahasueshme brenda kategorive të caktuara të zirkoniumit. Megjithatë, gjetjet tona dhe ato të Bruhnke me bp. tregojnë se ndryshimet në përbërjen e materialit ndikojnë drejtpërdrejt në mikrostrukturë dhe rrjedhimisht në vetitë mekanike. Prandaj, përzgjedhja e materialit duhet të bazohet në kërkesat specifike klinike, pasi performanca dhe qëndrueshmëria afatgjatë e restaurimeve me zirkonium varen nga vlerësimi i kujdesshëm i vetive të tij mekanike dhe strukturore. Ky studim paraqet disa kufizime, përfshirë mungesën e analizës mikrostrukturore me SEM, vlerësimin e kufizuar vetëm në parametrin e fortësisë dhe përfshirjen e vetëm dy prodhuesve të zirkoniumit. Për këtë arsye, nevojiten studime të mëtejshme për validimin dhe përgjithësimin e këtyre gjetjeve.

porosity, while temperatures below 1400°C may negatively affect the mechanical and optical properties of the material [18–21]. Based on these data, sintering in the present study was performed at 1500°C to achieve the optimal mechanical and structural properties of zirconia. At the same time, the integration of CAD/CAM technology has standardized and automated the production of zirconia crowns, improving the accuracy and quality of prosthetic restorations [11, 22]. In the present study, no variations in sintering temperature or duration were applied. However, the findings reported by Inokoshi et al., who analyzed zirconia sintering at temperatures of 1450°C, 1550°C, and 1650°C, demonstrated that optimal Vickers hardness values are achieved at 1450°C with a sintering duration of 1 hour [23]. Their results suggest that hardness increases up to this temperature, whereas a decrease is observed at higher temperatures. Bruhnke et al., in their analysis of three multilayer monolithic zirconia materials, concluded that microstructural changes directly influence the mechanical properties of the material [24]. Similar findings were identified in our study, where statistically significant differences in hardness were recorded among different types of monolithic zirconia. However, the results of our study do not correspond with those reported by Candido et al., who did not identify statistically significant differences in hardness between conventional and monolithic zirconia [14]. These findings suggest that the mechanical properties may be comparable within certain zirconia categories. Nevertheless, our findings and those of Bruhnke et al. indicate that differences in material composition directly affect the microstructure and, consequently, the mechanical properties [24]. Therefore, material selection should be based on specific clinical requirements, as the performance and long-term durability of zirconia restorations depend on a careful evaluation of their mechanical and structural properties. This study presents several limitations, including the absence of microstructural analysis using SEM, the evaluation being limited only to the hardness parameter, and the inclusion of only two zirconia manufacturers. For this reason, further studies are required to validate and generalize these findings.

Përfundimi

Rezultatet e këtij studimi konfirmojnë se si zirkoniumi konvencional ashtu edhe ai monolitik janë të përshtatshëm për punimet protetike. Megjithatë, zirkoniumi monolitik i prodhuesit Orodent shfaq vlera më të larta të fortësisë krahasuar me materialet e tjera të analizuar. Avancimet në materialet dentare kanë përmirësuar ndjeshëm vetitë mekanike dhe estetike të zirkoniumit monolitik, duke e bërë atë një alternativë konkurruese. Megjithatë, përdorimi i tij klinik mbetet ende subjekt diskutimi, duke kërkuar vlerësim të mëtejshëm të performancës afatgjatë. Nga aspekti klinik, këto gjetje sugjerojnë se materialet me fortësi më të lartë mund të përmirësojnë rezistencën ndaj ngarkesës okluzale dhe konsumimit mekanik, duke favorizuar stabilitetin dhe performancën afatgjatë të punimeve protetike.

Literatura References

- [1] Manicone PF, Rossi Iommetti P, Raffaelli L. An overview of zirconia ceramics: Basic properties and clinical applications. *J Dent.* 2007;35(11):819-826.
- [2] Taftali M, Turalioglu K, Yetim AF, Uzun Y, Akpinar S, Yildiz F. Improvements in the static/dynamic strength of porcelain fused to metal dental crowns with surface protrusions produced by selective laser melting. *J Manuf Process.* 2021;65:112-118.
- [3] D'Souza NL, Jutlah EM, Deshpande RA, Somogyi-Ganss E. Comparison of clinical outcomes between single metal-ceramic and zirconia crowns. *Epub 2024. J Prosthet Dent.* 2025;133(2):464-471.
- [4] Kumar M, Razdan S, Sharma A. An overview of zirconia and its application in dentistry. *Dent J Adv Stud.* 2016;4:1-7.
- [5] Ansari SH, Qamar Z, Alshammari M, Bazoun R, Alenazi R, Alattar R. Clinical efficacy and longevity of monolithic vs layered zirconia crowns: A systematic review. *Bull Pioneering Res Med Clin Sci.* 2024;3(1):7-18.
- [6] Shi HY, Pang R, Yang J, Fan D, Cai H, Jiang HB, et al. Overview of several typical ceramic materials for restorative dentistry. *Biomed Res Int.* 2022 Jul 18;2022:8451445.
- [7] Cesar PF, Miranda RBP, Santos KF, Scherrer SS, Zhang Y. Recent advances in dental zirconia: 15 years of material and processing evolution. *Dent Mater.* 2024;40(5):824-836.
- [8] Albarghouti G, Sadi H. Recent modifications of zirconia in dentistry. In: Basheer Al-Naib UM, editor. *Zirconia - New Advances, Structure, Fabrication and Applications.* London: IntechOpen; 2023. p. 23.
- [9] Bona AD, Pecho OE, Alessandretti R. Zirconia as a Dental Biomaterial. *Materials (Basel).* 2015 Aug 4;8(8):4978-4991. doi: 10.3390/ma8084978. PMID: 28793485; PMCID: PMC545532.
- [10] Jamel R, Mohammad E. Interim restorations in fixed prosthodontics: a literature review. *Al-Rafidain Dent J.* 2022;22:203-219.
- [11] Suganna M, Kausher H, Ahmed TS, Alharbi HS, Alsubaie BF, Ds A, et al. Contemporary evidence of CAD-CAM in dentistry: a systematic review. *Cureus.* 2022;14(11):e31687.
- [12] Shihabi S, Chrcanovic BR. Clinical outcomes of tooth-supported monolithic zirconia vs. porcelain-veneered zirconia fixed dental prosthesis, with an additional focus on the cement type: a systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Investig.* 2023;27(10):5755-5769.

Conclusion

The results of this study confirm that both conventional and monolithic zirconia are suitable for prosthetic restorations. However, the monolithic zirconia produced by Orodent exhibited higher hardness values compared with the other materials analyzed. Advances in dental materials have significantly improved the mechanical and aesthetic properties of monolithic zirconia, making it a competitive alternative. Nevertheless, its clinical use remains a subject of ongoing discussion and requires further evaluation of its long-term performance. From a clinical perspective, these findings suggest that materials with higher hardness may improve resistance to occlusal loading and mechanical wear, thereby promoting the long-term stability and performance of prosthetic restorations.

- [13] Li Y, Zhao J, Sun Z, Lin N, Zheng Y. Three-dimensional fit of self-glazed zirconia monolithic crowns fabricated by wet deposition. *Dent Mater J.* 2022;41(3):363-367.
- [14] Candido LM, Miotto LN, Fais L, Cesar PF, Pinelli L. Mechanical and surface properties of monolithic zirconia. *Oper Dent.* 2018;43(3):E119-E128.
- [15] Guess PC, Schultheis S, Bonfante EA, Coelho PG, Ferencz JL, Silva NR. All-ceramic systems: laboratory and clinical performance. *Dent Clin North Am.* 2011;55(2):333-352.
- [16] Zhang Y, Mai Z, Barani A, Bush M, Lawn B. Fracture-resistant monolithic dental crowns. *Dent Mater.* 2016;32(3):442-449.
- [17] Oilo M, Kvam K, Tibballs JE, Gjerdet NR. Clinically relevant fracture testing of all-ceramic crowns. *Dent Mater.* 2013 Aug;29(8):815-23. doi: 10.1016/j.dental.2013.04.026. Epub 2013 Jun 6. PMID: 23746750.
- [18] Luthardt RG, Holzhüter M, Sandkuhl O, Herold V, Schnapp JD, Kuhlisch E, Walter MH. Reliability and properties of ground Y-TZP-zirconia ceramics. *J Dent Res.* 2002;81(7):487-491.
- [19] Jang G, Kim H, Choe H, Son M. Fracture strength and mechanism of dental ceramic crown with zirconia thickness. *Procedia Eng.* 2011;10:1556-1560.
- [20] Stawarczyk B, Özcan M, Hallmann L, Ender A, Mehl A, Hammerle CH. The effect of zirconia sintering temperature on flexural strength, grain size, and contrast ratio. *Clin Oral Investig.* 2013;17(1):269-274.
- [21] Öztürk C, Can G. Effect of sintering parameters on the mechanical properties of monolithic zirconia. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects.* 2019;13(4):247-252.
- [22] Hajjaj MS, Alamoudi RA, Babeer WA, Rizg WY, Basalah AA, Alzahrani SJ, Yeslam HE. Flexural strength, flexural modulus and microhardness of milled vs. fused deposition modeling printed zirconia; effect of conventional vs. speed sintering. *BMC Oral Health.* 2024;24:38.
- [23] Inokoshi M, Zhang F, De Munck J, Minakuchi S, Naert I, Vleugels J, Van Meerbeek B, Vanmeensel K. Influence of sintering conditions on low-temperature degradation of dental zirconia. *Dent Mater.* 2014 Jun;30(6):669-78.
- [24] Bruhnke M, Awwad Y, Müller WD, Beuer F, Schmidt F. Mechanical properties of new generations of monolithic, multi-layered zirconia. *Materials.* 2022;16(1):276.