

Bewertung der anatomischen Kontakte und Konturen von Klasse-II-Restaurationen unter Verwendung von vier verschiedenen Zahnmatrizensystemen: Eine vergleichende *In-vitro*-Analyse

Deva Nanda Panda, Mamta Kaushik^{1,2}, Neha Mehra¹, Neha Verma¹, Aishwarya Dwivedi³

Selbstständiger Zahnarzt, Poulomi Dental Clinic, Secunderabad, ¹ Abteilung für Konservierende Zahnheilkunde und Endodontie, Army College of Dental Sciences, Secunderabad, ² Fachbereich für Geistes- und Sozialwissenschaften, Birla Institute of Technology and Science, Pilani, Campus Hyderabad, Telangana, ³ Selbstständiger Zahnarzt, Dental Bliss, Lucknow, Uttar Pradesh, Indien

Zusammenfassung

Hintergrund: Die Beurteilung der Wiederherstellung der korrekten anatomischen Kontur und der proximalen Passgenauigkeit bei minimalem Zahnfleischüberhang einer Klasse-II-Restaurations.

Ziel: In dieser *In-vitro*-Studie wurden der Zahnfleischüberhang, der Kontakt und die Konturanatomie, die mit vier Matrizensystemen für Klasse-II-Restaurationen erzielt wurden, bewertet und verglichen.

Material und Methode: An zweihundert Typodontzähnen wurden standardisierte mesio-okklusale, konservative Kavitäten der Klasse II präpariert und in vier Gruppen ($n = 50$) eingeteilt: Tofflemire, U-Band-System, Palodent V3-Matrizensystem und Walser-Matrizensystem. Die Kavitäten wurden mit Komposit versorgt und qualitativ auf die Dichtheit der approximalen Kontakte untersucht. Die Morphologie des Überhangs und der Kontur wurde mithilfe eines Medit-Scanners und Mesh Labs durch Überlagerung bewertet.

Verwendete statistische Analyse: Es wurden der nichtparametrische Kruskal-Wallis-Signifikanztest und der Mann-Whitney-U-Test für paarweise Vergleiche verwendet.

Ergebnisse: Bei den Restaurationen zeigte sich ein statistisch signifikanter Unterschied, wobei das Walser-Matrizensystem und das U-Band-System den geringsten Überhang aufwiesen. Hinsichtlich der Kontaktdichtheit wurde kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen festgestellt ($P = 0,109$). Die Konturen wurden im okklusalen, mittleren und zervikalen Drittel bewertet. Das Walser-Matrizensystem lieferte die beste gingivale Kontur ($P = 0,000$). Die Palodent V3-Matrize lieferte die beste Kontur im mittleren ($P = 0,002$) und okklusalen ($P = 0,036$) Drittel mit minimaler Abweichung von der optimalen Kontur.

Schlussfolgerungen: Das vorkonturierte Teilmatrizensystem Palodent V3 stellte die beste proximale Kontur und Kontaktanatomie wieder her, während die Walser-Matrize nur einen minimalen Überhang erzeugte.

Schlüsselwörter: Zirkumferentielles Matrizensystem; Klasse-II-Restaurationen; Palodent V3-Matrizensystem; segmentiertes Matrizensystem; U-Band-System; Walser-System

Korrespondenzadresse:

Dr. Mamta Kaushik,
Abteilung für Konservierende Zahnheilkunde und Endodontie, Army College of Dental Sciences, Secunderabad – 500 087, Telangana, Indien.
E-Mail: mamkaushik@gmail.com

Eingereicht am: 23.02.2025
Begutachtung abgeschlossen: 29.03.2025
Angenommen am: 31.03.2025
Veröffentlicht: 06.05.2025

Diesen Artikel online aufrufen	
QR-Code:	Website: https://journals.lww.com/jcde
	DOI: 10.4103/JCDE.JCDE_143_25

Einleitung

Das Hauptziel der restaurativen Zahnmedizin ist es, Form und Funktion des stomatognathen Systems wiederherzustellen. Korrekte anatomische Kontakte und Konturen spielen eine wichtige Rolle bei der Aufrechterhaltung der Integrität des Zahnbogens.^[1] Unzureichende Kontakte führen zu Nahrungsmittelstauungen, was

Dies ist eine Open-Access-Zeitschrift, und die Artikel werden unter den Bedingungen der Creative-Commons-Lizenz „Namensnennung – Nicht kommerziell – Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0“ verbreitet, die es anderen erlaubt, das Werk nichtkommerziell zu remixen, anzupassen und darauf aufzubauen, solange eine angemessene Quellenangabe erfolgt und die neuen Werke unter denselben Bedingungen lizenziert werden.

Für Nachdrucke wenden dich bitte an:
WKHLRPMedknow_reprints@wolterskluwer.com

So zitierst du diesen Artikel: Panda DN, Kaushik M, Mehra N, Verma N, Dwivedi A. Bewertung anatomischer Kontakte und Konturen von Klasse-II-Restorationen unter Verwendung von vier verschiedenen Zahnmatrizensystemen: Eine vergleichende *In-vitro*-Analyse. J Conserv Dent Endod 2025;28:449-55.

Parodontale Probleme, die zu anschließendem Knochenverlust führen, Sekundärkaries auslösen und eine Zahnverschiebung verursachen. Dies führt zu einer verkürzten Lebensdauer der Restauration und des Zahns und schließlich zum klinischen Versagen der Restauration, was zu exzentrischer Okklusion und einer Kiefergelenksdysfunktion führt.^[2,3]

Die proximale Kontur bestimmt die Position der interproximalen Kontaktfläche und sorgt für eine optimale Größe der Zahnzwischenräume, die für die Erhaltung einer gesunden Zahnfleischpapille erforderlich ist.^[4,5]

Kavitäten der Klasse II betreffen die Okklusal- und Proximalflächen der Zähne. Die direkte Versorgung solcher Kavitäten erfordert den Einsatz eines Matrixsystems, das eine provisorische Wand bildet, an die das Füllmaterial angedrückt wird, um den korrekten interproximalen Kontakt, die Form und die Funktion wiederherzustellen. Es hilft außerdem dabei, die Restaurationen zu formen und den Gingivaüberstand zu reduzieren.^[4-8]

Die traditionellen zirkumferentiellen Matrixsysteme wie das Tofflemire-System, das ursprünglich für Amalgamfüllungen eingeführt wurde, werden von Zahnärzten am häufigsten verwendet und an zahnmedizinischen Fakultäten gelehrt, da sie kostengünstig und effizient sind.^[9,10] Bei Kompositen neigen die zirkumferentiellen Matrizen jedoch dazu, die Matrix im interproximalen Bereich abzuflachen – aufgrund der im Band entstehenden Spannung und wegen der geringen Verformungsfestigkeit des Komposit-Füllmaterials. Dies führt dazu, dass sich der Kontakt zum Randwulst hin verschiebt, was eine geringere Kontaktfestigkeit zur Folge hat und die Einlagerung von Speiseresten begünstigt.^[4,11,12]

Um diese Nachteile zu überwinden, wurden vorgeformte Sektionsbänder eingeführt. Es gibt viele Hersteller, die verschiedene Matrixbänder und -systeme auf unterschiedlichen Prinzipien anbieten. Das Palodent V3 Matrix-System (Dentsply Sirona, Charlotte, North Carolina, USA) bietet vorgeformte Bänder mit Sektionsringen. Das U-Dental-Matrixband (Maryland Dental Bands, Edgewater Dr., Lanark, IL, USA) ist ein benutzerfreundliches System mit dünnen Bändern, die sich problemlos in den Approximalbereichen platzieren lassen. Das Walser-Matrixsystem (Dr. Walser Dental, Radolfzell, Deutschland) verfügt über eine integrierte Feder, die dabei hilft, die richtige Spannung im Band aufrechtzuerhalten, was zu einer Selbstkonturierung sowohl im gingivalen als auch im okklusalen Bereich führt, ohne dass ein Keil verwendet werden muss.^[4,13]

Verschiedene Autoren haben die Wiederherstellung von Kontakten sowohl *in vitro* als auch *in vivo* untersucht.^[6,11-20] Allerdings hat noch keiner die Konturanatomie vor und nach der Restauration mittels dreidimensionalem (3D-)Scan und Überlagerung verglichen.

Ziel der vorliegenden Studie war es, verschiedene Matrixsysteme hinsichtlich ihrer Fähigkeit zu vergleichen, eine angemessene Kontaktdichte, Konturanatomie und den gingivalen Überhang erfolgreich wiederherzustellen. Die Bedeutung einer etablierten Kontur und

Panda *et al.*: Kontakt und Konturmorphologie von Klasse-II-Restaurationen

Kontaktdichte wird dazu beitragen, die Wissenslücke hinsichtlich der Effizienz verschiedener Matrixsysteme unter Berücksichtigung der Konturanatomie der Zähne zu schließen.

Die zu prüfende Nullhypothese lautete, dass es keinen Unterschied beim proximalen Überhang, bei der Kontaktdichte und bei der Kontur von Klasse-II-Restaurationen gibt, die unter Verwendung traditioneller zirkumferenzieller und neuerer sektionaler Matrixsysteme wiederhergestellt wurden.

MATERIALIEN UND METHODEN

Das Manuskript dieser *In-vitro*-Studie wurde gemäß den Richtlinien „Preferred Reporting Items for Laboratory Studies in Endodontology 2021“ verfasst. Das Studienprotokoll wurde von der Ethikkommission unter der Nummer IEC/127/2022 genehmigt.

Präparation der Proben

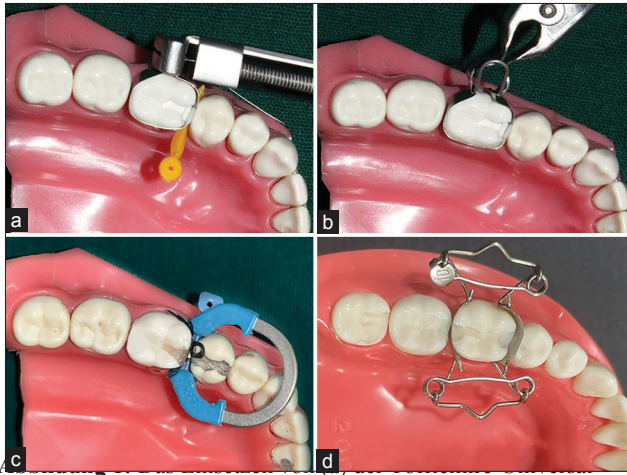
In dieser Studie wurden 200 linke untere erste Backenzähne (Typodont-Zähne, Modellnr. COARMT36) (Confident Dental, Bengaluru, Karnataka, Indien) verwendet. Alle Zähne wurden zur einfachen Identifizierung mit einer Seriennummer versehen.

Vor der Kavitätenpräparation wurden für alle Proben Ausgangswerte für die Proximalkontaktdichte und die Kontur ermittelt. Die Beurteilung der Kontaktdichte erfolgte nach den Kriterien des United States Public Health System (USPHS) unter Verwendung von Zahnseide (Colgate Total Waxed Dental Floss). Die Zahnseide wurde zwischen den Proximalkontakten hindurchgeführt und je nach dem beobachteten Widerstand der Zahnseide mit 01 – fest, 02 – ausreichend und 03 – locker bewertet.^[6,16]

Die Zahnkontur wurde durch einen 3D-Scan der Typodont-Zähne mit dem Intraoralscanner Medit i500 (Medit, Seoul, Südkorea) ermittelt (<https://www.medit.com/dental-clinic-i500>). Die erfassten Daten wurden in das STL-Format (Standard Tessellation Language) konvertiert und in Mesh Labs (ISTI-CNR, Italien) importiert.

Standardisierte mesio-okklusale Kavitäten mit einer Proximalbox der Abmessungen 4 mm × 4 mm × 2 mm, einer gingivalen Sitzbreite von 0,8 mm Breite und einer entsprechenden konservativen okklusalen Präparation wurden mit einem FG245-Wolframkarbid-Bohrer (Prima Dental, Gloucester, Großbritannien) präpariert [Abbildung 1b]. Alle Kavitäten wurden von einem einzigen Behandler präpariert und mit einem elektronischen Messschieber (Mitutoyo Corporation, Japan) überprüft.

Anschließend wurden die Zähne anhand der für die Restaurationen verwendeten Matrixsysteme in vier Gruppen unterteilt: Gruppe 1 – Tofflemire Universal Matrix (GDC Fine Crafted Dental Pvt. Ltd., Indien), Gruppe 2 – U-Band-Matrixsystem (Maryland Dental Bands, Edgewater Dr., Lanark, IL, USA), Gruppe 3 – Palodent V3-Matrixsystem (Dentsply Sirona, Charlotte, NC, USA) und Gruppe 4 – Walser-System (Dr. Walser Dental, Radolfzell, Deutschland).



Matrize

(b) U-Band-Matrizensystem (c) Palodent V3-Matrizensystem
(d) Walser-Matrizensystem

In den entsprechenden Gruppen wurden mittelgroße Keile des Palodent V3-Matrizensystems (Dentsply Sirona, Charlotte, NC, USA) verwendet.

Platzierung der Matrixbänder

Gruppe 1 (Tofflemire Universal-Matrix, GDC, Indien)

Der Tofflemire-Retainer wurde so gehalten, dass der Schlitz am Kopf nach oben zeigte. Eine umlaufende flache Matrix wurde zu einer Schlaufe geformt und durch den diagonalen Schlitz an der Klemme des Retainers geschoben. Diese wurde im Retainer gesichert, indem die Sicherungsmutter im Uhrzeigersinn gedreht wurde. Das Band wurde so am Retainer ausgerichtet, dass das offene Ende des Retainers zur Gingiva zeigte; die Schlaufe wurde über den zu restaurierenden Zahn gelegt. Der Durchmesser der Matrizen-Schlaufe wurde an den Seiten des Zahns angepasst, indem die Einstellmutter (langer Knopf) im Uhrzeigersinn gedreht wurde. Ein Keil wurde von der lingualen Seite aus eingesetzt, wobei die Basis zum Zahnfleisch zeigte. Die Kontaktfläche des Matrixbandes wurde mit einem Kugelpolierer BB22/23 (GDC, Indien) geglättet [Abbildung 1a].

Gruppe 2 (U-Band-Matrix-System, Maryland Dental Bands, Edgewater Dr., Lanark, IL, USA)

Das MOD-Band wurde so angebracht, dass das offene Ende des Bandes auf der bukkalen Seite lag. Die mitgelieferte Klammer wurde eingesetzt, um das U-Band besser an den Zahn anzupassen. Ein Keil wurde von der lingualen Zahnfläche aus eingesetzt, wobei die Basis zum Zahnfleisch hin zeigte [Abbildung 1b].

Gruppe 3 (Palodent V3-Matrizensystem, Dentsply Sirona, Charlotte, NC, USA)

Mit der im System enthaltenen Pin-Pinzette wurde eine vorgeformte, sektionale Palodent V3-Metallmatrize der Größe 5,5 mm an der mesialen Seite der Zähne platziert. Der Keil wurde mit der Pin-Pinzette von der bukkalen Zahnfläche aus auf der mesialen Seite des Zahns eingesetzt, und der Ring wurde

auf den Keil aufgesetzt, um eine Trennung von den Nachbarzähnen zu gewährleisten und das Band richtig zu konturieren und an Ort und Stelle zu halten [Abbildung 1c].

Gruppe 4 (Walser-System, Dr. Walser Dental, Radolfzell, Deutschland)

Mit der im Matrixsystem mitgelieferten Zange wurde die O-förmige Matrix Nr. 9 in den Interdentalraum geschoben und eingesetzt. Die Kräfte wurden gelöst, als das Band auf Widerstand seitens des Typodont-Kiefers stieß [Abbildung 1d].

Alle restaurativen Eingriffe wurden von einem einzigen Behandler unter Verwendung von Universal Micro Hybrid Composite (Dentsply Sirona, Charlotte, North Carolina, USA) durchgeführt. Es wurden Schichten mit einer Dicke von jeweils 2 mm nach der schrägen Schichttechnik aufgetragen. Jede Schicht wurde 20 Sekunden lang aus okklusaler Richtung in einem Abstand von 1 mm mit einem QHL75-Aushärtungslicht (Dentsply Sirona, Charlotte, North Carolina, USA) bei einer Lichtintensität von 450 mW/cm^2 ausgehärtet. Nach dem Entfernen des Matrixbandes wurden die Restaurationen zusätzlich 20 Sekunden lang bukkal und lingual nachgehärtet.

An den Restaurationen wurden keine Nachbearbeitungen oder Anpassungen vorgenommen, um Veränderungen an den okklusalen und proximalen Oberflächen zu vermeiden. Die Proben wurden anschließend hinsichtlich des proximalen Überhangs, der Kontaktdichte und der Konturanatomie beurteilt.

Bewertung des proximalen Überhangs, der Kontaktdichtheit und der Konturanatomie

Zwei Gutachter wurden geschult, um die Restaurationen hinsichtlich der drei Variablen zu bewerten. Den Gutachtern war nicht bekannt, welches Matrizensystem verwendet wurde. Der Test wurde nach einer Woche von denselben Gutachtern wiederholt.

Beurteilung der proximalen Kontaktdichte

Die Zahnseide wurde um die Zeigefinger gewickelt und zwischen den proximalen Kontakten hindurchgeführt. Der festgestellte Widerstand wurde gemäß den zuvor erläuterten Bewertungskriterien eingestuft.

Qualitative Beurteilung der Anatomie der proximalen Kontur und des Überhangs

Die wiederhergestellte Kontur und der Überhang des restaurierten Zahns [Abbildung 2a und b] wurden durch das Scannen der restaurierten Zähne mit dem Intraoralscanner Medit i500 bewertet.

Die 3D-rekonstruierten Modelle wurden zum Vergleich vor der Zahnpräparation und nach der Restauration aneinander ausgerichtet [Abbildung 2c]. Die Unterschiede zwischen ihnen wurden von einem unabhängigen Prüfer qualitativ analysiert. Die proximale Oberfläche der Restaurationen wurde in drei Bereiche unterteilt, indem das Bild auf Millimeterpapier übertragen wurde, das das okklusale, mittlere und gingivale Drittel zur Analyse nach folgenden Kriterien abgrenzte: 01 = Materialmangel, 02 = Optimal, 03 = Materialüberschuss.

Statistische Auswertung

Die Daten wurden in einer MS-Excel-Tabelle (Version 2108) erfasst und mit SPSS Version 26 (IBM, New York, USA) ausgewertet. Die Datenanalyse erfolgte mittels deskriptiver Statistik und weiterer relevanter Signifikanztests. Der P-Wert wurde auf 0,05 als Signifikanzschwelle festgelegt, und $P < 0,01$ wurde als hochsignifikant gewertet. Das Konfidenzniveau wurde auf 95 % festgelegt, und die Aussagekraft der Studie wurde auf 80 % festgelegt. Zur Beurteilung der Intra-Untersucher-Reliabilität für jedes der drei Kriterien wurden Kappa-Statistiken durchgeführt. Der Kappa-Wert zeigte in allen Gruppen eine erhebliche bis mäßige Übereinstimmung.

Die Werte für Kontaktdichtheit, Konturanatomie und Überhang der vier Gruppen von Matrixsystemen wurden mithilfe des nichtparametrischen Kruskal-Wallis-Signifikanztests verglichen. Die Werte wurden zusätzlich mit dem Mann-Whitney-U-Test analysiert, um den paarweisen Vergleich der Gruppen hinsichtlich der drei Variablen zu untersuchen.

ERGEBNISSE

Die Ergebnisse werden als mittlere Ränge und Mittelwerte der Gruppen für die drei untersuchten Variablen dargestellt. Ein mittlerer Rang näher an 100 oder Mittelwerte näher an 2,00 deuten auf eine optimale und ausgewogene Restauration hin.

Mittelrangswerte unter oder über 100 deuten hingegen darauf hin, dass die Werte im Datensatz eher unzureichend bzw. übermäßig sind.

Die von den vier Matrixsystemen erzielten Werte für Überhang, Kontakt und Kontur sind in Tabelle 1 dargestellt. Ein hoch

signifikanter Unterschied zwischen den mittleren Rängen der vier Gruppen beim Überhang festgestellt ($P = 0,000$). Es gab keinen signifikanten Unterschied bei der wiederhergestellten Dichte des proximalen Kontakts zwischen den vier Matrixsystemen ($P = 0,109$).

Die Werte der wiederhergestellten Konturanatomie im okklusalen ($P = 0,036$), mittleren ($P = 0,002$) und gingivalen Drittel ($P = 0,000$) zeigten einen hochsignifikanten Unterschied zwischen den Gruppen.

Die Ergebnisse des erzeugten Überhangs wurden zusätzlich mit dem Mann-Whitney-U-Test auf Signifikanz analysiert, wobei alle Gruppen einen signifikanten Unterschied aufwiesen, außer zwischen den U-Bändern und dem Walser-Bandsystem [Tabelle 2].

DISKUSSION

Die Wiederherstellung einer harmonischen interdentalen Anatomie bei Klasse-II-Fehlstellungen ist eine Herausforderung und hängt von mehreren Kriterien ab. Die wichtigsten davon sind die Dichtheit der Proximalkontakte und die Konturmorphologie.^[2,3,13,19,20] Um diese zu erreichen, ist die richtige Auswahl eines Matrixsystems entscheidend, das die Abstützung, Ausrichtung und Stabilisierung des Gebisses ermöglicht und so die interdental Zahnfleischpapille vor Nahrungsmittelablagerungen, Parodontalerkrankungen und der Entstehung approximaler Kariesläsionen schützt.^[2,3] Derzeit gibt es viele Matrixsysteme mit unterschiedlichen Designs und Mechanismen, die den Behandler dabei unterstützen, das gewünschte Ergebnis zu erzielen.

Komposite auf Harzbasis sind das Material der Wahl für die Restauration von Front- und Seitenzähnen. Dies

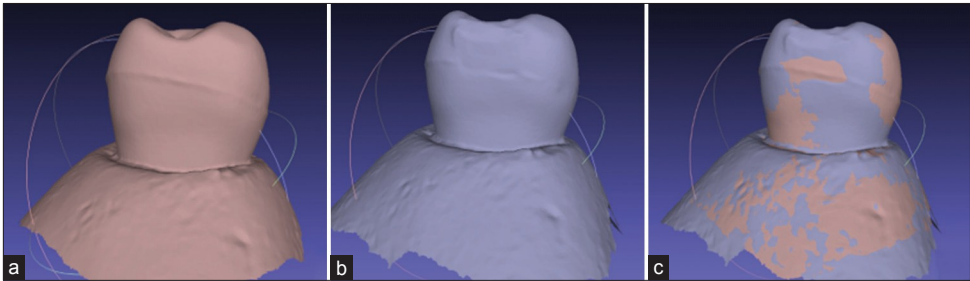


Abbildung 2: (a) Dreidimensionaler (3D-)Scan eines nicht präparierten Zahns (orange) (b) 3D-Scan eines präparierten und restaurierten Zahns (blau) (c) Überlagerung des präparierten und restaurierten Zahns mit dem unpräparierten Zahn

Tabelle 1: Vergleich der Mittelwerte und des mittleren Ranges für Überhang, Kontakt und wiederhergestellte Kontur zwischen den vier Gruppen von Matrixsystemen

Variable	Gruppe I	Gruppe II	Gruppe III	Gruppe IV	P
Überhang, Mittelwert (Rangmittelwert)	1,7600 (81,96)	1,7600 (98,07)	2,2000 (120,56)	1,9800 (101,41)	0,000†
Kontakt, Mittelwert (Rangmittelwert)	95,73 (95,73)	102,90 (102,90)	89,88 (89,88)	113,49 (113,49)	0,109 (NS)
Kontur, Mittelwert (Rangmittelwert)					
Okklusal	2,4200 (108,41)	2,3800 (104,67)	2,0800 (82,38)	2,4000 (106,54)	0,036*
Mittelwert	2,3800 (114,59)	2,1600 (95,34)	1,9800 (80,63)	2,3600 (111,44)	0,002†
Zahnfleisch	1,7000 (80,24)	1,8800 (96,68)	2,1800 (121,70)	1,9600 (103,38)	0,000†

* $P < 0,05$ ist statistisch signifikant, † $P < 0,01$ ist hochsignifikant. Es wurde der Kruskal-Wallis-Signifikanztest verwendet. NS: Nicht signifikant

Tabelle 2: Paarweiser Vergleich des Überhangs der vier in der Studie verwendeten Matrixsystemgruppen

Gruppe	n	Mittelwert	Mittlerer Rang	Rangsumme	P
Gruppe 1	50	1,76	46,09	2304,50	0,026*
Gruppe 2	50	1,94	54,91	2745,50	
Gruppe 1	50	1,76	41,28	2064,00	0,000†
Gruppe 3	50	2,20	59,72	2986,00	
Gruppe 1	50	1,76	45,59	2279,50	0,025*
Gruppe 4	50	1,98	55,41	2770,50	
Gruppe 2	50	1,94	44,52	2226,00	0,005†
Gruppe 3	50	2,20	56,48	2824,00	
Gruppe 2	50	1,94	49,64	2482,00	0,642
Gruppe 4	50	1,98	51,36	2568,00	(NS)
Gruppe 3	50	2,20	55,36	2768,00	0,035*
Gruppe 4	50	1,98	45,64	2282,00	

* $P < 0,05$ ist statistisch signifikant, † $P < 0,01$ ist statistisch hochsignifikant. Es wurde der Mann-Whitney-U-Test zur Signifikanzprüfung verwendet. NS: Nicht signifikant

ist auf seine akzeptable klinische Leistung zurückzuführen, die er seinen überlegenen mechanischen und ästhetischen Eigenschaften verdankt. Die größte Herausforderung bei der Herstellung von Klasse-II-Restaurationen ist die Herstellung akzeptabler approximaler Kontakte und Konturen aufgrund seiner viskoelastischen Beschaffenheit, die eine passive Platzierung des Materials und die Ausübung begrenzter Kraft auf die Matrice vor der Polymerisation ermöglicht. [11,21–23]

Ziel dieser In-vitro-Studie war es, den Überhang, die Konturanatomie und die Kontaktdichte, die mit dem Tofflemire-Matrixsystem, dem U-Band-System, Palodent V3 und dem Walser-Matrixsystem bei der Restauration mit einem universellen Mikrohybrid-Komposit erzielt wurden, qualitativ zu analysieren. Die Nullhypothese der Studie wurde teilweise verworfen, da die Wahl des verwendeten Matrixsystems den proximalen Überhang und die erzeugte Konturanatomie signifikant beeinflusste, ohne die proximale Kontaktdichte wesentlich zu beeinflussen.

Der Vergleich der wiederhergestellten Kontur der restaurierten Zähne durch Überlagerung der 3D-Rekonstruktionsmodelle vor und nach der Restauration lieferte qualitative Daten und erwies sich als vorteilhafte, zerstörungsfreie Methode zur Untersuchung der Konturmorphologie.

Die Ergebnisse zeigten einen statistisch signifikanten Unterschied im okklusalen ($P = 0,036$), mittleren (0,002) und gingivalen (0,000) Drittel der restaurierten Zähne.

Die beste gingivale Kontur wurde mit dem Walser-Matrixband erzielt (mittlerer Rang 103,38 und Mittelwert = 1,96), gefolgt vom U-Band-System (mittlerer Rang 96,88 und Mittelwert = 1,88), dem Palodent-V3-System (mittlerer Rang 121,70 und Mittelwert = 2,18) sowie dem Tofflemire-System (mittlerer Rang 80,24 und Mittelwert = 1,7). Die hohe Federkraft des Walser-Matrixsystems in tangentialer und zervikaler Richtung verhindert ein Überfüllen mit Füllmaterial. Zudem ermöglichen die konkaven Zahnflanken der Matrice eine bessere Anpassung der Matrice im zervikalen Bereich. Das U-Band-System mit einer MOD-Matrice und einem Clip führte zu einer verbesserten und dichten Anpassung.

Das Palodent-Matrixsystem nutzt mit seinen dünnen, vorgeformten Teilmatrizen das Prinzip der mechanischen Trennung des Zahns. Das Anbringen des Rings erzeugt nach dem Einsetzen der Matrice Spannung zwischen den Zähnen, was eine Zahnverschiebung ermöglicht, die Platz für das Füllmaterial schafft und dabei hilft, optimalen Kontakt und eine optimale Kontur herzustellen. [23] Das Tofflemire-System wies die mangelhafteste Gingivakontur auf. Dies lag an der geraden und nicht konturierten Form des Matrixbandes, was zu einem eher koronalen Kontaktpunkt und einem geraderen anatomischen Proximalausgang führte, was wiederum eine flache Kontur zur Folge hatte. [23,24] Außerdem waren die zirkulären Tofflemire-Matrizen in erster Linie für die Versorgung von Zähnen mit Amalgam und nicht mit Komposit konzipiert. [5,11]

Das Palodent-Matrixsystem lieferte die beste Kontur im mittleren Drittel (mittlerer Rang 80,63 und Mittelwert 1,98), gefolgt von den U-Bändern (mittlerer Rang 95,34 und Mittelwert 2,16), dem Walser-Matrixsystem (mittlerer Rang 111,44 und Mittelwert 2,36) und dem Tofflemire-Matrixsystem (mittlerer Rang 114,59 und Mittelwert 2,38).

Allerdings wiesen alle Matrixsysteme im okklusalen Drittel einen Überschuss auf, was bei den meisten Matrixsystemen eine Herausforderung darstellt. Insgesamt zeigten die vorkonturierten Bänder im Vergleich zum nicht konturierten Matrixsystem eine bessere Anpassung; diese Ergebnisse ähnelten denen früherer Studien. [11,14,16,20,22,23] In der vorliegenden Studie wies das Palodent V3-Matrixsystem mit einem Mittelwert von 2,08 die geringste Abweichung vom Optimum auf.

Die Überlagerung der 3D-rekonstruierten Proximalflächen vor und nach der Füllung ermöglicht eine präzise Bewertung der durch das Matrixsystem erzeugten Kontur. Das Mesh Lab ermöglicht die automatische Erfassung und Ausrichtung der anatomischen Strukturen auf Basis der besten Passform. Die überlagerten virtuellen STL-Modelle wurden von den Gutachtern begutachtet und zur subjektiven Analyse bewertet.

Zu ähnlichen Ergebnissen kam eine vergleichbare Studie von Kumari *et al.* [25] in der die proximale Kontur qualitativ bewertet wurde, indem die prä- und postoperativen Proben visuell verglichen wurden, gefolgt von einer quantitativen Beurteilung der Kontur mithilfe einer Gipsvorrichtung mit dem Abdruck der distalen Oberfläche des restaurierten Zahns. Die proximale Kontur wurde durch Messung der Fläche und der Tiefe der Konkavität bewertet.

Die Bildung von Zahnfleischüberhängen bei direkten Klasse-II-Restaurationen kommt häufig vor. Obwohl verschiedene Autoren die schädlichen Auswirkungen von Zahnfleischüberhängen beschrieben haben, haben nur wenige die Entstehung von Überhängen untersucht und mit der Art des verwendeten Matrixsystems in Zusammenhang gebracht [6,11,15,16,20]. Der gingivale Überhang der Restaurationen wies einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den verschiedenen Matrixbändern auf ($P = 0,000$).

Das Band mit dem geringsten oder gar keinem Überhang war das Walser-Matrizensystem (Mittelwert 1,98 und mittlerer Rang 101,41), gefolgt vom U-Band (Mittelwert 1,94 und mittlerer Rang 98,07); Tofflemire (Mittelwert 1,76 und mittlerer Rang 81,96) wies im gingivalen Drittel Materialmangel auf, wahrscheinlich aufgrund der Steifigkeit und der fehlenden Kontur des Bandes. Diese Ergebnisse stimmen mit Studien von Loomans *et al.* ^[13] überein, in denen bei Verwendung des Walser-Systems ähnliche Ergebnisse erzielt wurden, sowie mit denen von Chuang *et al.* ^[(20)] die feststellten, dass bei Tofflemire Materialmangel auftrat.

Das Palodent-Matrizensystem wies den größten Materialüberschuss auf. Dies könnte auf Schwierigkeiten des Anwenders bei der effektiven Verwendung des Matrixbandes zurückzuführen sein, möglicherweise aufgrund der damit verbundenen Lernkurve. Allerdings widersprechen diese Ergebnisse Studien von Durr-E-Sadaf *et al.* ^[16], die beim Palodent-System eine ausreichende Anpassung im gingivalen Drittel feststellten.

Die wiederhergestellte Kontaktdichte wurde durch die Art des verwendeten Matrixsystems nicht beeinflusst. Die proximale Kontaktdichte wurde anhand der USPHS-Kriterien bewertet.

Dies ist eine traditionelle und am häufigsten verwendete Methode, bei der Zahnseide interproximal durchgezogen wird, um die Kontaktdichte zu beurteilen. Verschiedene Autoren haben die oben genannte Methode bereits für *In-vitro*- und *In-vivo*-Studien verwendet. ^[6,12,26,27] In der vorliegenden Studie wurde festgestellt, dass die Kontakte aller Restaurationen keinen statistisch signifikanten Unterschied untereinander aufwiesen ($P = 0,109$). Allerdings erzielte das U-Band-System (mittlerer Rang 102,90) im Vergleich zum ursprünglichen, unpräparierten Typodont die günstigsten Kontakte. Es folgten das Tofflemire-System (mittlerer Rang 95,73), das Palodent-V3-System (mittlerer Rang 89,88) und das Walser-System (mittlerer Rang 113,49).

Diese Ergebnisse stehen im Widerspruch zu den Ergebnissen anderer *In-vitro*- und *In-vivo*-Studien, in denen dünne, punktuelle, extrem weiche Matrizen eine bessere Kontaktdichtheit erzielten als zirkuläre Systeme. ^[19,20] Zudem ist die Methode zur Beurteilung der Kontaktdichtheit subjektiver Natur und weist eine mangelnde Sensitivität bei der Erkennung geringfügiger Veränderungen der proximalen Kontaktdichtheit auf. ^[20,27,28]

Zu den neueren Methoden zur Beurteilung der proximalen Kontaktdichtheit gehören der Einsatz von Zahnpressungsmessern, digitalen Kraftmessern sowie die Verwendung standardisierter Metallklingen oder Streifen aus Ausgleichsmaterial unterschiedlicher Dicke (Ausgleichsstreifen). ^[18,23,29–32]

Was die Benutzerfreundlichkeit für den Anwender betrifft, erwies sich das Walser-Matrizensystem als weniger technikabhängig und am bequemsten in der Anwendung. Dank des integrierten Spannmehanismus seines Federdesigns, der die Bildung eines engen Kragens im Zahnfleischbereich bewirkt, lässt sich die Matrix äußerst konsistent platzieren, was dazu führte, dass praktisch kein Überhang entstand. Dahinter folgten das U-Band-System und das Palodent-V3-System. Das zirkuläre Tofflemire-Matrizensystem war am umständlichsten in der Anwendung

seines komplizierten Designs, der vielen beweglichen Teile und der speziellen An- und Abnahmetechnik am umständlichsten in der Handhabung.

Zu den Einschränkungen dieser Studie gehörte, dass die Dicke der Matrixbänder nicht berücksichtigt wurde und die Beurteilung des proximalen Kontakts nach der traditionellen Methode erfolgte. Zukünftige Empfehlungen zur Analyse der oben untersuchten Variablen könnten eine quantitative Analyse durch die Beurteilung der Volumenänderung vor und nach der Restauration beinhalten. Oder das Setzen mehrerer Punkte auf der proximalen Seite des Zahns und die Erstellung eines Netzmodells, das mit dem Original verglichen werden kann, um Veränderungen zu analysieren.

SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die Herstellung einer optimalen proximalen Kontur und eines optimalen Kontakts mit minimalem Überhang bei einer Klasse-II-Restauration ist unerlässlich und hängt von der Wahl des Matrizensystems ab. Innerhalb der Grenzen dieser Studie lässt sich feststellen, dass das Palodent V3-Matrizensystem die beste Kontur im okklusalen und mittleren Drittel lieferte, während das Walser-Matrizensystem die beste gingivale Kontur mit minimalem Überhang bot. Alle Matrizensysteme erzielten jedoch eine nahezu gleichwertige Dichtheit des proximalen Kontakts.

Finanzielle Unterstützung und Förderung

Diese Studie wurde durch Mittel des Indian Council of Medical Research (ICMR) STS-Fonds unterstützt.

Interessenkonflikte

Es bestehen keine Interessenkonflikte.

LITERATUR

1. Tolba ZO, Oraby E, Abd El Aziz PM. Einfluss von Matrizensystemen auf die Dichtheit der Proximalkontakte und die Oberflächengeometrie bei direkten Kompositrestaurationen der Klasse II *in vitro*. BMC Oral Health 2023;23:535.
2. Hancock EB, Mayo CV, Schwab RR, Wirthlin MR. Einfluss von Interdentalkontakten auf den parodontalen Status. J Periodontol 1980;51:445-9.
3. Jernberg GR, Bakdash MB, Keenan KM. Zusammenhang zwischen offenen proximalen Zahnkontakten und Parodontalerkrankungen. J Periodontol 1983;54:529-33.
4. Raghu R, Srinivasan R. Optimierung der Zahnform durch direkte Kompositrestaurationen im Seitenzahnbereich. J Conserv Dent 2011;14:330-6.
5. Loomans BA. Dichtheit der approximalen Kontakte bei Kompositrestaurationen im Seitenzahnbereich [Dissertation]. Nijmegen, Niederlande: Radboud-Universität; 2006.
6. Khan A, Fatima Z, Siddiqui S, Khan R, Chowdhary D, Anwar SZ. Vergleich von Kontakt und Kontur bei Seitenzähnen unter Verwendung von drei verschiedenen Matrizensystemen – Eine In-vivo-Studie. J Pharm Negat Results 2022;13:2167-80.
7. Eakle WS, Bastin KG. Dentalmaterialien: Klinische Anwendungen für Zahnarzthelfer und Dentalhygieniker. 4. Auflage. St. Louis, Missouri: Elsevier Health Sciences; 2019.
8. Torres CR, Zanatta RF. Kompositrestaurationen an Frontzähnen. In: Torres CR (Hrsg.). Moderne operative Zahnmedizin. Schweiz: Springer International Publishing; 2020. S. 465–575.
9. Wilson NH, Lynch CD. Die Lehre über Komposit-Restaurationen im Seitenzahnbereich: Zukunftsplanung auf der Grundlage von 25 Jahren Forschung. J Dent 2014;42:503–16.
10. Gomes IA, Filho EM, Mariz DC, Borges AH, Tonetto MR, Firoozmand LM *u. a.* In-vivo-Bewertung von Proximalrestaurationen aus Komposit unter Verwendung von drei verschiedenen Matrixsystemen. J Contemp Dent Pract 2015;16:643–7.

11. Sankhyan V, Makkar S, Negi S, Gupta S, Jain A, Arora G. Vergleich der proximalen Kontakte und Konturen von Klasse-II-Restaurationen an Prämolaren und Molaren, die mit drei verschiedenen Matrizensystemen unter Anwendung der FDI-Kriterien restauriert wurden: Eine In-vivo-Studie. *J Conserv Dent Endod* 2024;27:913-9.
12. Al-Otaibi F, Al-Zughaibi M, Al-Otaibi G. Einsatz von Matrizenbändern durch Zahnmedizinstudenten bei Klasse-II-Restaurationen. *J Adv Med Dent Sci Res* 2019;7:69-74.
13. Loomans BA, Opdam NJ, Bronkhorst EM, Roeters FJ, Deter CE. Eine klinische Studie zu Techniken zur Interdentalseparation. *Oper Dent* 2007;32:207-11.
14. Wirsching E, Loomans BA, Klaiher B, Daibe CE. Einfluss von Matrizensystemen auf die Proximalkontaktdichte von 2- und 3-flächigen Komposit-Restaurationen im Seitenzahnbereich *in vivo*. *J Dent* 2011;39:386-90.
15. Gilmour AS, James T, Bryant S, Gardner A, Stone D, Addy LD. Eine *In-vitro*-Studie zur Verwendung von zirkulären Matrizenbändern bei der Einbringung von Amalgam-Restaurationen der Klasse II. *Br Dent J* 2008;204:E10.
16. Durr-E-Sadaf, Ahmad MZ, Gaikwad RN, Arjumand B. Vergleich zweier verschiedener Matrixbandsysteme bei der Restauration von Kavitäten mit zwei Oberflächen an Seitenzähnen, durchgeführt von Studenten im höheren Studienjahr an der Qassim-Universität, Saudi-Arabien: Eine randomisierte, kontrollierte klinische Studie. *Indian J Dent Res* 2018;29:459-64.
17. Almushayti M, Arjumand B. Handhabungsfreundlichkeit und Zufriedenheit der Behandler bei der Versorgung von Klasse-II-Kavitäten mit einem sektionalen gegenüber einem zirkumferentiellen Matrizensystem in den zahnmedizinischen Kliniken der Qassim-Universität. *Cureus* 2022;14:e20957.
18. Peskersoy C, Sener M, Gurses OB, Erbil E, Turkun M. Bewertung der Dichtheit der Proximalkontakte und der Kontaktfläche bei Kompositrestaurationen im Seitenzahnbereich. *Appl Sci* 2024;14:8335-45.
19. Loomans BA, Opdam NJ, Roeters FJ, Bronkhorst EM, Burgersdijk RC, Dürger CE. Eine randomisierte klinische Studie zu den Proximalkontakten von Kompositfüllungen im Seitenzahnbereich. *J Dent* 2006;34:292-7.
20. Chuang SF, Su KC, Wang CH, Chang CH. Morphologische Analyse der Proximalkontakte bei direkten Restaurationen der Klasse II mittels 3D-Bildrekonstruktion. *J Dent* 2011;39:448-56.
21. Anantula K, Vankayala B, Yadav SS. Dichtheit der Proximalkontakte bei direkten Komposit-Restaurationen der Klasse II mit verschiedenen Matrizensystemen: Eine systematische Übersicht. *J Conserv Dent Endod* 2024;27:11-6.
22. Peumans M, Van Meerbeek B, Asscherickx K, Simon S, Abe Y, Lambrechts P, *et al.* Tragen kondensierbare Komposite dazu bei, bessere Proximalkontakte zu erzielen? *Dent Mater* 2001;17:533-41.
23. Owens BM, Phebus JG. Eine evidenzbasierte Übersicht über zahnärztliche Matrizensysteme. *Gen Dent* 2016;64:64-70.
24. Bailey O. Lösungen mit Teilmatrizen: Die verzerrte Wahrheit. *Br Dent J* 2021;231:547-55.
25. Kumari S, Raghu R, Shetty A, Rajasekhara S, Padmini SD. Morphologische Beurteilung des Oberflächenprofils, des mesiodistalen Durchmessers und der Kontaktdichte von Kompositrestaurationen der Klasse II unter Verwendung von drei Matrizensystemen: Eine *In-vitro*-Studie. *J Conserv Dent* 2023;26:67-72.
26. Akhtar Q, Danyal S, Zareen S, Ahmed B, Maqsood M, Azad AA. Klinische Bewertung der proximalen Kontaktpunkte bei festsitzendem Zahnersatz. *J Coll Physicians Surg Pak* 2015;25:702-4.
27. Abbassy KM, Elmahy WA, Holiel AA. Bewertung der Proximalkontaktdichte bei Kompositrestaurationen der Klasse II unter Verwendung verschiedener Kontaktformungsinstrumente: Eine 1-jährige randomisierte, kontrollierte klinische Studie. *BMC Oral Health* 2023;23:729.
28. Ren S, Lin Y, Hu X, Wang Y. Veränderungen der Dichtheit der proximalen Kontakte zwischen festsitzenden Implantatprothesen und benachbarten Zähnen: Eine 1-jährige prospektive Studie. *J Prosthet Dent* 2016;115:437-40.
29. Hansen PA, Atwood A, Shanahan M, Beatty M. Die Genauigkeit der klinischen Beurteilung interproximaler Kontakte unter Verwendung verschiedener Methoden. *J Prosthet Dent* 2020;123:284-9.
30. Oh SH, Nakano M, Bando E, Shigemoto S, Kori M. Bewertung der Dichtheit der proximalen Zahnkontakte im Ruhezustand und beim Zusammenbeißen. *J Oral Rehabil* 2004;31:538-45.
31. Patel J, Shah NC, Dedania M, Choudhary D, Bharti N, Jain A. Vergleichende klinische Bewertung der korrekten anatomischen Kontur und des engen Kontakts bei direkten Kompositrestaurationen der Klasse II unter Verwendung zweier neuerer Instrumente zur Konturierung. *J Conserv Dent Endod* 2024;27:1135-40.
32. Loomans BA, Opdam NJ, Roeters FJ, Bronkhorst EM, Burgersdijk RC. Vergleich der Proximalkontakte von Kompositrestaurationen der Klasse II *in vitro*. *Oper Dent* 2006;31:688-93.