



Vergleich des modifizierten Widman-Lappens und des koronalen Verschiebelappens mit CO₂-Lasierung der Wurzel in der Parodontaltherapie: Follow-up über 15 Jahre



Roberto Crespi, MD, MS*/Paolo Cappare, MD**
 Enrico Gherlone, MD, DDS, PhD***
 George E. Romanos, DDS, DMD, PhD****

Ziel dieser Studie war der Vergleich der Ergebnisse, die bei einer Behandlung mit dem modifizierten Widman-Lappen oder dem koronalen Verschiebelappen und Wurzelkonditionierung mit einem Kohlendioxid-Laser (CAF + CO₂) erzielt wurden. Der Beobachtungszeitraum betrug 15 Jahre. Verglichen wurden der Ausgangs- und der 15-Jahres-Wert. Jeder der 25 in diese Studie eingeschlossenen Patienten wurde nach dem Split-mouth-Design behandelt: In einem Quadranten erfolgte eine modifizierte Widman-Lappenoperation (Kontrolle) und auf der anderen Seite nach Abheben eines Vollschichtlappens eine Wurzelkonditionierung mit einem CO₂-Laser. Anschließend wurde der Lappen koronal repositioniert und fixiert (CAF + CO₂, Test). Beginnend nach der Operation wurden über einen Zeitraum von 15 Jahren Plaque-Index, Gingiva-Index, Sondierungstiefe und klinisches Attachmentniveau kontrolliert. Bei einer Sondierungstiefe ≥ 7 mm erreichten die Testbereiche eine stärkere Abnahme der Taschentiefe ($P < 0,01$). Das klinische Attachmentniveau unterschied sich signifikant zwischen den Kontroll- und den Testbereichen bei einer PD von 5 bis 6 mm ($P < 0,001$) und ≥ 7 mm ($P < 0,001$). Laut dieser Studie wird mit einer Behandlung mit CAF + CO₂ eine signifikant stärkere Besserung erreicht als mit einem modifizierten Widman-Lappen. (Int J Par Rest Zahnheilkd 2011;31:637–647.)

- * Gastprofessor, Department of Dentistry, Vita Salute University, San Raffaele Hospital, Mailand, Italien.
- ** Arzt, Department of Dentistry, Vita Salute University, San Raffaele Hospital, Mailand, Italien.
- *** Ordinarius und Chefarzt, Department of Dentistry, Vita Salute University, San Raffaele Hospital, Mailand, Italien.
- **** Gastprofessor, Department of Periodontology and Implant Dentistry, College of Dentistry, New York University, New York, New York, USA.

Korrespondenz an: Dr. Roberto Crespi, Department of Dentistry, Vita Salute University, San Raffaele Hospital, Via Olgettina N.48, 20132 Mailand, Italien; E-Mail: robcresp@libero.it

In Parodontaltaschen kontaminierten parodontale Mikroorganismen und bakterielle Endotoxine die Wurzeloberflächen¹. Damit wird das Reattachment des Bindegewebes an parodontal geschädigte Wurzeloberflächen verhindert, weil die Ausbreitung und Anheftung von Fibroblasten gehemmt ist²⁻⁴.

Durch die mechanische Reinigung der Wurzel entsteht entlang der Wurzeloberflächen ein Schmierfilm, der die Öffnungen der Dentaltubuli verlegt, sodass Keime, bakterielle Endotoxine und verbliebener kontaminierter Wurzelzement⁵ die Heilung des Parodontalgewebes und Regeneration des bindegewebigen Attachments behindern können^{6, 7}.

Der Strahl des Kohlendioxid(CO₂)-Lasers wird im defokussierten Pulsmodus mit einer Leistung von 2 W exzellent in Wasser absorbiert. Außerdem erzeugt er flache und glatte Oberflächen, eliminiert den Schmierfilm und verschließt die Öffnungen der Dentintubuli⁸, sodass das Anheften der Fibroblasten erleichtert wird⁹. Mithilfe eines CO₂-Lasers mit niedriger Energie entfernten Misra et al.¹⁰ den Schmierfilm nach der Wurzelglättung vollständig von den parodontal erkrankten Wurzeloberflächen, ohne dass Schäden der Oberflächenmorphologie auftraten.

Abb. 1 Kontrollbereich (modifizierter Widman-Lappen).



Abb. 1a Ausgangssituation: klinische Ansicht der rechten oberen Seitenzähne.

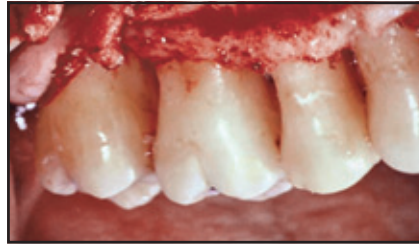


Abb. 1b Abhebung eines Lappens, Scaling und Wurzelglättung.



Abb. 1c Naht der Schleimhautlappen.

Ein experimentelles Tiermodell belegte die Wirksamkeit der Epithelbehandlung mittels CO₂-Laser¹¹. Bei einem offenen Parodontaleingriff wurde die innere Lappenoberfläche mit einem CO₂-Laser deepithelisiert. Dieses Verfahren reduzierte die apikale Epitheleinwanderung während der Heilung signifikant im Vergleich zu den nicht mit einem Laser behandelten Kontrollstellen und förderte das bindegewebige Attachment der Wurzeloberfläche¹². Die Autoren berichteten während der ersten 30 Tage postoperativ über einen signifikant höheren Anteil des bindegewebigen Attachments in den (laserbehandelten) Test- im Vergleich zu den Kontrollbereichen (nur Lappenkürettage).

In einem Tiermodell wurde die Regeneration der Parodontalgewebe nach Wurzelbehandlung und Vaporisierung der Weichgewebe der Parodontaltasche mit einem CO₂-Laser untersucht¹³. Allerdings wurden bislang keine klinischen Parodontalstudien durchgeführt, in denen die Ergebnisse einer Wurzelbehandlung mit dem CO₂-Laser mit denen einer alleinigen traditionellen Therapie für mindestens zwei Jahre verglichen wurden. In der vorliegenden Stu-

die im Split-mouth-Design wird das klinische Ergebnis (Ausgangs- bis 15-Jahres-Wert) nach einer modifizierten Widman-Lappenoperation mit dem einer Operation mit koronalem Verschiebelappen und CO₂-Laserung der Wurzel (CAF + CO₂) verglichen. Der Beobachtungszeitraum dauerte 15 Jahre.

Material und Methode

Studiendesign

Diese Studie wurde von 1991 bis 2006 in einer Privatpraxis durchgeführt. Es wurden 25 Patienten (15 Frauen, 10 Männer; mittleres Alter 45,2 Jahre) mit mittelschwerer bis fortgeschrittener Parodontitis aufgenommen und randomisiert. Alle Patienten hatten eine günstige Anamnese: Sie nahmen keine Medikamente ein, hatten in den letzten drei Monaten keine Antibiotika erhalten und hatten sich im vergangenen Jahr keiner Parodontalbehandlung unterzogen. Patienten, die mehr als fünf Zigaretten täglich rauchten, wurden nicht in die Studie aufgenommen. Allerdings war die Überwachung der

Compliance über einen Zeitraum von 15 Jahren schwierig. In Phase I (nicht operative Therapie) erfolgte bei jedem Patienten eine Sitzung bei einem Zahnhygieniker mit Scaling und Wurzelglättung. Außerdem wurde jeder Patient aufgefordert und angeleitet, selbst für eine angemessene mechanische Plaquekontrolle zu sorgen.

Drei Wochen nach der konservativen Behandlung wurden die Ausgangswerte erfasst. Nach umfassender Aufklärung willigten die Patienten schriftlich in eine Parodontaloperation mit Einsatz eines CO₂-Lasers ein. Die Operation erfolgte durch denselben Operateur an Zähnen, die an mindestens einer Stelle eine Sondierungstiefe ≥ 5 mm aufwiesen. In Phase II (operative Therapie) wurden alle Patienten im Split-mouth-Design operiert: In einem Quadranten wurde eine modifizierte Widman-Lappenoperation vorgenommen (Kontrolle, n = 100)¹⁴ (Abb. 1), und auf der anderen Seite eine Operation mit koronalem Verschiebelappen und einer Wurzelkonditionierung mit CO₂-Laser (CAF + CO₂-Test) (n = 100). Zunächst wurde ein Vollschichtlappen abgehoben und das Granulationsgewebe voll-

Abb. 2 Testbereich (CAF + CO₂).



Abb. 2a Ausgangssituation: klinische Ansicht der linken oberen Seitenzähne.



Abb. 2b Nach Abheben eines Vollschichtlappens und vollständiger Entfernung des Granulationsgewebes mit konventionellen Küretten wurden die exponierten Wurzeloberflächen mit einem CO₂-Laser bestrahlt. Laser-Einstellung: defokussierter Pulsmodus mit einer Leistung von 2 W, einer Frequenz von 20 Hz und einer Spotgröße von 3 mm. Die Weichgewebe auf der Innenseite der Tasche wurden im defokussierten Pulsmodus mit einer Leistung von 13 W, einer Frequenz von 40 Hz und einer Spotgröße von 3 mm behandelt.



Abb. 2c Koronal repositionierter Vollschichtlappen nach Periostschlitzung und Naht mit 4-0 Seidenfäden.

ständig mit konventionellen Küretten entfernt (Hu-Friedy), die nur für diesen Eingriff verwendet wurden. Anschließend wurden die exponierten Wurzeloberflächen mit dem CO₂-Laser bestrahlt. Die Wellenlänge betrug 10,6 µm (El.En) im defokussierten Pulsmodus mit einer Leistung von 2 W, einer Frequenz von 20 Hz, einem Arbeitszyklus von 6 %, einer Spotgröße von 3 mm und einer Energiedichte von 28,3 J/cm². Der Arbeitszyklus ist definiert als Laserpulsdauer dividiert durch die Gesamtdauer und liegt im Bereich von 2 bis 40 %¹⁵. Es wurden keine Küretten verwendet.

Die Weichgewebe wurden im defokussierten Pulsmodus mit einer Leistung von 13 W, einer Frequenz

von 40 Hz, einem Arbeitszyklus von 40 %¹³, einer Spotgröße von 3 mm und einer Energiedichte von 184 J/cm² behandelt. Nach mehrfacher Periostschlitzung wurde der Vollschichtlappen koronal repositioniert und mit 4-0 Seidenfäden (Ethicon) vernäht (Abb. 2). Die Wunde wurde mit einem Parodontalverband abgedeckt (Coe-Pak, GC). Sieben Tage postoperativ wurden der Parodontalverband und die Fäden entfernt. Etwaige knöcherne Defekte wurden in Kontroll- und Testbereichen auf die gleiche Weise behandelt.

Nach dem Eingriff spülten die Patienten zweimal täglich für drei Wochen den Mund mit Chlorhexidin (Dentosan, Park-Davis) und



Abb. 3a und b Klinische Ansicht 3 Monate nach der Parodontalbehandlung. (links) Kontrolle, (rechts) Test.



Abb. 4 Klinische Ansicht 3 Jahre postoperativ (Testbereich).



Abb. 5a und b Klinische Ansicht 15 Jahre postoperativ. (links) Kontrolle, (rechts) Test.



erhielten Analgetika (Nimesulid 2 x 100 mg/d). Nach der Operation wurden die Patienten drei Monate lang alle zwei Wochen einbestellt (Abb. 3) und anschließend zweimal jährlich. Bei den Sitzungen erfolgten jeweils eine Remotivierung zur persönlichen Mundhygiene, ein koronales Scaling, eine Zahnpolitur sowie je nach Indikation eine subgingivale Instrumentierung (Abb. 4). Die Studiendauer betrug 15 Jahre (Abb. 5).

Datenerfassung

Die Datenerfassung begann drei Wochen nach der konservativen Therapie bei Studienbeginn und wurde sechs Monate postoperativ und anschließend jährlich fortgesetzt.

Alle Messungen wurden von einem geschulten und kalibrierten Arzt durchgeführt, der nicht an der Be-

handlung beteiligt war. Die parodontalen Messwerte wurden bei jedem Zahn an sechs Stellen erhoben (mesiolingual, mesiobukkal, bukkal, distobukkal, distolingual und lingual); in die Auswertung floss der Mittelwert dieser sechs Werte ein. Folgende klinische Parameter wurden erfasst:

- **Plaques- (PI) und Gingiva-Index (GI)**¹⁶
- **Sondierungstiefe (PD):** Die Messung erfolgte mit einer konventionellen Sonde (PCP 12, Hu-Friedy) vom Gingivasaum bis zum Taschenboden. Die Taschen wurden in drei Gruppen eingeteilt: 1 bis 4 mm, 5 bis 6 mm und ≥ 7 mm
- **Klinischer Attachmentlevel (CAL):** Die Messung erfolgte von der Schmelz-Zement-Grenze bis zum Taschenboden.

Präoperativ und bei allen Kontrollbesuchen wurden periapikale Röntgenaufnahmen angefertigt.

Intraindividuelle Untersucherreliabilität

Der Untersucher wurde mit vier Patienten kalibriert, die jeweils zwei kontralaterale Zähne mit Sondierungstiefen > 5 mm aufwiesen. Die Patienten wurden zweimal im Abstand von fünf Tagen untersucht. Die Kalibrierung wurde akzeptiert, wenn die Messdaten dieser beiden Zeitpunkte in > 90 % übereinstimmten. Dieses Vorgehen wurde über die gesamte Studiendauer beibehalten.

Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte mit SPSS in der Version 9.0 (IBM).

Für alle klinischen Variablen wurden für jede Behandlung und jedes Zeitintervall Mittelwerte und Standardabweichungen berechnet, wobei der Patient die statistische Einheit bildete. Der Vergleich der Mittelwerte zwischen den Kontroll- (modifizierter Widman-Lappen) und den Testbereichen (CAF + CO₂) wurde mit dem t-Test für paarige Stichproben durchgeführt. Verglichen wurden insbesondere der Plaque- und der Gingiva-Index, die Sondierungstiefe und das klinische Attachmentniveau bei Studienbeginn sowie nach sechs Monaten und zwei, vier, acht, 12 und 15 Jahre nach dem Eingriff. Vergleiche innerhalb der Gruppen wurden mit dem Student t-Test für paarige Stichproben durchgeführt. Der Alpha-Fehler wurde mit 0,05 festgelegt. Die statistische Power der Studie, wobei 1 mm als signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen galt, wurde mit 0,99 berechnet.

Ergebnis

Plaque-Index (PI)

Die Mittelwerte des PI sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Zu keinem Zeitpunkt gab es signifikante Unterschiede zwischen der Kontroll- und Testgruppe oder innerhalb der Gruppen.

Gingiva-Index (GI)

Die Mittelwerte des GI sind in Tabelle 2 zusammengefasst. Zu keinem Zeitpunkt gab es signifikante Unterschiede innerhalb der Kontroll- und Testgruppe.

Sondierungstiefe (PD)

PD 1 bis 4 mm

Die PD-Veränderungen in den Test- und Kontrollbereichen sind in Tabelle 3 zusammengefasst. Der Unterschied zwischen den Gruppen war sechs Monate ($P < 0,05$) sowie zwei, vier, acht, 12 und 15 Jahren postoperativ signifikant ($P < 0,01$). Die Ergebnisse bestätigen die Langzeitstabilität der Sondierungstiefe in beiden Behandlungsgruppen, selbst wenn es in den Kontroll- und Testbereichen eine leichte PD-Zunahme gab.

PD 5 bis 6 mm

Die PD-Veränderungen in den Test- und Kontrollbereichen sind in Tabelle 3 zusammengefasst. Der Unterschied zwischen den Kontroll- und Testbereichen war sechs Monate postoperativ signifikant ($P < 0,05$), ebenso nach zwei, vier, acht, 12 und 15 Jahren ($P < 0,01$). Die Ergebnisse bestätigen die Langzeitstabilität der Sondierungstiefe in beiden Behandlungsgruppen.

PD \geq 7 mm

Nach 15 Jahren fand sich bei beiden Verfahren eine signifikante Reduktion der Taschentiefe bei einer ursprünglichen PD \geq 7 mm (Tabelle 3). Der Unterschied zwischen den Kontroll- und Testbereichen war sechs Monate postoperativ signifikant ($P < 0,05$), ebenso nach zwei, vier, acht, 12 und 15 Jahren ($P < 0,01$). Beim Vergleich innerhalb der Gruppen fanden sich für die Kontrollbereiche signifikante Unterschiede zwischen den Ausgangs- und den 6-Monats-Werten postoperativ ($P < 0,001$), zwischen den Werten nach sechs Monaten und zwei Jahren ($P < 0,01$) und denen nach zwei, vier, acht, 12 und 15 Jahren ($P < 0,05$). Bei den Testbereichen fanden sich signifikante Unterschiede zwischen dem Ausgangswert und den sechs Monate postoperativ ermittelten Werten ($P < 0,0001$) und innerhalb der Werte nach zwei, vier, acht, 12 Jahren ($P < 0,05$).

Klinisches Attachmentniveau (CAL)

PD 1 bis 4 mm

Die Veränderungen des CAL bei einer PD von 1 bis 4 mm sind in Tabelle 4 zusammengefasst. Der Unterschied zwischen den Kontroll- und Testbereichen war sechs Monate postoperativ signifikant ($P < 0,05$) und ebenso nach zwei, vier, acht und 12 Jahren ($P < 0,01$) sowie nach 15 Jahren ($P < 0,001$). Außerdem erfolgte ein Vergleich innerhalb der Gruppen.

PD 5 bis 6 mm

Die Veränderungen des CAL bei einer PD von 5 bis 6 mm sind in Tabelle 4 zusammengefasst. Der Unterschied zwischen den Kontroll- und Testbereichen war sechs Monate sowie nach zwei, vier, acht, 12 und 15 Jahren signifikant ($P < 0,001$). Die

Tabelle 1 Plaque-Index: Ausgangs- bis 15-Jahres-Werte

	Ausgangswert		6 Monate			2 Jahre			4 Jahre		
	MW	SA	MW	Diff	SA	MW	Diff	SA	MW	Diff	SA
Kontrolle	1,02	0,43	0,64	0,38	0,21	1,32	-0,30	0,52	1,30	-0,28	0,59
Test	1,02	0,43	0,71	0,31	0,42	1,27	-0,25	0,44	1,28	-0,26	0,54
<i>P</i> *	NS		NS			NS			NS		

SA = Standardabweichung; Diff = Differenz; MW = Mittelwert; NS = nicht signifikant; Kontrolle = modifizierter Widman-Lappen;

Test = koronaler Verschiebelappen + CO₂-Laser.

* Unterschiede zwischen den Gruppen.

Tabelle 2 Gingiva-Index: Ausgangs- bis 15-Jahres-Werte

	Ausgangswert		6 Monate			2 Jahre			4 Jahre		
	MW	SA	MW	Diff	SA	MW	Diff	SA	MW	Diff	SA
Kontrolle	1,86	0,62	0,47	1,39	0,34	1,03	0,83	0,67	1,03	0,83	0,53
Test	1,86	0,62	0,52	1,34	0,37	1,11	0,75	0,58	1,08	0,78	0,64
<i>P</i> *	NS		NS			NS			NS		

SA = Standardabweichung; Diff = Differenz; MW = Mittelwert; NS = nicht signifikant; Kontrolle = modifizierter Widman-Lappen;

Test = koronaler Verschiebelappen + CO₂-Laser.

* Unterschiede zwischen den Gruppen.

Tabelle 3 Sondierungstiefe: Ausgangs- bis 15-Jahres-Werte bei Taschentiefen von 1 bis 4 mm, 5 bis 6 mm und ≥ 7 mm

	Ausgangswert		6 Monate			2 Jahre			4 Jahre		
	MW	SA	MW	Diff	SA	MW	Diff	SA	MW	Diff	SA
1-4 mm											
Kontrolle	3,21	0,13	1,90	1,31	0,11	2,40	0,81	0,71	2,47	0,63	0,59
Test	3,15	0,21	1,60	1,55	0,43	1,80	1,35	0,26	1,83	1,32	0,32
<i>P</i> *	NS		< 0,05			< 0,01			< 0,01		
5-6 mm											
Kontrolle	5,35	0,19	2,80	2,55	0,41	3,80	1,55	0,87	3,84	1,51	0,77
Test	5,26	0,22	2,50	2,76	0,53	2,60	2,66	0,32	2,69	2,57	0,58
<i>P</i> *	NS		< 0,05			< 0,01			< 0,01		
≥ 7 mm											
Kontrolle	7,17	0,33	3,85	3,32	0,34	4,80	2,37	0,23	4,84	2,33	0,48
Test	7,91	0,81	3,60	4,31	0,51	3,81	4,10	0,35	3,90	4,01	0,69
<i>P</i> *	< 0,05		< 0,05			< 0,01			< 0,01		

SA = Standardabweichung; Diff = Differenz; MW = Mittelwert; NS = nicht signifikant; Kontrolle = modifizierter Widman-Lappen;

Test = koronaler Verschiebelappen + CO₂-Laser.

* Unterschiede zwischen den Gruppen.

8 Jahre			12 Jahre			15 Jahre		
MW	Diff	SA	MW	Diff	SA	MW	Diff	SA
1,29	-0,27	0,63	1,28	-0,26	0,49	1,33	-0,31	0,76
1,25	-0,23	0,61	1,25	-0,23	0,57	1,26	-0,24	0,49
	NS			NS			NS	

8 Jahre			12 Jahre			15 Jahre		
MW	Diff	SA	MW	Diff	SA	MW	Diff	SA
1,06	0,80	0,47	1,06	0,80	0,58	1,07	0,79	0,62
1,09	0,77	0,52	1,10	0,76	0,61	1,10	0,76	0,54
	NS			NS			NS	

8 Jahre			12 Jahre			15 Jahre		
MW	Diff	SA	MW	Diff	SA	MW	Diff	SA
2,49	0,61	0,55	2,49	0,61	0,76	2,51	0,70	0,61
1,87	1,28	0,39	1,91	1,24	0,44	1,95	1,20	0,35
	< 0,01			< 0,01			< 0,01	
3,89	1,46	0,81	3,92	1,42	0,78	3,83	1,52	0,55
2,75	2,51	0,74	2,81	2,45	0,66	2,80	2,46	0,91
	< 0,01			< 0,01			< 0,01	
4,93	2,24	0,73	5,09	2,08	0,91	4,80	2,37	0,45
4,05	3,86	0,91	4,14	3,77	1,02	4,00	3,91	0,38
				< 0,01			< 0,01	

Tabelle 4

Klinisches Attachmentniveau: Ausgangs- bis 15-Jahres-Werte bei Taschentiefen von 1 bis 4 mm, 5 bis 6 mm und ≥ 7 mm

	Ausgangswert		6 Monate			2 Jahre			4 Jahre		
	MW	SA	MW	Diff	SA	MW	Diff	SA	MW	Diff	SA
1-4 mm											
Kontrolle	3,18	0,21	3,49	-0,31	0,91	3,78	-0,60	0,45	3,79	-0,61	0,71
Test	3,21	0,16	2,40	0,81	0,76	2,61	0,60	0,54	2,64	0,57	0,64
<i>P</i> *	NS		< ,05			< ,01			< ,01		
5-6 mm											
Kontrolle	6,11	0,31	5,50	0,61	0,53	5,86	0,25	0,15	5,85	0,26	0,53
Test	6,29	0,43	2,86	3,43	1,06	2,84	3,45	0,61	2,73	3,56	1,01
<i>P</i> *	NS		< ,001			< ,001			< ,001		
≥ 7 mm											
Kontrolle	8,63	0,22	7,29	1,34	0,93	7,82	0,81	0,73	7,92	0,71	0,96
Test	8,71	0,34	3,98	4,73	1,12	3,61	5,10	1,13	3,59	5,12	0,92
<i>P</i> *	NS		< 0,001			< 0,001			< 0,001		

SA = Standardabweichung; Diff = Differenz; MW = Mittelwert; NS = nicht signifikant; Kontrolle = modifizierter Widman-Lappen; Test = koronaler Verschiebelappen + CO₂-Laser.

* Unterschiede zwischen den Gruppen.

Ergebnisse bestätigen die Langzeitstabilität des CAL in beiden Behandlungsgruppen.

PD ≥ 7 mm

Die Veränderungen des CAL bei einer PD von ≥ 7 mm sind in Tabelle 4 zusammengefasst. Es bestand ein signifikanter Unterschied zwischen der Kontroll- und der Testgruppe nach der Wurzelkonditionierung: Das Attachment hatte nach 15 Jahren in der Kontrollgruppe um 0,40 mm zugenommen, in der Testgruppe jedoch um 5,1 mm. Die signifikanten Unterschiede zwischen Kontroll- und Testgruppe bestanden postoperativ

nach sechs Monaten sowie nach zwei, vier, acht, 12 und 15 Jahren ($P < 0,001$). Außerdem erfolgte ein Vergleich innerhalb der Gruppen. Bei den Kontrollbereichen fanden sich signifikante Unterschiede zwischen dem Ausgangs- und dem 6-Monats-Wert ($P < 0,001$), dem 6-Monats- und 2-Jahres-Wert sowie den Werten nach zwei, vier, acht und 12 Jahren ($P < 0,05$). In der Testgruppe fand sich ein signifikanter Unterschied zwischen dem Ausgangs- und dem 6-Monats-Wert ($P < 0,01$). Die Ergebnisse bestätigen die Langzeitstabilität des CAL in beiden Behandlungsgruppen.

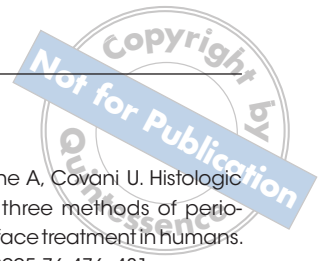
Diskussion

Die in dieser Studie mit dem modifizierten Widman-Lappen (Kontrolle) erzielten Ergebnisse entsprechen denen anderer Langzeitstudien¹⁷⁻¹⁹, wobei der Unterschied gegenüber dem Ausgangswert im Lauf der Zeit immer geringer wurde. In der Testgruppe, die mit einem koronalen Verschiebelappen in Kombination mit einer Wurzelbestrahlung mit einem CO₂-Laser (CAF + CO₂) behandelt wurde, nahm die Sondierungstiefe stärker ab und das klinische Attachmentniveau stärker zu als in den Kontrollbereichen. Dieses Niveau blieb über 15 Jahre stabil.

8 Jahre			12 Jahre			15 Jahre		
MW	Diff	SA	MW	Diff	SA	MW	Diff	SA
3,81	-0,63	0,73	3,84	-0,66	0,68	3,88	-0,70	0,23
2,67	0,54	0,55	2,67	0,51	0,82	2,78	0,43	0,65
< ,001			< ,01			< ,001		
5,82	0,29	0,36	5,79	0,32	0,41	5,74	0,37	0,21
2,64	3,65	1,26	2,56	3,73	1,32	2,55	3,74	1,55
< ,001			< ,001			< ,001		
8,03	0,60	0,84	8,27	0,36	0,52	8,23	0,40	0,63
3,60	5,11	1,01	3,61	5,10	1,08	3,61	5,10	1,11
< 0,001			< 0,001			< 0,001		

Nach 15 Jahren hatten beide Verfahren Bereiche mit einer Sondierungstiefe von 5 bis 6 mm deutlich verbessert, wobei die Testbereiche bessere Ergebnisse erzielten ($P < 0,01$). Sie waren sogar noch besser als die aus kürzeren Studien mit Knochenoperationen beschrieben^{20, 21} und geringfügig besser als die Ergebnisse von Gantes et al.²². Sie setzten ein regeneratives Verfahren ein, bei dem eine Wurzelkonditionierung mit Zitronensäure erfolgte und die koronalen Verschiebelappen mit Nähten an der Krone befestigt wurden. Bei einer Sondierungstiefe ≥ 7 mm erreichte die Kontrollgruppe eine Reduktion wie in an-

deren klinischen Studien^{23, 24}, aber auch diese Werte verschlechterten sich über 15 Jahre. In der Testgruppe nahm die Taschentiefe stärker und langfristig ab, da das Ergebnis über die gesamten 15 Jahre gehalten wurde ($P < 0,01$). Bei Sondierungstiefen von 1 bis 4 mm wurde ebenso wie von Kaldahl et al.²⁵ auch in dieser Studie ein Verlust des klinischen Attachmentniveaus ermittelt; in der Testgruppe wurde eine leichte Modifikation festgestellt. Nach 15 Jahren unterschieden sich die CAL-Werte bei Defekten mit einer Sondierungstiefe von 1 bis 4 mm ($P < 0,001$), 5 bis 6 mm ($P < 0,001$) und ≥ 7 mm ($P < 0,001$) signifikant zwischen der



Kontroll- und der Testgruppe.

Diese klinischen Ergebnisse beruhen auf der Fähigkeit des CO₂-Lasers, die Bakterienzellen und den Schmierfilm von parodontal erkrankten Wurzeln zu entfernen und gleichzeitig die CAF-Ränder zu schonen und zu stützen. Barone et al.⁸ untersuchten die Effekte des CO₂-Lasers im Pulsmodus mit defokussiertem Strahl mittels Rasterelektronenmikroskopie. Sie fanden keine Schäden auf der Wurzeloberfläche, sondern eine flache, glatte Struktur mit Elimination des Schmierfilms und versiegelten Tubuliöffnungen. Ein CO₂-Laser im Continuousmodus mit einem fokussierten Strahl von 0,8 mm fügt der Dentinoberfläche hingegen starke Schäden wie Krater und Risse²⁶⁻³¹ zu. Die morphologischen Veränderungen durch den nicht fokussierten Pulsmodus erzeugten glatte Oberflächen mit hoher Biokompatibilität⁹. Weder die mit Laser behandelten noch die gescaleten Wurzeln wiesen Schäden oder morphologische Veränderungen der Wurzeloberflächen auf. In einer Tierstudie an Beagles¹³ wurde der Effekt einer CO₂-Lasierung auf parodontal erkrankte Wurzeloberflächen mit dem von Scalings und Wurzelglättung mit und ohne gesteuerte Geweberegeneration (GTR) verglichen. In der Lasergruppe bildete sich ein neues Attachment von etwa 1,9 ± 0,5 mm, in der GTR-Gruppe betrug die Zunahme 0,2 ± 0,4 mm und in der Gruppe mit Scaling und Wurzelglättung 0,2 ± 0,5 mm. Dies entspricht einem statistisch signifikanten Unterschied zwischen der Lasergruppe und sowohl der GTR- als auch der Gruppe mit Scaling und Wurzelglättung (P < 0,005). Die CAL-Zunahme nach CO₂-Lasierung beruht vermutlich auch auf der minimalen Kontraktion von Wunden, die durch den Laser entstehen, da Myofibroblasten fehlen (für die Wundkontraktion zustän-

dige Zellen). So beobachteten Zeinoun et al.³² in einer histologischen Studie an Ratten, dass nach einer Exzision mit dem Skalpell bis zu dreimal mehr Myofibroblasten vorhanden sind als nach einer Laserexzision.

Schlussfolgerung

Die in der vorliegenden Studie ermittelten klinischen Daten zeigen über 15 Jahre einen guten Langzeiterhalt der parodontalen Gewebe nach einer Operation mit koronalem Verschiebelappen in Kombination mit einer Wurzelkonditionierung durch einen CO₂-Laser im Vergleich zu einer modifizierten Widman-Lappenoperation. Allerdings sollten weitere randomisierte klinische Beobachtungsstudien mit diesem Verfahren erfolgen, um die Langzeitprognose dieses laserunterstützten parodontalchirurgischen Verfahrens zu ermitteln.

Literatur

1. Crespi R, Covani U, Margarone JE, Andreana S. Topographic distribution of subgingival plaque along root surfaces of human periodontally diseased teeth. A descriptive study. *J Clin Periodontol* 1996;23:698-703.
2. Aleo JJ, De Renzis FA, Farber PA, Varboncoeur AP. The presence and biologic activity of cementum-bound endotoxin. *J Periodontol* 1974;45:672-675.
3. Hatfield CG, Baumhammers A. Cytotoxic effects of periodontally involved surfaces of human teeth. *Arch Oral Biol* 1971;16:465-468.
4. Crespi R, Romanos GE, Cassinelli C, Ghelone E. Effects of Er:YAG laser and ultrasonic treatment on fibroblast attachment to root surfaces: An in vitro study. *J Periodontol* 2006;77:1217-1222.
5. Crespi R, Barone A, Covani U. Histologic evaluation of three methods of periodontal root surface treatment in humans. *J Periodontol* 2005;76:476-481.
6. Blomlöf JPS, Blomlöf LB, Lindskog SF. Smear removal and collagen exposure after non-surgical root planing followed by etching with an EDTA gel preparation. *J Periodontol* 1996;67:841-845.
7. Sherman PR, Hutchens LH Jr, Jewson LG, Moriarty JM, Greco GW, McFall WT Jr. The effectiveness of subgingival scaling and root planing. I. Clinical detection of residual calculus. *J Periodontol* 1990;61:3-8.
8. Barone A, Covani U, Crespi R, Romanos GE. Root surface morphological changes after focused versus defocused CO₂ laser irradiation: A scanning electron microscopy analysis. *J Periodontol* 2002;73:370-373.
9. Crespi R, Barone A, Covani U, Ciaglia RN, Romanos GE. Effects of CO₂ laser treatment on fibroblast attachment to root surfaces. A scanning electron microscopy analysis. *J Periodontol* 2002;73:1308-1312.
10. Misra V, Mehrotra KK, Dixit J, Maitra SC. Effect of carbon dioxide laser on periodontally involved root surfaces. *J Periodontol* 1999;70:1046-1052.
11. Rossmann JA, McQuade MJ, Turunen DE. Retardation of epithelial migration in monkeys using a carbon dioxide laser: An animal study. *J Periodontol* 1992;63:902-907.
12. Israel M, Rossmann JA, Froum SJ. Use of the carbon dioxide laser in retarding epithelial migration: A pilot histological human study utilizing case reports. *J Periodontol* 1995;66:197-204.
13. Crespi R, Covani U, Margarone JE, Andreana S. Periodontal tissue regeneration in beagle dogs after laser therapy. *Lasers Surg Med* 1997;21:395-402.
14. Ramfjord S, Nissle RR. The modified Widman flap. *J Periodontol* 1974;45:601-607.

15. Brugmans MJP, Kemper J, Gijssbers GHM, van der Meulen FW, van Gemert MJC. Temperature response of biological materials to pulsed non-ablative CO₂ laser irradiation. *Lasers Surg Med* 1991; 18:587-594.
16. Löe H. The Gingival Index, the Plaque Index and the Retention Index systems. *J Periodontol* 1967;38(suppl):610-616.
17. Lindhe J, Westfelt E, Nyman S, Socransky SS, Haffajee AD. Long-term effect of surgical/non-surgical treatment of periodontal disease. *J Clin Periodontol* 1984; 11:448-458.
18. Isidor F, Karring T. Long-term effect of surgical and non-surgical periodontal treatment. A 5-year clinical study. *J Periodontal Res* 1986;21:462-472.
19. Ramfjord SP, Caffesse RG, Morrison EC, et al. 4 modalities of periodontal treatment compared over 5 years. *J Clin Periodontol* 1987;14:445-452.
20. Knowles JW, Burgett FG, Nissle RR, Shick RA, Morrison EC, Ramfjord SP. Results of periodontal treatment related to pocket depth and attachment level. Eight years. *J Periodontol* 1979;50:225-233.
21. Olsen CT, Ammons W, van Belle G. A longitudinal study comparing apically repositioned flaps with and without osseous surgery. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1985;5(4):10-33.
22. Gantés BG, Synowski BN, Garrett S, Egelberg JH. Treatment of periodontal furcation defects. Mandibular class III defects. *J Periodontol* 1991;62:361-365.
23. Pihlstrom BL, McHugh RB, Oliphant TH, Oritz-Campos C. Comparison of surgical and nonsurgical treatment of periodontal disease. A review of current studies and additional results after 6¹/₂ years. *J Clin Periodontol* 1983;10:524-541.
24. Becker W, Becker BE, Caffesse R, et al. A longitudinal study comparing scaling, osseous surgery, and modified Widman procedures: Results after 5 years. *J Periodontol* 2001;72:1675-1684.
25. Kaldahl WB, Kalkwarf KL, Patil KD, Molvar MP, Dyer JK. Long-term evaluation of periodontal therapy: I. Response to 4 therapeutic modalities. *J Periodontol* 1996;67:93-102.
26. Tucker D, Cobb CM, Rapley JW, Killoy WJ. Morphologic changes following in vitro CO₂ laser treatment of calculus-laden root surfaces. *Lasers Surg Med* 1996;18:150-156.
27. González M, Banderas JA, Rodríguez V, Castaño VM. Particle-induced X-ray emission and scanning electron microscopic analyses of the effects of CO₂ laser irradiation on dentinal structure. *J Dent* 1999;27:595-600.
28. Sasaki KM, Aoki A, Masuno H, Ichinose S, Yamada S, Ishikawa I. Compositional analysis of root cementum and dentin after Er:YAG laser irradiation compared with CO₂ lased and intact roots using Fourier transformed infrared spectroscopy. *J Periodontal Res* 2002;37:50-59.
29. Lan WH, Chen KW, Jeng JH, Lin CP, Lin SK. A comparison of the morphological changes after Nd:YAG and CO₂ laser irradiation of dentin surfaces. *J Endod* 2000; 26:450-453.
30. Read RP, Baumgartner JC, Clark SM. Effects of a carbon dioxide laser on human root dentin. *J Endod* 1995;21:4-8.
31. Israel M, Cobb CM, Rossmann JA, Spencer P. The effects of CO₂, Nd:YAG and Er:YAG lasers with and without surface coolant on tooth root surfaces. An in vitro study. *J Clin Periodontol* 1997;24: 595-602.
32. Zeinoun T, Nammour S, Dourov N, Affimos G, Luomanen M. Myofibroblasts in healing laser excision wounds. *Lasers Surg Med* 2001;28:74-79.