

Der CO₂-Laser in der Stomatologie

Teil 2

Michael M. Bornstein¹, Valérie G. A. Suter¹,
Edouard Stauffer², Daniel Buser¹

¹ Klinik für Oralchirurgie und Stomatologie,
Zahnmedizinische Kliniken der Universität Bern
² Pathologisches Institut der Universität Bern

Schlüsselwörter: CO₂-Laser, Leukoplakie, benigne Tumoren,
oraler Lichen planus, Aphthen

Korrespondenzadresse:
Dr. med. dent. Michael M. Bornstein
Klinik für Oralchirurgie und Stomatologie
Zahnmedizinische Kliniken der Universität Bern
Freiburgstrasse 7, 3010 Bern
Tel. 031/632 25 04, Fax 031/632 98 84
E-Mail: michael.bornstein@zmk.unibe.ch

(Texte français voir page 779)

Die orale Leukoplakie

Der Begriff «Leukoplakie» wurde an Symposien in Malmö 1983 und in Uppsala 1994 von einer internationalen Gruppe von Wissenschaftlern bestehend aus Epidemiologen, Klinikern und Pathologen, welche sich speziell mit weissen Läsionen der Mundhöhlenschleimhaut auseinandersetzen, neu definiert: «Die orale Leukoplakie ist eine vorwiegend weisse Läsion der oralen Mucosa, die sich als keine andere Läsion charakterisieren lässt;

aus einigen oralen Leukoplakien kann ein Karzinom entstehen» (AXELL et al. 1984, AXELL et al. 1996). Die Leukoplakien werden in homogene und nicht homogene Formen eingeteilt, wobei letztere weiter in Erythroleukoplakien, noduläre Leukoplakien und verruköse Leukoplakien unterteilt werden können (AXELL et al. 1984). Da die Leukoplakie als obligate Präkanzerose gilt, bedarf sie eines systematischen Behandlungskonzeptes.

Einsatz des CO₂-Lasers

In der Literatur wird die Therapie der oralen Leukoplakie mit dem CO₂-Laser viel diskutiert. Die Läsionen werden entweder mit defokussiertem Laserstrahl schichtweise (FRAME 1985b, HORCH et al. 1986, CHU et al. 1988, FLYNN et al. 1988, CHIESA et al. 1990, ROODENBURG et al. 1991, GERLACH et al. 1993, GOORIS et al. 1999, HUERTA et al. 1999) oder durch scharfe Schnitte mit einem fokussierten Laserstrahl entfernt (FRAME 1985b, CHIESA et al. 1986, CHU et al. 1988, CHIESA et al. 1990, DUNSCHÉ et al. 1994, DUNSCHÉ & HÄRLE 2000). Diese Eingriffe erfolgen in der Regel im Impuls- (FRAME 1985b, CHU et al. 1988) oder Dauerstrich-Betrieb (FRAME 1985b, CHIESA et al. 1986, CHIESA et al. 1990, CHU et al. 1988, HUERTA et al. 1999). Wird die Läsion herausgeschnitten, so ist sie für die histopathologische Untersuchung als Ganzes verfügbar (FRAME 1985b, CHU et al. 1988, CHIESA et al. 1990,

Oben: Blumenkohlartig strukturiertes, eher breitbasig aufsitzendes Papillom am Übergang des weichen Gaumens in den linken Arcus palatoglossus.

En haut: Papillome à structure «en chou-fleur», émergent sur une base plutôt large et situé dans la zone de transition entre le palais mou vers l'arc palato-glosse gauche.

Unten: Nach der Exzision der Läsion mit dem CO₂-Laser (Leistung: 4 W, cw) imponiert eine blutungsfreie, etwas karbonisierte Wundoberfläche.

En bas: Après l'excision par le laser au CO₂, à noter la surface exempte de saignement et légèrement carbonisée.

DUNSCHÉ et al. 1994, DUNSCHÉ & HÄRLE 2000). Wird die Läsion hingegen durch ablatives Vorgehen entfernt, so muss vorgängig, zur Diagnosesicherung und zur Abklärung des Dysplasiegrades, eine Biopsie entnommen werden (CHU et al. 1988, FLYNN et al. 1988, ROODENBURG et al. 1991, GERLACH et al. 1993, HUERTA et al. 1999, GOORIS et al. 1999). Sollten Zweifel über die Dignität einer Läsion bestehen, wird empfohlen, vor der Lasertherapie die Resultate der histopathologischen Untersuchung abzuwarten, um keine unangemessene Therapie eines Karzinomes durchzuführen (HORCH et al. 1986, CHIESA et al. 1986).

Lokalrezidiv und maligne Entartung nach der Therapie

In den letzten zwei Jahrzehnten wurde in zahlreichen Studien das Lokalrezidiv (Abb. 1a–d) und die maligne Entartung der oralen Leukoplakie nach einer Therapie mit dem CO₂-Laser untersucht (FRAME 1985b, CHIESA et al. 1986, HORCH et al. 1986, CHU et al. 1988, FLYNN et al. 1988, CHIESA et al. 1990, ROODENBURG et al. 1991, GERLACH et al. 1993, GOORIS et al. 1999, HUERTA et al. 1999, DUNSCHÉ & HÄRLE 2000) (Tab. I, II). Die Anzahl der therapierten Leukoplakien variiert in diesen Arbeiten zwischen 20 (FLYNN et al. 1988) und 233 (GERLACH et al. 1993). Die minimale Nachbeobachtungszeit beträgt 3 Monate (FRAME 1985b,

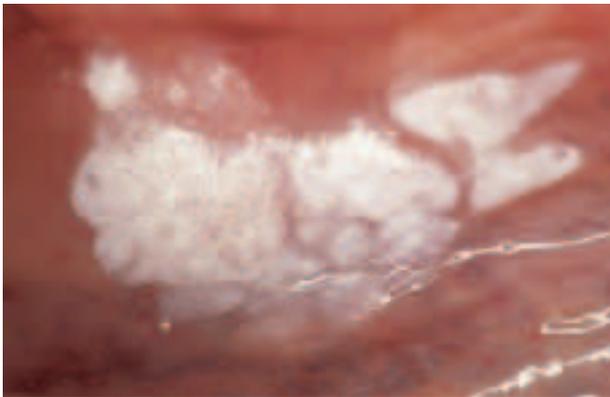


Abb. 1a Leukoplakie am rechten Zungenrand bei einem 58-jährigen Patienten.

Fig. 1a Leucoplasie intéressant le bord droit de la langue chez un patient âgé de 58 ans.



Abb. 1b Der rechte Zungenrand nach Exzision beziehungsweise stufenweiser Ablation der Läsion mit einem CO₂-Laser (Leistung: 3–4 W, cw).

Fig. 1b Aspect du bord droit de la langue chez le même patient après excision, respectivement ablation progressive de la lésion à l'aide d'un laser au CO₂ (puissance 3–4 W en mode continu).



Abb. 1c Kleines Rezidiv der Leukoplakie am rechten Zungenrand zwei Monate nach dem Lasereingriff.

Fig. 1c Petite récidence de la leucoplasie sur le bord droit de la langue deux mois après l'intervention au laser.

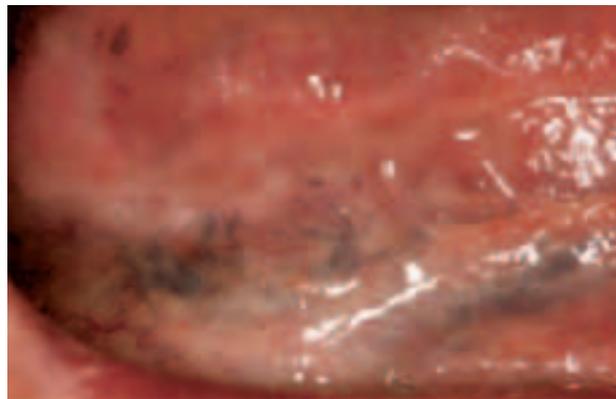


Abb. 1d Reizlose Weichgewebesituation am rechten Zungenrand etwa ein Jahr nach erneuter Ablation der Läsion mit dem CO₂-Laser.

Fig. 1d Situation clinique calme au niveau du bord droit de la langue, environ un an après la nouvelle ablation de la lésion à l'aide du laser au CO₂.

HUERTA et al. 1999), die maximale 16 Jahre (GOORIS et al. 1999), wobei die durchschnittliche Nachbeobachtungszeit zwischen 29 Monaten (FRAME 1985b, Flynn et al. 1988) bis 6,3 Jahren (GOORIS et al. 1999) liegt.

Die niedrigsten Rezidivraten werden mit 3,7% während einer Nachbeobachtungszeit von 2 Jahren (CHIESA et al. 1986) und mit 4,9% während einer Nachbeobachtungszeit von durchschnittlich 35,2 Monaten (DUNSCHÉ & HÄRLE 2000) angegeben. CHIESA et al. (1990) berichten jedoch in einer Folgestudie, welche die Therapien von weiteren 3 Jahren und insgesamt 131 Läsionen einbezieht, über eine Rezidivrate von 20,6%.

Die höchsten Rezidivraten werden mit 25,8% (HUERTA et al. 1999) beziehungsweise 22,6% (HORCH et al. 1986) angegeben. Bei diesen 2 Studien konnten jeweils lediglich 31 Läsionen bei den Nachkontrollen erfasst werden.

Aus einer Studie, welche die Nachbeobachtung von 233 Läsionen während 0,5 bis 12 Jahren (durchschnittlich 2,7 Jahre) an drei Kliniken für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie beschreibt, geht eine Rezidivrate von 14,2% hervor. Die Autoren vermuten als Grund für die niedrigeren Rezidivraten an der Klinik in Groningen (9,7%) – gegenüber den Kliniken in München (12,9%) und Köln (19,1%) – die bessere Kontrollmöglichkeit der

Tab. 1 Therapie der Leukoplakie mit dem CO₂-Laser: Lokalrezidiv und maligne Entartung (Arbeiten von 1985 bis 1990)

Studie	FRAME 1985b	CHIESA et. al 1986	HORCH et al. 1986	CHU et al. 1988	FLYNN et al. 1988	CHIESA et al. 1990
Zeitraum der Studie	1980–1984	1981–1984	1978–1984	1976–1983	k. A.	1981–1987
Anzahl Leukoplakien	75	81	50	38	20	145
Homogene/ Inhomogene	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	39 homogene, 106 inhomogene
Lokalisation	k. A.	Bukkale Mucosa (54,8%), Zunge (22,7%), Lippen (16%), Gingiva (2,8%), Palatum (2,8%), Mundboden (0,9%)	Wangenmucosa (30), Zunge (7), Gingiva (5), Unterlippe (3), Alveolarfortsatz (2), Mundboden (2), Unterlippe (1)	Mundboden/Zunge ventral (14), bukkale Mucosa (11), Zunge lateral/dorsal (7), Palatum durum/molle/Trigonum retromolare (4), Gingiva (2)	Zunge (6), Mundboden(3), Trigonum retromolare (2), Palatum (2), bukkale Mucosa (1), Unterlippe (1), Oberlippe (1), Gingiva (1), diffuse Mundbeteiligung (3)	Bukkale Mucosa (55,9%), Zunge (20%), Lippen (11%), Gingiva (6,2%), Mundboden (4,1%), Palatum (2,1%)
Lasertyp	Sharplan 733/ Coherent 450	k. A.	k. A.	Coherent 450/ Coherent 451XLG	Cavitron 40–300-A	k. A.
Laserparameter (Anzahl Leuko- plakien)	Dauerstrich- oder Impuls-Betrieb, fokussiert oder defokussiert, P=10 W	Dauerstrich-Betrieb, fokussiert, P=8–9 W, Exzision mit 4–5 mm Sicherheitsabstand	Defokussiert, P=15–20 W	Impuls- oder Dauer- strich-Betrieb, fokus- siert oder defokussiert, P=15–25 W, Exzision mit 3–6 mm Sicher- heitsabstand	Defokussiert, P=10 W	Dauerstrich-Betrieb, fokussiert (140) oder defokussiert (5), P=9–12 W
Nachkontrollzeit (Anzahl Leuko- plakien)	3–45 Monate, Ø 29 Monate	2 Jahre (54)	Ø 37 Monate (31)	3–10 Jahre, Ø 5 Jahre	12–41 Monate, Ø 29 Monate	>19 Monate bei 75%, >37 Monate bei 50%, >56 Monate bei 25%, Ø 3 Jahre (131)
Lokale Rezidivrate	6/75 = 8%	2/54 = 3,7%	7/31 = 22,6%	4/37 = 10,8%, Therapie der Rezidive mit erneuter Rezidiv- rate von 25%	3/20 Patienten = 15%	27/131 = 20,6%
Maligne Entartung	Keine	k. A.	k. A.	1/38 = 2,6%	2/20 Patienten = 10%	2/131 = 1,5%

k. A. = keine Angaben Ø = durchschnittlich P = Leistung

Operation unter Anwendung eines an das Operationsmikroskop gekoppelten Mikromanipulators (GERLACH et al. 1993).

Bei einigen Studien bleiben alle Patienten frei von einer malignen Entartung (FRAME 1985b, ROODENBURG et al. 1991, GOORIS et al. 1999, DUNSCHKE & HÄRLE 2000), während bei anderen Studien trotz Therapie mit dem CO₂-Laser maligne Transformationen vorkommen (CHU et al. 1988, FLYNN et al. 1988, CHIESA et al. 1990, GERLACH et al. 1993). Eine Entartungsrate von 10% wird in einer Studie mit einem kleinen Patientenpool (2/20) beschrieben (FLYNN et al. 1988). Bei den anderen Arbeiten liegt die Entartungsinzidenz der oralen Leukoplakien nach Einsatz des Lasers unter 3%.

Die Rezidivrate nach Skalpellexzision – im Vergleich zu den Ergebnissen nach CO₂-Lasertherapie – wurde in einer Studie während einer Nachbeobachtungszeit von 1 bis 5 Jahren mit 21,4% angegeben, wobei 3 von 56 Patienten (5,4%) in dieser Zeitspanne ein Karzinom entwickelten (VEDTOFTE et al. 1987). Andere Studien beobachten mit 34,4% (SILVERMAN et al. 1984), beziehungsweise 34,8% (BÁNÓCZY & CSIBA 1972) gar höhere Rezidivraten.

Wundheilung und postoperative Komplikationen

In der Regel verläuft die postoperative Wundheilung komplikationslos und die Epithelisation ist – je nach Grösse der Läsion – nach 2 bis 4 Wochen abgeschlossen (HORCH et al. 1986, FLYNN et al. 1988, ROODENBURG et al. 1991, GERLACH et al. 1993, GOORIS et al. 1999). Verzögerungen der Wundheilung bis zu 9 Wochen kommen vor (GOORIS et al. 1999). Überschiessendes Granulationsgewebe wird bei 2,7% (FRAME 1985b) beziehungsweise 5,3% (CHU et al. 1988) der therapierten Leukoplakien beobach-

tet und nach erneuter Exzision in der Regel von einer guten Wundheilung gefolgt.

Leichte Nachblutungen nach laserchirurgischer Entfernung der Läsionen sind selten, aber möglich: In der Literatur wird über leichte Nachblutungen am ersten postoperativen Tag bei 2,6% der Patienten (CHU et al. 1988) beziehungsweise bei 2,2% am achten Tag nach dem Eingriff (CHIESA et al. 1986) berichtet.

Selbst nach der Entfernung ausgedehnter Leukoplakien, zum Beispiel an der Wange, müssen nach dem Eingriff im Allgemeinen keine funktionellen Einschränkungen in Kauf genommen werden (HORCH et al. 1986). Auch nach Exzision von Leukoplakien an der Lippe werden in einer Studie keine funktionellen Einbussen beschrieben – die 27 therapierten Patienten waren zudem mit den ästhetischen Resultaten zufrieden (GOORIS et al. 1999).

Der Verbrauch von Analgetika wurde in einer Studie nach 50 (von total 103) Eingriffen evaluiert: In 41% der Fälle wurde kein Analgetikum gebraucht, in 46% wurden Analgetika weniger als 6 Tage eingenommen und nur in 13% wurden Schmerzmittel mehr als 6 Tage eingenommen. Die Autoren stellten keinen Zusammenhang zwischen der Grösse der behandelten Läsion und der Schmerzempfindung fest. Der Verbrauch von Analgetika bei den restlichen 53 Läsionen wurde nicht untersucht (ROODENBURG et al. 1991).

Der orale Lichen planus (OLP)

Der Lichen planus (LP) ist eine häufige mukokutane Erkrankung mit typischen histopathologischen Charakteristiken, aber nach wie vor unbekannter Ätiologie. Die Mundschleimhaut ist

Tab. II Therapie der oralen Leukoplakie mit dem CO₂-Laser: Lokalrezidiv und maligne Entartung (Arbeiten von 1991 bis 2000)

Studie	ROODENBURG et al. 1991	GERLACH et al. 1993	GOORIS et al. 1999	HUERTA et al. 1999	DUNSCHE & HÄRLE 2000
Zeitraum der Studie	1976–1984	Groningen 1976–1984, Köln 1978–1991, München 1987–1991	1978–1996	k. A.	1992–2000
Anzahl Leukoplakien	103	233 (Groningen 103, Köln 99, München 31)	23	34	168
Homogene	62	k. A.	k. A.	34	99
Inhomogene	41	k. A.	k. A.	Keine	69
Lokalisation (Anzahl Leukoplakien)	Bukkale Mucosa (29), Zunge (18), labiale Kommissur (17), Gingiva (13), Mundboden (10), Palatum (3), Unterlippe inkl. Lippenrotgrenze (11), Unterlippe (1), Oberlippe (1)	Wange (86), Zunge (41), Mundwinkel (30), Gingiva (24), Gaumen (15), Mundboden (19), Lippe (18)	nur Unterlippe (23), bei 16/23 vorgängig Lippenkarzinom chirurgisch behandelt	Wange (9), Zunge (9), Gingiva (7), Mundboden (4), Gaumen (3), Lippe (2)	Mundboden (70), Zunge (42), Innenwange (23), k. A. (33)
Lasertyp (Anzahl Leukoplakien)	1976–1982: Sharplan 791 Ab 1983: Cavitron 300A	Köln: Sharplan 733/ Sharplan 1020; München: Sharplan 791; Groningen: Cavitron 300A	Sharplan 791/Cavitron 33A/Sharplan 1025	k. A.	k. A.
Laserparameter	Defokussiert, P=15–20 W, Exzision mit 3 mm Sicherheitsabstand	Defokussiert, P=15–20 W, Exzision mit 3 mm Sicherheitsabstand	Defokussiert, P=8–10 W	Dauerstrich-Betrieb, defokussiert, P=10 W	Fokussiert, P=3–5 W, Exzision mit 1 mm Sicherheitsabstand
Nachkontrollzeit (Anzahl Leukoplakien)	0,5–12 Jahre, Ø 5,3 Jahre	Groningen 0,5–12 Jahre, Ø 5,3 Jahre; Köln 0,5–12 Jahre, Ø 3,6 Jahre; München 0,5–5 Jahre, Ø 2,7 Jahre	1–16 Jahre, Ø 6,3 Jahre (15 Patienten), 3 Monate–4,6 Jahre, Ø 1,5 Jahre (7 Pat.), 6 Monate (1 Pat.), 14 Monate (1 Pat.)	3 Monate (34); 1 Jahr (31)	Ø 35,2 Monate
Lokale Rezidivrate	10/103 = 9,7% 4/10 erneut mit Lasertherapiert, ohne Rezidiv.	33/233 = 14,2% (Groningen 10/103 = 9,7%; Köln 19/99 = 19,1%; München 4/31 = 12,9%)	4/27 = 15% (inkl. 4 zusätzliche Leukoplakien bei den 23 Patienten); erneute Ablation ohne Rezidiv während 13–147 Monate, Ø 4,7 Jahre	7/34 = 20,6% nach 3 Monaten; 8/31 = 25,8% nach 1 Jahr	4,9%
Maligne Entartung	Keine	2/159 Patienten = 1,3%, nach 3 bzw. 8 Jahren	Keine	k. A.	Keine

k. A. = keine Angaben Ø = durchschnittlich P = Leistung

häufig betroffen, wobei der orale Lichen planus (OLP) auch isoliert, das heisst ohne Hautläsionen, auftreten kann. Der OLP wird heute als präkanzeröse Risikoerkrankung – *precancerous condition* – anerkannt (Buser et al. 2001).

Es werden 6 Formen des OLP unterschieden: Der retikuläre, der papuläre, der Plaque-ähnliche, der atrophische, der ulzerative und der bullöse Typ (ANDREASEN 1968). Die 3 letztgenannten Typen zählen zu den erosiven symptomatischen Formen, während die 3 erstgenannten Formen in der Regel asymptomatisch sind. Der retikuläre Typ ist der häufigste und mit seinen Wickham'schen Streifen der bekannteste Typ. Ein Patient kann gleichzeitig an mehreren Lokalisationen verschiedene OLP-Typen aufweisen und die Typen können über Zeit ihren Charakter verändern (THORN et al. 1988). Ein engmaschiges Recall (3–4-mal jährlich bei symptomatischen, 1-mal jährlich bei asymptomatischen Formen) ist beim OLP erforderlich. Ferner sollte wegen der Gefahr einer malignen Entartung ein erosiver Typ in der Regel biopsiert und histopathologisch untersucht werden (BUSER et al. 2001).

Einsatz des CO₂-Lasers

Da die Ätiologie des OLP nach wie vor unbekannt ist, kann keine Kausaltherapie, sondern lediglich eine symptomatische Therapie erfolgen. Besonders bei den erosiven symptomatischen Formen steht für die Patienten eine Linderung der Beschwerden im Vordergrund. Neben invasiven Methoden wie Skalpellinzision oder Kryochirurgie wird auch der CO₂-Laser zur Therapie

des OLP angewandt. In der Literatur lassen sich zum Thema Lasereinsatz nur einzelne Studien mit einer geringen Anzahl therapierter Läsionen finden (FRAME et al. 1984, HORCH et al. 1986, LOH 1992, LUOMANEN 1992, HUERTA et al. 1999) (Tab. III). Auch wenn Langzeitergebnisse mit einem grossen Patientenpool fehlen, kann eine deutliche Tendenz zu lokalen Rezidiven festgestellt werden. In einer neueren Studie trat innerhalb eines Jahres bei 12 von 29 Patienten ein Rezidiv auf, was einer Rezidivrate von 41,4% entspricht (HUERTA et al. 1999).

Ist der CO₂-Laser ein sinnvolles Therapiemittel?

Bei einer hohen Rezidivrate einer bestimmten operativ-therapeutischen Technik stellt sich die Frage nach dem Sinn und Nutzen dieses Therapiemittels. Da die Rezidive in der Literatur als kleiner und diffuser (LUOMANEN 1992) oder weniger schmerzhaft (FRAME et al. 1984, LOH 1992) beschrieben werden, kann eine Therapie mit dem CO₂-Laser durchaus begründet werden. Die histopathologischen Bilder zeigen zudem ein reduziertes subepitheliales lymphozytäres Infiltrat und ein gesamthaft weniger aggressives Erscheinungsbild, ohne dass die Veränderungen aber gänzlich behoben werden (LOH 1992).

Da exogene Irritationen (mechanisch/thermisch/chemisch) beim Lichen planus einen isomorphen Reizeffekt (Köbner-Phänomen) auslösen können, sollte auf Grund der hohen Rezidivrate auch in Betracht gezogen werden, dass gerade die Manipulation des OLP mit dem CO₂-Laser zum Auslösen neuer Läsionen führen könnte. Weist jedoch die histopathologische Untersu-

Tab. III Therapie des OLP mit dem CO₂-Laser: Lokalrezidiv (Arbeiten von 1984 bis 1999)

Studie	FRAME et al. 1984	HORCH et al. 1986	LOH 1992	LUOMANEN 1992	HUERTA et al. 1999
Anzahl OLP	3	7	10	8	29
Typ (Anzahl OLP)	Erosiv (3)	k. A.	Erosiv (5), retikulär (4), Plaque-ähnlich (1)	k. A.	Plaque-ähnlich (29)
Lokalisation (Anzahl OLP)	k. A.	k. A.	Wange (8), Gingiva (1), Zungenrücken (1)	Wange (6), Zunge (2)	Wange (10), Zunge (8), Gingiva (6), Palatum (5)
Lasertyp	Coherent 450/Sharplan 733	k. A.	Sharplan 1020	Lasermatic/Niic model-IR 103	k. A.
Laserparameter	Fokussiert oder defokussiert	Defokussiert, P=15–20 W	Dauerstrich-Betrieb, fokussiert und defokussiert, P=5 W	Dauerstrich-Betrieb, fokussiert (Biopsie) und defokussiert (Ablation), P=6–10 W	Dauerstrich-Betrieb, defokussiert, P=10 W
Nachkontrollzeit (Anzahl OLP)	4–24 Monate (3)	Ø 37 Monate (7)	6 Monate–4 Jahre, Ø 3 Jahre	16–37 Monate, Ø 27,5 Monate (8)	3 Monate (29); 1 Jahr (29)
Lokale Rezidivrate	2/3, weniger schmerzhaft als Initialläsion		keine genauen Angaben, jedoch mindestens 2/10: 2 Patienten mit lokalem, jedoch weniger schmerzhaftem Rezidiv werden erneut behandelt; 2 (bei denselben Patienten?) histopathologische postoperative Untersuchungen zeigen eine schwächere Form; bei «einigen» Patienten werden netzartige Linien in der behandelten Zone beobachtet	2/8, kleiner und diffuser als Initialläsionen	4/29=13,8% nach 3 Monaten; 12/29 = 41,4% nach 1 Jahr

chung dysplastische Zellveränderungen auf, bietet der CO₂-Laser ein adäquates Therapiemittel zum Abtragen der betroffenen Areale (BUSER et al. 2001).

Benigne Weichgewebe- und Speicheldrüsentumoren, sowie reizbedingte Gewebemehrbildungen

Klassifikation

Benigne Weichgewebetumoren sind gutartige Vermehrungen von epithelialelem (zum Beispiel Papillom) oder mesenchymalem Gewebe (beispielsweise Fibrom, Lipom und Hämangiom). «Echte» Tumoren zeigen ein autonomes expansives Wachstum, während reizbedingte Gewebemehrbildungen (zum Beispiel die fibröse Hyperplasie/Reizfibrom) eine Reaktion auf irritative Faktoren darstellen.

Einsatz des CO₂-Lasers

In der Regel ermöglicht der CO₂-Laser die Entfernung benigner Weichgewebe- und Speicheldrüsentumoren durch kurze und komplikationslose Eingriffe mit einer hohen Patientenakzeptanz (RICHTER 1990, LUOMANEN 1992, PICK et al. 1995). Die Dauer der Entfernung reizbedingter Gewebemehrbildungen hängt von deren Ausdehnung ab.

Während früher Lasereingriffe unter Narkose erfolgten (FRAME 1985a, FRAME 1985b), wird heute die intraorale Weichgewebentfernung nach Infiltrations- oder Oberflächenanästhesie durchgeführt (ROMANOS 1999). Für kleinere Exzisionen kann mitunter gar ganz auf eine Anästhesie verzichtet werden (PAJAROLA & NIDEROEST 2001). Benigne Tumoren sollten in toto mit fokussiertem Laserstrahl entfernt und das entnommene Gewebe anschließend histopathologisch untersucht werden (FRAME 1985a, FRAME 1985b, LUOMANEN 1992, CLAYMAN & KUO 1997, ROMANOS 1999) (Abb. 2a–d, 3a–c). Eine zusätzliche Karbonisation der Wundoberfläche mit defokussiertem Laserstrahl wird nach der Exzision empfohlen (CLAYMAN & KUO 1997, ROMANOS

1999). Ausgedehnte reizbedingte Gewebemehrbildungen, wie die papilläre Hyperplasie am Gaumen, werden häufig durch Ablation entfernt (POGREL 1989, LUOMANEN 1992, CLAYMAN & KUO 1997, ROMANOS 1999, STRAUSS 2000). Eine vorgängige Inzisionsbiopsie zwecks histopathologischer Abklärung ist bei unklaren Befunden empfehlenswert (LUOMANEN 1992, ROMANOS 1999, STRAUSS 2000). Eine postoperative Nahtversorgung erübrigt sich in den meisten Fällen, da das karbonisierte Gewebe gut der sekundären Epithelisation überlassen werden kann (POGREL 1989, LUOMANEN 1989, RICHTER 1990, LOH 1994, PICK et al. 1995, CLAYMAN & KUO 1997).

Postoperative Komplikationen

Nach der Entfernung benigner Weichgewebetumoren, reizbedingter Gewebemehrbildungen und benigner Speicheldrüsentumoren mit dem CO₂-Laser werden von den Patienten an den Tagen nach der Operation nur minimale oder milde Schmerzen empfunden (FRAME 1985a, POGREL 1989, RICHTER 1990). In einer Studie mussten 11 Patienten nach der Exzision fibröser Hyperplasien die postoperativen Schmerzen auf einer Schmerzskala von 1–10 einordnen: Alle Werte lagen zwischen 3–6, mit einem Durchschnitt von 3,8 (POGREL 1989). Die postoperative Schwellung ist höchstens von leichter Art (FRAME 1985a, LUOMANEN 1989), andere postoperative Komplikationen fehlen entweder vollständig (FRAME 1985a, POGREL 1989, RICHTER 1990, LUOMANEN 1992) oder sind nur vorübergehend (FRAME 1985b), und in keiner Studie wird ein Fall mit lokalem Rezidiv erwähnt.

Aphthen (recurrent aphthous stomatitis, RAS)

Obwohl Aphthen häufige Läsionen der Mundschleimhaut sind, ist die Ätiologie der rezidivierenden aphthösen Stomatitis – *recurrent aphthous stomatitis* (RAS) – nach wie vor unbekannt. Es gibt aber einige Hinweise, dass die RAS in Folge einer zellvermittelten Immunantwort entsteht (CASIGLIA 2002) und durch bestimmte Krankheiten und Mangelzustände sowie mechani-



Abb. 2a Teleangiektatische fibröse Hyperplasie am linken Planum buccale vor der Exzision mit dem CO₂-Laser: Ein Haltefaden (Seralon 4-0) traumatisiert das fragile Gewebe im Hinblick auf die histopathologische Beurteilbarkeit weniger als die chirurgische Pinzette.

Fig. 2a Hyperplasie fibreuse télangiectasique intéressant le côté gauche du plancher buccal; situation avant l'excision par le laser au CO₂. L'écartement par un point de suture de fixation (Seralon 4-0) est moins traumatisant pour les tissus destinés à l'examen histopathologique que la précelle chirurgicale.

sche Traumata, Stress, Medikamenteneinnahme, Nahrungs- und Zahnpastabestandteile gefördert wird.

Einsatz des CO₂-Lasers und anderer Lasertypen

Zur Symptombekämpfung und Minimierung der Rezidivrate der RAS gehört die Laserbestrahlung, neben dem Vermeiden möglicher auslösender Faktoren (zum Beispiel Natriumlaurylsulfat in der Zahnpaste) und neben der Anwendung topischer und systemischer Medikamente, zu den heute gängigen Therapiemitteln (SHIP 1996, CONVISSAR 1996, SHIP et al. 2000, CASIGLIA 2002) (Abb. 4a–b). Untersuchungen zum therapeutischen beziehungsweise prophylaktischen Effekt des CO₂-Lasers bei RAS an grösseren Patientengruppen sind selten (Tab. IV). In einer Arbeit mit 18 Patienten, bei welchen der Aphthenbefall zu einer Einschränkung der normalen Essgewohnheiten geführt hat, wurden die Schmerzen bei 88,8% durch die CO₂-Laserbestrahlung beseitigt. Die Rezidivrate der RAS lag bei dieser Studie bei 27,8% innerhalb der ersten 6–14 Monate (COLVAR & KUO 1991).



Abb. 2b Während der Exzision der fibrösen Hyperplasie wird das umgebende Weich- und Hartgewebe mithilfe eines benetzten Holzspatels vor aberranter Laserstrahlung geschützt.

Fig. 2b Durant l'excision de l'hyperplasie fibreuse, les tissus durs et mous du voisinage sont protégés des rayons laser aberrants à l'aide d'un abaisse-langue en bois bien mouillé.



Abb. 2c Die fibröse Hyperplasie nach der Exzision in toto mit dem CO₂-Laser (Leistung: 7 W, Superpuls-Modus).

Fig. 2c Vue de l'hyperplasie fibreuse après excision in toto par le laser au CO₂ (puissance 7W en mode super-pulsé).

In der Literatur werden zur Therapie der RAS auch andere Laser beschrieben, vor allem der Nd:YAG-Laser (CONVISSAR & MASSOURMI-SOUREY 1992, PARKINS et al. 1994, CONVISSAR 2002). Daneben wurde auch die Softlaser-Anwendung zur Therapie und Schmerzbeseitigung von Aphthen mit teilweise widersprüchlichen Ergebnissen untersucht (VON AHLFTEN 1987, ZIMMERMANN 1990, MIKHAILOVA et al. 1992, NEIBURGER 1995, PRIKULS 2000).

Medikamentös bedingte Gingivahyperplasien

Einige systemisch verabreichte Medikamente können als Nebenwirkung zu Gingivahyperplasien führen. Dazu zählen speziell folgende pharmakologische Wirkstoffe: Phenytoin (ein Antiepileptikum), Cyclosporin A (ein Immunsuppressivum), Nifedipin, Verapamil, Felodipin, Nitrendipin, Diltiazem, Amlodipin (alles Kalziumantagonisten). Ein Ungleichgewicht in der Produktion und Degradation von Kollagen verursacht die Zahnfleischwucherungen, welche gar ganze Zahnkronen überdecken können. Mechanismen und Kofaktoren, welche zu diesem Ungleichgewicht führen, sind weiterhin Gegenstand der

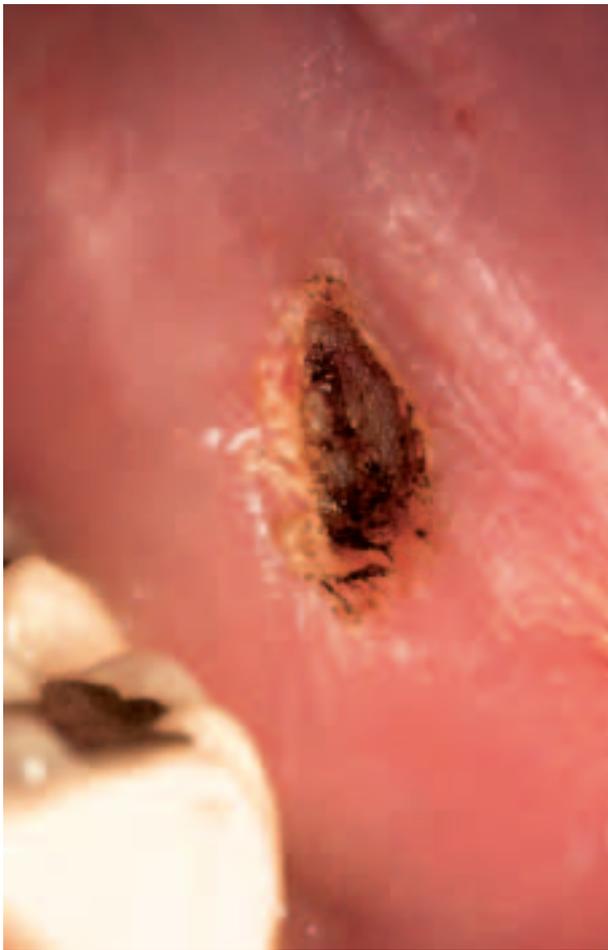


Abb. 2d Nach der Entfernung der fibrösen Hyperplasie am linken Planum buccale mit dem CO₂-Laser imponiert eine blutungsfreie, karbonisierte Oberfläche.

Fig. 2d A noter la surface carbonisée et exempte de saignement après l'ablation de l'hyperplasie fibreuse située sur le côté gauche du plancher buccal.



Abb. 3b Nach der Exzision der Läsion mit dem CO₂-Laser (Leistung: 4 W, cw) imponiert eine blutungsfreie, etwas karbonisierte Wundoberfläche.

Fig. 3b Après l'excision par le laser au CO₂, à noter la surface exempte de saignement et légèrement carbonisée.

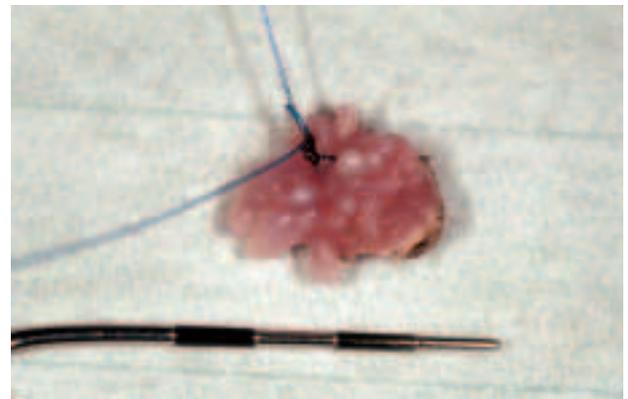


Abb. 3c Das mit dem CO₂-Laser entfernte Papillom weist für die histopathologische Begutachtung einen deutlich erkennbaren Sicherheitsabstand von etwa 1 mm auf.

Fig. 3c Vue de détail du papillome après excision in toto par le laser au CO₂; à noter la marge de sécurité bien délimitée d'environ 1 mm.



Abb. 3a Blumenkohlartig strukturiertes, eher breitbasig aufsitzendes Papillom am Übergang des weichen Gaumens in den linken Arcus palatoglossus.

Fig. 3a Papillome à structure «en chou-fleur», émergeant sur une base plutôt large et situé dans la zone de transition entre le palais mou vers l'arc palato-glosse gauche.

Forschung (DONGARI et al. 1993, SEYMOUR et al. 2000, CAMARGO et al. 2001).

Neben einer parodontalen Therapie, welche ein gründliches *scaling* und *root planing* beinhaltet, einer Verbesserung der Mundhygiene und einer eventuellen Änderung beziehungsweise Anpassung der Medikation, können die verbleibenden Hyperplasien durch parodontalchirurgische Verfahren oder mit einem Laser entfernt werden (CAMARGO et al. 2001). Eine Kombination der konventionell-chirurgischen und der CO₂-Laser-Therapie ist dabei auch möglich (DARBAR et al. 1996).

In der Literatur sind es vor allem einzelne Fallbeispiele, welche die Entfernung medikamentös bedingter Gingivahyperplasien mit dem CO₂-Laser beschreiben (ABT et al. 1987, BARAK & KAPLAN 1988, PICK & COLVARD 1993, ROSSMANN & COBB 1995, ROMANOS 1999, CONVISSAR 2000). Zwei Studien zeigen die postoperative Heilung und die Komplikationen Phenytoin-bedingter Gingivahyperplasien nach einer Therapie mit dem CO₂-Laser (PICK et al. 1985, ROED-PETERSEN 1993) (Tab. V). Langzeitstudien sowie Vergleichstudien zu den konventionell-chirurgischen Methoden fehlen in der Literatur gänzlich.



Abb. 4a Patient mit einer Aphthe der Minorform (Miculicz-Aphthe) an der linken Oberlippe: Man erkennt eine fibrinös belegte Ulzeration mit gerötetem Halo.

Fig. 4a Patient présentant un aphte de forme mineure (aphte de Miculicz) du côté gauche de la lèvre supérieure. La lésion se caractérise par une ulcération recouverte de fibrine entourée d'un halo érythémateux.

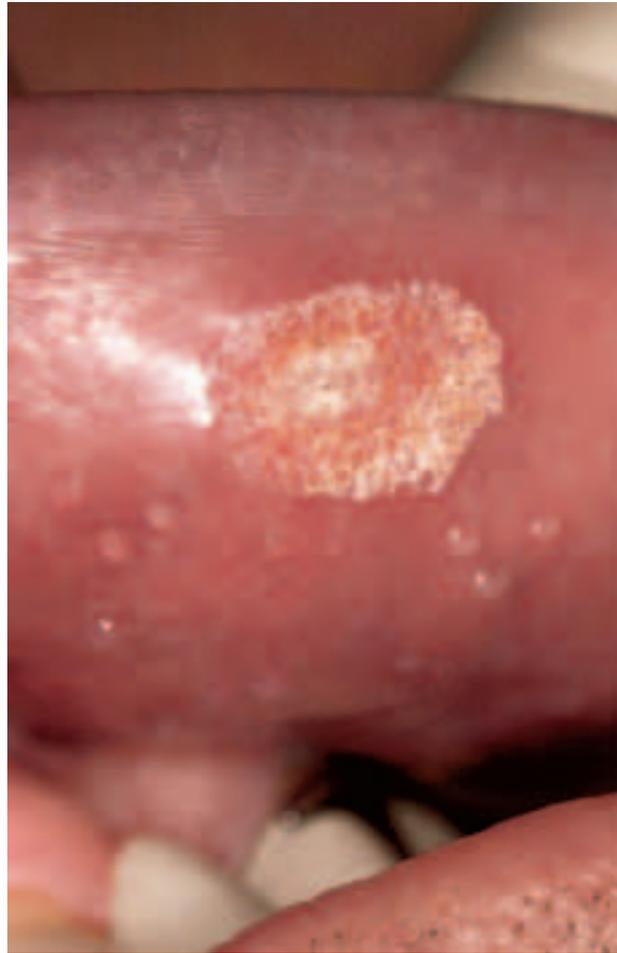


Abb. 4b Die Minor-Aphthe nach Behandlung mit dem CO₂-Laser (Leistung: 3 W, Superpuls-Modus).

Fig. 4b L'aphte de forme mineure après le traitement par le laser au CO₂ (puissance 3W en mode super-pulsé).

Speichelretentions- und Extravasationszysten

Die Speichelretentionszyste ist eine von Epithel ausgekleidete Zystenhöhle und entsteht auf Grund des Verschlusses eines Drüsenausführungsganges. Eine Speichelretentionszyste der Glandula sublingualis wird Ranula genannt. Bei der Extravasationszyste ist muköses Sekret - zum Beispiel auf Grund eines Traumas - ins Drüsenstroma ausgetreten und führt zu einer prall-elastischen Veränderung. Diese beiden Veränderungen werden häufig unter dem Begriff Mukozele zusammengefasst (PINDBORG 1993). Die Entfernung von Speichelretentions- und Extravasationszysten mit dem CO₂-Laser wurde in der Literatur bisher nur anhand einiger Fallberichte (ISRAEL 1994, CLAYMAN & KUO 1997, GUTKNECHT 1999, PAJAROLA & NIDEROEST 2001) oder an einem kleinen Patientenpool beschrieben und untersucht (FRAME 1985a, MINTZ et al. 1994); Studien mit grösseren Patientenzahlen fehlen. Die Retentionszysten werden mit dem CO₂-Laser entweder in toto entfernt oder bei grösserer Extension - insbesondere bei der Ranula - marsupialisiert (PAJAROLA & NIDEROEST 2001). Sorgfalt ist in der Nähe des Nervus lingualis und des Ausführungsganges

der Glandula submandibularis geboten (FRAME 1985a). Eine Naht ist nach der CO₂-Lasertherapie nicht notwendig (FRAME 1985a, ISRAEL 1994, MINTZ et al. 1994, GUTKNECHT 1999) und die Narbenbildung scheint minimal (FRAME 1985a, ISRAEL 1994, MINTZ et al. 1994, PAJAROLA & NIDEROEST 2001).

Herpes-simplex-Virus (HSV)-Läsionen

Eine Infektion mit dem Herpes-simplex-Virus äussert sich in Form von Bläschen, welche platzen und Ulzerationen der Haut und Schleimhaut hinterlassen. Die Erstinfektion kann sich in Form der Gingivostomatitis herpetica äussern. Infizierte Personen bleiben Virusträger und können in der Folge an rezidivierenden HSV-Infektionen leiden (Pindborg 1993). In der Literatur sind einzelne Berichte zu finden, welche den CO₂-Laser zur symptomatischen Therapie bei labialen und oralen HSV-Läsionen einsetzen (RICHTER 1990, PICK et al. 1995, GUTKNECHT 1999). Der Laser wird dabei in der Regel mit den gleichen Parametern wie bei aphthösen Ulzerationen eingesetzt (RICHTER 1990, PICK et al. 1995). Analog den aphthösen Ulzerationen werden bei den herpetischen Ulzerationen neben dem CO₂-Laser auch Nd:YAG-Laser (PARKINS et al. 1994, GUTKNECHT 1999) und Softlaser mit teilweise widersprüchlichen Ergebnissen eingesetzt

Tab. IV Aphthen-Therapie mit dem CO₂-Laser

Studie	RICHTER 1990	COLVAR & KUO 1991
Anzahl Aphthen (Typ)	Anzahl unklar, da Angaben inklusive Herpesinfektionen und Ulzerationen anderer Genese	25 (Minor Form)
Anzahl Patienten	k. A.	18
Zeitliches Auftreten der aphthösen Läsion	k. A.	Alle innerhalb der letzten 3 Tage
Lokalisation	k. A.	Bukkale Mucosa, Zungenspitze und laterale Zungenseite, Oropharynx
Lasertyp	Lasersat (Satelec)	Pfizer
Laserparameter	Impuls-Betrieb (Einzelimpuls 0,4s), P=4 W, PD=640J/cm ²	Impuls-Betrieb (10 ms/Puls), P=4 W
Postoperative Komplikationen	k. A.	Keine
Postoperative Schmerz beseitigung	k. A.	16/18 Patienten = 88,8% sind schmerzfrei nach Nachlassen der Anästhesie
Nachkontrollzeit (Anzahl Patienten)	12 Monate	6–14 Monate (18)
Rezidivrate	18%, inklusive Patienten mit therapierten Herpesinfektionen	5/18 = 27,8%, erneute Lasertherapie mit Rezidiv von 1/5 = 20%

k. A. = keine Angaben P = Leistung PD = Leistungsdichte s = Sekunde

(VON AHLFTEN 1987, ZIMMERMANN 1990, SCHINDL & NEUMANN 1999).

Lippen- und Zungenbändchen

Der CO₂-Laser wird in der Literatur als ideales Mittel zur Therapie störender Lippen- und Zungenbändchen beschrieben (PICK & POWELL 1993). Die Ankyloglossie ist zurückzuführen auf ein ausgeprägtes Frenulum linguae, fibröser oder muskulärer Natur, welches die Zunge am Mundboden fixiert. Die Ankyloglossie kann sich auf die Zahnstellung auswirken, das Entstehen parodontaler Läsionen begünstigen und Sprachstörungen verursachen (PINDBORG 1993). Zudem können Probleme beim Essen und Trinken oder bei Aktivitäten wie dem Spielen von Blasinstrumenten auftreten (KOTLOW 1999). Ein aktueller Fallbericht beschreibt die Durchtrennung des störenden Zungenbändchens mit dem CO₂-Laser als zügige und elegante Methode – einfacher als mit dem Skalpell (BULLOCK 1995) (Abb. 5a–d, 6a–b). Dieselben Vorteile werden in einer neueren Studie an Kindern in Sri-Lanka erwähnt (KA TO et al. 2002). In einer anderen Studie kam es nach Frenektomien mit dem CO₂-Laser in zwei Fällen zu beträchtlichen Gewebekontraktionen (POGREL 1989).

Abstract

The second part of this review presents and discusses evidence in the recent literature for the application of the CO₂ laser for the therapy of stomatologic lesions. Clinical outcomes and complications for the use of the CO₂ laser are presented for the following stomatological conditions: leukoplakia, lichen planus, benign soft-tissue and salivary gland tumors, reactive soft tissue changes (i.e., fibroepithelial polyps), recurrent aphthous stom-

Tab. V Gingivektomie bei Phenytoin-bedingten Gingivahyperplasie mit dem CO₂-Laser

Studie	PICK et al. 1985	ROED-PETERSEN 1993
Anzahl Patienten mit Phenytoin-induzierter Gingivahyperplasie	12	15
Vorbehandlung	Mundhygiene-Instruktion, Ultraschall-Scaling, manuelles Scaling & root planing	Scaling, Politur
Lasertyp	Sharplan 743	Sharplan 720 mit Handstück 733A
Laserparameter	Dauerstrich- oder Impuls-Betrieb, defokussiert, P=5–20 W	Dauerstrich- oder Impuls-Betrieb, fokussiert oder defokussiert, P=10 W
Mittel zum Schutz der Zähne	Wachsspatel	abgewinkelter Spatel
Postoperative Komplikationen	Durch Analgetika behobene schwache postoperative Schmerzen, ansonsten keine	Analgetika bei 6 Patienten, ansonsten keine
Reepithelisation abgeschlossen	10–11 Tage	2–3 Wochen
Nachkontrollzeit (Anzahl Patienten)	28 Tage (12)	3 Monate (15)
Lokale Rezidivrate	k. A.	4/15, davon bei 1/15 Reoperation nötig

k. A. = keine Angaben P = Leistung

atitis, drug-induced gingival hyperplasia, mucous extravasation and mucous retention cysts, herpes simplex virus-induced lesions, maxillary midline frenum, and ankyloglossia (tongue-tie). This review outlines indications in which the CO₂ laser is the treatment method of choice and in which situations the laser has still to be applied with caution.

Verdankung

Die Autoren danken den beiden externen Oberassistenten der Klinik für Oralchirurgie und Stomatologie, Dr. Pierre Magnin und Dr. Dr. Erwin Meier, für ihre fachlichen Ratschläge bei der



Abb. 5a Beim Lächeln der 12-jährigen Patientin imponiert ein ausgeprägtes Diastema zwischen den beiden zentralen Inzisiven.

Fig. 5a Le sourire de cette patiente âgée de 12 ans fait apparaître un diastème important entre les incisives centrales supérieures.



Abb. 5b Wird die Oberlippe unter Streckung angehoben, entsteht eine anämische Zone im Insertionsgebiet des Lippenbandes bukkal und palatinal.

Fig. 5b Vue de détail du diastème après soulèvement sous tension de la lèvre supérieure: à noter la zone ischémique au niveau de la région d'insertion vestibulaire et palatine du frein labial.



Abb. 6a Zwischen den beiden zentralen Schneidezähnen ist ein deutliches Diastema vorhanden. Das Lippenband zieht zwischen den beiden Zähnen über die Papilla incisiva nach palatinal.

Fig. 6a Diastème important entre les deux incisives centrales supérieures. Le frein labial s'insère entre les deux centrales et traverse de part en part la papille inter-incisive du côté vestibulaire et palatin.



Abb. 5c Zwei Monate nach Exzision des Lippenbandes mit dem CO₂-Laser (Leistung: 4 W, cw) ist das Diastema vollständig geschlossen.

Fig. 5c Deux mois après l'excision du frein labial par le laser au CO₂ (puissance 4W en mode continu), le diastème est complètement fermé.



Abb. 6b Klinischer Aspekt nach Abtragung des Lippenbandes mit dem CO₂-Laser (Leistung: 4 W, cw).

Fig. 6b Situation clinique après frénectomie par le laser au CO₂ (puissance 4W en mode continu).



Abb. 5d Beim Lächeln der Patientin imponiert nun ein deutliche harmonischeres Bild der Oberkieferzähne.

Fig. 5d Le sourire de la patiente bénéficie de l'amélioration de la position nettement plus harmonique des incisives supérieures.

Planung und Ausarbeitung der vorliegenden zweiteiligen Arbeit.

Zudem danken wir Dr. Christian Frei und Dr. Carmen Kälin, Assistenten an der Klinik für Oralchirurgie und Stomatologie, für ihre Unterstützung bei der Zusammenstellung des Bildmaterials.

Literatur

- ABT E, WIGDOR H, LOBRAICO R, CARLSON B, HARRIS D, PYRCZ R: Removal of benign intraoral masses using the CO₂ laser. *J Am Dent Assoc* 115: 729–731 (1987)
- ANDREASEN J O: Oral lichen planus. 1. A clinical evaluation of 115 cases. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 25: 31–42 (1968)
- AXELL T, HOLMSTRUP P, KRAMER I R H, PINDBORG J J, SHEAR M: International seminar on oral leukoplakia and associated lesions related to tobacco habits: Lund University, Malmö, Sweden, June 27–30, 1983. *Community Dent Oral Epidemiol* 12: 145–154 (1984)
- AXELL T, PINDBORG J J, SMITH C J, VAN DER WAAL I AND AN INTERNATIONAL COLLABORATIVE GROUP ON ORAL WHITE LESIONS: Oral white lesions with special reference to precancerous and tobacco-related lesions: conclusions of an international symposium held in Uppsala, Sweden, May 18–21 1994. *J Oral Pathol Med* 25: 49–54 (1996)
- BÁNÓCZY J, CSIBA A: Comparative study of the clinical picture and histopathologic structure of oral leukoplakia. *Cancer* 29: 1230–1234 (1972)
- BARAK S, KAPLAN I: The CO₂ laser in the excision of gingival hyperplasia caused by nifedipine. *J Clin Periodontol* 15: 633–635 (1988)
- BULLOCK N: The use of the CO₂ laser for lingual frenectomy and excisional biopsy. *Compend Contin Educ Dent* 16: 1118, 1120, 1122–1123 (1995)
- BUSER D, MEIER E, MAGNIN P, REES T D: Oraler Lichen Planus. Teil 2: Therapiemöglichkeiten und aktuelles Behandlungskonzept. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 111: 171–181 (2001)
- CAMARGO P M, MELNICK P R, PIRIH F Q M, LAGOS R, TAKEI H H: Treatment of drug-induced gingival enlargement: aesthetic and functional considerations. *Periodontol* 2000 27: 131–138 (2001)
- CASIGLIA J M: Recurrent aphthous stomatitis: etiology, diagnosis, and treatment. *Gen Dent* 50: 157–166 (2002)
- CHIESA F, SALA L, COSTA L, MOGLIA D, MAURI M, PODRECCA S, ANDREOLA S, MARCHESINI R, BANDIERAMONTE G, BARTOLI C, MASSARA G, MOLILNARI R: Excision of oral leukoplakias by CO₂ laser on an out-patient basis: a useful procedure for prevention and early detection of oral carcinomas. *Tumori* 72: 307–312 (1986)
- CHIESA F, TRADATI N, SALA L, COSTA L, PODRECCA S, BORACCHI P, BANDIERAMONTE G, MAURI M, MOLINARI R: Follow-up of oral leukoplakia after carbon dioxide laser surgery. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 116: 177–180 (1990)
- CHU F W, SILVERMAN S JR, DEDO H H: CO₂ laser treatment of oral leukoplakia. *Laryngoscope* 98: 125–130 (1988)
- CLAYMAN L, KUO P: Soft tissue excision techniques. In: Clayman L, Kuo P: *Lasers in maxillofacial surgery and dentistry*. Thieme, New York, pp 63–83 (1997)
- COLVAR M, KUO P: Managing aphthous ulcers: laser treatment applied. *J Am Dent Assoc* 122: 51–53 (1991)
- CONVISSAR R A, MASSOURMI-SOUREY M: Recurrent aphthous ulcers: etiology and laser ablation. *Gen Dent* 40: 512–515 (1992)
- CONVISSAR R A: Aphthous ulcers and lasers. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 82: 118 (1996)
- CONVISSAR R A: Lasers in a hospital-based dental practice. *Dent Clin North Am* 44: 875–887 (2000)
- CONVISSAR R A: Laser palliation of oral manifestations of human immunodeficiency virus infection. *J Am Dent Assoc* 133: 591–598 (2002)
- DARBAR U R, HOPPER C, SPEIGHT P M, NEWMAN H N: Combined treatment approach to gingival overgrowth due to drug therapy. *J Clin Periodontol* 23: 941–944 (1996)
- DONGARI A, MC DONELL H T, LANGLAIS R P: Drug-induced gingival overgrowth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 76: 543–548 (1993)
- DUNSCHE A, FLEINER B, HOFFMEISTER B: Die Exzision von Mundschleimhautveränderungen mit dem CO₂-Laser. *Dtsch Zahnärztl Z* 49: 148–150 (1994)
- DUNSCHE A, HÄRLE F: Die Krebsvorstufen der Mundschleimhaut – eine Übersicht. *Laryngo-Rhino-Otol* 79: 423–427 (2000)
- FLYNN M B, WHITE M, TABAH R J: Use of carbon dioxide laser for the treatment of premalignant lesions of the oral mucosa. *J Surg Oncol* 37: 232–234 (1988)
- FRAME J W, DAS GUPTA A R, DALTON G A, RHYS EVANS P H: Use of the carbon dioxide laser in the management of premalignant lesions of the oral mucosa. *J Laryngol Otol* 98: 1251–1260 (1984)
- FRAME J W: Carbon dioxide laser surgery for benign oral lesions. *Br Dent J* 158: 125–128 (1985a)
- FRAME J W: Removal of oral soft tissue pathology with the CO₂ laser. *J Oral Maxillofac Surg* 43: 850–855 (1985b)
- GERLACH K L, ROODENBURG J L N, HERZOG M, HORCH H H, PANDERS A K, PAPE H D, FÉAUX DE LA CROIX W, VERMEY A: Die Therapie oraler Leukoplakien mit dem CO₂-Laser: Langzeitergebnisse aus drei Kliniken. *Dtsch Zahnärztl Z* 48: 48–50 (1993)
- GOORIS P J, ROODENBURG J L, VERMEY A, NAUTA J M: Carbon dioxide laser evaporation of leukoplakia of the lower lip: a retrospective evaluation. *Oral Oncol* 35: 490–495 (1999)
- GUTKNECHT N: Lasertherapie in der zahnärztlichen Praxis: Die Anwendungen unterschiedlicher Lasertypen in ihren jeweiligen Spezialgebieten. *Quintessenz*, Berlin, pp 161, pp 185–186 (1999)
- HORCH H H, GERLACH K L, SCHAEFER H E: CO₂ laser surgery of oral premalignant lesions. *Int J Oral Maxillofac Surg* 15: 19–24 (1986)
- HUERTA LETEURET N, BAGAN SEBASTIAN J V, CARDONA TORTAJADA F, LLORIA DE MIGUEL E, JIMENEZ SORIANO Y, BASTERRA ALEGRIA J: Liquen plano oral en placas y leucoplasia oral homogénea: resultados comparativos tras el tratamiento de estas lesiones con láser CO₂. *Acta Otorinolaringol Esp* 50: 543–547 (1999)
- ISRAEL M: Use of the CO₂ laser in soft tissue and periodontal surgery. *Pract Periodontics Aesthet Dent* 6: 57–64 (1994)
- KATO J, JAYAWARDENA J A, WIJEYEWEERA R L, MORIYA K, TAKAGI Y: Application of a CO₂ laser for oral soft tissue surgery in children in Sri Lanka – introduction of a laser through activities of aid to a developing country [English abstract]. *Kokubyo Gakkai Zasshi* 69: 34–38 (2002)
- KOTLOW L A: Ankyloglossia (tongue-tie): a diagnostic and treatment quandary. *Quintessence Int* 30: 259–262 (1999)
- LOH H S: A clinical investigation of the management of oral lichen planus with the CO₂-Laser surgery. *J Clin Laser Med Surg* 10: 445–449 (1992)
- LOH H S: Laser applications in oral and maxillofacial surgery. In: *Zuhr: Laseranwendung in der Zahn-, Mund-, Kieferheilkunde*. Ecomed, Landsberg, pp 89–94 (1994)

- LUOMANEN M: The use of CO₂-Laser surgery for removal of multiple oral epithelial hyperplasias. *Proc Finn Dent Soc* 85: 41–46 (1989)
- LUOMANEN M: Experience with a carbon dioxide laser for removal of benign oral soft-tissue lesions. *Proc Finn Dent Soc* 88: 49–55 (1992)
- MIKHAILOVA R I, TEREKHOVA N V, ZEMSKAIA E A, MELKADZE N: The laser therapy and laser acupuncture of patients with chronic recurrent aphthous stomatitis [English abstract]. *Stomatologija (Mosk)* 3–6: 27–28 (1992)
- MINTZ S, BARAK S, HOROWITZ I: Carbon dioxide laser excision and vaporization of nonplunging ranulas: a comparison of two treatment protocols. *J Oral Maxillofac Surg* 52: 370–372 (1994)
- NEIBURGER E J: The effect of low-power lasers on intraoral wound healing. *NY State Dent J* 61: 40–43 (1995)
- PAJAROLA G F, NIDEROEST B F: Laser application in oral surgery and stomatology. In: Simunovic Z: *Lasers in surgery and dentistry*. Vitagraf, Rijeka, pp 749–764 (2001)
- PARKINS F M, O'TOOLE T, YANCEY J: Nd:YAG treatment of aphthous and herpetic lesions [abstract]. *J Dent Res* 73: 190 (1994)
- PICK R M, PECARO B C, SILBERMAN C J: The laser gingivectomy. The use of the CO₂ laser for the removal of phenytoin hyperplasia. *J Periodontol* 56: 492–496 (1985)
- PICK R M, COLVARD M D: Current status of lasers in soft tissue dental surgery. *J Periodontol* 64: 589–602 (1993)
- PICK R M, POWELL G L: Lasers in dentistry. *Dent Clin North Am* 37: 281–296 (1993)
- PICK R M, POGREL M A, LOH H S: Clinical applications of the CO₂ laser. In: Miserendino L J, Pick R M: *Lasers in dentistry*. Quintessence, Chicago, pp 145–160 (1995)
- PINDBORG J J: *Farbatlas der Mundschleimhautrekrankungen*. 5. erw. Aufl., Deutscher Ärzte-Verlag, Köln, pp 36–39, pp 226–227 pp 292–293, pp 193–194 (1993)
- POGREL M A: The carbon dioxide laser in soft tissue preprosthetic surgery. *J Prosthet Dent* 61: 203–208 (1989)
- PRIKULS V F: Experience in irradiating with helium-neon lasers to treat patients with relapsing aphthous stomatitis [English abstract]. *Stomatologija (Mosk)* 79: 20–22 (2000)
- RICHTER W: Die Anwendung eines Kohlendioxid-Lasers bei der Behandlung oraler Weichgewebe. *ZWR* 99: 969–971, 974–976 (1990)
- ROED-PETERSEN B: The potential use of CO₂-laser gingivectomy for phenytoin-induced gingival hyperplasia in mentally retarded patients. *J Clin Periodontol* 20: 729–731 (1993)
- ROMANOS G: *Atlas der chirurgischen Laserzahnheilkunde*. Urban & Fischer, München, pp 46–82 (1999)
- ROODENBURG J L, PANDERS A K, VERMEY A: Carbon dioxide laser surgery of oral leukoplakia. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 71: 670–674 (1991)
- ROSSMANN J A, COBB C M: Lasers in periodontal therapy. *Periodontol* 2000 9: 150–164 (1995)
- SCHINDL A, NEUMANN R: Low-intensity laser therapy is an effective treatment for recurrent herpes simplex infection. Results from a randomized double-blind placebo-controlled study. *J Invest Dermatol* 113: 221–223 (1999)
- SEYMOUR R A, ELLIS J S, THOMASON J M: Risk factors for drug-induced gingival overgrowth. *J Clin Periodontol* 27: 217–233 (2000)
- SHIP J A: Recurrent aphthous stomatitis. An update. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 81: 141–147 (1996)
- SHIP J A, CHAVEZ EM, DOERR PA, HENSON BS, SARMADI M: Recurrent aphthous stomatitis. *Quintessence Int* 31: 95–112 (2000)
- SILVERMAN S JR, GORSKY M, LOZADA F: Oral leukoplakia and malignant transformation: a follow-up study of 257 patients. *Cancer* 53: 563–568 (1984)
- STRAUSS R A: Lasers in oral and maxillofacial surgery. *Dent Clin North Am* 44: 851–873 (2000)
- THORN J J, HOLMSTRUP P, RINDUM J, PINDBORG J J: Course of various clinical forms of oral lichen planus. A prospective follow-up study of 611 patients. *J Oral Pathol* 17: 213–218 (1988)
- VEDTOFTE P, HOLMSTRUP P, HJØRTING-HANSEN E, PINDBORG J J: Surgical treatment of premalignant lesions of the oral mucosa. *Int J Oral Maxillofac Surg* 16: 656–664 (1987)
- VON AHLFTEN U: Erfahrungen bei der Behandlung aphthöser und herpetiformer Mundschleimhautrekrankungen mit einem neuen Infrarotlaser. *Quintessenz* 38: 927–933 (1987)
- ZIMMERMANN M: Untersuchung zur therapeutischen Wirksamkeit eines He-Ne-Lasers. *Dtsch Z Mund Kiefer Gesichtschir* 14: 313–319 (1990)