



Kariesinfiltration

Trotz der Erfolge von zahnärztlichen Präventionsmaßnahmen der letzten Jahrzehnte ist Karies noch immer eine der häufigsten Erkrankungen der Menschheit. In vielen Fällen wird jedoch heute ein langsames Voranschreiten der Karies beobachtet, wodurch ein vermehrtes Auftreten früher Stadien, also nichtkavitierten Läsionen verglichen mit kavitierten Läsionen, festgestellt wird¹. Daher gewinnen heute non- und mikroinvasive Therapien immer mehr an Bedeutung. Noninvasive Therapien beinhalten Maßnahmen zur Arretierung früher Karies, die an den ätiologischen Faktoren der Karies ansetzen. Hierzu zählen Ernährungsberatung, Mundhygienetraining, professionelle Zahnreinigung sowie lokale Fluoridierung. Allerdings ist der therapeutische Erfolg dieser Maßnahmen sehr von der konsequenten Anwendung durch den Patienten abhängig². Bei der restaurativen und somit invasiven Füllungstherapie kommt es neben der Entfernung der Karies – vor allem im Approximalraum – auch immer zu einem Verlust von gesunder Zahnhartsubstanz. Somit ist dieser Ansatz zwar weniger adhärenzabhängig, aber bestenfalls als minimalinvasiv zu bezeichnen. Mikroinvasive Therapieansätze wie die Fissurenversiegelung oder Kariesinfiltration sind dahingegen ähnlich zahnhartsubstanzschonend wie noninvasive Ansätze aber ähnlich wie die Füllungstherapie weit weniger adhärenzabhängig. Die Kariesinfiltration schlägt somit die Brücke zwischen der noninvasiven und der invasiv-restaurativen Therapie.

White-spot-Läsionen

Initiale, nichtkavitierte Stadien von Schmelzkaries bezeichnet man aufgrund ihres weißlichen Aussehens auch als „White-spot-Läsionen“. Deren weißliches Erscheinungsbild entsteht durch den Mineralverlust und eine damit einhergehende gesteigerte Porosität des Schmelzes unter einer etwa 10 bis 100 µm dicken sogenannten pseudointakten Oberfläche, in welcher der Mineralgehalt ähnlich hoch ist wie in gesundem Schmelz³. Wenn bei Remineralisationsvorgängen Lebens- oder Genussmittelfarbstoffe in die pseudointakte Oberflächenschicht eingelagert werden, verfärbt sich diese oftmals bräunlich, sodass aus „White spots“ nicht selten „Brown spots“ werden.

Die Porositäten innerhalb initialer kariöser Läsionen dienen kariogenen Säuren wie auch herausgelösten Mineralien als Disdiffusionswege. Ziel der Kariesinfiltration ist es, diese Diffusionswege durch ein Auffüllen der Porositäten mit einem lighthärtenden Kunststoff zu blockieren, um somit ein Voranschreiten der Karies zu verhindern. Hierzu wird zunächst die für Kunststoffe kaum durchdringliche pseudointakte Oberfläche mithilfe von Salzsäure erodiert und anschließend werden die Porositäten des Läsionskörpers mit einem sehr niedrigviskosen Kunststoff infiltriert⁴. Hierbei macht man sich Kapillarkräfte zunutze, durch welche der Kunststoff von selbst in die getrocknete Läsion gesogen wird.

Indikationsbereich

Die Kariesinfiltration eignet sich als mikroinvasives Verfahren zur Arretierung

approximaler nichtkavierter Karies. Insbesondere bei approximaler Karies, welche röntgenologisch bis in das äußere Dentindrittel (D1) ausgedehnt ist, bietet das Verfahren Vorteile gegenüber der alleinigen Anwendung noninvasiver Therapien (Abb. 1). Kontraindikationen der Kariesinfiltration sind inaktive (nichtvoranschreitende) kariöse Läsionen, bereits kavitierte kariöse Läsionen sowie Läsionen, die röntgenologisch das äußere Dentindrittel (D1) überschreiten⁵. Darüber hinaus findet die Kariesinfiltration aktuell noch keine Anwendung bei Fissurenkaries, Wurzelkaries und Erosion⁶.

Der Therapieentscheid hängt neben den genannten objektiv beurteilbaren klinischen und röntgenologischen Faktoren jedoch ebenfalls von individuellen patientenbezogenen Faktoren ab. Klinische Studien konnten zeigen, dass die zusätzliche Anwendung der Kariesinfiltration nach bis zu drei Jahren das Risiko einer Kariesprogression einer approximalen Läsion um 65 bis 90 % verringern kann, verglichen mit der alleinigen Anwendung von verschiedenen noninvasiven Methoden⁷⁻¹³. Diese Sicherheit ist jedoch mit einem erhöhten Behandlungs- und damit auch finanziellen Aufwand verbunden. In Kosten-Nutzen-Analysen zeigt sich, dass sich der anfängliche finanzielle Mehraufwand durch den höheren Therapieerfolg und die dadurch vermiedenen Kosten für restaurative Folgetherapien langfristig ausgleicht¹⁴.

Behandlungsablauf

Der klinische Ablauf der approximalen Kariesinfiltration besteht aus einem Ätzvorgang, bei dem die zu behandelnde

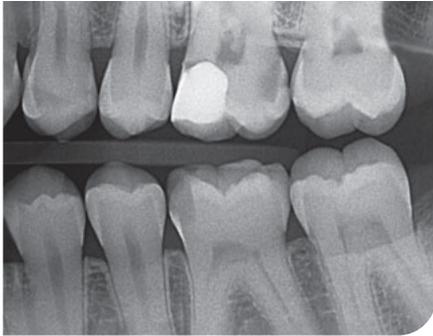


Abb. 1 Röntgenausgangsbild.



Abb. 2 Absolute Trockenlegung unter Verwendung eines Kofferdams.



Abb. 3 Separation mithilfe eines Separierkeils.

pseudointakte Oberfläche aufgelöst wird, einer Trocknung der Läsion mit Ethanol und dem Infiltrieren der Läsion mit einem dünnfließenden Kunststoff (Tab. 1). Die zu behandelnde Läsion wird vor der Behandlung gründlich gereinigt und mithilfe einer Sonde wird eine Kavitation ausgeschlossen. Daraufhin erfolgt eine absolute Trockenlegung mit Koffer- oder Minidam (Abb. 2). Die absolute Trockenlegung ist erforderlich, um im späteren Behandlungsverlauf eine Kontamination der Läsion mit Blut, Speichel oder Sulcusflüssigkeit ausschließen zu können. Anschließend wird der Kontaktpunkt über der Läsion mittels eines Keilchens separiert (Abb. 3), um eine spezielle Applikatorfolie in den Approximalraum einführen zu können (Abb. 4). Bei starken Approximalkontakten kann auch eine Separierung über 1 bis 2 Tage mittels kieferorthopädischer Gummis in Erwägung gezogen werden.

Anschließend wird über die Applikatorfolie 15%ige Salzsäure für zwei Minuten auf die Läsion aufgetragen (Abb. 5). Hierbei wird die pseudointakte Oberfläche erodiert und somit der Läsionskörper für den Infiltranten zugänglich gemacht. Bei der Kariesinfiltration wird – im Gegensatz zu der konventionellen Füllungstherapie – auf 15%ige Salzsäure und nicht auf 37%ige Phosphorsäure zurückgegriffen, da Salzsäure eine signifikant schnellere Erosion der pseudointakten Oberflä-



Abb. 4 Applikatorfolie zur Kariesinfiltration im Approximalraum.



Abb. 5 Ätzzugang.

Tab. 1 Behandlungsablauf.

Name (Hersteller)	Wirkstoff	Anwendung
ICON-Etch (Fa. DMG, Hamburg)	15%ige Salzsäure	<ul style="list-style-type: none"> • Salzsäure auftragen und für 2 Min. einwirken lassen • 30 Sek. mit Wasser abspülen • Lufttrocknen
ICON-Dry (Fa. DMG, Hamburg)	99%iger Ethanol	<ul style="list-style-type: none"> • Auftragen und 30 Sek. einwirken lassen • Lufttrocknen • Ergebnis beurteilen
ICON-Infiltrant (Fa. DMG, Hamburg)	Dünnfließender Kunststoff auf Basis von Triethylenglycol-dimethacrylat (TEGDMA)	<ul style="list-style-type: none"> • Für 3 Min. auftragen • Überschüsse entfernen • Lichthärten für 40 Sek. • 1 weitere Min. Icon-Infiltrant auftragen • Überschüsse entfernen - Lichthärten für 40 Sek.

che verglichen mit Phosphorsäure ermöglicht¹⁵. Phosphorsäure bietet daher keine ausreichende Freilegung der Porositäten und führt zu einer ungenügenden Infiltration. Die angeätzte Oberfläche wird gründlich mit Wasser

abgespült (Abb. 6) und mit Ethanol (ICON-Dry, Fa. DMG, Hamburg) und Druckluft getrocknet (Abb. 7). Dieser Schritt ist essenziell, da die verbleibende Flüssigkeit die Penetration des Infiltranten verhindern würde.



Abb. 6 Gründliche Wasserspülung.



Abb. 7 Applikation von ICON-Dry (Fa. DMG, Hamburg).



Abb. 8 Infiltration mit ICON-Infiltrant (Fa. DMG, Hamburg).



Abb. 9 Ausarbeitung mit einem Skalpell.



Abb. 10 Ausarbeitung mit Finierstreifen.



Abb. 11 Mikrobrush zur Kariesinfiltration der Vestibulärflächen.

Anschließend wird erneut mithilfe der Applikatorfolien der Kunststoff (ICON-Infiltrant, Fa. DMG, Hamburg) appliziert (Abb. 8). Nach drei Minuten Penetrationszeit werden Überschüsse entfernt und der Infiltrant wird für 40 Sekunden lichtgehärtet. Eine weitere einminütige Infiltration im Anschluss gleicht die Polymerisationsschrumpfung der ersten Infiltration aus. Für die Ausarbeitung im Approximalraum eignen sich Scaler, Skalpelle (z. B. Nr. 12) und Finierstreifen hervorragend (Abb. 9 und 10).

Nachsorge

Parallel zur Kariesinfiltration sollten zur Reduktion des individuellen Kariesrisikos noninvasive Maßnahmen wie Mundhygienetraining oder eine lokale

Fluoridierung erfolgen. Da der Infiltrant nicht röntgenopak ist und ein möglicher Behandlerwechsel nicht ausgeschlossen werden kann, wird zudem ein „ICON-Pass“ ausgestellt. Hierbei werden Lokalisation und Tiefe der Läsion eingetragen, damit ein nachfolgender Kollege die Läsion besser einschätzen kann und nicht unwissenderweise eine (zumeist unnötige) Füllungstherapie einleitet. Die infiltrierte Läsionen sollten patientenindividuell abgestimmt in regelmäßigen Recallintervallen klinisch und anhand von Bissflügel-aufnahmen überprüft werden. Das Recallintervall liegt abhängig vom individuellen Kariesrisiko ähnlich wie beim Monitoring noninvasiv therapierter Läsionen zwischen 6 und 48 Monaten.

Wissenschaftliche Evidenz

Die Wirksamkeit der approximalen Kariesinfiltration wurde in verschiedenen klinischen Studien untersucht. Metaanalysen dieser Studien zeigten ein signifikant geringeres Risiko eines Voranschreitens der Karies nach Kariesinfiltration verglichen mit den Kontrollgruppen über einen Beobachtungszeitraum von drei Jahren¹⁶⁻¹⁸. Die Autoren schussfolgerten, dass die Kariesinfiltration nicht nur im bleibenden Gebiss, sondern auch im Milchzahngewebis erfolgreich angewendet werden kann¹⁸. Eine andere Metaanalyse stimmt zwar mit dem positiven Effekt im permanenten Gebiss nach approximaler Kariesinfiltration überein, sieht den Vorteil einer Kariesinfiltration im Milchgebiss jedoch aufgrund der geringeren Anzahl an klinischen Studien als noch nicht ausrei-



chend belegt¹⁹. Auch hier wird von einer signifikant effektiveren Arretierung der Karies unter Verwendung von Kariesinfiltration inklusive Mundhygieneinstruktion gesprochen, verglichen mit einer reinen Mundhygieneinstruktion. Die längste Beobachtungsstudie beläuft sich auf einen Zeitraum von sieben Jahren und konnte eine signifikant geringere Progressionsrate der infiltrierten Läsionen und eine relative Risikoreduktion von 80 % bei Kariesinfiltration verglichen mit der nur noninvasiv therapierten Kontrollgruppe zeigen²⁰.

Ein positiver Nebeneffekt der Kariesinfiltration bei Kindern ist, dass Kinder die Behandlung als wenig traumatisch empfinden und sowohl vor als auch nach der Behandlung wenig Angst haben²¹. Vorteile der mikroinvasiven Therapie gegenüber der konventionellen Füllungstherapie sind nämlich nicht nur der geringere Zahnhartsubstanzverlust, sondern auch die geringere Schmerzwahrnehmung während der Kariesinfiltration sowie die kürzere Behandlungsdauer. Jedoch ist bei der Verwendung der Kariesinfiltration an Milchzähnen auf die unterschiedlichen morphologischen Gegebenheiten zu achten. Die proximale Schmelzschicht von Milchzähnen ist dünner als bei bleibenden Zähnen, weswegen es zu einer schnelleren Kariesprogression in Milchzähnen kommt²². Hinzu kommt, dass der Schmelz von Milchzähnen weniger mineralisiert und poröser als der Zahnschmelz bleibender Zähne ist²³. In mehreren klinischen Studien konnte die signifikant verlangsamte Kariesprogression im Vergleich zur reinen Lokalfluoridierung gezeigt werden^{21,24,25}.

Vestibuläre Kariesinfiltration

Obwohl die Kariesinfiltration ursprünglich entwickelt wurde, um Karies zu ar-

retieren, ist die optische Maskierung der infiltrierten Läsionen eine erwünschte Nebenwirkung des Verfahrens^{26,27}. Der Brechungsindex von gesundem Schmelz liegt bei 1,62²⁸. Da die Porositäten unter der pseudointakten Oberfläche zu Wasser- oder Lufteinlagerungen (Brechungsindex 1,33 oder 1,0) führen, verstärkt sich die Lichtbrechung und der „White spot“ erscheint weißlich^{28,29}. Wenn die Mikroporositäten im Rahmen der Kariesinfiltration mit dem dünnfließenden Kunststoff (Brechungsindex 1,46) gefüllt werden, verringert sich die Differenz der Brechungsindizes und das Aussehen der Läsion ähnelt dem des Schmelzes^{6,29}. Daher kann die Kariesinfiltration nicht nur zur Arretierung initialer Karies im Seitenzahnbereich dienen, sondern auch für ästhetische Zwecke verwendet werden. Der ästhetische Effekt ist bereits direkt nach der Kariesinfiltration zu sehen³⁰⁻³². Die Kariesinfiltration eignet sich aufgrund ihrer ähnlichen Struktur vor allem für kariöse „White spots“ und Fluorosen.

Im Gegensatz zur approximalen Kariesinfiltration erfolgt bei der vestibulären Kariesinfiltration die Applikation von ICON-Etch und ICON-Infiltrant (Fa. DMG, Hamburg) über einen pinselartigen Applikator (Abb. 11). Abgesehen davon sind die Behandlungsschritte mit der approximalen Infiltration ähnlich. Bei der vestibulären Infiltration nutzt man die „Infiltration“ mit ICON-Dry (Fa. DMG, Hamburg), um hierbei die Farbveränderung zu simulieren. Sollten die zuvor getrockneten, kreidig-weißen Läsionen bei der Applikation von Ethanol nicht die Farbe des umgebenden Zahnschmelzes annehmen, wurde wahrscheinlich noch nicht ausreichend von der vestibulär oft sehr dicken pseudointakten Oberfläche aufgelöst. Der Behandler kann nun gemeinsam mit dem Patienten entscheiden, ob das Ergebnis zufriedenstellend ist oder ein weiterer Ätzworgang vorteilhaft wäre. Laut Herstellerangaben sind

jedoch mehr als drei Ätzworgänge nicht empfehlenswert, um nicht zu viel Zahnhartsubstanz zu opfern.

Die Kariesinfiltration von vestibulären Läsionen ist ebenfalls in diversen klinischen Studien untersucht worden. In einer klinischen Studie wurde der Effekt der Kariesinfiltration dem Effekt einer Mikroabrasion gegenübergestellt. Beide verbesserten das ästhetische Erscheinungsbild, jedoch zeigte die Kariesinfiltration gegenüber der Mikroabrasion bessere ästhetische Ergebnisse nach zwölf Monaten³⁰. Das ästhetische Ergebnis der Kariesinfiltration von Vestibulärflächen zeigt sich auch nach mindestens zwei Jahren noch stabil³³. Die erfolgreiche Therapie von Fluorose wurde 2018 in einer systematischen Übersichtsarbeit erörtert. Die Autoren sahen die höchste Effektivität bei der Therapie der Fluorose in der Infiltration, gefolgt von Bleaching und Mikroabrasion³⁴. Dieses Ergebnis wurde 2019 von einer weiteren Übersichtsarbeit bestätigt³⁵. Aufgrund der ästhetischen Beeinträchtigung vieler Jugendlicher durch die „White spots“, oder Fluorosen bietet die Maskierung dieser Läsionen mittels Kariesinfiltration ästhetisch vielversprechende Ergebnisse und stellt somit einen guten Therapieansatz dar^{30,32}.

Fazit

Die Kariesinfiltration führt durch die Arretierung oder zumindest verlangsamte Kariesprogression zum Herausögern der ersten Füllung und somit auch der Folgetherapien in Form von Wurzelkanalbehandlung, Krone und Exzision und bietet dadurch eine hervorragende Möglichkeit zahnhartsubstanzschonend zu arbeiten. Aufgrund der erwünschten Nebenwirkung der Maskierung von „White spots“ findet die Kariesinfiltration auch in der ästhetischen Zahnheilkunde Anwendung.

Literatur

- Parisotto TM et al., Assessment of cavitated and active non-cavitated caries lesions in 3- to 4-year-old preschool children: A field study. *Int J Paediatr Dent* 2012;22(2):92–99.
- Selwitz RH, Ismail AI, Pitts NB. Dental caries. *Lancet*, 2007;369(9555):51–59.
- Arends J, Christoffersen J. The nature of early caries lesions in enamel. *J Dent Res* 1986;65(1):2–11.
- Paris S, Meyer-Lueckel H. Inhibition of caries progression by resin infiltration in situ. *Caries Res* 2010;44(1):47–54.
- Ntovas P, Rahiotis C. A clinical guideline for caries infiltration of proximal enamel lesions with resins. *Br Dent J* 2018;225(4):299–304.
- Meyer-Lueckel HPS, Ekstrand K. *Karies*. Stuttgart: Thieme. 2012.
- Arslan S, Kaplan MH. The effect of resin infiltration on the progression of proximal caries lesions: A randomized clinical trial. *Med Princ Pract* 2020;29(3):238–243.
- Arthur RA et al. Proximal carious lesions infiltration – a 3-year follow-up study of a randomized controlled clinical trial. *Clin Oral Investig* 2018;22(1):469–474.
- Martignon S et al. Infiltrating/sealing proximal caries lesions: A 3-year randomized clinical trial. *J Dent Res* 2012;91(3):288–292.
- Meyer-Lueckel H, Bitter K, Paris S. Randomized controlled clinical trial on proximal caries infiltration: Three-year follow-up. *Caries Res* 2012;46(6):544–548.
- Paris S, Hopfenmuller W, Meyer-Lueckel H. Resin infiltration of caries lesions: An efficacy randomized trial. *J Dent Res* 2010;89(8):823–826.
- Peters MC, Hopkins ARJ, Yu Q. Resin infiltration: An effective adjunct strategy for managing high caries risk—A within-person randomized controlled clinical trial. *J Dent* 2018;79:24–30.
- Peters MC et al. Efficacy of proximal resin infiltration on caries inhibition: Results from a 3-year randomized controlled clinical trial. *J Dent Res* 2019;98(13):1497–1502.
- Schwendicke F et al. Costs and effectiveness of treatment alternatives for proximal caries lesions. *PLoS One* 2014;9(1):e86992.
- Meyer-Lueckel H, Paris S, Kielbassa AM. Surface layer erosion of natural caries lesions with phosphoric and hydrochloric acid gels in preparation for resin infiltration. *Caries Res* 2007;41(3):223–230.
- Chatzimarkou S, Koletsi D, Kavvadia K. The effect of resin infiltration on proximal caries lesions in primary and permanent teeth. A systematic review and meta-analysis of clinical trials. *J Dent* 2018;77:8–17.
- Elrashid AH et al. Efficacy of resin Infiltrate in noncavitated proximal carious lesions: A systematic review and meta-analysis. *J Int Soc Prev Community Dent* 2019;9(3):211–218.
- Faghiani R et al. Efficacy of the resin infiltration technique in preventing initial caries progression: A systematic review and meta analysis. *Pediatr Dent* 2019;41(2):88–94.
- Robertson MD, Araujo MP, Innes NPT. Resin infiltration may reduce proximal carious lesion progression in permanent teeth with ongoing uncertainty for primary teeth. *J Evid Based Dent Pract* 2019;19(2):177–179.
- Paris S et al. Seven-year-efficacy of proximal caries infiltration – Randomized clinical trial. *J Dent* 2020;93:103277.
- Ammari MM et al. Efficacy of resin infiltration of proximal caries in primary molars: 1-year follow-up of a split-mouth randomized controlled clinical trial. *Clin Oral Investig* 2018;22(3):1355–1362.
- Vanderas AP, Gizani S, Papagiannoulis L. Progression of proximal caries in children with different caries indices: A 4-year radiographic study. *Eur Arch Paediatr Dent* 2006;7(3):148–152.
- Manoharan V et al. Is resin infiltration a microinvasive approach to white lesions of calcified tooth structures?: A systemic review. *Int J Clin Pediatr Dent* 2019;12(1):53–58.
- Ekstrand KR, Bakhshandeh A, Martignon S. Treatment of proximal superficial caries lesions on primary molar teeth with resin infiltration and fluoride varnish versus fluoride varnish only: Efficacy after 1 year. *Caries Res* 2010;44(1):41–46.
- Jorge RC et al. Randomized controlled clinical trial of resin infiltration in primary molars: 2 years follow-up. *J Dent* 2019;90:103184.
- Kim S et al. The evaluation of resin infiltration for masking labial enamel white spot lesions. *Int J Paediatr Dent* 2011;21(4):241–248.
- Paris S et al. Masking of white spot lesions by resin infiltration in vitro. *J Dent* 2013;41(Suppl 5):e28–e34.
- Kidd EA, Fejerskov O. What constitutes dental caries? Histopathology of carious enamel and dentin related to the action of cariogenic biofilms. *J Dent Res* 2004;83(Spec No C):C35–C38.
- Paris S, Meyer-Lueckel H. Masking of labial enamel white spot lesions by resin infiltration – A clinical report. *Quintessence Int* 2009;40(9):713–718.
- Gu X et al. Esthetic improvements of postorthodontic white-spot lesions treated with resin infiltration and microabrasion: A split-mouth, randomized clinical trial. *Angle Orthod* 2019;89(3):372–377.
- Gugnani N et al. Comparative evaluation of esthetic changes in nonpitted fluorosis stains when treated with resin infiltration, in-office bleaching, and combination therapies. *J Esthet Restor Dent* 2017;29(5):317–324.
- Knosel M, Eckstein A, Helms HJ. Durability of esthetic improvement following icon resin infiltration of multibracket-induced white spot lesions compared with no therapy over 6 months: A single-center, split-mouth, randomized clinical trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2013;144(1):86–96.
- Knosel M, Eckstein A, Helms HJ. Long-term follow-up of camouflage effects following resin infiltration of postorthodontic white-spot lesions in vivo. *Angle Orthod* 2019;89(1):33–39.
- Di Giovanni T, Eliades T, Papageorgiou SN. Interventions for dental fluorosis: A systematic review. *J Esthet Restor Dent* 2018;30(6):502–508.
- Shahroom NSB, Mani G, Ramakrishnan M. Interventions in management of dental fluorosis, an endemic disease: A systematic review. *J Family Med Prim Care* 2019;8(10):3108–3113.



Sarah Mertens

Abteilung für Zahnerhaltung und Präventivzahnmedizin
Centrum 3 für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
Charité-Universitätsmedizin Berlin
Abmannshäuser Straße 4–6, 14197 Berlin
Email: sarah-marie.mertens@charite.de