

Pain reduced by low-level laser therapy during use of orthodontic separators in early mixed dentition

Schmerzreduktion bei der Verwendung von kieferorthopädischen Separatoren durch Low-Level-Lasertherapie im frühen Wechselgebiss

Steffen Stein¹ · Heike Korbmacher-Steiner¹ · Nenad Popovic² · Andreas Braun³

Abstract

Objective. The purpose of this work was to investigate whether low-level laser therapy (LLLT) applied at a defined distance from the gingiva has a pain-reducing effect in young patients undergoing orthodontic separation during the early mixed-dentition stage.

Materials and methods. A total of 40 children in early mixed dentition (mean age 8.05 years) who required separation of molars were included. The study comprised a group of 20 patients whose treatment included laser application on the day of separation and a control group of 20 patients not receiving LLLT. All patients recorded their maximum pain intensities on the day of separation (day 1) and on the following 4 days.

Results. Compared to the control group, pain perception was significantly reduced ($p < 0.05$) in the LLLT group on day 1 and continued to be reduced on day 2. Equivalent pain levels were recorded in both groups on days 3–5.

Conclusion. Given our findings of a pain-reducing effect in young patients undergoing orthodontic separation during the early mixed-dentition stage, LLLT is an interesting alternative option of providing analgesia even in very young patients.

Keywords

Low-level laser therapy · Orthodontics · Separation · Children · Pain

Zusammenfassung

Studienziel. Ziel der vorliegenden Studie war die Untersuchung eines möglichen schmerzreduzierenden Effekts durch die Low-Level-Lasertherapie (LLLT) mit einem definierten Abstand zur Gingiva während der Separation bei jungen Patienten im frühen Wechselgebiss.

Material und Methoden. Die Studie basierte auf einem Kollektiv von insgesamt 40 Patienten (Mittelwert 8,05 Jahre), die sich in der frühen Wechselgebissphase befanden und bei denen eine Separation der Molaren erforderlich war. Die 20 Probanden der Lasergruppe wurden am Tag der Separation mittels Low-Level-Laser behandelt, die Kontrollgruppe ($n=20$) erhielt keine Laserbehandlung. Alle Patienten dokumentierten den maximal wahrgenommenen Schmerz am Tag der Separation und an den folgenden 4 Tagen.

Ergebnisse. Die Schmerzwahrnehmung in der Lasergruppe konnte im Vergleich zu der in der Kontrollgruppe am ersten Tag statistisch signifikant ($p < 0,05$) reduziert werden. Erst ab dem dritten Tag war das Schmerzniveau gleich.

Schlussfolgerung. Während der Separation war die schmerzreduzierende Wirkung der Low-Level-Laser-Therapie bei jungen Patienten während des frühen Wechselgebisses nachweisbar. Damit stellt sie schon im frühen Alter eine interessante alternative analgetische Behandlungsmöglichkeit dar.

Schlüsselwörter

Low-Level-Laser-Therapie · Kieferorthopädie · Separation · Kinder · Schmerz

¹ Department of Orthodontics, Philipps University Marburg, Marburg

² Orthodontic Practice, Bad Soden am Taunus

³ Department of Operative Dentistry, Philipps University Marburg, Marburg

Introduction

Low-level laser therapy (LLLT) has numerous applications in various fields of dentistry. Recent studies have shown that it can be used to reduce pocket depths and increase bone density in periodontally compromised dentitions [18], to stimulate secretion of saliva in chronic mouth dryness (xerostomia) [17, 26], and to reduce pain during operative treatment of carious lesions and in burning mouth syndrome [7, 22, 24]. In addition to improve wound healing [2, 10], LLLT has been shown in various fields of dentistry, including orthodontics, to reduce pain [1, 3, 8, 12, 13, 16].

Cases of marked transverse narrowness of the maxilla with associated unilateral or bilateral crossbites may require the use of fixed treatment elements [e.g., rapid maxillary expansion (RME) appliances] already in the early mixed-dentition stage. A key component of these appliances are metal bands used to cement the appliance to the teeth. This needs to be preceded by expansion of the interproximal spaces between the teeth to enable placement of the bands. Therefore, elastic separators that will push the teeth apart are inserted into the interproximal spaces 5–7 days before banding. The resulting orthodontic tooth movement gives rise to an inflammatory tissue response, followed by periodontal vasodilatation [20]. Potential consequences of this include pressure sensation, bite sensitivity, and pain at the affected tooth sites.

Pain perception is considerably more intense in children than in adults [15]. While ibuprofen or acetaminophen is recommended as the standard conservative approach to reduce pain [5, 20], LLLT might offer an alternative to analgesic and anti-inflammatory medication in children. There has been controversy over the pain-reducing effect of LLLT during orthodontic therapy, but the results of those studies were exclusively based on adults and adolescents [12, 13, 16]. Regarding the use of elastic separators specifically, a recent study of adult patients reported that pain reduction can be achieved [3]. The tissue processes triggered by LLLT are not fully understood [6, 14]. Its analgesic efficacy has been attributed to neuronal mechanisms, including stimulation of nerve cells, stabilization of membrane potentials, and release of neurotransmitters into inflamed tissue [23, 27].

Most previous studies did not use a defined laser-source-to-gingiva distance during LLLT [1, 3, 8, 16]. The question arises whether a reproducible effect might be achieved by applying a specific laser source from a defined distance. In the present retrospective study, we therefore used a system with a special laser head that featured a built-in spacer ensuring a defined distance from the gingiva for optimal efficiency. Our goal was to test the hypothesis that LLLT applied in this manner would be capable of reducing pain among children with early mixed dentition during the use of elastic separators.

Materials and methods

For this study, 40 patients (19 girls and 21 boys) aged 6–9 years (mean: 8.05 years) of an orthodontic practice in Hesse (Ger-

Einleitung

In den unterschiedlichen Fachdisziplinen der Zahnmedizin hat die Low-Level-Lasertherapie (LLLT) viele verschiedene Anwendungsbereiche. Aktuelle Studien zeigen, dass im parodontal geschädigten Gebiss durch den Einsatz der LLLT die Taschentiefen verringert und eine höhere Knochendichte erreicht werden kann [18]. Bei chronischer Mundtrockenheit (Xerostomie) konnte durch die Anwendung der LLLT eine Erhöhung der Speichelproduktion angeregt werden [17, 26]. Studien haben gezeigt, dass während der Präparation kariöser Läsionen und beim "burning mouth syndrome" eine Schmerzreduktion durch die LLLT erzielt werden kann [7, 22, 24]. Neben einer Verbesserung der Wundheilung [2, 10] wurde in verschiedenen Gebieten der Zahnmedizin wie auch in der Kieferorthopädie eine Schmerzreduktion durch die LLLT beschrieben [1, 3, 8, 12, 13, 16].

Bei einer ausgeprägten transversalen Enge des Oberkiefers mit einem daraus resultierenden ein- oder beidseitigen Kreuzbiss kann es notwendig sein, schon im frühen Wechselgebiss mit festsitzenden kieferorthopädischen Behandlungselementen wie einer Gaumennahterweiterungsapparatur (GNE) zu arbeiten. Ein Hauptbestandteil dieser Apparaturen sind die metallischen Bänder, über welche die Apparatur an den Zähnen zementiert wird. Es ist notwendig, den Approximalraum zwischen den Zähnen vorher zu erweitern, um eine Platzierung des Bandes zu ermöglichen. Die notwendigen Separiergummis werden 5–7 Tage vor der Bänderplatzierung in die Approximalräume des zu bebändernden Zahnes gesetzt. Die Separatoren drücken die Zähne auseinander. Die resultierende kieferorthopädische Zahnbewegung führt zu einer entzündlichen Antwort des Gewebes, gefolgt von einer parodontalen Vasodilatation [20]. Die Konsequenz kann Druckgefühl, Aufbissempfindlichkeit und Schmerz am entsprechenden Zahn sein.

Durch die im Vergleich zu Erwachsenen deutlich erhöhte Schmerzempfindung von Kindern [15] sollte gerade bei Patienten im Kindesalter eine möglichst atraumatische Behandlung angestrebt werden, um ein gutes Verhältnis des Patienten zur kieferorthopädischen Behandlung zu schaffen und eine möglichst hohe Compliance zu erreichen. Ibuprofen oder Paracetamol sind die empfohlenen konservativen Standardmedikamente [5, 20]. Eine Alternative zu analgetischen und antiinflammatorischen Medikamenten bei Kindern könnte die LLLT sein. Der schmerzreduzierende Effekt der LLLT bei kieferorthopädischen Behandlungen wird kontrovers diskutiert [12, 13, 16]. Die Ergebnisse der bisher durchgeführten Studien basierten ausschließlich auf jugendlichen bzw. erwachsenen Probandenkollektiven. Im speziellen Fall der Separatoren kam eine aktuelle Studie bei der Auswertung eines erwachsenen Kollektivs zu dem Ergebnis, dass eine Schmerzreduktion erzielt werden kann [3]. Die genauen Gewebeprozesse, welche durch die LLLT ausgelöst werden, sind noch nicht abschließend geklärt [6, 14]. Die analgetische Wirkung der LLLT wurde auf neuronale Effekte zurückgeführt. Beschrieben wurden eine Stimulation von Nervenzellen sowie die Stabilisation von Membranpotenzialen und

many) were selected in a retrospective and randomized fashion for this study, which was conducted in line with applicable ethical principles (World Medical Association Declaration of Helsinki, version VI, 2002). Given our retrospective design and exclusive use of preexisting data, approval by an ethics board was not needed. All patients were in their early mixed-dentition stage and were free from discomfort or pain before treatment. They all had required fixed orthodontic treatment at an early age, involving the use of bands on the permanent first molars.

LLLT after separator insertion was routinely offered to all patients or their parents or guardians to improve treatment comfort and reduce pain. Thus, all LLLTs reported here were provided voluntarily and free of charge. Additional requirements for inclusion of each patient were a fully completed pain documentation sheet (see below) and no loss of elastic separators within the first 5 days of use. The 40 patients were selected by randomization from 87 candidates on record for the previous 2 years. They included a control group (9 girls, 11 boys) and an LLLT group (10 girls, 10 boys). In all cases, the actual banding of the permanent first molars was preceded by 5 days of treatment with elastic separators inserted into the mesial interproximal space of these molars.

Pain documentation

To better meet patient requirements and shed light on the use of analgesics, a pain documentation sheet was developed in the orthodontic practice, based on similar protocols used in previous studies dealing with pain symptoms during orthodontic treatment regimens [5, 25]. With this sheet, children were able to record their maximum pain levels during orthodontic separation. It consisted of a rating scale ranging from 0 (no pain) to 5 (maximum pain), which, given the young age of the patients, was drawn up using smileys in the fashion of a visual analog scale (VAS). All patients of the two groups were asked on a voluntary basis to record their maximum pain intensities every day before bedtime, beginning on the day of separator insertion (day 1) and continuing for another 4 days (days 2–5).

Laser application

Compared to the control group, the LLLT group was additionally exposed to a diode laser (Helbo; Bredent, Walldorf, Germany) offering a wavelength of 660 nm and an output power of 100 mW (Fig. 1). In accordance with Lim et al. [16], who noted the best pain reduction with exposure directly after separator insertion, we applied the LLLT to the separated teeth (usually a deciduous second molar and a permanent first molar) at the root level perpendicular to the alveolar ridge. Drawing from Artés-Ribas et al. [3], an exposure time of 20 s was used on application points in the mesial interproximal space, both distal interproximal spaces, and directly in the root centers (Fig. 2). Each of these sites was exposed both buccally and orally, for a total of 10 application points and an exposure time of 200 s per separator. As the laser unit did not come with

die Ausschüttung von Neurotransmittern in das entzündete Gewebe [23, 27].

In den meisten Studien wurde der Abstand des Lasers zur Gingiva während der Laserapplikation nicht definiert [1, 3, 8, 16]. Dies führt zu der Frage, ob mit einem definierten Abstand eines bestimmten Lasersystems eine reproduzierbare Wirkung erreicht werden kann. Der in unserer Studie verwendete Laser arbeitete mit einem speziellen Laserkopf mit einem integrierten Abstandshalter, der für einen optimalen Wirkungsgrad sorgen soll. Mit dieser retrospektiven Studie soll die Hypothese untersucht werden, dass durch den Einsatz der LLLT unter der Nutzung eines definierten Abstands zwischen Laser und Gingiva bei jungen Patienten im frühen Wechselgebiss eine Schmerzreduktion herbeigeführt werden kann.

Material und Methoden

Für diese Studie wurden 40 Patienten (19 weiblich, 21 männlich) einer kieferorthopädischen Praxis in Mittelhessen retrospektiv und randomisiert ausgewählt. Die Studie wurde in vollständiger Übereinstimmung mit den ethischen Grundprinzipien (World Medical Association Deklaration von Helsinki, Version VI, 2002) durchgeführt. Aufgrund der retrospektiven Erhebungsgrundlage vorliegender Daten war das Votum einer Ethikkommission obsolet. Das Alter der Probanden lag zwischen 6 und 9 Jahren (Mittelwert: 8,05). Die Patienten mussten sich in der frühen Wechselgebissphase befinden, vollständig beschwerdefrei sein und keine Schmerzen vor der Behandlung aufweisen. Bei allen Patienten war es notwendig, schon im frühen Alter mit festsitzenden kieferorthopädischen Behandlungselementen zu arbeiten. Alle Patienten erhielten Bänder auf den ersten bleibenden Molaren. Eine LLLT wurde allen Patienten bzw. deren Erziehungsberechtigten nach der Separation standardmäßig zur Steigerung des Behandlungskomforts und zur Schmerzreduktion angeboten.

Die LLLT-Anwendung war damit freiwillig und erfolgte immer kostenfrei. Weiter musste ein vollständig ausgefüllter Schmerzdokumentationsbogen vorliegen, und die Separiergummis durften während der ersten 5 Tage nach Eingliederung nicht verloren gegangen sein. Die 40 Patienten wurden randomisiert aus dem entsprechenden Patientenpool von insgesamt 87 potenziellen Probanden der letzten 2 Jahre gewonnen. Die Kontrollgruppe bestand aus 20 Probanden (9 weiblich, 11 männlich), die Lasergruppe aus 20 (10 weiblich, 10 männlich). Eine Separation der zu bebändernden ersten bleibenden Molaren wurde jeweils 5 Tage vor der eigentlichen Bebänderung durchgeführt. Die Platzierung der Separiergummis wurde im mesialen Approximalraum der zu bebändernden ersten Molaren vorgenommen.

Schmerzdokumentation

Um auf die Bedürfnisse der Patienten besser eingehen zu können und einen möglichen Einsatz schmerzlindernder Medikamente besser abschätzen zu können, wurde in der kieferorthopädischen Praxis ein Bogen entwickelt, welcher dem jungen

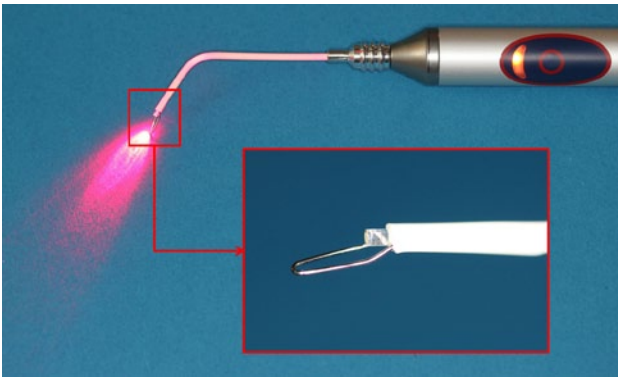


Fig. 1 ▲ Diode laser featuring a built-in spacer (insert) for low-level laser therapy (LLLT).

Abb. 1 ▲ Diodenlaser mit integriertem Abstandhalter (kleines Bild) zur Anwendung der Low-Level-Lasertherapie

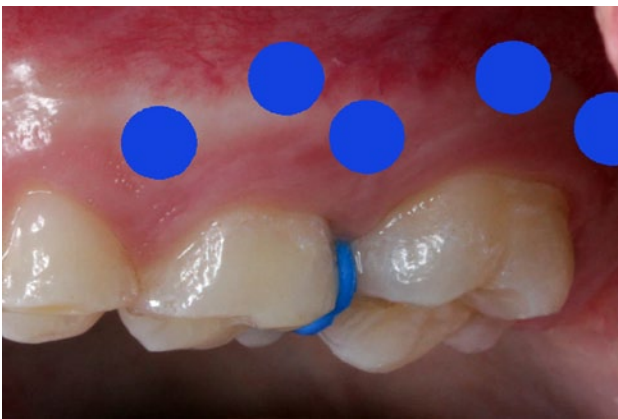


Fig. 2 ▲ Orthodontic separation of a permanent upper first molar in a patient during the early mixed-dentition stage. The blue circles indicate the five buccal points of laser application as defined by Artés-Ribas et al. [3].

Abb. 2 ▲ Exemplarisches intraorales Foto, Patient im frühen Wechselgebiss mit den nach Artés-Ribas et al. [3] definierten bukkalen Laserapplikationspositionen bei einem separierten oberen ersten bleibenden Molaren

a timer, we used a stopwatch to monitor exposure times. A sterile single-use laser head (Helbo 2D Spot Probe, Bredent) that featured a built-in spacer to keep the laser source 8 mm away from the gingiva was used on each patient (Fig. 1). According to the manufacturer, this fixed distance of 8 mm from the exposed surface will ensure optimal efficiency of laser application.

Statistical analysis

The statistical calculations were performed with SPSS (v. 17.0; SPSS Inc., Chicago, IL, USA) and G*Power® (Franz Faul, Universität Kiel, Germany) software. The study had a parallel design. Analysis was started by conducting a Friedman test for within-group comparison of pain-intensity distributions between the various days to determine whether a statistically significant difference was present within each group. This was followed by a Wilcoxon test for pairwise day-to-day comparison to establish when these within-group differences occurred.

Patienten die Möglichkeit gab, die Schmerzmaxima während der Separation einzutragen. Dieser Bogen orientierte sich an Protokollblättern früherer Publikationen, die sich mit der Schmerzsymptomatik während kieferorthopädischen Behandlungen beschäftigt haben [5, 25]. Er bestand aus einer Schmerzskala von 0–5. Der Wert “0” bedeutete keinen Schmerz, “5” den maximal vorstellbaren Schmerz. Da es sich hier um ein sehr junges Patientenkindel handelte, wurde die Skala mit entsprechenden Smileys versehen, deren Graduierung einer visuellen Analogskala (VAS) entsprach. Jeder Patient wurde auf freiwilliger Basis und unabhängig von der Anwendung einer LLLT aufgefordert, am Tag der Separation und an den folgenden 4 Tagen den maximalen Schmerz am Tagesende zu notieren.

Laserapplikation

Für die LLLT der Lasergruppe wurde ein Diodenlaser (Helbo®, Bredent, Walldorf) mit einer Wellenlänge von 660 nm und einer Ausgangsleistung von 100 mW verwendet (Abb. 1). Bei der Studie von Lim et al. [16] wurde festgestellt, dass die besten Ergebnisse für eine Schmerzreduktion durch LLLT bei einer Bestrahlung direkt nach der Separator-Eingliederung erreicht wurden. Deshalb wurden direkt nach der Platzierung der Separiergummis die jeweiligen separierten Zähne (meist zweiter Milchmolar und erster bleibender Molar) im Wurzelbereich im rechten Winkel zum Alveolarkamm mittels des Lasers bestrahlt. In Anlehnung an eine aktuelle Studie von Artés-Ribas et al. [3] wurden die Bestrahlungszeit und die Applikationspunkte definiert. Die Bestrahlungszeit betrug 20 s am jeweiligen Applikationspunkt im mesialen und distalen Approximalraum und direkt zentral auf der Wurzel (Abb. 2). Dies erfolgte sowohl von bukkal als auch von oral. Bei einer Gesamtzahl von 10 Applikationspunkten wurde damit eine Gesamtbestrahlungszeit von 200 s pro Separator erreicht. Da das verwendete Lasermodell keine eingebaute Zeitschaltuhr besaß, wurde die Bestrahlungszeit pro Applikationspunkt mit einer Stoppuhr kontrolliert. Der eingesetzte Laser verfügte über spezielle sterile Köpfe (Helbo® 2D Spot Probe, Bredent) für die Anwendung des Lasers auf der Mundschleimhaut, die nur einmal pro Patient verwendet wurden. Diese Köpfe wiesen einen fest integrierten Abstandhalter auf, der einen definierten Abstand (8 mm) zur Gingiva herstellte und laut Hersteller den optimalen Wirkungsgrad gewährleistete (Abb. 1). Dabei wurde unter optimalem Wirkungsgrad verstanden, dass in der bestrahlten Fläche bei einem Abstand von 8 mm eine ideale Wirkung des Low-Level-Lasers erreicht werden konnte.

Statistik

Für die statistischen Berechnungen wurden SPSS® Software (SPSS Statistics 17.0, SPSS, Chicago, IL, USA) und G*Power® Software (Franz Faul, Universität Kiel) eingesetzt. Es handelte sich um eine Studie im Paralleldesign. Für die statistische Auswertung wurde zunächst der Friedmann-Test durchgeführt. Er dient zum Vergleich der Schmerzverteilung in den verschiedenen Tagen innerhalb einer Patientengruppe und zeigte, ob ein

Tab. 1 Day-to-day frequency distribution of maximum pain intensities after orthodontic separator insertion.**Tab. 1** Häufigkeitsverteilung der maximalen Schmerzintensitäten nach Einsetzen der kieferorthopädischen Separatoren bei allen Patienten der Kontroll- und Lasergruppe (weiblich/männlich) vor der Behandlung (Baseline) und an den ersten 5 Tagen nach der Behandlung

Pain score		Baseline n (f/m)	Day 1 n (f/m)	Day 2 n (f/m)	Day 3 n (f/m)	Day 4 n (f/m)	Day 5 n (f/m)
Control group	0	20 (9/11)	4 (3/1)	5 (3/0)	11 (7/4)	15 (9/6)	16 (8/8)
	1	0 (0/0)	4 (1/3)	6 (3/3)	3 (0/3)	4 (0/4)	3 (0/1)
	2	0 (0/0)	2 (1/1)	4 (1/3)	6 (2/4)	1 (0/1)	0 (0/0)
	3	0 (0/0)	3 (1/2)	3 (0/3)	0 (0/0)	0 (0/0)	1 (1/0)
	4	0 (0/0)	6 (3/3)	2 (2/0)	0 (0/0)	0 (0/0)	0 (0/0)
	5	0 (0/0)	1 (0/1)	0 (0/0)	0 (0/0)	0 (0/0)	0 (0/0)
Laser (LLLT) group	0	20 (10/10)	8 (5/3)	7 (5/2)	12 (7/5)	16 (8/8)	15 (8/7)
	1	0 (0/0)	7 (3/4)	7 (4/3)	6 (2/4)	3 (1/2)	5 (2/3)
	2	0 (0/0)	3 (2/1)	4 (1/3)	0 (0/0)	1 (1/0)	0 (0/0)
	3	0 (0/0)	2 (0/2)	2 (0/2)	1 (1/0)	0 (0/0)	0 (0/0)
	4	0 (0/0)	0 (0/0)	0 (0/0)	1 (0/4)	0 (0/0)	0 (0/0)
	5	0 (0/0)	0 (0/0)	0 (0/0)	0 (0/0)	0 (0/0)	0 (0/0)

Day 1 = day of separator insertion. f/m female/male ratios in parentheses

Tab. 2 Descriptive statistics of maximum pain intensities (pain scores 0–5) for the first 5 days after orthodontic separator insertion.**Tab. 2** Median, Mittelwert, Standardabweichung, Maximal- und Minimalwert sowie Interquartilsabstand der subjektiven Schmerzempfindung in beiden Gruppen an den ersten 5 Tagen nach der Separation

		Day 1	Day 2	Day 3	Day 4	Day 5
Control group	Median	3	1	0	0	0
	Mean ± SD	2.3±1.7	1.6±1.3	0.8±0.9	0.3±0.6	0.3±0.7
	Min–max	0–5	0–4	0–2	0–2	0–3
	IQR	3	1.5	2	0.3	0
Laser (LLLT) group	Median	1	1	0	0	0
	Mean ± SD	1.0±0.9	1.0±1.0	0.6±1.0	0.2±0.5	0.2±0.4
	Min–max	0–3	0–3	0–4	0–2	0–1
	IQR	1.3	2	1	0	0.2

Day 1 = day of separator insertion. IQR interquartile range

A Mann–Whitney test for pairwise comparison of unconnected samples was performed to analyze the distribution of maximum pain intensities in the two groups on the various days. Power analysis was used to estimate the number of cases required, which yielded 20 individuals per group to achieve a test power of $p=80\%$, an α error of 0.05, and an effect size of 0.0625 by two-sided observation. A value of $\alpha=0.05$ was selected as probability of error. A χ^2 test was applied to the frequency distribution table.

Results

The day-to-day pairwise comparison of maximum pain levels in the two groups revealed significantly ($p<0.05$) less pain in the LLLT group than in the control group on day 1. Significant differences were not demonstrable on days 2–5. Both groups showed significant ($p<0.05$) time-dependent differences in pain. In the control group, significantly less pain perception ($p<0.05$) was notable already from day 2 of separator use. In the LLLT group, a significant reduction emerged from day 4.

statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Tagen vorhanden war. Um darzustellen, wo dieser Unterschied zu finden war, erfolgte im Anschluss ein paarweiser Vergleich der Tage innerhalb einer Patientengruppe nach Wilcoxon. Um die Verteilung der Schmerzmaxima einzelner Tage der Kontrollgruppe und der Lasergruppe auszuwerten, wurde der Mann–Whitney-Test als paarweiser Vergleich von nicht verbundenen Stichproben durchgeführt. Zur Abschätzung der benötigten Fallzahl wurde eine Poweranalyse durchgeführt. Für eine Teststärke von $p=80\%$, einen α -Fehler von 0,05 und eine Effektstärke von 0,0625 ergab sich bei zweiseitiger Betrachtung eine Anzahl von 20 Probanden pro Gruppe. Als Irrtumswahrscheinlichkeit wurde der Wert $\alpha=0,05$ gewählt. Die Häufigkeitsverteilungstabelle wurde mit dem χ^2 -Test untersucht.

Ergebnisse

Im paarweisen Vergleich der Schmerzmaxima der einzelnen Tage von der Kontrollgruppe zur Lasergruppe konnten am ersten Tag statistisch signifikant niedrigere Schmerzzustände

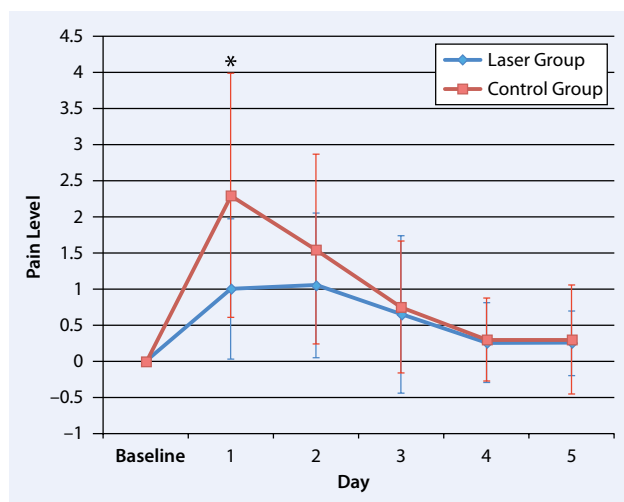


Fig. 3 ▲ Mean pain scores and standard deviations in the control group (red) and the LLLT group (blue) at baseline and on days 1–5 of orthodontic separator use. * $p < 0.05$.

Abb. 3 ▲ Mittelwerte mit Standardabweichungen des Schmerzniveaus vor der Behandlung (Baseline) und an den einzelnen Tagen danach, Kontroll- (rot) und Lasergruppe (blau). * $p < 0,05$

The day-to-day frequency distributions of maximum pain intensities after separator insertion are listed in **Tab. 1**. The analysis revealed significant reductions in pain from day 2 versus day 4 in the control versus the LLLT group ($p < 0.05$). Median scores of maximum pain intensity were calculated for each of the 5 days. The median values along with the associated mean, maximum, minimum, and interquartile-range values are compiled in **Tab. 2**. A post hoc power analysis based on the actual results yielded a test power of $p = 83\%$.

Discussion

This study was performed to investigate the pain-reducing effect of LLLT when applied at a defined distance from the gingiva using a built-in spacer on the laser head (Helbo® 2D Spot Probes) in young patients who underwent orthodontic separation during the mixed-dentition stage. Our data show that the most intense pain occurred on the day of separator insertion (day 1) and could be significantly reduced by LLLT, thus, confirming our study hypothesis. The finding of pain intensities peaking at the end of day 1 (**Fig. 3**) is consistent with previous studies on adult patients, in which the highest pain intensities were measured within the first 4–24 h of separator placement [3, 19]. Patients have reported treatment-related pain as the main reason for discontinuing orthodontic treatment [4, 21]. As in other fields of dentistry, minimizing pain is essential for both clinicians and patients [4, 9]. Since pain perception is substantially more acute in children than in adolescents or adults [15], an extra effort should be made to gain young patients' trust by keeping treatment as painless as possible, which increases patient compliance and treatment comfort.

der Lasergruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe nachgewiesen werden ($p < 0,05$). Im Vergleich der weiteren Tage waren keine statistisch signifikanten Unterschiede mehr nachweisbar. In beiden Behandlungsgruppen konnte ein statistisch signifikanter Unterschied ($p < 0,05$) der Schmerzhaftigkeit in Abhängigkeit von der Zeit nachgewiesen werden. In der Kontrollgruppe war bereits ab dem zweiten Tag eine statistisch signifikant geringere Schmerzwahrnehmung erkennbar ($p < 0,05$). In der Lasergruppe stellt sich eine statistisch signifikante Schmerzabnahme am vierten Tag nach der Separation ein.

Der zeitliche Verlauf der Schmerzhaftigkeit wurde anhand der Häufigkeitsverteilung der Schmerzwerte festgehalten (**Tab. 1**). Hier war in der Kontrollgruppe eine statistisch signifikante Schmerzabnahme ab dem dritten Tag vorhanden ($p < 0,05$). In der Lasergruppe wurde eine statistisch signifikante Schmerzabnahme ab dem vierten Tag erkannt. Der Median der Schmerzmaxima wurde für jeden Tag innerhalb der beiden Gruppen berechnet. Neben dem Median wurden auch die Durchschnittswerte für jeden Tag innerhalb der Kontroll- und Lasergruppe berechnet (**Tab. 2**). Die entsprechenden Maximum-, Minimum- und Interquartilswerte sind in der **Tab. 2** aufgeführt. Eine Post-hoc-Poweranalyse anhand der tatsächlich gewonnenen Ergebnisse zeigt eine Teststärke von $p = 83\%$.

Diskussion

Ziel der hier vorgestellten Studie war es, die schmerzreduzierende Wirkung der LLLT beim Einsatz von Separatoren schon im frühen Wechselgebiss unter Verwendung eines definierten Abstands von Laser zur Gingiva (Helbo® 2D Spot Probe) zu untersuchen. Laut unseren Ergebnissen wurde der größte Schmerz am ersten Tag durch die Separatoren ausgelöst, er konnte durch die LLLT signifikant reduziert werden. Die aufgestellte Hypothese konnte damit bestätigt werden. Die höchsten Schmerzintensitäten traten in unserer Studie am Ende des ersten Tages auf (**Abb. 3**). Dies entsprach den Ergebnissen früherer Studien, die auf einem erwachsenen Probandengut basieren und die höchsten Schmerzintensitäten zwischen den ersten 4–24 h nach der Separatorplatzierung messen [3, 19]. Patienten in Behandlung bezeichneten den durch die Behandlung induzierten Schmerz als den Hauptgrund, eine kieferorthopädische Behandlung abzubrechen [4, 21]. Auch in der Kieferorthopädie ist eine möglichst schmerzfreie Behandlung essenziell für den Behandler und den Patienten [4, 9]. Da bei Kindern die Schmerzwahrnehmung deutlich höher ist als bei Jugendlichen und Erwachsenen [15], gilt das Ziel einer möglichst schmerzfreien Behandlung hier umso mehr, um das Vertrauen der jungen Patienten zu gewinnen und eine möglichst hohe Compliance sowie einen hohen Behandlungskomfort zu erreichen.

Zum Zeitpunkt der höchsten Schmerzwahrnehmung reduzierte die LLLT den wahrgenommenen Schmerz signifikant und stellte laut unseren Ergebnissen auch bei Kindern eine interessante Alternative zu analgetischen und antiinflammatorischen Medikamenten dar. Auch am zweiten Tag wurde eine ge-

Due to the statistically significant reductions in pain intensity reported by the children when pain was most acute (i.e., on day 1), LLLT is an interesting alternative to analgesic and anti-inflammatory medications even in very young patients. On day 2, pain intensities continued to be reduced in the LLLT group. It was not until day 3 that identical pain intensities were noted in the two groups (Fig. 3). Previous authors have reported similar effects of laser application over the first few days of orthodontic separator use. Lim et al. [16] found similar pain intensities in a placebo and a laser group from day 4. Artés-Ribas et al. [3] only reported pain intensities until day 3, but the values they presented likewise suggest that pain perception was close to identical in their control and laser groups from day 4. We are unable to explain based on the available data why the effect of LLLT should have ended a day earlier in our sample of children (early mixed-dentition stage) compared to adults.

All studies currently available on pain reduction by LLLT during orthodontic separation have been based on adult patients [3, 16], the only exception being a sample ranging from 12–22 years of age reported by Abthai et al. [1]. The data of the present study with children in early mixed dentition corroborate the findings by those previous authors of LLLT having a pain-reducing effect during orthodontic separation. Our study exhibits some differences from similar ones in the past. Those previous authors often did not indicate the precise distance of the laser source from the gingiva, even though this distance is essential to optimize laser efficiency. Thus, we used a laser head that included a built-in spacer to ensure a defined distance of application 8 mm from the gingiva. Both the reproducibility of laser application and the results obtained support the use of such a device. The question arises whether a laser system with a defined spacer device might have improved the efficiency of laser application, and yielded statistically significant results, even in those previous studies [1, 3, 12, 13, 16]. It was beyond the scope of our study to address whether, and in what ways, variations in laser-source-to-gingiva distance might have affected the results of LLLT.

There have generally been variations in the experimental parameters used across the available LLLT studies. There have been no reports on damage that might be inflicted by the laser. Different systems that offer different wavelengths and energy levels have been previously used, and there has been controversy regarding the optimal values for these parameters. The patients in our LLLT group were treated with 660 nm and 100 mW using the laser system employed in the orthodontic practice. Both values are within the range of what has been reported previously to result in successful pain reduction during orthodontic tooth movement [13, 25]. Whether repeated application of the laser or higher output values might enhance this effect, while not clear from the currently available data, will be an interesting question to address in future studies.

Pain perception varies from patient to patient, and a gender-specific difference has also been reported [15]. Interindividual variations of this kind were less of an issue in previous studies using intraoral side-to-side comparison [1, 3, 8, 12, 13, 16]. Our

ringere Schmerzintensität in der Lasergruppe gemessen (Abb. 3). Erst am dritten Tag war die Schmerzintensitätswahrnehmung beider Studiengruppen gleich. Frühere Studien kamen zu einem ähnlichen Ergebnis bezüglich der Laserwirkung an den Folgetagen. In der Studie von Lim et al. [16] entsprach die wahrgenommene Schmerzintensität der Placebogruppe ab dem vierten Tag der der Lasergruppen. In der Studie von Artés-Ribas et al. [3] wurde der Schmerz nur bis zum dritten Tag dokumentiert. Die Messwerte ließen aber auch auf eine annähernd gleiche Schmerzwahrnehmung der Kontrollgruppe zur Lasergruppe ab dem vierten Tag schließen. Warum die LLLT-Wirkung bei Kindern im frühen Wechselgebiss schon einen Tag früher endete als bei Erwachsenen, konnte anhand der vorhandenen Daten nicht erklärt werden.

Alle bisherigen Studien, die sich mit der schmerzreduzierenden Wirkung der LLLT bei der Anwendung von kieferorthopädischen Separatoren befassen, basierten auf einem erwachsenen Probandengut [3, 16]. Mit Probanden im Alter zwischen 12 und 22 Jahren stellt die Studie von Abthai et al. [1] eine Ausnahme dar. Das Ergebnis unserer Studie, welches auf dem Probandengut von Kindern im frühen Wechselgebiss beruhte, untermauerte das Ergebnis der früheren Studien, die einen schmerzreduzierenden Effekt bei der Separation durch die LLLT nachweisen konnten. Es gab bestimmte Unterschiede unserer Studie gegenüber den im gleichen Kontext durchgeführten Studien. Oft werden keine genauen Angaben über den Abstand des Lasers zur Gingiva gemacht. Doch gerade von diesem Abstand war der optimale Wirkungsgrad des Lasers abhängig. Deshalb wurde unsere Studie mit einem Laserkopf durchgeführt, der einen definierten Abstand von 8 mm zur Gingiva vorgab. Die Verwendung eines definierten Abstandhalters war durch die Reproduzierbarkeit der Anwendung und die Ergebnisse der vorliegenden Studie zu befürworten. Es stellte sich daher die Frage, ob in früheren Studien [1, 3, 12, 13, 16] mit einem Laser mit definiertem Abstandhalter zur Gingiva der Wirkungsgrad des Lasers hätte verbessert und ein statistisch signifikantes Ergebnis hätte erreicht werden können. Ob und welchen Einfluss ein höherer oder geringerer Abstand zwischen Laser und Gingiva auf die Wirkung der LLLT des verwendeten Lasersystems hat, wurde in unserer Studie nicht untersucht.

Generell unterscheiden sich die LLLT-Studien durch verschiedene Versuchsparameter. Eine mögliche Schädigung durch die LLLT wurde in der Literatur nicht beschrieben. Es wurden unterschiedliche Lasersysteme mit verschiedenen Wellenlängen und Energieniveaus verwendet. Welche Wellenlänge und welches Energieniveau am besten geeignet sind, wird kontrovers diskutiert. Das in der Praxis verwendete Lasersystem arbeitete mit einer Wellenlänge von 660 nm sowie einer Ausgangsleistung von 100 mW und entsprach damit dem Wellenlängen- und Leistungsbereich, der bereits in anderen Studien zu einer Schmerzreduktion während kieferorthopädischen Zahnbewegungen geführt hatte [13, 25]. Ob eine wiederholte Verwendung der LLLT oder eine Erhöhung der Ausgangsleistung zu einer erhöhten Schmerzreduktion führt, konnte auf Basis

study, however, did not allow for a split-mouth design due to its retrospective nature. We used two statistical methods to deal with our parallel-comparison design. The day-to-day distribution of absolute pain scores recorded by the children after insertion of the separators were found to show significant ($p < 0.05$) decreases from day 3 and 4 in the control and LLLT groups, respectively. Yet the absolute scores were lower in the LLLT group at all times. A similar result emerged from the day-to-day frequency distribution of maximum pain intensities, which were found to decrease by statistically significant amounts from day 2 versus from day 4 in the control versus the LLLT group. Note that this difference is an indication not of less painful treatment in the control group but of more pronounced pain reduction in the LLLT group in the first few days after inserting the separators. Our post hoc power analysis, yielding a test power of 83%, underscores the effectiveness of pain reduction by LLLT and reaffirms that our study included enough patients to duly account for interindividual variations in pain perception.

Conclusion

LLLT can be used to significantly reduce pain in children with early mixed-dentition who are undergoing orthodontic separation. Hence, this kind of treatment is an interesting alternative option of providing analgesia even in very young patients. Our statistically significant evidence for a pain-reducing effect of LLLT demonstrates what previous authors have reported as a trend. One factor enabling this demonstration might have been our use of a laser head with a built-in spacer claimed by its manufacturer to optimize the efficiency of laser application. Based on the present results, LLLT is suitable for both research applications and clinical use in young patients who are subjected to orthodontic separation as early as during the mixed-dentition stage.

Compliance with ethical guidelines

Conflict of interest. Steffen Stein, Heike Korbmacher-Steiner, Nenad Popovic, and Andreas Braun state that there are no conflicts of interest.

The accompanying manuscript does not include prospective studies on humans or animals.

References

1. Abtahi SM, Mousavi SA, Shafaei H, Tanbakuchi B (2013) Effect of low-level laser therapy on dental pain induced by separator force in orthodontic treatment. *Dent Res J* 10:647–651
2. Amorim JC, Sousa GR de, Barros Silveira L de et al (2006) Clinical study of the gingiva healing after gingivectomy and low-level laser therapy. *Photomed Laser Surg* 24:588–594
3. Artés-Ribas M, Arnabat-Dominguez J, Puigdollers A (2013) Analgesic effect of a low-level laser therapy (830 nm) in early orthodontic treatment. *Lasers Med Sci* 28:335–341
4. Bernhardt MK, Southard KA, Batterson KD et al (2001) The effect of preemptive and/or postoperative ibuprofen therapy for orthodontic pain. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 120:20–27
5. Bird SE, Williams K, Kula K (2007) Preoperative acetaminophen vs ibuprofen for control of pain after orthodontic separator placement. *Am J Orthod Dentofacial*

dieser Studienergebnisse nicht beantwortet werden, stellt aber eine interessante Fragestellung für zukünftige Studien dar.

Jeder Patient zeichnet sich durch eine individuelle Schmerzwahrnehmung aus. Auch zwischen den Geschlechtern wurde in der Literatur eine unterschiedliche Schmerzwahrnehmung beschrieben [15]. Diese individuellen Parameter kamen bei anderen Studien, die im Seitenvergleich durchgeführt wurden, weniger zum Tragen [1, 3, 8, 12, 13, 16]. Da es sich bei der hier vorgestellten um eine retrospektive Studie handelte, konnte kein Split-Mouth-Design durchgeführt werden. Um dem in der vorliegenden Studie angewandten Parallelvergleich Rechnung zu tragen, wurden 2 statistische Analyseverfahren angewandt. Die statistische Auswertung der Verteilung der Absolutwerte auf die einzelnen Tage nach der Behandlung zeigte eine statistisch signifikante Abnahme des Schmerzes innerhalb der Kontrollgruppe ab dem dritten Tag ($p < 0,05$). Innerhalb der Lasergruppe war eine statistische Signifikanz ab dem vierten Tag vorhanden. Dabei lagen die Absolutwerte der Schmerzhaftigkeit in der Lasergruppe aber stets unter der der Kontrollgruppe. Die Analyse der Verteilung der Schmerzmaxima auf die einzelnen Tage nach der Behandlung führte zu einem ähnlichen Ergebnis. Ab dem zweiten Tag traten innerhalb der Kontrollgruppe statistisch signifikant kleinere Schmerzwerte auf. Innerhalb der Lasergruppe war dies ab dem vierten Tag der Fall. Dies war allerdings kein Hinweis auf eine insgesamt schmerzärmere Behandlung in der Kontrollgruppe, sondern darauf, dass die Schmerzhaftigkeit in der Lasergruppe in den ersten Tagen in einem stärkeren Maße reduziert wurde. Die post hoc durchgeführte Poweranalyse mit einer Teststärke von 83% unterstrich das Ergebnis des schmerzreduzierenden Einflusses der LLLT und bekräftigte, dass dem Einfluss der individuellen Schmerzwahrnehmung im Rahmen der vorliegenden Studie durch eine ausreichende Patientenzahl Rechnung getragen wurde.

Schlussfolgerungen

Die Anwendung der LLLT kann während der Separation im frühen Wechselgebiss zu einer signifikanten Schmerzreduktion führen. Sie stellt damit auch bei sehr jungen Patienten eine interessante und alternative analgetische Behandlungsmöglichkeit dar. Die in anderen Studien gezeigte tendenzielle schmerzreduzierende Wirkung der LLLT konnte in unserer Studie nachgewiesen werden. Ein Grund könnte der verwendete Laserkopf mit integriertem und definiertem Abstandhalter sein, der laut Hersteller einen optimalen Wirkungsgrad des Lasers einstellen soll. Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse ist die LLLT für weitere wissenschaftliche Studien aber auch für den klinischen Gebrauch bei jungen Patienten geeignet und kann schon bei Kindern im frühen Wechselgebiss zur Schmerzreduktion während der Separation verwendet werden.

Orthop 132:504–510

6. Carnevalli CM, Soares CP, Zangaro RA et al (2003) Laser light prevents apoptosis in Cho K-1 cell line. *J Clin Laser Med Surg* 21:193–196
7. Dos Santos LF, Carvalho AA, Leão JC et al (2011) Effect of low-level laser therapy in the treatment of burning mouth syndrome: a case series. *Photomed Laser Surg* 29:793–796
8. Doshi-Mehta G, Bhad-Patil WA (2012) Efficacy of low-intensity laser therapy in reducing treatment time and orthodontic pain: a clinical investigation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 141:289–297
9. Erdinc AM, Dincer B (2004) Perception of pain during orthodontic treatment with fixed appliances. *Eur J Orthod* 26:79–85
10. Gasperini G, Rodrigues de Siqueira IC, Rezende Costa L (2014) Does low-level laser therapy decrease swelling and pain resulting from orthognathic surgery? *Int J Oral Maxillofac Surg* 43:868–873
11. Genc G, Kocadereli I, Tasar F et al (2013) Effect of low-level laser therapy (LLLT) on orthodontic tooth movement. *Lasers Med Sci* 28:41–77
12. Harazaki M, Isshiki Y (1997) Soft laser irradiation effects on pain reduction in orthodontic treatment. *Bull Tokyo Dent Coll* 38:291–295
13. Harazaki M, Takahashi H, Ito A, Isshiki Y (1998) Soft laser irradiation induced pain reduction in orthodontic treatment. *Bull Tokyo Dent Coll* 39:95–101
14. Harris DM (1991) Biomolecular mechanisms of laser biostimulation. *J Clin Laser Med Surg* 8:277–280
15. Herman C (2010) Biophysiologie der Schmerzwahrnehmung und ihre Entwicklung. In: Ebinger F (Hrsg) *Schmerzen bei Kindern und Jugendlichen. Biophysiologie der Schmerzwahrnehmung und ihre Entwicklung*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, pp 20–34
16. Lim HM, Lew KK, Tay DK (1995) A clinical investigation of the efficacy of low level laser therapy in reducing orthodontic postadjustment pain. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 108:614–622
17. Loncar B, Stipetic MM, Baricevic M, Risovic D (2011) The effect of low-level laser therapy on salivary glands in patients with xerostomia. *Photomed Laser Surg* 29:171–175
18. Makhlouf M, Dahaba MM, Tunér J et al (2012) Effect of adjunctive low level laser therapy (LLLT) on nonsurgical treatment of chronic periodontitis. *Photomed Laser Surg* 30:160–166
19. Ngan P, Kess B, Wilson S (1989) Perception of discomfort by patients undergoing orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 96:47–53
20. Ngan P, Wilson S, Shanfeld J, Amini H (1994) The effect of ibuprofen on the level of discomfort in patients undergoing orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 106:88–95
21. Oliver RG, Knapman YM (1985) Attitudes to orthodontic treatment. *Br J Orthod* 12:179–188
22. Orhan K, Aksoy U, Can-Karabulut DC, Kalender A (2011) Low-level laser therapy of dentin hypersensitivity: a short-term clinical trial. *Lasers Med Sci* 26:591–598
23. Ponnudurai RN, Zbuzek VK, Wu WH (1987) Hypoalgesia effect of laser photostimulation shown by rat tail flick test. *Acupunct Electrother Res* 12:93–100
24. Tanboga I, Eren F, Altinok B et al (2011) The effect of low level laser therapy on pain during dental tooth-cavity preparation in children. *Eur Arch Paediatr Dent* 12:93–95
25. Turhani D, Scheriau M, Kapral D et al (2006) Pain relief by single low-level laser irradiation in orthodontic patients undergoing fixed appliance therapy. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 130:371–377
26. Vidovic Juras D, Lukac J, Cekic-Arambasin A et al (2010) Effects of low-level laser treatment on mouth dryness. *Coll Antropol* 34:1039–1043
27. Vizi ES, Mester E, Tisza S, Mester A (1977) Acetylcholine releasing effect of laser irradiation on Auerbach's plexus in guinea pigileum. *J Neural Transm* 40:305–308

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. Steffen Stein, Heike Korbmacher-Steiner, Nenad Popovic und Andreas Braun geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Dieser Beitrag beinhaltet keine prospektiven Studien an Menschen oder Tieren.

Correspondence Address

Prof. Dr. Andreas Braun
 Department of Operative Dentistry, Philipps University Marburg
 Georg-Voigt-Str. 3, 35039 Marburg
 Germany
 andreas.braun@staff.uni-marburg.de