

ANJA ZEISSLER-LAJTMAN¹
 THOMAS CONNERT²
 SEBASTIAN KÜHL¹
 ANDREAS FILIPPI¹

¹ Klinik für Zahnärztliche Chirurgie, –Radiologie, Mund- und Kieferheilkunde und Zahnunfallzentrum, Universitäres Zentrum für Zahnmedizin Basel, Universität Basel, Schweiz

² Klinik für Parodontologie, Endodontologie und Kariologie, Universitäres Zentrum für Zahnmedizin Basel, Universität Basel, Schweiz

KORRESPONDENZ

Prof. Dr. med. dent.
 Andreas Filippi
 Klinik für Zahnärztliche Chirurgie, –Radiologie, Mund- und Kieferheilkunde und Zahnunfallzentrum, Universitäres Zentrum für Zahnmedizin Basel, Universität Basel
 Hebelstrasse 3
 CH-4056 Basel
 Tel. +41 61 267 26 10
 Fax +41 61 267 26 07
 E-Mail: andreas.filippi@unibas.ch

SWISS DENTAL JOURNAL SSO 127:
 960–963 (2017)
 Zur Veröffentlichung angenommen: 10. April 2017

Frischhaltefolie als Lagerungsmedium für avulsierte Zähne

Eine In-vitro-Pilotstudie

SCHLÜSSELWÖRTER

Zahntrauma
 Avulsion
 Lagerungsmedium
 Frischhaltefolie

ZUSAMMENFASSUNG

Die Langzeitprognose avulsierter Zähne hängt primär vom Verhalten am Unfallort ab. Laien sind nicht in der Lage, eine sofortige Replantation durchzuführen. Daher kommt der zellphysiologischen Lagerung avulsierter Zähne eine besondere Bedeutung zu. Das Ziel dieser Pilotstudie war es, herauszufinden, ob Frischhaltefolie das Überleben der PDL-Zellen in vitro unterstützt. Hierzu wurden gesunde humane Weisheitszähne verwendet. Diese wurden in Wurzelscheiben geschnitten und in einem der fünf Untersuchungsmedien gelagert: SOS Zahnbox®, UHT-Milch (4 °C), sterile isotone Kochsalzlösung, Leitungswasser und Frischhaltefolie. Nach einer Verweildauer von 2 h, 6 h und 24 h im respektiven Medium wurden

die Scheiben für 14 d bei 37 °C und 5% CO₂ kultiviert. Nach 2 d, 7 d und 14 d wurde das Zellüberleben jeder Scheibe quantitativ analysiert.

Ausser dem Leitungswasser förderten alle untersuchten Medien das Zellüberleben. Zum Zeitpunkt 2 h ermöglichte die Lagerung in Frischhaltefolie im Vergleich zu allen anderen Medien das höchste Zellwachstum. Zum Zeitpunkt 6 h zeigten die in Frischhaltefolie gelagerten Zähne vergleichbares Zellwachstum mit denjenigen in der SOS Zahnbox®.

Die Ergebnisse dieser Pilotstudie deuten darauf hin, dass die Frischhaltefolie möglicherweise als alternatives Transportmedium für eine Lagerungsdauer bis 6 h verwendet werden könnte.

Einleitung

Unfallbedingte Zahnverletzungen sind häufig und betreffen mehr als die Hälfte aller Jugendlichen bis zum 16. Lebensjahr (BORSSEN & HOLM 1997; DIAZ ET AL. 2010). In bis zu 7,4% der Fälle handelt es sich um Avulsionen (GASSNER ET AL. 1999). Bedingt durch ihre exponierte Stellung sind die oberen Incisivi am häufigsten betroffen (BORSSEN & HOLM 1997; BRUNNER ET AL. 2009; IVANCIC ET AL. 2009; FARINIUK ET AL. 2010; ORLANDO ET AL. 2010), in über 78% der Fälle die oberen mittleren Schneidezähne (CUNHA ET AL. 2001; NIK-HUSSEIN 2001).

Die Langzeitprognose avulsierter Zähne hängt primär vom Verhalten am Unfallort ab. Das Ziel der Zahnrettungskette ist die Erhaltung reversibel geschädigten Gewebes auf der Wurzeloberfläche (POHL 2008). Das Auftreten von Ersatzgewebsresorptionen wird hauptsächlich durch nicht physiologische Lagerungsmedien sowie die Lagerungsdauer bestimmt (WERDER ET AL. 2011).

Allgemein wird unter anderem die sofortige Replantation des Zahnes empfohlen (ANDERSSON ET AL. 2012). Allerdings sehen sich über 90% der befragten Laien nicht in der Lage, selber eine Replantation am Unfallort durchzuführen (JORGE ET AL. 2009). Dies unterstreicht die praktische Bedeutung von zellphysiologischen Lagerungsmedien für den Transport vom Unfallort zum Zahnarzt.

Das optimale Lagerungsmedium definiert sich sowohl durch seinen physiologischen pH-Wert wie auch durch seine physiologische Osmolarität (MARINO ET AL. 2000). Des Weiteren sollte das Lagerungsmedium entzündungshemmende und antimikrobielle Eigenschaften sowie keine bis minimale mikrobielle Belastung aufweisen, am Unfallort rasch verfügbar und wirtschaftlich sein (BLOMLÖF 1981A; RAMOS & MIRANDA 2007).

Speziell für die Lagerung avulsierter Zähne entwickelte Zahnrettungsboxen (SOS Zahnbox®, Fa. Miradent, Fa. Hager & Werken GmbH, Duisburg, Deutschland; Dentosafe®, Fa. Medice

GmbH, Iserlohn, Deutschland) enthalten Nährstoffe, Aminosäuren und Vitamine sowie einen integrierten pH-Puffer. Dadurch erhalten sie bei Raumtemperatur die Überlebens- und Proliferationsfähigkeit von parodontalen Ligamentzellen (PDL-Zellen) über mindestens 24 Stunden (h) aufrecht (POHL & KIRSCHNER 1994; POHL ET AL. 1999). Studien bestätigen die Wirksamkeit der Zahnrettungsboxen als physiologisches Nährmedium in Bezug auf das Überleben und die Teilungsrate von PDL-Zellen (POHL ET AL. 1999; POHL ET AL. 2005). Physiologisch gelagerte Zähne erreichten in vivo den höchsten Anteil an parodontaler Heilung (WERDER ET AL. 2011). Da Zahnrettungsboxen nicht immer und überall verfügbar sind, werden in der Literatur alternative Lagerungsmedien beschrieben.

Milch wurde umfangreich untersucht und konnte an Akzeptanz als Lagerungsmedium gewinnen (BLOMLÖF & OTTESKOG 1980; BLOMLÖF ET AL. 1980A, 1980B; BLOMLÖF 1981A, 1981B; COURTS ET AL. 1983; HUANG ET AL. 1996; MARINO ET AL. 2000; SIGALAS ET AL. 2004; THOMAS ET AL. 2008; SOUZA ET AL. 2010A, 2010B; MOAZAMI ET AL. 2012; SOUZA ET AL. 2012). Der beinahe neutrale pH-Wert und eine physiologische Osmolarität, die durch den Pasteurisierungsvorgang niedrig gehaltene bakterielle Belastung, das Enthalten von Wachstumsfaktoren und Nährstoffen machen kalte und ultrahocherhitzte Milch zu einem kostengünstigen und leicht zugänglichen Lagerungsmedium (BLOMLÖF 1981A; BELFORD ET AL. 1995; GAUTHIER ET AL. 2006; KHADEMI ET AL. 2008).

Als weitere Alternative wird sterile Kochsalzlösung mit dem Vorteil der Isotonizität beschrieben, jedoch fehlen ihr die nötigen Nährstoffe für den Metabolismus der PDL-Zellen (BLOMLÖF 1981A). Obwohl einige In-vitro-Studien auf die Wirksamkeit der Kochsalzlösung als Lagerungsmedium hindeuten, widerspricht dies der Erfahrung im klinischen Alltag (PATEL ET AL. 1994; PILEGGI ET AL. 2002; SUBRAMANIAM ET AL. 2015).

Die Eignung von Wasser als Lagerungsmedium wurde wiederholt untersucht. Aufgrund dessen Hypotonizität kommt es zu einem raschen Zelltod durch Platzen der PDL-Zellen (KHADEMI ET AL. 2008). Die Lagerung avulsierter Zähne für mehr als 20 Minuten (min) in Wasser führte generell zu Wurzelresorptionen (ANDREASEN ET AL. 1995). In etlichen Studien wurde bei Wasser eine vergleichsweise niedrige bzw. die niedrigste Überlebensrate von PDL-Zellen beobachtet (COURTS ET AL. 1983; MARINO ET AL. 2000; PEARSON ET AL. 2003; CASAROTO ET AL. 2010; SOUZA ET AL. 2010A, 2010B, 2010C; MOAZAMI ET AL. 2012; SOUZA ET AL. 2012; SILVA ET AL. 2013; GHASEMPOUR ET AL. 2015).

Die Trockenlagerung zählt, wie Wasser auch, zu den unphysiologischen Lagerungsmethoden. Ein häufigeres Auftreten von Ersatzgewebsresorptionen korrelierte mit der unphysiologischen extraoralen Lagerungsdauer des avulsierten Zahnes (WERDER ET AL. 2011).

Die vorliegende Studie untersucht die Frischhaltefolie als mögliches Transportmedium. Sie ist wirtschaftlich, vergleichsweise einfach zugänglich wie Milch und könnte aufgrund ihrer Fähigkeit, die Körperflüssigkeit auf der Wurzeloberfläche zu halten, einen positiven Effekt auf das Überleben der PDL-Zellen haben. Das Ziel dieser In-vitro-Studie war es, die Wirksamkeit der Frischhaltefolie in Bezug auf das Zellüberleben bis zu 24 h zu untersuchen.

Material und Methoden

Die Studie wurde nach den ethischen Grundsätzen der Deklaration von Helsinki durchgeführt. So erklärten sich die Patienten vor dem Eingriff in einer Einverständniserklärung (informed consent) bereit, die Zähne zu Studienzwecken zur Verfügung zu stellen. Es wurden 35 kariesfreie, teilretinierte oder retinierte

Weisheitszähne verwendet. Diese konnten unter Aufklappung, aber ohne Osteotomie entfernt werden. Jeweils sieben Zähne wurden unmittelbar nach der Entfernung (Dauer der Trockenlagerung: 0 min) einer der folgenden Untersuchungsgruppen randomisiert zugeordnet: SOS Zahnbox®, UHT-Milch (4 °C), sterile isotonische Kochsalzlösung, Wasser (Leitungswasser) und Frischhaltefolie. Die Milch wurde über die Dauer von 24 h permanent kühl, die übrigen Medien wurden bei Raumtemperatur gelagert. Zwei Stunden nach der Zahnentfernung wurden die Zähne für die anschließende Kultivierung vorbehandelt. Dazu wurden sie mit einer Oberkiefer-Frontzahnzange (Fa. Ustomed, Tuttlingen, Deutschland) an der Krone gefasst und in eine Halterung eingespannt. Die Wurzelspitze wurde mit einer diamantierten Trennscheibe (Fa. Komet Dental, Gebr. Brasseler GmbH & Co. KG, Lemgo, Deutschland) reseziert und die Pulpa mit einem Retro-post®-Bohrer (Fa. Komet Dental, Gebr. Brasseler GmbH & Co. KG, Lemgo, Deutschland) unter externer Kühlung mit steriler Kochsalzlösung (Fa. B. Braun Melsungen AG, Melsungen, Deutschland) entfernt. Im Anschluss wurden sechs möglichst gleich dicke Wurzelscheiben mit der Trennscheibe abgetrennt. Um die mikrobielle Belastung des Mediums nicht zu verändern, wurden alle sechs Scheiben sowie die Zahnkrone und die Wurzelspitze ins Medium zurückgelegt. Jeweils zwei Wurzelscheiben wurden nach dem Zufallsprinzip zu den Zeitpunkten 2 h, 6 h und 24 h dem Medium entnommen. Dies entsprach der Verweildauer (VD) im Medium. Unmittelbar nach der Entnahme wurde jede Scheibe für jeweils eine Minute in 500 µl PBS (Phosphate Buffered Saline) sowie 500 µl DMEM (Dulbecco's Modified Eagle's Medium) geschwenkt und in einer 24-Loch-Platte (Falcon®, Fa. Becton Dickinson, Franklin Lakes, USA) fixiert. Als Kultivierungsmedium dienten 300 µl DMEM. Die Kultivierung erfolgte für eine Dauer von 14 Tagen (d) bei 37 °C und 5% CO₂. Nach je 48 h wurde das Kultivierungsmedium erneuert, und die Wurzelscheiben wurden unter lichtmikroskopischer Vergrößerung (Leica DM IL LED, Fa. Leica, Wetzlar, Deutschland) auf Kontamination hin überprüft.

Der pH-Wert der Lagerungsmedien SOS Zahnbox®, UHT-Milch, sterile isotonische Kochsalzlösung und Wasser wurde vor Beginn der Untersuchung sowie zu den Entnahmezeitpunkten 2 h, 6 h und 24 h gemessen.

Die Scheibendicken wurden am Ende der Untersuchung mit einem digitalen Messschieber (Fa. Henry Schein Inc., Melville NY, USA) gemessen.

Nach einer Proliferationsdauer (PD) von 2 d, 7 d und 14 d wurde das Zellwachstum analysiert. Hierzu wurden die Wurzelscheiben virtuell in vier Quadranten unterteilt. Unter 4-facher mikroskopischer Vergrößerung wurde das Zellwachstum jeder Scheibe in einen der vorab definierten Zellwachstumsgrade eingeteilt: Grad 0 (kein Zellwachstum), Grad I (maximal 10 Zellen in einem Quadranten), Grad II (mehr als 10 Zellen in einem Quadranten) und Grad III (mehr als 10 Zellen in mehreren Quadranten). Kamen bei einer Wurzelscheibe unterschiedliche Zellwachstumsgrade vor, floss der höchste Grad in die statistische Analyse ein.

Da pro Entnahmezeitpunkt (2 h, 6 h und 24 h) zwei intraindividuelle Wurzelscheiben vorhanden waren, wurde der arithmetische Mittelwert des Zellwachstums für die statistische Analyse verwendet.

Da das Zellwachstum über die gesamte Proliferationsdauer (2 d, 7 d und 14 d) generell gleichbleibend oder progredient war, wurden die kontaminierten Proben mittels der Last-Observation-carried-forward-Methode (LOCF) in die Ergebnisse miteinbezogen.

Tab. I Deskriptive Darstellung aller möglichen Einflussfaktoren

	SOS Zahnbox®	UHT-Milch	Kochsalz-lösung	Wasser	Frischhalte-folie	Signifikanztest
Alter [Jahre]	24,1	29,4	26,3	28,1	24,3	F[4,35] = 0,48, p = 0,75
% weiblich	42,9	85,7	57,1	28,6	85,7	F[4,35] = 2,09, p = 0,11
% Oberkiefer	71,4	85,7	71,4	57,1	57,1	$\chi^2(4, N = 35) = 1,86, p = 0,76$
Scheibendicke [mm]						
VD ¹ 2 h	0,69	0,75	0,69	0,72	0,55	F[4,35] = 1,19, p = 0,34
VD ¹ 6 h	0,70	0,76	0,70	0,64	0,55	F[4,35] = 1,15, p = 0,24
VD ¹ 24 h	0,65	0,60	0,72	0,61	0,66	F[4,35] = 0,49, p = 0,74

¹ Verweildauer

Tab. II Durchschnittlicher pH-Wert über die Verweildauer von 24 h für das jeweilige Medium

	SOS Zahnbox®	UHT-Milch	Kochsalz-lösung	Wasser
VD 0 h	7,00	6,50	5,00	7,00
VD 2 h	7,00	6,50	5,07	6,71
VD 6 h	7,00	6,50	5,43	6,93
VD 24 h	7,00	6,50	5,64	7,07

Tab. III Anzahl kontaminierter Wurzelscheiben über die Verweildauer von 24 h für das jeweilige Medium

	SOS Zahn-box®	UHT-Milch	Koch-salz-lösung	Wasser	Frisch-halte-folie
Gesamt	3	5	2	7	1
VD 2 h	1	1	0	2	0
VD 6 h	1	1	1	2	0
VD 24 h	1	3	1	3	1

Tab. IV Zellwachstumswahrscheinlichkeit über die Verweildauer von 24 h für das jeweilige Medium

In %	VD 2 h	VD 6 h	VD 24 h
SOS Zahnbox®	43	71	43
UHT-Milch	57	86	57
Kochsalzlösung	100	71	57
Wasser	29	0	14
Frischhaltefolie	86	86	43

Zusätzlich zum Zellwachstumsgrad wurde die Zellwachstumswahrscheinlichkeit errechnet. Das ist die Wahrscheinlichkeit, mit welcher eine Zelle im jeweiligen Medium über die Proliferationsdauer von 14 d wachsen wird. Grundlage dafür war eine binomiale Einteilung des Zellwachstums: Der Zellwachstumsgrad 0 wurde als kein Wachstum und die Zellwachstumsgrade I bis III wurden als Wachstum definiert. Daraus konnte in Abhängigkeit von Medium und Entnahmezeitpunkt (2 h, 6 h und 24 h) der prozentuale Anteil der Wurzelscheiben mit Wachstum errechnet werden.

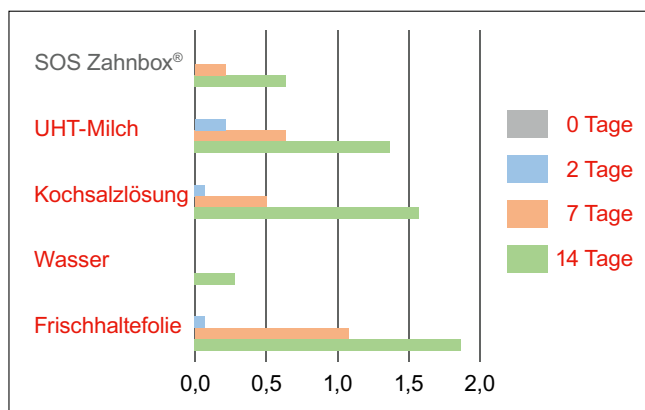


Abb. 1 Balkendiagramm zur Veranschaulichung des Zellwachstumsgrades über die Proliferationsdauer von 0 Tagen, 2 Tagen, 7 Tagen und 14 Tagen nach einer Verweildauer von 2 Stunden in den Medien SOS Zahnbox®, UHT-Milch, Kochsalzlösung, Wasser und Frischhaltefolie

Die statistische Analyse erfolgte mittels SPSS (Version 22.0). Für intervallskalierte Daten wurde ANOVA und für nominalskalierte Daten der Chi-Quadrat-Test verwendet. Das Signifikanzniveau wurde bei 5% ($p \leq 0,05$) festgelegt.

Ergebnisse

Das Durchschnittsalter der 35 untersuchten Patienten war 26,5 Jahre (SD = 8,52). Darunter waren 21 Frauen ($\bar{X} = 23,29$; 18–36; SD = 3,68) und 14 Männer ($\bar{X} = 31,21$; 19–63, SD = 11,11). Zwischen den Untersuchungsgruppen zeigten sich bezüglich Alter, Geschlecht und des Entnahmeorts des Weisheitszahnes (Ober- vs. Unterkiefer) keine grossen Unterschiede (Tab. I). Ebenfalls kaum Unterschiede zeigten sich bezüglich der Scheibendicke, welche um höchstens 0,21 Millimeter (mm) variierte.

Bei der SOS Zahnbox® blieb der pH-Wert über 24 h hinweg konstant bei 7,00 (Tab. II). Gleiches galt für die Milch, jedoch war dieser mit 6,50 etwas niedriger. Der pH-Wert der Kochsalzlösung variierte nur unwesentlich im leicht sauren Milieu ($p = 0,096$), derjenige von Wasser um pH 7,00 ($p = 0,669$).

Kontaminationen kamen im Medium Wasser am häufigsten vor (Tab. III).

Die Zellwachstumswahrscheinlichkeit zum Zeitpunkt 2 h in der Untersuchungsgruppe Frischhaltefolie war mit 86% sehr hoch (Tab. IV). Diese blieb bis zum Zeitpunkt 6 h konstant, sank dann bei 24 h auf die Hälfte (43%) ab. Eine noch höhere Zellwachstumswahrscheinlichkeit zeigte sich einzig bei der sterilen Kochsalzlösung (100% zum Zeitpunkt 2 h). Die Zellwachstumswahrscheinlichkeit im Medium SOS Zahnbox® war zum Zeit-

punkt 6 h mit 71% am höchsten, jedoch immer noch niedriger als bei der Frischhaltefolie. Die Milch zeigte zum Zeitpunkt 6 h mit 86% ebenfalls die höchste Wahrscheinlichkeit. Zu allen Zeitpunkten war die Wachstumswahrscheinlichkeit im Medium Wasser am geringsten.

In allen Untersuchungsgruppen stieg zum Zeitpunkt 2 h das Zellwachstum parallel mit der Proliferationsdauer (2 d, 7 d und 14 d) an ($p < 0,001$) (Abb. 1). Die Frischhaltefolie zeigte im Vergleich zu allen anderen Medien den höchsten Zellwachstumsgrad ($p = 0,033$).

Zum Zeitpunkt 6 h zeigte die SOS Zahnbox® als einziges Medium das höchste Zellwachstum. Statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Untersuchungsgruppen zeigten sich jedoch keine. Gleiches galt für den Entnahmezeitpunkt 24 h, ausgenommen bei Wasser zum Proliferationszeitpunkt 7 d. Nur bei der Frischhaltefolie führte das Verweilen im Medium über 24 h hinweg zu einem geringeren Zellwachstum (PD 7 d: $p = 0,017$; PD 14 d: $p = 0,005$).

Schliesslich wurden mögliche Unterschiede zwischen den Untersuchungsgruppen SOS Zahnbox® und Frischhaltefolie geprüft. Das Zellwachstum von Zähnen, die 2 h in Frischhaltefolie gelagert wurden, war über alle Proliferationsdauern (2 d, 7 d und 14 d) hinweg deutlich höher als dasjenige der SOS Zahnbox® ($p = 0,041$).

Diskussion

Zahlreiche Studien haben sich mit der Untersuchung von Lagerungsmedien in Bezug auf das Überleben von PDL-Zellen befasst. Das Ziel der vorliegenden In-vitro-Pilotstudie war es, herauszufinden, inwiefern Frischhaltefolie als Transportmedium für avulsierte Zähne verwendet werden könnte.

In-vitro-Studien an tierischen Zähnen zeigten schädliche Effekte auf das Überleben von PDL-Zellen bei einer Trockenlagerung bis zu 90 min sowie häufiger auftretende Ersatzgewebsresorptionen (DOS SANTOS ET AL. 2009; MORI ET AL. 2010; BARBIZAM ET AL. 2015). Nach einer Trockenlagerung von 120 min konnten keine lebenden Zellen nachgewiesen werden (SODER ET AL. 1977). Das Auftreten von Ersatzgewebsresorptionen korrelierte mit der Dauer der Trockenlagerung (CHAPPUIS & VON ARX 2005). Während eine Trockenlagerung in Studien wiederholt zum Zelltod führte (DONALDSON & KINIRONS 2001; CASAROTO ET AL. 2010; WERDER ET AL. 2011), zeigte die Frischhaltefolie in der vorliegenden Studie zu allen Entnahmezeitpunkten (2 h, 6 h und 24 h) vergleichbares Zellwachstum mit den übrigen Untersuchungsgruppen. Zum Zeitpunkt 2 h ermöglichte die Lagerung in Frischhaltefolie sogar ein höheres Zellwachstum als in der SOS Zahnbox®. Eine mögliche Erklärung für die guten Resultate der Frischhaltefolie ist deren Fähigkeit, den Zahn feucht und in nährstoffreicher Umgebung zu halten. Während eine Trockenlagerung an der Luft zu einem Austrocknen der Zellen bzw. eine Lagerung in einem Taschentuch zu einem Aufsaugen der Flüssigkeit und damit der Nährstoffe führt, vermag es die Frischhaltefolie, die Körperflüssigkeit an der Wurzeloberfläche zu halten. Dadurch können sich die PDL-Zellen über einen gewissen Zeitraum hinweg selber ernähren. Die bedeutende Abnahme des Zellwachstums zum Zeitpunkt 24 h könnte gleichermassen darauf hindeuten, dass die zu Beginn noch vorhandenen Nährstoffe von den Zellen aufgebraucht wurden.

Auf 4 °C gekühlte UHT-Milch zeigte zu allen Zeitpunkten (2 h, 6 h und 24 h) vergleichbares Zellwachstum zur SOS Zahnbox®. Diese Resultate stimmen mit denjenigen anderer In-vitro-Studien überein (ASHKENAZI ET AL. 1999; SILVA ET AL. 2013). Milch

eignet sich grundsätzlich nur für eine kurze Lagerungsdauer (COURTS ET AL. 1983; HUANG ET AL. 1996; MOAZAMI ET AL. 2012). Zu erwähnen ist, dass tiefere Temperaturen die Lebensfähigkeit der Zellen fördern (BLOMLÖF & OTTESKOG 1980; BLOMLÖF 1981A; SIGALAS ET AL. 2004). Gekühlte Milch zeigte ein höheres Überleben von PDL-Zellen verglichen mit der Zahnrettungsbox (MARINO ET AL. 2000; SOUZA ET AL. 2010B) und grundsätzlich bessere Ergebnisse als Milch bei Raumtemperatur (BLOMLÖF & OTTESKOG 1980; BLOMLÖF 1981A; ASHKENAZI ET AL. 1999). Tiefe Temperaturen haben den Vorteil in der Reduktion des zellulären Metabolismus und bakteriellen Wachstums (BARILE 1994; ASHKENAZI ET AL. 1999). Der Faktor Temperatur könnte die hier vorliegenden vergleichbaren Resultate bei Milch und SOS Zahnbox® erklären.

Zahnrettungsboxen können die Vitalität und proliferative Kapazität von PDL-Zellen bei Raumtemperatur über mindestens 24 h aufrechterhalten (POHL ET AL. 1999). Die SOS Zahnbox® zeigte in der vorliegenden Studie den höchsten Zellwachstumsgrad zum Zeitpunkt 6 h. Diese vergleichsweise kürzere Aufrechterhaltung der Vitalität könnte mit der Dauer des Extraktionsvorgangs erklärt werden: Für die operative Entfernung des Zahnes wird über eine längere Zeit Kraft auf den Zahn angewendet, wohingegen bei der Avulsion bereits 1,5 Millisekunden (ms) für den abrupten Abriss der PDL-Zellen ausreichen (MIURA & MAEDA 2008). Der Extraktionsvorgang kann daher mehr PDL-Zellen schädigen als der Avulsionsvorgang selber.

Sterile Kochsalzlösung zeigte zu allen Entnahmezeitpunkten (2 h, 6 h und 24 h) vergleichbare Ergebnisse mit anderen Untersuchungsgruppen. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen andere In-vitro-Studien (PATEL ET AL. 1994; PILEGGI ET AL. 2002; SUBRAMANIAM ET AL. 2015). Kochsalzlösung zeigte als einziges Medium eine Zellwachstumswahrscheinlichkeit von 100% zum Zeitpunkt 2 h. Die in Frischhaltefolie gelagerten Zähne hatten mit 86% ebenfalls eine hohe Wachstumswahrscheinlichkeit. Hier proliferierten Zellen von ungefähr vier von fünf Wurzelscheiben. Da man theoretisch bei allen untersuchten Lagerungsmedien einen abnehmenden Trend mit zunehmender Verweildauer erwarten würde, könnten die vorliegenden Resultate auch auf einen möglichen methodischen Fehler hinweisen.

Diese Ergebnisse weisen darauf hin, dass die Zellwachstumswahrscheinlichkeit ein zusätzliches praxisrelevantes Kriterium bei der Auswahl des optimalen Lagerungsmediums sein könnte. Nachfolgende Studien sollten nicht nur das Überleben der PDL-Zellen, sondern auch dessen Wahrscheinlichkeit untersuchen.

Ferner muss erwähnt werden, dass die vorliegende In-vitro-Studie insofern nicht ganz realistisch ist, als dass die Zähne nie an- oder ausgetrocknet waren. Dies kann in der Realität durchaus vorkommen, bis ein Lagerungsmedium zur Verfügung steht. Möglicherweise würden sich hier Unterschiede zeigen, da die Flüssigkeiten eine höhere Rehydrierungsrate aufweisen und damit vielleicht angeschlagene, aber noch vitale Zellen eher überleben lassen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Frischhaltefolie durch das Halten des dünnen Flüssigkeitsfilms an der Wurzeloberfläche eine für das Zellüberleben nötige physiologische Umgebung schafft. Das Zellüberleben ist innerhalb der ersten 6 h vergleichbar mit demjenigen in einer Zahnrettungsbox. Wasser eignet sich nicht als Lagerungsmedium für avulsierte Zähne.

Die geringe Anzahl der Stichproben in unserer Pilotstudie begrenzt die mögliche Interpretation der vorliegenden Ergebnisse. Weitere und grösser angelegte In-vitro- wie auch In-vivo-Studien sind nötig, um die vorläufigen guten Resultate der Frischhaltefolie als mögliches Transportmedium zu untersuchen.