

Forschung · Wissenschaft Recherche · Science

Publisher Herausgeber Editeur

Schweizerische Zahnärzte-
Gesellschaft SSO
Société Suisse
d'Odonto-Stomatologie
CH-3000 Bern 7

Editor-in-chief Chefredaktor Rédacteur en chef

Adrian Lussi, Bern

Editors Redaktoren Rédacteurs

Urs Belser, Genève
Andreas Filippi, Basel
Rudolf Gmür, Zürich

Assistant Editors Redaktions-Assistenten Rédacteurs assistants

Brigitte Zimmerli, Bern
Klaus Neuhaus, Bern

Adresse der wissenschaftlichen Redaktion

Prof. Adrian Lussi
Klinik für Zahnerhaltung,
Präventiv- und Kinder-
zahnmedizin
Freiburgstr. 7, 3010 Bern

Advisory board Gutachtergremium Comité de lecture

T. Attin, Zürich
P. Baehni, Genève
J.-P. Bernard, Genève
C.E. Besimo, Basel
M.M. Bornstein, Bern
D. Bosshardt, Bern
S. Bouillaguet, Genève
U. Brägger, Bern
W. Buchalla, Zürich
D. Buser, Bern
M. Cattani, Genève
B. Ciucchi, Genève
K. Dula, Bern
D. Ettlin, Zürich
G. Eyrich, Zürich
J. Fischer, Zürich
L.M. Gallo, Zürich
U. Gebauer, Bern
R. Glauser, Zürich
W. Gnoinski, Zürich
T. Göhring, Zürich
K.W. Grätz, Zürich
Ch. Hämmerle, Zürich
N. Hardt, Luzern
T. Imfeld, Zürich
K.H. Jäger, Basel
J.-P. Joho, Genève
R. Jung, Zürich
S. Kiliaridis, Genève
I. Krejci, Genève
J.Th. Lambrecht, Basel
N.P. Lang, Bern
T. Lombardi, Genève
H.U. Luder, Zürich
H. Lüthy, Neuchâtel
C. Marinello, Basel
G. Menghini, Zürich
R. Mericske-Stern, Bern
J. Meyer, Basel
J.-M. Meyer, Chêne-Bougeries
T. Mitsiadis, Zürich
A. Mombelli, Genève
W. Mörmann, Zürich
F. Müller, Genève
S. Palla, Zürich
S. Paul, Zürich

T. Peltomäki, Zürich
M. Perrier, Lausanne
Ch. Ramseier, Bern
M. Richter, Genève
H.F. Sailer, Zürich
G. Salvi, Bern
J. Samson, Genève
U.P. Saxer, Zürich
J.-P. Schatz, Genève
S. Scherrer, Genève
P.R. Schmidlin, Zürich
A. Sculean, Bern
R. Seemann, Bern
J. Türp, Basel
H. van Waas, Zürich
P. Velvart, Zürich
T. von Arx, Bern
T. Waltimo, Basel
F. Weber, Zürich
R. Weiger, Basel
A. Wichelhaus, Basel
A. Wiskott, Genève
M. Zehnder, Zürich
H.F. Zeilhofer, Basel
N.U. Zitzmann, Basel

FELICIA BREMER¹
NILS-CLAUDIUS GELLRICH²
MEIKE STIESCH¹

¹ Klinik für Zahnärztliche Prothetik und Biomedizinische Werkstoffkunde, Medizinische Hochschule Hannover

² Abteilung für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, Medizinische Hochschule Hannover

Korrespondenzadresse

Dr. Felicia Bremer
Klinik für Zahnärztliche Prothetik und Biomedizinische Werkstoffkunde
Medizinische Hochschule Hannover
Carl-Neuberg-Strasse 1
D-30625 Hannover
Tel. 0511-532-4778
Fax 0511-532-4790
E-Mail:
Bremer.Felicia@mh-hannover.de
Schweiz Monatsschr Zahnmed 119:
876-880 (2009)
Zur Veröffentlichung angenommen:
4. Mai 2009

In-vitro-Studie zur mechanischen Belastbarkeit monofiler, resorbierbarer Nahtmaterialien

Schlüsselwörter: Resorbierbare Nahtmaterialien, monofil, Reissfestigkeit, Hydrolyse, Gammabestrahlung

Zusammenfassung Bei zahlreichen chirurgischen Indikationen wird resorbierbares Nahtmaterial verwendet, wobei für den praktizierenden Chirurgen die Kenntnis über die materialabhängig unterschiedlichen physikochemischen Eigenschaften von entscheidender Bedeutung ist. In der vorgestellten Studie wurden sechs verschiedene monofile, resorbierbare Nahtmaterialien auf ihren Reissfestigkeitsverlust in Abhängigkeit von Hydrolyse und Gammabestrahlung untersucht. Die Auswertung der Ergebnisse ergab keinen signifikanten Einfluss der Gammabestrahlung auf die Reissfestigkeit. Jedoch konnten in Abhän-

gigkeit von der chemischen Zusammensetzung unterschiedliche Degradationsverläufe beobachtet werden: Die Polymere Dioxanon und Caprolacton-Lactid unterliegen einem langsamen Resorptionsprozess und eignen sich daher prinzipiell für Indikationen, bei denen über einen längerfristigen Zeitraum mechanische Stabilität gefragt ist. Das Triblock-Copolymer Monosyn[®] weist die höchste initiale Reissfestigkeit auf, unterliegt jedoch einer sehr schnellen Degradation. Es ist daher beim Wundverschluss schnell heilender Gewebe, die nicht einer längerfristigen mechanischen Stabilisierung bedürfen, zu bevorzugen.

Einleitung

Für die sichere Adaptation von Wundrändern stehen in der modernen Medizin verschiedene Hilfsmittel zur Verfügung. Neben Metallklammern, Klebestreifen und Wundklebern haben sich Nahtmaterialien bewährt, die sowohl in resorbierbarer als auch in nicht resorbierbarer Form auf dem Markt erhältlich sind (MACKENZIE 1973, GELLERT 2002, ZEPLIN ET AL. 2007, WINKLER ET AL. 2008). Insbesondere für den Verschluss tiefer liegender Gewebeschichten sind resorbierbare Nahtmaterialien indiziert (MYERS ET AL. 1981, TSCHELIESSNIGG ET AL. 1983, ALAN BARBER ET AL. 2006).

Um eine indikationsspezifisch sichere Anwendung zu garantieren, ist die Kenntnis über die jeweiligen physikochemischen Eigenschaften wie Zugfestigkeit, Knotensicherheit, Biokompatibilität und definierte Resorptionszeit von entscheidender Bedeutung. Hauptsächlich beeinflusst werden diese Parameter durch die chemische Zusammensetzung des Nahtmaterials. Durch die Auswahl des Polymerisationsgrades und der Kopolymerisation können nämlich gezielt Materialien mit indikationsorientierten Eigenschaften hergestellt werden (MOLEA ET

AL. 2000). Zur vereinfachten Handhabung werden diese in kurz-, mittel- und langfristig resorbierbare Nahtmaterialien unterteilt (ALBERS ET AL. 1982, THIEDE ET AL. 1985, FIELD & STANLEY 2004).

In der Gruppe der mittelfristig resorbierbaren Nahtmaterialien sind häufig verwendete Polymere Dioxanon (PDS) und Caprolacton-Lactid (P[LA/CL]), die nach etwa sechs bis acht Wochen 50% ihrer Reissfestigkeit verlieren (RAY ET AL. 1981, GREVE ET AL. 1986, FORESMAN ET AL. 1989, OUTLAW ET AL. 1998, TOMIHATA ET AL. 1998, TOMIHATA ET AL. 2001). Zahlreiche neu entwickelte Kopolymerisate unterliegen einer wesentlich schnelleren Degradation *in vivo*, zu denen das Triblock-Copolymer Monosyn[®] (Glycolid [72%], Trimethylencarbonat [14%], Caprolacton [14%]) zählt, das laut Herstellerangaben bereits nach zwei Wochen 50% seiner Reissfestigkeit einbüsst (KARGER 2000). Zum Degradationsverhalten dieses Nahtmaterials im Vergleich zu anderen Materialien finden sich in der Fachliteratur jedoch bisher keine Untersuchungen. Ziel dieser Studie war es daher, die Reissfestigkeit von Monosyn[®] im Vergleich zu fünf gängigen Nahtmaterialien aus Polydioxanon und Poly-Caprolacton-Lactid in Abhängigkeit von Hydrolyse und Gammabestrahlung zu evaluieren.

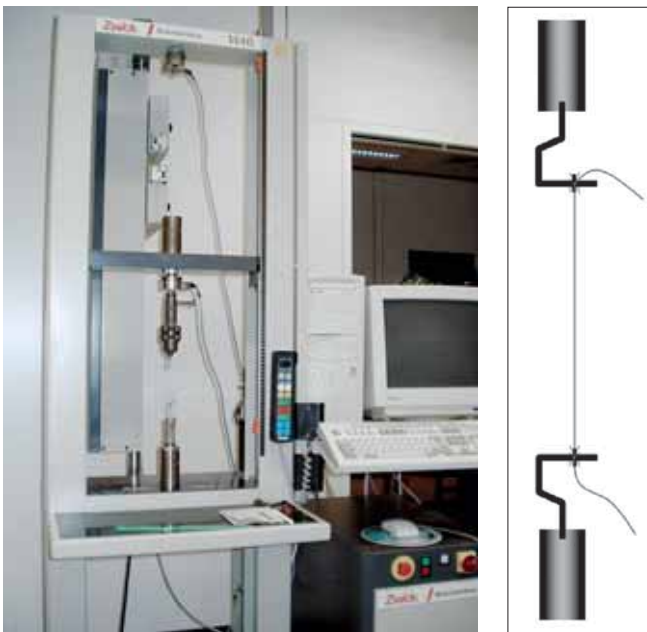


Abb. 1 a) Ermittlung der Reißfestigkeit der Nahtmaterialien mithilfe der Universalprüfmaschine; b) grafische Darstellung der Fadenfixierung in der Klemmvorrichtung

Material und Methoden

In der dargestellten Studie wurden sechs synthetische, resorbierbare, monofile Nahtmaterialien verwendet, die sich hinsichtlich ihrer chemischen Zusammensetzung und Fadenstärke unterscheiden. So wurden die auf dem Polymer Polydioxanon basierenden Nahtmaterialien Marisorb® (Catgut, Markneukirchen, Deutschland), Monoplus® (B. Braun, Melsungen, Deutschland) und Serasynt® (Serag-Wiessner, Naila, Deutschland), die Poly-Caprolacton-Lactide Caprolon® (Resorba, Nürnberg, Deutschland) und PCL® (Catgut, Markneukirchen, Deutschland) sowie das Triblock-Copolymer Monosyn® (B. Braun, Melsungen, Deutschland) den Untersuchungen *in vitro* unterzogen. Alle Nahtmaterialien wurden herstellerbedingt sterilisiert und luftdicht verpackt. Insgesamt wurden jeweils 300 Fäden der Fadenstärke USP 2/0 und USP 4/0 getestet. Die Abkürzung USP steht dabei für die «United States Pharmacopeia», die allen Nahtmaterialproduzenten standardisierte Fadenstärken vorschreibt. So bedeutet USP 2/0 einen Fadendurchmesser von 0,35–0,399 mm und USP 4/0 einen Durchmesser von 0,2–0,249 mm.

Die Nahtmaterialien wurden einer fünf- beziehungsweise achtwöchigen Hydrolyse in Reagenzgläsern mit steriler isotoner Kochsalzlösung in einem Wasserbad von 37 °C ausgesetzt. Am Ende der jeweiligen Hydrolysezeit wurden die Nahtmaterialien den Reagenzgläsern entnommen und im feuchten Zustand der Reißkraftmessung unterzogen. Die Fäden der Referenzgruppe wurden keiner Hydrolyse ausgesetzt, sondern in ihrem Verpackungszustand und daher trocken auf ihre Reißfestigkeit hin untersucht.

Die Gammabestrahlung der Nahtmaterialien wurde in einem Styroporbehälter, der einen exakt reproduzierbaren Abstand zur Röntgenröhre ermöglichte, mit einer Gesamtdosis von 60 Gy durchgeführt. Um den in der Tumorthherapie üblichen Zeitversatz zwischen Operation und postoperativer Radiatio zu simulieren, wurde die Gammabestrahlung mit einer Bestrahlungszeit von sechs Gy pro Tag über zehn Tage nach vorangegangener zweiwöchiger Hydrolyse vorgenommen.

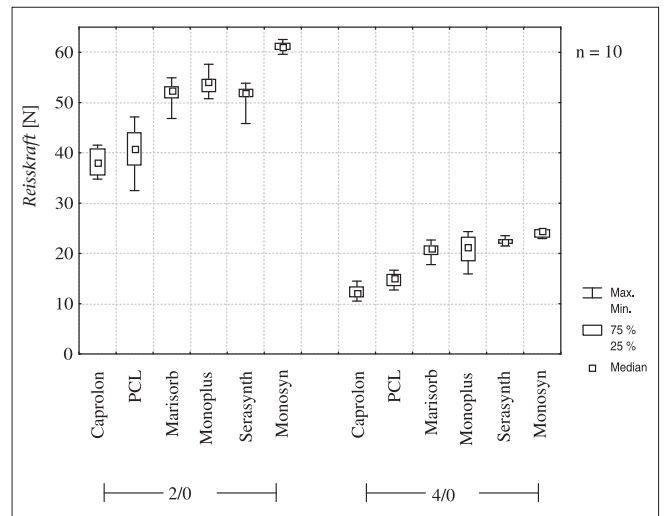


Abb. 2 Reißkraft der Nahtmaterialien der Referenzgruppe in den Nahtstärken USP 2/0 und USP 4/0

Die Ermittlung der Reißkraft erfolgte, standardisiert nach DIN 53455 1971 der Europäischen Pharmakopöe (2002), mithilfe einer Universalprüfmaschine (Zwick, Ulm, Deutschland), an deren zwei Klemmvorrichtungen, von denen eine mit einer konstanten Abziehgeschwindigkeit von 25 bis 30 cm pro Minute bewegt wurde, das zu prüfende Nahtmaterial befestigt wurde (Abb. 1). Das Ergebnis der Reißkraftmessung wurde in Newton (N) angegeben.

Die im Rahmen der Studie gewonnenen Daten wurden mithilfe des Kolmogorov-Smirnov-Tests auf ihre Normverteilung hin untersucht. Aufgrund einer fehlenden Normverteilung wurde die Signifikanz der gefundenen Unterschiede unter Verwendung des Kruskal-Wallis-Tests und des Wilcoxon-Mann-Whitney-Tests berechnet und das Signifikanzniveau mit $p < 0,05$ (5%) festgelegt. Die im Ergebnisteil verwendeten Abbildungen stellen als Boxplotgraphik die Ergebnisse im Median dar. Zusätzlich sind die Minimal- und Maximalwerte, sowie der Bereich in den 25% bis 75% der Ergebnisse fallen vermerkt.

Resultate

In den Abbildungen 2 bis 4 sind die Ergebnisse der Reißkraftmessung aller Nahtmaterialien der Fadenstärke USP 2/0 und USP 4/0 innerhalb der Referenzgruppe sowie nach fünf- und achtwöchiger Hydrolyse ohne Bestrahlung im Median dargestellt.

Grundsätzlich zeigten alle Nahtmaterialien mit der Fadenstärke USP 4/0 Reißfestigkeiten, die um etwa 50–70% geringer waren als die der korrespondierenden Nahtmaterialien mit der Fadenstärke USP 2/0.

Referenzgruppe (ohne Hydrolyse)

Im Vergleich aller Nahtmaterialien der Referenzgruppe war Monosyn® das Nahtmaterial mit der grössten initialen Reißfestigkeit ($p < 0,0001$). Marisorb®, Monoplus® und Serasynt® zeigten eine deutlich geringere initiale Reißfestigkeit, die sich jedoch nicht signifikant voneinander unterschied ($p = 0,1605$). Die geringste Reißfestigkeit wiesen die Poly-Caprolacton-Lactide auf ($p < 0,0001$). Innerhalb der Fadenstärke USP 2/0 waren keine signifikanten Unterschiede zwischen Caprolon® und PCL® feststellbar ($p = 0,2751$), während innerhalb der Fadenstärke USP 4/0 PCL® signifikant reissfester war als Caprolon® ($p = 0,0028$) (Abb. 2).

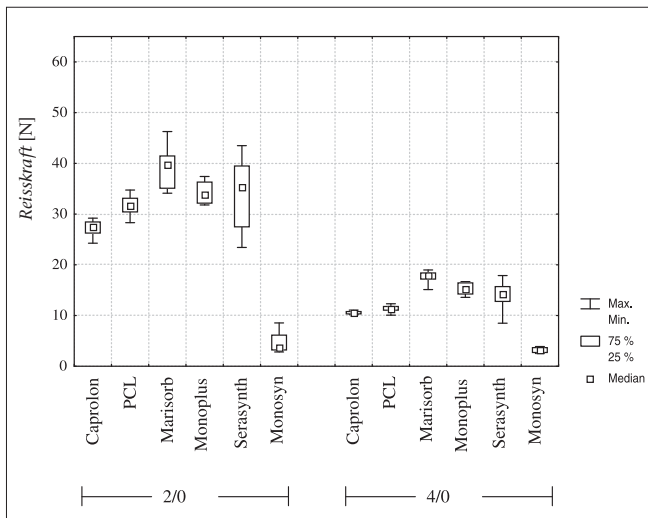


Abb. 3 Reisskraft der Nahtmaterialien nach fünfwöchiger Hydrolyse in den Nahtstärken USP 2/0 und USP 4/0

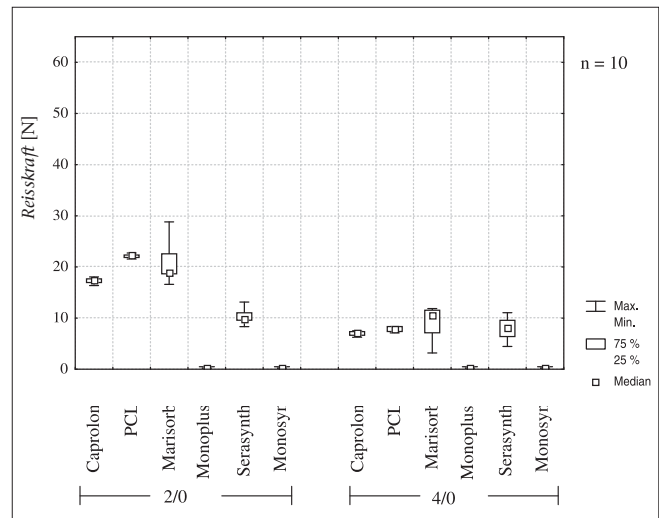


Abb. 4 Reisskraft der Nahtmaterialien nach achtwöchiger Hydrolyse in den Nahtstärken USP 2/0 und USP 4/0

Fünfwöchige Hydrolyse

Nach fünfwöchiger Hydrolyse waren die Polydioxanon-Nahtmaterialien jene mit der höchsten Reissfestigkeit ($p < 0,0001$). Im Vergleich der drei auf dem Polymer Polydioxanon basierenden Nahtmaterialien war Marisorb® signifikant ($p < 0,0001$) reissfester als Monoplus® und Serasynt®. Die Poly-Caprolacton-Lactide waren signifikant schwächer als die Polydioxanone ($p < 0,0001$). In beiden Nahtstärken war PCL® signifikant reissfester als Caprolon® ($p < 0,0001$). Das Nahtmaterial mit der signifikant geringsten Reissfestigkeit war Monosyn® ($p < 0,0001$) (Abb. 3).

Im Vergleich der für fünf Wochen hydrolysierten Nahtmaterialien mit jenen der Referenzgruppe fielen deutliche Differenzen im Hinblick auf die Degradationsgeschwindigkeiten auf. Monosyn® zeigte anfänglich eine sehr hohe Reissfestigkeit, die jedoch nach fünf Wochen Hydrolyse bereits stark reduziert war. Marisorb®, Monoplus® und Serasynt® stellten sich als Werkstoffe mit initial hoher Zugfestigkeit dar, die relativ langsam hydrolysiert wurden. Ebenfalls einer langsamen Degradation unterworfen waren Caprolon® und PCL®, die jedoch nur eine mässige initiale Reissfestigkeit aufwiesen (Abb. 2 und 3).

Achtwöchige Hydrolyse

Nach acht Wochen Hydrolyse konnten zwischen den Fadenstärken USP 2/0 und USP 4/0 einige Unterschiede festgestellt werden. Innerhalb der Nahtmaterialien mit der Fadenstärke USP 2/0 zeigte PCL® die signifikant höchste Reissfestigkeit ($p < 0,0001$). An 2. Stelle folgte Marisorb®, an 3. Caprolon® und an 4. Serasynt®. Im Bereich der Fadenstärke USP 4/0 war Marisorb® am reissfestesten, gefolgt von PCL® und Serasynt®, die sich nicht signifikant voneinander unterschieden ($p = 0,7205$). Caprolon® war das Nahtmaterial mit der signifikant geringsten Reissfestigkeit ($p < 0,0001$). Monoplus® und Monosyn® waren in beiden Fadenstärken so weit degradiert, dass eine Reisskraftmessung unmöglich war (Abb. 4).

Im Vergleich zur fünfwöchigen Hydrolyse konnten erneut Unterschiede in Bezug auf die Degradationsverläufe festgestellt werden. Caprolon® und PCL® wiesen initial eine nur mässige Reissfestigkeit auf, degradierten jedoch so langsam, dass sie nach achtwöchiger Hydrolyse zu den Werkstoffen mit der grössten Reissfestigkeit zählten. Die Nahtmaterialien Marisorb®, Monoplus® und Serasynt® wiesen im Gegensatz zu den

Ergebnissen der fünfwöchigen Hydrolyse nach acht Wochen Hydrolyse signifikant unterschiedliche Resorptionsverläufe auf. Bei Marisorb® konnte eine mit Caprolon® und PCL® vergleichbare Reissfestigkeit festgestellt werden. Die Reissfestigkeit von Serasynt® war um die Hälfte geringer als die des Nahtmaterials Marisorb®, während Monoplus® so weit degradiert war, dass keine Messungen mehr durchführbar waren (Abb. 3 und 4).

Gammabestahlung

Bezüglich der vorgenommenen Gammabestahlung konnte bei allen getesteten Materialien kein Einfluss auf die hydrolytische Degradation festgestellt werden.

Diskussion

Die auf dem Polymer Polydioxanon basierenden Nahtmaterialien Marisorb®, Monoplus® und Serasynt® zeichnen sich, bedingt durch den morphologischen Aufbau und die damit verbundene hydrolytische Spaltung, durch eine hohe initiale Reissfestigkeit und einen langsamen Degradationsprozess aus. Auch Ping Ooi und Cameron zeigten, dass während der Resorption zunächst nur die Fibrillen, die sich aus Kristallketten und amorphen Schichten zusammensetzen, aufgelockert werden, bevor es zu einer Spaltung der Ketten und schliesslich zu einem verlangsamten Resorptionsprozess kommt (PING OOI & CAMERON 2002). In der vorliegenden Studie zeigten die drei Polydioxanon-Nahtmaterialien innerhalb der fünfwöchigen Hydrolyse vergleichbare Degradationsverläufe, während nach achtwöchiger Hydrolyse signifikante Unterschiede festgestellt werden konnten. Hier wiesen Serasynt® und Marisorb® eine durchschnittliche Reissfestigkeit zwischen 40% und 80% auf, während bei Monoplus® aufgrund der fortgeschrittenen Degradation keine Reissfestigkeitsmessungen mehr durchgeführt werden konnten. Aufgrund fehlender vergleichender Untersuchungen in der wissenschaftlichen Literatur kann nur vermutet werden, dass die unterschiedlichen Degradationsverläufe ihren Ursprung in herstellungsbedingten Abweichungen während des Polymerisationsverfahrens haben.

Zusammenfassend konnte daher festgestellt werden, dass die Polydioxanone Marisorb®, und Serasynt® eine initial hohe Reissfestigkeit mit einer relativ langsamen Hydrolyse aufwie-

sen. Sie eignen sich daher prinzipiell für Indikationen, bei denen über einen längeren Zeitraum mechanische Stabilität gefragt ist. Das Nahtmaterial Monoplus® hingegen wies ebenfalls eine hohe initiale Reißfestigkeit auf, unterlag jedoch einer rascheren Resorption als andere Nahtmaterialien mit derselben chemischen Zusammensetzung. Es sollte daher bei der Adaptation schneller heilender Gewebe zum Einsatz kommen.

Im Gegensatz zu den Polydioxanon-Nahtmaterialien zeichneten sich Caprolon® und PCL® (Poly-Caprolacton-Lactide) zunächst durch eine initial mittlere Reißfestigkeit aus, unterlagen jedoch einem ausserordentlich langsamen Resorptionsprozess. Vergleichbar mit dem Polymer Polydioxanon scheint auch hier die Ursache im chemischen Aufbau zu liegen, der sich aus Eta-Caprolacton (25%) und Lactid (75%) zusammensetzt. In zahlreichen Studien konnte gezeigt werden, dass das hydrophobe Eta-Caprolacton in wässrigen Lösungen nur sehr langsam abgebaut wird und somit das schnelle Resorptionsverhalten des Lactidanteils ausgleicht (CAI ET AL. 2000, KRICHELDORF 2001, PEGO ET AL. 2001, PEGO ET AL. 2002, JEONG ET AL. 2004).

Die Poly-Caprolacton-Lactide Caprolon® und PCL® eignen sich daher – wie die Polydioxanone – aufgrund ihrer langsamen Resorption für den Wundverschluss von Geweben, die einer langfristigen mechanischen Stabilisierung bedürfen.

Das Triblock-Copolymer Monosyn® wies initial die höchste Reißfestigkeit auf, unterlag jedoch der signifikant schnellsten Resorption. Für diesen schnellen Abbau *in vitro* war der hohe Anteil an Glycolid (72%) verantwortlich, der bei Wasserzufuhr einer äusserst raschen Degradation unterliegt (TOMIHATA ET AL. 1998, TOMIHATA ET AL. 2001). Die sehr langsam absorbierbaren Bestandteile Trimethylencarbonat und Eta-Caprolacton, die zu gleichen Teilen in dem Triblock-Copolymer enthalten sind (jeweils 14%), scheinen hingegen für die initial hohe Reißfestigkeit von Bedeutung zu sein (CAI ET AL. 2000, KRICHELDORF 2001, PEGO ET AL. 2002, PEGO ET AL. 2003, JEONG ET AL. 2004).

Monosyn® eignet sich daher besonders für den Verschluss von Geweben, bei denen nur über einen kurzen Zeitraum mechanische Stabilität gefragt ist. Bedingt durch seine initial sehr hohe Reißfestigkeit kann es jedoch auch bei der Adaptation stark belasteter Wundränder zur Anwendung kommen.

Die unabhängig untersuchte Auswirkung von Gammabestrahlung mit einer Gesamtdosis von 60 Gy hatte keinen Einfluss auf die lineare Reißfestigkeit. In Versuchen von Orr et al. (ORR ET AL. 2004), bei denen die Nahtmaterialien mit 3, 30 und 70 Gy gammabestrahlt wurden, konnten ebenfalls keine Veränderungen der mechanischen Eigenschaften festgestellt werden. Erst eine Strahlendosis von 2000 Gy reduzierte die Reißfestigkeit signifikant und liess eindeutige Oberflächenveränderungen erkennen (ZHANG ET AL. 1993), die durch dosisabhängige Interaktionen zwischen Nahtmaterial und Gammastrahlen mit anschliessenden Kettenbrüchen und einer Ab-

nahme der mechanischen Eigenschaften hervorgerufen wurden (REICHMANIS ET AL. 1993, HOFMANN ET AL. 1998).

Summary

BREMER F, GELLRICH N-C, STIESCH M: **Mechanical capacity of resorbable monofilament suture materials depending on hydrolysis and gamma-irradiation: An in vitro study** (in German). Schweiz Monatsschr Zahnmed 119: 876–880 (2009)

In a vast spectrum of wound closures there is an indication for resorbable suture materials. For surgeons detailed knowledge of the physicochemical properties is important in order to find the right suture for each indication. For this purpose, various new monofilament polymers were employed. The objective of the present study was to investigate the effects of hydrolysis and gamma-irradiation on the linear strength. The final analysis of all tested suture materials concluded that gamma-irradiation had no effects on linear strength. However, the analysis showed significant discrepancies between individual polymers with regard to loss of tensile strength associated with hydrolysis. Polydioxanone- and caprolactone-lactid-based resorbable suture materials both displayed adequate tensile strength after a five-week period of hydrolysis. In comparison the triblock-copolymer is subject to rapid degradation. Polydioxanone- and caprolactone-lactid-based resorbable suture materials are indicated for use in tissues which require mechanical support over a longer period. Monosyn® is more suitable for short-term wound support.

Résumé

Pour un grand nombre d'indications chirurgicales, on a recours à un matériau de suture résorbable. Pour le chirurgien praticien, la connaissance des différentes propriétés physico-chimiques dépendantes du matériau est d'une importance décisive. La présente étude examine six matériaux de suture monofilaments différents, résorbables, pour en déterminer la perte de résistance à la déchirure en fonction de l'hydrolyse et du rayonnement gamma. L'analyse des résultats n'a montré aucune influence significative du rayonnement gamma sur la résistance à la déchirure. Mais, par rapport à la composition chimique, on a pu observer des processus de dégradation différents: le polymère dioxanone et le lactide caprolactone sont soumis à un processus de résorption lent et répondent donc d'une façon générale aux indications demandant une stabilité mécanique sur une période prolongée. Le copolymère tribloc Monosyn® présente la meilleure résistance initiale à la déchirure mais sa dégradation est très rapide. Il doit donc être privilégié lors de la suture de blessures de tissus à guérison rapide sans besoin de stabilisation mécanique prolongée de la part du matériau de suture.

Literatur

- ALAN BARBER F, BOOTHBY M H, RICHARDS D P: New sutures and suture anchors in sports medicine. *Sports Med Arthroscop* 14: 177–184 (2006)
- ALBERS W, GELDMACHER H, GIEDL H, BEYER W: Sehnennähte mit einem neuen monofilen synthetischen resorbierbaren Fadenmaterial (PDS-Faden der Stärke 6–0). *Chirurg* 53: 168–171 (1982)
- CAI Q, BEI J, WANG S: Synthesis and degradation of a tri-component copolymer derived from glycolide, L-lactide and ϵ -caprolactone. *J Biomater Sci Polymer Edn* 11: 273–288 (2000)
- FIELD J R, STANLEY R M: Structure characteristics following incubation in synovial fluid or phosphate buffered saline. *Injury* 35: 243–248 (2004)
- FOESMAN P, EDLICH R, RODEHEAVER G: The effect of new monofilament absorbable sutures on the healing of musculoaponeurotic incisions, gastrotomies and colonic anastomoses. *Arch Surg* 124: 708–710 (1989)
- GELLERT K: Techniken zum Wundverschluss. 1. Aufl., Thieme, Stuttgart (2002)
- GREVE, SCHUMANN U, GALLEGRO R, DITTRICH H: Intra-cutane Hautnaht mit einem resorbierbaren monofilen Kunststofffaden. *Langenbecks Arch Chir* 368: 57–63 (1986)
- HOFMANN G O, KELLER A, WAGNER F D, FEIST H, BÜHREN V: Verhalten biodegradierbarer Polymerimplantate bei postoperativer Nachbestrahlung. *Unfallchirurg* 265: 89–95 (1998)
- JEONG S I, KIM B, LEE Y M, IHN K J, KIM S H, KIM Y H: Morphology of elastic poly(L-lactide-co- ϵ -caprolactone) copolymers and in vitro and in vivo degradation behavior of their scaffolds. *Biomacromolecules* 5: 1303–1309 (2004)
- KARGER S: Komplett versorgt. Gut genäht. Sicher verheilt. *Chir Gastroenterol* 16: 182 (2000)
- KRICHELDORF H R: Synthesis and application of polylactides. *Chemosphere* 43: 49–54 (2001)
- MACKENZIE D: The history of sutures. *Med Hist* 17: 158–168 (1973)
- MOLEA G, SCHONAUER F, BIFULCO G, D'ANGELO D: Comparative study on biocompatibility and absorption times of three absorbable monofilament suture materials. *Br J Plast Surg* 53: 137–141 (2000)
- MYERS J L, WALDHAUSEN J A, PIERCE W S: Vascular anastomose in growing vessels: comparison of absorbable polydioxanone and nonabsorbable polypropylene monofilament suture materials. *Surgical Forum* 31: 339–341 (1981)
- ORR J W, KELLY F J, ROLAND P Y, BLITZER P B: Poly(L-lactide/glycolide) suture: the effect of acute radiation. *Gynecol Oncol* 92: 57–58 (2004)
- OUTLAW K K, VELA R, O'LEARY J P: Breaking strength and diameter of absorbable sutures after in vivo exposure in the rat. *Am Surg* 64: 348–354 (1998)
- PEGO A P, POOT A A, GRIJPMMA D W, FEIJEN J: Copolymers of trimethylene carbonate and ϵ -caprolactone for porous nerve guides: synthesis and properties. *J Biomater Sci Polym Ed* 12: 35–53 (2001)
- PEGO A P, POOT A A, GRIJPMMA D W, FEIJEN J: In vitro degradation of trimethylene carbonate based (co)polymers. *Macromol Biosci* 2: 411–419 (2002)
- PEGO A P, LUYN M J A, BROUWER L A, VAN WACHEM P B, POOT A A, GRIJPMMA D W, FEIJEN J: In vivo behavior of poly(1,3-trimethylene carbonate) and copolymers of 1,3-trimethylene carbonate with D,L-lactide or ϵ -caprolactone: degradation and tissue response. *J Biomed Mater Res A* 67: 1044–1054 (2003)
- PING OOI C, CAMERON R E: The hydrolytic degradation of polydioxanone (PDSII) sutures, Part II: Micromechanisms of deformation. *J Biomed Mater Res* 63: 291–298 (2002)
- RAY A J, DODDI N, REGULA D, WILLIAMS J A, MELYEGER A: Polydioxanone (PDS), A novel monofilament synthetic absorbable suture. *Surg Gynecol Obstet* 153: 497–507 (1981)
- REICHMANIS E, FRANK C W, O'DONNELL J H, HILL D J T: Irradiation of polymeric materials. Process, Mechanisms and Applications. ACS Symposium Series 527, Oxford University Press, New York (1993)
- THIEDE A, STÜWE W, LÜNSTEDT B: Vergleich von physikalischen Parametern und Handhabungseigenschaften kurzfristig und mittelfristig absorbierbarer Nahtmaterialien. *Chirurg* 56: 803–808 (1985)
- TOMIHATA K, SUZUKI M, OKA T, IKADA Y: A new resorbable monofilament suture. *Polym Deg Stab* 59: 13–18 (1998)
- TOMIHATA K, SUZUKI M, IKADA Y: The pH dependence of monofilament sutures on hydrolytic degradation. *J Biomed Mater Res* 58: 511–518 (2001)
- TSCHELISSNIGG K H, STADLER H, HÖFLER H, HELLBOM B, KRAFT-KINZ J: Resorbierbares Nahtmaterial im Rahmen der Herz- und Gefäßchirurgie. *Chirurg* 54: 738–741 (1983)
- WINKLER A A, MILBURN M L, HOLTON L H 3rd, GOLDBERG N H, SILVERMAN R P: Effect of suture material on tensile strength and complication rate in abdominal fascial defects repaired with acellular dermal matrix. *Hernia* 12: 33–38 (2008)
- ZEPLIN P H, SCHMIDT K, LASKE M, ZIEGLER U E: Comparison of various methods and materials for treatment of skin laceration by a 3-dimensional measuring technique in a pig experiment. *Ann Plast Surg* 58: 566–572 (2007)
- ZHANG L, CHU C C, LOH H: Effect of a combined gamma irradiation and parylene plasma treatment on the hydrolytic degradation of synthetic biodegradable sutures. *J Biomed Mater Res* 27: 1425–1441 (1993)