



Einfluss verschiedener physiotherapeutischer Regime auf das Ergebnis nach Knieverletzungen und Gonarthrose

Stuermer EK^{1,2*}, Kortmann H², und Barth S³

¹Abteilung für Gefäßmedizin, Universitätsherzzentrum, Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf (UKE), Hamburg, Deutschland ²Institut für Translationale Wundforschung, Zentrum für biomedizinische Bildung und Forschung (ZBAF), Universität Witten/Herdecke, Witten, Deutschland

³Physiomed Rehabilitationszentrum, Hagen, Deutschland

Abstrakt

Hintergrund: Schmerzen im Kniegelenk nach Verletzung oder bei degenerativen Veränderungen sind eine der häufigsten Ursachen für chronische Schmerzen in Industriestaaten. Dies führt nicht nur zu einer erheblichen Verringerung der Lebensqualität und zu Behinderungen, sondern auch zu der Notwendigkeit medizinischer Eingriffe mit erheblichen Behandlungskosten. Die 12-monatige Prävalenz von Arbeitsunfähigkeit beträgt 5-22%. Für diese Patienten ist eine wirksame physiotherapeutische und physikalische Behandlung zur Genesung sehr wichtig.

PatientInnen und Behandlung: Ein neuer therapeutischer Ansatz ist Sanotaping®, bei dem standardisierte Physiotherapie mit Tapes kombiniert wird, die mit metallisierten Polymeren (Gold und Silber) beschichtet sind. In der prospektiven, randomisierten Studie wurden 110 Patienten nach folgendem Behandlungsschemata gruppiert: A – nur Physiotherapie; B – Physiotherapie + Taping; C – Physiotherapie + Sanotaping®. Die 60-minütige Physiotherapie umfasste standardisierte Physiotherapie, kalte Thermotherapie, Elektrotherapie, Patellamobilisierung und isometrische/isotonische Dehnung. Alle Patienten wurden hinsichtlich subjektiver Wirksamkeitsparameter befragt.

Ergebnisse: 107 von 110 Patienten wurden in die Studie aufgenommen. 75 beantworteten zusätzlich den Fragebogen. Nach 12 Einheiten zeigte die Kombination von Physiotherapie + Sanotaping® (Gruppe C) eine signifikante Verbesserung der Extension und Flexion im Vergleich zu den Gruppen mit nur Physiotherapie oder mit Standard Tape. Zusätzlich zeigten die Patienten der Gruppe C die größte Reduktion der Schwellung.

Schlussfolgerung: Diese prospektive, randomisierte Studie zeigte, dass die frühzeitige Anwendung der Physiotherapie von größter Bedeutung ist, da die gesamte Physiologie wiederhergestellt und die Lebensqualität verbessert wird. Hervorzuheben sind die hervorragenden Behandlungsergebnisse der kombinierten Therapie von Sanotaping® und Physiotherapie sowie der Rehabilitationsbehandlung. Diese Nachhaltigkeit sollte eine Grundlage für die Durchführung einer kombinierten Behandlung mit funktionell applizierten, metallisierten Polymeren (Sanotaping®) in der konservativen, sowie in der prä- bzw. postoperativen Physiotherapie und Rehabilitation sein.

Schlüsselwörter: Knieverletzung; Gonarthrose; Physiotherapeutische Komplextherapie; Taping; Knieschmerzen; Sanotape

Abkürzungen

ANOVA: Analysis of Variance; BAR: German Federal Working Group for Rehabilitation; CE: Communautés Européenes (European Union); C: Celsius; cm Zentimeter; Abb. Abbildung; HZ: Hertz; kg: Kilogramm; Min: Minuten; NRS: Numerical Rating Scale; QoL: Quality of life; Ref: Reference; ROM: Range of Motion; STD: Standard Deviation; Tab.: Tabelle; TENS: Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation; TU: Therapy Units; VAS: Visual Pain Scale; vs: Versus; %: Prozent

Eingereicht: 25 Februar 2020 | **Anerkannt:** 02 April, 2020 | **Veröffentlicht:** 20 April, 2020

***Korrespondierende Autorin:** Prof. Dr. Ewa Stürmer, MD, PhD, Abteilung für Gefäßmedizin/Universitätsherzzentrum, Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf, Martinistraße 52 - Gebäude Ost 50, 20246 Hamburg – Germany, E-mail: e.stuermer@uke.de

Copyright: © 2020 Stuermer EK, et al. Dies ist ein Open-Access-Artikel, der unter den Bedingungen der Creative Commons Attribution License verbreitet wird und die uneingeschränkte Verwendung, Verbreitung und Reproduktion auf jedem Medium ermöglicht, sofern der ursprüngliche Autor und die Quelle angegeben sind.

Zitat: Stuermer EK, Kortmann H, Barth S (2020) Einfluss verschiedener physiotherapeutischer Regime auf das Ergebnis nach Knieverletzungen und Gonarthrose. SM Phys Med Rehabil 3: 8.

Hintergrund

In Industriestaaten leidet eine sehr hohe Anzahl von Menschen an chronischen Knieschmerzen – entweder aufgrund einer degenerativen Erkrankung (z.B. Gonarthrit) oder aufgrund

der Auswirkungen von Verletzungen (Kreuzbandrisse, Frakturen, usw.) [1]. Dies führt zu rezidivierenden medizinischen Eingriffen, die erhebliche Behandlungskosten und sogar Arbeitsunfähigkeit verursachen. Sie sind auch für eine signifikante Verringerung der Lebensqualität verantwortlich (QoL) [2]. Laut einer Studie aus dem Jahr 2014 liegt die 12-Monats-Prävalenz der Arbeitsunfähigkeit aufgrund chronischer Knieschmerzen bei 5-22% [3].

Chronische Knieschmerzen sind multifaktoriell und in ihrer Entstehung komplex. Somit gehen sowohl die grundlegende Funktionsstörung als auch die morphologische Störung des Bewegungsapparates Hand in Hand mit psychologischen und sozialen Faktoren bei der Entwicklung chronischer Schmerzsyndrome. [2]. Für Patienten mit chronischen Knieschmerzen und Verletzungen des Kniegelenks ist eine wirksame physiotherapeutische und physikalische Behandlung sehr wichtig, um Teilnahme am gesellschaftlichen Leben zu ermöglichen und ihre Arbeitsfähigkeit wiederherzustellen. Daher zielen die physiotherapeutischen Interventionen bei Schmerzsyndromen des Kniegelenks hauptsächlich darauf ab, die Schmerzen zu lindern, die Durchblutung zu fördern, die Beweglichkeit zu erhalten und zu verbessern und die Muskeln zu stärken [4]. Insbesondere Massagen mit Dehnung und Reibung sowie Lockerungsgriffen werden zur Schmerzlinderung eingesetzt. Eine manuelle Quer- und Längsdehnung der ischiocruralen Muskeln zielt in erster Linie darauf ab, die Bewegung zu erweitern und den Trophismus zu verbessern. Mobilisierung der Patella hilft auch, die Gelenkbewegung wiederherzustellen und die Mobilität aufrechtzuerhalten oder zu verbessern. Isometrische Kraftübungen zielen darauf ab die Muskeln zusätzlich zu stärken [4].

In der Physiotherapie wird bei Kniegelenkerkrankungen Kryotherapie eingesetzt, um die Schmerzen und Ödeme zu lindern. Sogar die transkutane elektrische Nervenstimulation (TENS) führte zu einer Stimulation der Vibrationsrezeptoren, um auch die Schmerzen zu lindern [4]. Die verschiedenen physiotherapeutischen Methoden können auch mit anderen Faktoren kombiniert werden, die den Heilungsprozess unterstützen. Dazu gehört beispielsweise das Taping, bei dem Sehnen und Bänder durch Ziehen gezielt entlastet oder sogar aktiviert werden. Dies kann wiederum mit anderen Behandlungen kombiniert werden. Dazu gehört Sanotape®, eine spezielle silber- und goldbeschichtete Folie, die als Medizinprodukt CE-zertifiziert ist [5,6]. Für Sanotaping®, wird nicht nur eine hämatom- und ödemreduzierende Wirkung postuliert, sondern auch eine signifikante Verringerung der Hyperthermie (Kalor) und des Erythems (Rubor) und damit eine sofortige Verringerung der Schmerzen (Dolor) (Sanotape | Ärzte und Therapeuten), obwohl ein Placebo-Effekt nicht ausgeschlossen werden kann.

PatientInnen und Behandlung

Studiendesign

Von Mai 2015 bis Juni 2018 wurde eine prospektive randomisierte monozentrische Studie durchgeführt, um die Behandlungsergebnisse von drei verschiedenen

physiotherapeutischen Behandlungsansätzen bei Patienten mit Kniegelenkverletzungen oder degenerativen Störungen zu vergleichen. Die Studie umfasste Patienten, die sich mit Kniegelenksbeschwerden für eine medizinisch verordnete physiotherapeutische Behandlung vorstellten. Die Studie wurde von der Ethikkommission der Universität Witten/Herdecke genehmigt (Ref.: 148/2018). Die Einschluss- und Ausschlusskriterien wurden bewusst breit gefasst, um ein möglichst realitätsnahes Ergebnis der Studie zu erhalten. Die einzigen Einschlusskriterien waren das Einwilligungsalter und eine Verletzung oder degenerative Störung des Kniegelenks ohne weitere Verletzung des betroffenen Beins. Ausschlusskriterien waren die Unfähigkeit, eine Einwilligung zu erteilen (z.B. Alter < 18 Jahre oder Demenz), mangelnde Einwilligung in die Studie oder Widerruf der Einwilligung, Lähmung oder neurologische Störungen der unteren Extremitäten, bösartige Erkrankungen und Schwangerschaft.

Nach detaillierten Informationen vor dem Eingriff konnten 120 Patienten in die Studie aufgenommen werden (Einverständniserklärung). Sie wurden dann prospektiv randomisiert und in drei gleich große Gruppen eingeteilt. Nach der Pseudonymisierung erhielt jeder Patient im Verlauf der Studie 12 Therapieeinheiten. Nach 6 und 12 Therapieeinheiten wurden eine Zwischenuntersuchung bzw. eine Abschlussuntersuchung durchgeführt.

Zu den wichtigsten Zielen, die in der Studie ermittelt werden sollten, gehörten die Änderung des Umfangs des Kniegelenks, das Ausmaß der Bewegung nach der Neutral-Null-Methode sowie die Schmerzdaten des Patienten auf einer visuellen Schmerzskala von 1 bis 10 (VAS). Zusätzlich wurden Geschlecht, führende und weitere Diagnosen, Größe, Gewicht, Alter, Komorbiditäten und Beruf der Patienten als sekundäre Zielvariablen erfasst und zusätzlich synergistische Störungen dokumentiert (aufsteigende Kette). **Patienten mit postoperativer Narbenheilung wurden während und nach den Behandlungen fotografisch dokumentiert.**

Physiotherapeutische Ansätze

Der physiotherapeutische Therapieansatz umfasste eine standardisierte Bewegungstherapie, eine 15-minütige Kryotherapie (12- 15°C) sowie eine Elektrotherapie (TENS). Die Physiotherapie konzentrierte sich auf Gangtraining, Patellamobilisation, Dehnung der Ischiocrural-, Gastrocnemius- und Beinstreckmuskulatur je nach individuellem Fortschritt sowie auf isometrische Kraftübungen und konzentrische, exzentrische und isokinetische Koordinationspraktiken im Stehen. Die Behandlung dauerte für die Patienten aller Gruppen 60 Minuten.

In den drei Gruppen war das therapeutische Programm wie folgt:

Gruppe A - Die erste Gruppe von Patienten mit Kniegelenksbeschwerden wurde im Rahmen des oben genannten Behandlungsansatzes nur mit Physiotherapie gemäß den Richtlinien behandelt.

Gruppe B - Die zweite Gruppe von Patienten mit Kniegelenksbeschwerden erhielt zusätzlich zu der oben genannten Physiotherapie ein Knie Taping. Das Tape wurde nach einem standardisierten Muster aufgebracht.

Gruppe C – Die dritte Gruppe von Patienten mit Kniegelenkbeschwerden erhielt zusätzlich zur Physiotherapie ein Taping mit Sanotape®. Die Anwendung von Sanotape® erfolgte nach einem standardisierten Muster.

Anleitung für Privatübungen – das „3x8 Sekunden Trainingsprogramm“

Für jeden Patienten wurde ein spezielles und individuelles Übungsprogramm für den Heimgebrauch entwickelt, das der Patient selbstständig durchführen sollte, um die Behandlungsergebnisse zu unterstützen. Diese Übungen sollten zweimal täglich isometrisch, exzentrisch und konzentrisch gemäß den Isokinetischen Richtlinien durchgeführt werden, um geschwächte Muskeln, verhärtete und nicht dehnbare Muskeln, Sehnen und Faszien zu lockern und so Kraft und Position wiederherzustellen. Zusätzlich wurden Koordinationstechniken aufgenommen. Dieses spezielle Übungsprogramm wurde in der Rehabilitation und Physiotherapie nach BAR in Zusammenarbeit mit Sportwissenschaftlern und Physiotherapeuten entwickelt. Über 30 Jahre gesammelte Patientendaten belegen, dass diese spezifischen Trainingsprogramme Schmerzrückfälle minimieren. – Den Patienten wurde dringend empfohlen, die Heimübungen durchzuführen, um das Ergebnis der Behandlung zu verbessern. Dies wurde jedoch nicht überprüft – auch aus logistischen Gründen.

Folgebesuche

Eine erweiterte körperliche Untersuchung der Patienten wurde nach 6 bzw. 12 Therapieeinheiten durchgeführt. Dies beinhaltete die klinische Untersuchung des Patienten mit Dokumentation des Bewegungsausmaßes nach der Neutral-Null-Methode [7, 8] sowie die Messung des Umfangs beider Beine im Seitenvergleich und die Dokumentation des subjektiven Wohlbefindens des Patienten. Die Informationen zum subjektiven Wohlbefinden der Patienten wurden mündlich mittels einer Schmerzbeurteilung anhand der numerischen Bewertungsskala (NRS) bereitgestellt. Die Ergebnisse wurden für jeden Patienten einzeln in einem speziell für die Studie entwickelten Fragebogen dokumentiert.

Darauffolgende Begutachtung

Sechs Monate nach Abschluss der Studie wurde die Zufriedenheit der Studienteilnehmer anhand von Fragebögen mit Bewertungsskalen bewertet. Jeder Patient erhielt einen Fragebogen mit 13 Fragen per Post. Die Fragen betrafen Schmerzen, Kniegelenkbewegungen und Lebensqualität nach Abschluss der Behandlung. Darüber hinaus wurde der ausgefüllte Fragebogen verwendet, um die subjektive Zufriedenheit mit den Behandlungsergebnissen auf einer Skala von 1 bis 10 zu bewerten. Schließlich war es möglich, Kritik oder Wertschätzung für die Therapie in einem anonymen Text auszudrücken.

Statistik

Das Bewegungsausmaß wurde in Grad, der Umfang in cm und die Bewertung des Patienten anhand einer Bewertungsskala

bestimmt. Für alle Parameter wurden Mittelwerte und Standardabweichungen berechnet. Die statistische Analyse wurde mit dem PRISM-Programm Graph-Pad (GraphPad Software, Inc. La Jolla, Vereinigte Staaten von Amerika) unter Verwendung einer Einweg-ANOVA und des Post-Hoc-Tests von Tukey durchgeführt.

Ergebnisse

Patientendaten

Von den 120 eingeschlossenen Patienten konnten 107 (89,2%) vollständig ausgewertet werden. Bei 59 Patienten (55,1%) war das rechte Knie betroffen, bei 48 Patienten (44,9%) das linke Knie. Das Durchschnittsalter betrug 58,7±16,8 Jahre. Die Patienten hatten ein Durchschnittsgewicht von 84,7±19,8 kg bei einer durchschnittlichen Körpergröße von 176,4±10,4 cm. Der durchschnittliche berechnete BMI in Gruppe A der Studie betrug 27,6±5,9, der der Gruppe B 27,2±4,2 und der der Gruppe C 26,9±4,5. Es gab keine signifikanten Unterschiede zwischen den drei Behandlungsgruppen A-C.

Von den 33 (30,8 %) weiblichen und 74 (69,2 %) männlichen Studienpatienten waren 26 Patienten (24,3 %) bereits im Ruhestand, 7 (6,5 %) waren Schüler oder Studenten und 25 (23,4 %) hatten einen kaufmännischen Beruf und waren bei der Arbeit keinen körperlichen Belastungen ausgesetzt. Weitere acht Patienten (7,5 %) waren Akademiker, 17 (15,9 %) hatten einen Handwerksberuf, drei (2,8%) waren in einem Gesundheitsberuf tätig und fünf (4,7 %) waren Profisportler. 16 Patienten (14,9 %) gaben keine Informationen an.

31 der 107 (28,9 %) Teilnehmer wurden wegen Gonarthrose behandelt, während 47 Patienten (43,9 %) an Chondropathia patellae litten. Das Patellarspitzensyndrom war der Grund für diese Behandlung bei 14 Patienten (13,1 %). In 15 Fällen (14,0%) wurden Verletzungen der Bänder, Sehnen und Menisken behandelt.

Behandlungsregime-abhängige Beurteilung

Beurteilung der Schmerzen: Bei der Erstuntersuchung vor Beginn der Physiotherapie berichteten Patienten in Gruppe A über einen durchschnittlichen Schmerz von 5,45±1,56 auf der visuellen Schmerzskala, während Patienten in Gruppe B einen Durchschnitt von 6,21±1,80 und Patienten in Gruppe C von 7,16±1,72 bewerteten (Abbildung 1a). Nach 6 Therapieeinheiten bewerteten Teilnehmer der Gruppe A mit nur Physiotherapie den Schmerz auf der Schmerzskala mit durchschnittlich 4,58±1,74. In Gruppe B mit zusätzlichem standardisiertem Taping betrug der Schmerz zu diesem Zeitpunkt durchschnittlich 5,33±1,66 und in Gruppe C mit Physiotherapie und standardisiertem Sanotaping® nur 2,74±1,73. Nach 12 Therapieeinheiten wurde der Schmerz in Gruppe A mit 4,10±1,51 Punkten bewertet und in Gruppe B auf 4,56±1,54 reduziert (Abb. 1a). In Gruppe C betrug der Durchschnittswert 1,04±1,33.

Nach 12 Therapieeinheiten war der Schmerz in Gruppe A um durchschnittlich 1,34±1,06 Punkte und in Gruppe B um 1,72±0,822 Punkte auf der Schmerzskala gesunken. In Gruppe C waren diese Werte signifikant um 6,12±1,60 Schmerzwerte gesunken.



Beurteilung der Beintumeszenz: Die Bestimmung der Beinumfang im lateralen Vergleich anhand der Daten in der Mitte der Patella, 20 cm darüber und 10 cm darunter, ergab keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen in der Zwischenuntersuchung nach 6 TU, und auch nicht nach 12 TU. Für die Oberschenkelmessung gab es eine Änderung des Umfangs in Gruppe A von $-0,22 \pm 1,32\text{cm}$ ($0,04 \pm 1,45\%$) von $48,57 \pm 9,28\text{cm}$ auf $48,35 \pm 8,93\text{cm}$, in Gruppe B um $+0,08 \pm 0,65\text{cm}$ von $51,32 \pm 6,24\text{cm}$ bis $52,24 \pm 6,28\text{cm}$, was einer Zunahme von $0,42 \pm 1,09\%$ entspricht, und in Gruppe C eine Zunahme von $0,12 \pm 0,43\text{cm}$ ($0,23 \pm 1,88\%$) von $50,62 \pm 7,58\text{cm}$ auf $50,74 \pm 5,07\text{cm}$.

Für die Beurteilung des Unterschenkelumfangs wurde eine vernachlässigbare Änderung des Umfangs vom Beginn der Therapie bis zur Abschlussuntersuchung in Gruppe A von durchschnittlich $-0,06 \pm 0,50\text{cm}$ ($0,16 \pm 1,25\%$) von $42,48 \pm 9,47\text{cm}$ auf $42,42 \pm 9,53\text{cm}$ und in Gruppe B von $0,21 \pm 0,60\text{cm}$ ($0,10 \pm 1,52\%$) von $39,62 \pm 7,55\text{cm}$ bis $39,50 \pm 7,48\text{cm}$ festgestellt. Auch in Gruppe C betrug die Umfangsreduzierung von $0,82 \pm 0,93\text{cm}$ ($0,90 \pm 2,01\%$) von $42,51 \pm 9,24\text{cm}$ auf $41,11 \pm 6,98\text{cm}$ sehr wenig.

Im Gegensatz dazu war die prozentuale Abnahme der periartikulären Schwellung am Patellazentrum für alle Gruppen signifikant. (Abb. 1b): In Gruppe A betrug der durchschnittliche Umfang zu Beginn $40,72 \pm 4,37\text{cm}$ und verringerte sich auf $40,35 \pm 4,49\text{cm}$, d.h. um $1,10 \pm 1,41\%$ ($0,59 \pm 0,47\text{cm}$), während in Gruppe B der Umfang von $41,74 \pm 3,30\text{cm}$ auf $41,45 \pm 3,30\text{cm}$ abnahm, d.h. um $1,46 \pm 0,97\%$ ($0,62 \pm 0,43\text{cm}$). Für die Gruppe C wurde die Knieschwellung von $40,21 \pm 3,56\text{cm}$ auf $39,77 \pm 3,54\text{cm}$ verringert, d.h. um $3,37 \pm 1,44\%$ oder $1,49 \pm 0,75\text{cm}$.

Beurteilung der Kniegelenkbeweglichkeit: Vor Beginn der Behandlung betrug der durchschnittliche Extensionsmangel in Gruppe A $6,37^\circ \pm 5,93^\circ$, in Gruppe B fehlten durchschnittlich $6,55^\circ \pm 5,93^\circ$ Extension und in Gruppe C durchschnittlich $7,20^\circ \pm 6,35^\circ$, um das Knie in die neutral Position zu bringen. Der durchschnittliche gemessene Extensionsverlust in Gruppe A nach 6 Einheiten betrug $6,13^\circ \pm 5,61^\circ$. In Gruppe B betrug dieser Mangel $6,15^\circ \pm 5,85^\circ$, während in Gruppe C ein Wert von $4,98^\circ \pm 5,34^\circ$ bestimmt werden konnte. Am Ende der Behandlung betrug der mittlere Extensionsmangel $5,81^\circ \pm 5,50^\circ$ in Gruppe A, $6,12^\circ \pm 5,79^\circ$ in Gruppe B und $4,39^\circ \pm 5,31$ in Gruppe C.

Bei Patienten der Gruppe A verringerte sich der Extensionsmangel um $0,89^\circ \pm 2,72^\circ$ und in Gruppe B um $0,38^\circ \pm 1,54^\circ$. In Gruppe C verbesserte sich die Extension des Kniegelenks um durchschnittlich $2,81^\circ \pm 3,30^\circ$, was im Vergleich zu Gruppe A und B signifikant höher war. Insgesamt erzielten Patienten in Gruppe C eine signifikante Verbesserung der Extension des Kniegelenks im Vergleich zu den Gruppen A und B während der 12 TU (Abbildung 2a).

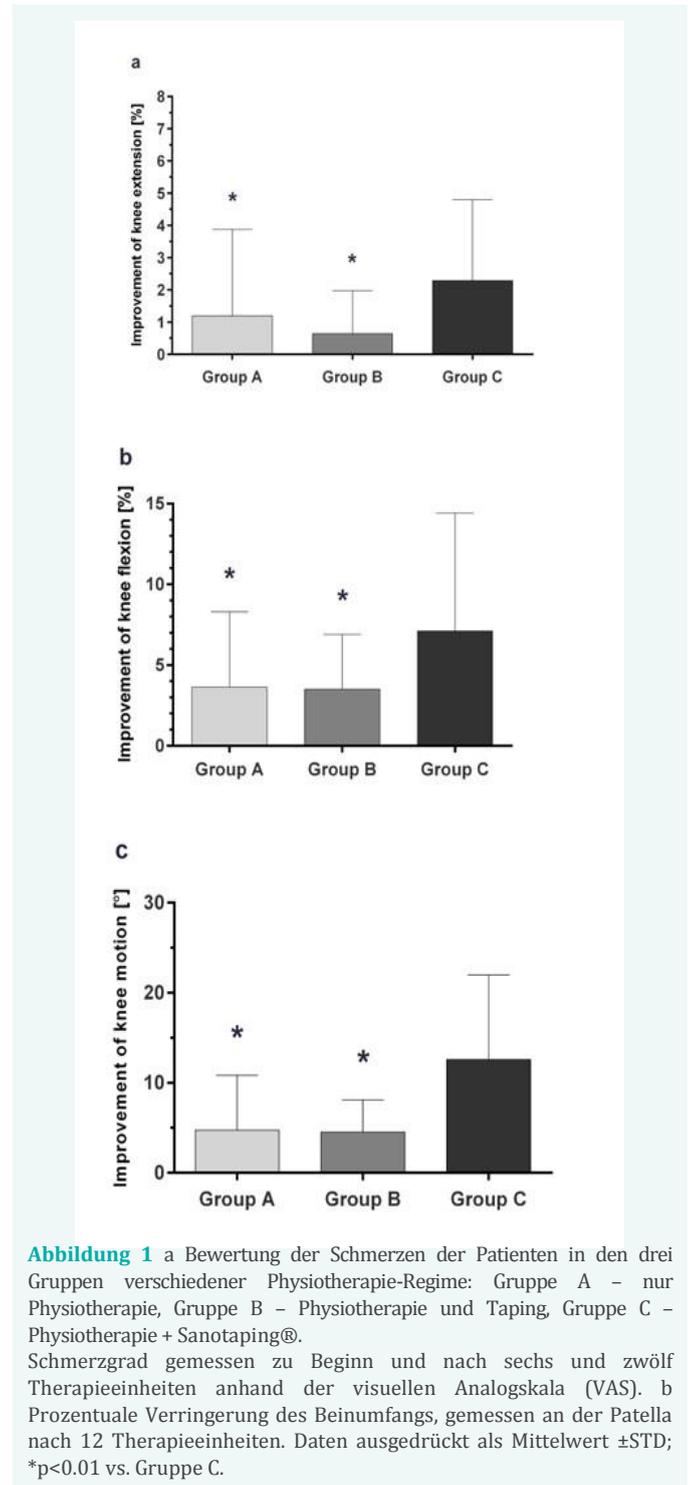


Abbildung 1 a Bewertung der Schmerzen der Patienten in den drei Gruppen verschiedener Physiotherapie-Regime: Gruppe A – nur Physiotherapie, Gruppe B – Physiotherapie und Taping, Gruppe C – Physiotherapie + Sanotaping®. Schmerzgrad gemessen zu Beginn und nach sechs und zwölf Therapieeinheiten anhand der visuellen Analogskala (VAS). b Prozentuale Verringerung des Beinumfangs, gemessen an der Patella nach 12 Therapieeinheiten. Daten ausgedrückt als Mittelwert \pm STD; * $p < 0,01$ vs. Gruppe C.



Bei der ersten Beurteilung hatten Patienten in Gruppe A einen durchschnittlichen Flexionsmangel von $33,69^{\circ} \pm 14,64^{\circ}$. Patienten in Gruppe B hatten einen Mangel von $34,70^{\circ} \pm 16,25^{\circ}$ und in Gruppe C $38,18^{\circ} \pm 13,88^{\circ}$ für eine vollständige Flexion des Kniegelenks. Beim zweiten Besuch hatten die Patienten in Gruppe A einen durchschnittlichen Mangel von $30,62^{\circ} \pm 11,53^{\circ}$, in Gruppe B $31,78^{\circ} \pm 14,27^{\circ}$ und in Gruppe C $31,55^{\circ} \pm 11,62^{\circ}$. Am Ende der Behandlung betrug der Flexionsmangel in Gruppe A $29,90^{\circ} \pm 12,38^{\circ}$. Gruppe B hatte einen durchschnittlichen Flexionsmangel von $31,61^{\circ} \pm 12,38^{\circ}$, Gruppe C einen von $31,73^{\circ} \pm 22,0^{\circ}$. Nach 12 Einheiten war der Flexionsmangel in Gruppe C $10,02^{\circ} \pm 11,73^{\circ}$ signifikant stärker gesunken als in Gruppe A und B, mit einer Verbesserung von nur $3,79^{\circ} \pm 6,37^{\circ}$ bzw. $3,24^{\circ} \pm 3,79^{\circ}$. Zusammenfassend erreichten Patienten in Gruppe C eine signifikante Verbesserung der Flexion des Kniegelenks im Vergleich zu Gruppe A und B (Abbildung 2b).

In Gruppe A hatte sich das Bewegungsausmaß nach Abschluss der 12 Therapieeinheiten nur um durchschnittlich $5,29^{\circ} \pm 6,65^{\circ}$ verbessert. Auch in Gruppe A war die Verbesserung der Kniebewegung mit nur $3,97^{\circ} \pm 4,17^{\circ}$ vergleichsweise gering (Abb. 2c). In Gruppe C verbesserte sich jedoch das Gesamtbewegungsausmaß des Kniegelenks signifikant um $14,37^{\circ} \pm 11,94^{\circ}$.

Subjektive Bewertung des Therapieergebnisses: Von den 120 versendeten Fragebögen konnten 75 ausgefüllte Fragebögen analysiert werden. Von diesen wurden 21 der Gruppe A und 27 jeweils den Gruppen B und C zugeordnet (Tab. 1). In Gruppe A, die nur mit Physiotherapie behandelt wurde, verspürte mehr als die Hälfte aller Patienten (62%) nach Abschluss der Therapie keine Veränderung oder sogar Verschlechterung der Schmerzsymptome, während in Gruppe B Patienten mit zusätzlichem Taping eine Verbesserung der Schmerzsymptome (52%) berichteten. Hier gaben nur 4 Patienten (16%) an, dass sich ihr Knie tendenziell verschlechterte. Die Mehrheit der Patienten in Gruppe C mit Physiotherapie und Sanotaping® bewertete die Regression der Knieschmerzen nach Abschluss der Behandlung als sehr gut (52%) oder gut (48%). Dies spiegelt auch die Klassifizierung des Schmerzes auf der Schmerzskala wider: Alle befragten Patienten bewerteten den verbleibenden Schmerz mit „2“, d.h. als geringes Schmerzerlebnis. Auch in Gruppe B bewertete die Mehrheit (61%) den Schmerz auf der Schmerzskala zwischen 1 und 3; 12% berichteten jedoch über Schmerzen im oberen Drittel der Schmerzskala (6-9) trotz Taping. In Gruppe A berichteten etwas 70% aller Patienten über Schmerzen auf der Schmerzskala im unteren Drittel und 23% im mittleren Drittel.

In Bezug auf das Bewegungsausmaß des betroffenen Kniegelenks fällt auf, dass in Gruppe A mehr als 60% der zurückmeldenden Patienten angaben, keine Veränderung des Bewegungsausmaßes zu spüren oder noch vergleichsweise schlecht beweglich zu sein. In Gruppe B beschreiben 35% eine sehr gute bis gute Mobilität. Im Gegensatz dazu berichten alle Patienten, die Sanotaping® erhalten haben, von einer Verbesserung der Kniemobilität. In beiden Gruppen A und B wurden 76% der Kniemobilität als unverändert oder leicht vermindert beschrieben. Der Durchschnitt in beiden Gruppen

war unverändert, während in Gruppe C alle Patienten (100%) einen signifikanten Anstieg der Mobilität berichteten.

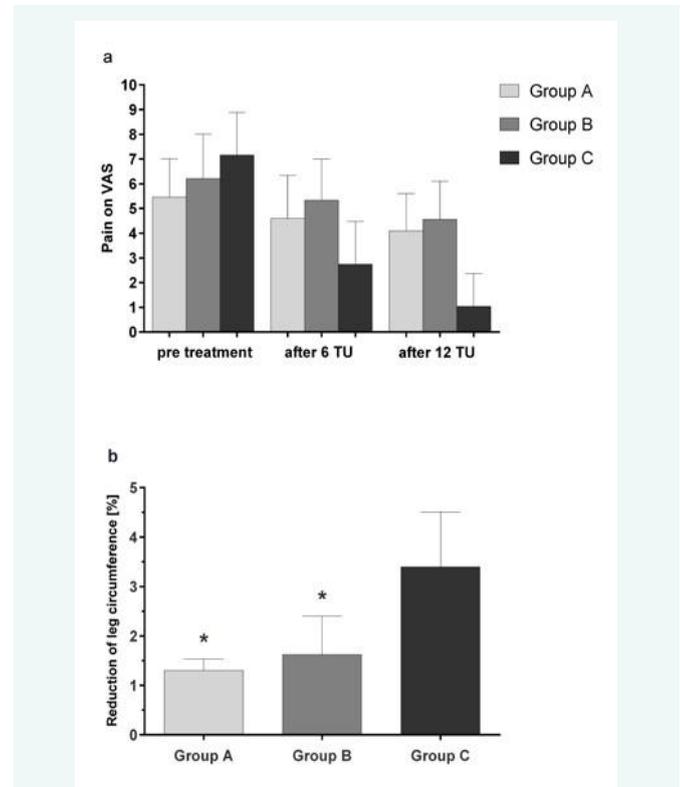


Abbildung 2 Vergleichende Darstellung der Therapieergebnisse der drei Patientengruppen nach 12 Therapieeinheiten mit unterschiedlichen physiotherapeutischen Behandlungsregimen: Gruppe A - nur Physiotherapie, Gruppe B - Physiotherapie + Taping, Gruppe C - Physiotherapie + Sanotaping® a Reduzierung des Extensionsmangels des Kniegelenks. b Verbesserung des Flexionsmangels. c Zunahme des gesamten Bewegungsausmaßes. Daten ausgedrückt als Mittelwert \pm STD; * $p < 0.01$ gegen Gruppe C.

96% der Patienten, die Sanotaping® in Kombination mit Physiotherapie (Gruppe C) erhielten, berichteten von einer Verbesserung der Lebensqualität (QoL) (Tabelle 1). Auch in den Gruppen A und B zeigten etwa 50% der Studienteilnehmer eine Verbesserung der Lebensqualität (QoL). Bei etwa 10% der Studienteilnehmer der Gruppen A und B war die Lebensqualität jedoch nach Abschluss der Behandlung gesunken. Die Mehrheit der Patienten, die nur Physiotherapie erhielten, sowie diejenigen, die zusätzlich mit Taping behandelt wurden, waren mit dem Behandlungsverlauf zufrieden (Tabelle 1) und betrachteten die Therapie als (sehr) wirksam. In Gruppe A hatten jedoch weitere 38% eine gleichgültige Meinung, in Gruppe B lag die Quote bei 12%. Interessanterweise bewerteten 97% der Patienten in Gruppe C die Therapie als wirksam, keiner von ihnen hielt sie für unwirksam.



Diskussion

Verletzungen, degenerative Störungen und damit Schmerzen im Kniegelenk gehören heute zu den häufigsten Ursachen für Behinderung und QoL-Reduktion [9, 10]. Da junge Menschen häufig von diesen Krankheiten betroffen sind, handelt es sich um ein sozioökonomisch relevantes Thema [9, 11]. Während die wichtigsten Entwicklungsschritte in der (Bildgebungs-) Diagnostik [12, 13] und der operative Therapie bereits in Leitlinien [14] und in der täglichen klinischen Praxis enthalten sind, mangelt es immer noch an einer Umsetzung der Ergebnisse der modernen Rehabilitation und Physiotherapie [15]. : Die Physiotherapie, die sowohl in der Dauer (normalerweise 12 Einheiten) als auch in der Zeit (<25 Minuten) begrenzt ist, wird nahezu standardisiert verschrieben und konzentriert sich hauptsächlich auf die aktuellen (Knie-) Symptome. Es bleibt weder Zeit für eine primäre, orientierte Untersuchung des Axialskeletts, noch können Körperregionen angesprochen werden, die die Wiederherstellung der aktuellen Symptomatik unterstützen würden. Es ist eindeutig, dass diese Art der physiotherapeutischen Behandlung oft nicht das gewünschte Ergebnis erzielt.

Im Gegensatz dazu zeigt die in der vorliegenden Studie angewandte physiotherapeutische Komplextherapie, wie eine optimale Wiederherstellung von Mobilität, Muskelkraft und damit Gehfähigkeit in relativ kurzer Zeit (12 Einheiten je 60 Minuten) erreicht werden kann. Eine kurze Untersuchung (ca. 15 Minuten) des Bewegungsapparates zu Beginn in Kombination mit einem gleichzeitigen Patienteninterview (Anamnese) ermöglicht die Identifizierung eines individuellen Therapieansatzes: Verschiedene Kombinationen von Physiotherapie mit Elektrizität [16, 17] und Kryotherapie [18, 19], manuelle Therapie mit Dehnung der Ischiocruralen Muskulatur, Gehübungen und isometrischem, exzentrischem, konzentrischem oder isokinetischem Koordinationsstraining mit Stand-up-Übungen sind nicht nur für den Patienten wirksam, sondern erfordern auch kein übermäßiges Personal für die praktische Umsetzung.

Voraussetzung für die Teilnahme der Patienten an der Studie war nicht nur ihre Eignung und Zustimmung zur Teilnahme, sondern auch ihre Bereitschaft zur aktiven Teilnahme an der Therapie. Von Anfang an wurde ein Bewusstsein für ihre klinischen Symptome und das Bewusstsein geschaffen, dass nur so eine physiotherapeutische Behandlung Nutzen bringen kann [20, 21]. Den Patienten wurde auch geraten, an den Tagen zwischen den Therapieeinheiten einige Übungen für ihr Krankheitsbild durchzuführen, um den Heilungsprozess zu unterstützen. Dies konnte nicht überwacht werden; jedoch legen die Ergebnisse der Studie nahe, dass die Mehrheit der Patienten diesen Rat befolgte. Dementsprechend kann postuliert werden, dass dieser individuelle Therapieplan zu einer guten Einhaltung der Patienten führt, was sich sehr positiv auf das Behandlungsergebnis und damit auf die Lebensqualität (QoL) (Motivation und Genesungsbereitschaft) auswirkt.

In der physiotherapeutischen Komplextherapie wurden

verschiedene physikalische Anwendungen eingesetzt. Die gesamte Therapie konzentrierte sich hauptsächlich auf die Abnahme von Schwellungen und Schmerzsymptomen. Die **Wiederherstellung der vollständigen Extension (0°-Position) im Kniegelenk war hier das Hauptziel, da dies den größten Einfluss auf die Wiederherstellung der Physiologie des Kniegelenks hat**. Der optimale Zeitpunkt für den Beginn der Dehnübungen hängt vom Grad der Verletzung ab [17]. **Die Mobilisierung des verletzten Gewebes hilft, unerwünschte Narben, d.h. die Narbe, die die Bewegung behindert, zu reduzieren und die Rekapillarisation des Gewebes zu fördern** [22]. Dehnübungen verhindern somit Muskelkontrakturen [23], verhindern Muskelverkürzungen [24] und erhöhen das Bewegungsausmaß oder "Range of Motion" (ROM) [22,25].

Die transkutane elektrische Nervenstimulation (TENS) adressiert afferente Nervenbahnen des schmerzhaften Gewebes mittels monometrischer oder asymmetrisch kompensierter (biphasische) Rechteckpulse [26], was bei der Mehrzahl der Patienten zu einer Schmerzreduktion führt, $\geq 70\%$ bei akuten und $\geq 60\%$ für chronische Schmerzen. Das TENS-Prinzip basiert auf der 1965 erstmals von Melzack und Wall definierten Gate-Control-Theorie [16], was besagt, dass es eine Hemmung der Schmerzfasern im Rückenmark gibt, wenn die A β -Fasern mit einer Stromfrequenz von 80-100 Hz [27] stimuliert werden. Alternativ können die A δ -Fasern, welche durch niederfrequente Impulse (2-5 Hz) stimuliert werden und zu einer Schmerzreduktion führen, durch Freisetzung von Enkephalin, einem Neuropeptid mit Opioidwirkung im Rückenmark, stimuliert werden [17].

Die Kryotherapie wirkt durch Vasokonstriktion ödemreduzierend und trägt zu einer Verlangsamung der biochemischen Prozesse bei, indem sie eine verminderte Durchblutung induziert, die insgesamt eine entzündungshemmende Wirkung hat. Darüber hinaus fördert eine durch Kryotherapie verursachte Abnahme des Muskeltonus die Schmerzlinderung [18, 19]. Die Kombination mit Taping sollte Unterstützung bieten. Es hat drei verschiedenen Funktionen: Bei korrekter Anwendung kommt es zu einer Kompression des geschädigten Gewebes und damit zu einer Verringerung der Schwellung. Es erfüllt eine unterstützende Funktion (Augmentation) des Kapsel-Band-Apparats des Gelenks, wobei der Grad der Bewegungseinschränkung vom verwendeten Material abhängt [28, 29]. Drittens führt dies zu einer verbesserten Wahrnehmung (Propriozeption) der ausgeführten Bewegungen. Interessanterweise schienen Patienten in Gruppe B in der vorliegenden Studie nicht von zusätzlichem Taping zu profitieren. Eine Erklärung könnte die Steifheit des verwendeten Tapes sein, das am Knie befestigt war und möglicherweise den physiologischen Bewegungsablauf eher behinderte. Es kann postuliert werden, dass ein glatteres Tape zu unterschiedlichen Ergebnissen geführt hätte.

Sanotape® ist ein CE-zertifiziertes Medizinprodukt, das aus zwei Komponenten besteht, einem sehr dünnen metallisierten, reflektierenden Polymer und Tape als Träger. Nach Angaben des Herstellers sollte die reflektierende Wirkung der Metallbeschichtung bei okklusiver Anwendung über der schmerzenden Stelle zu einer Kondensatorwirkung bei



Tabelle 1 Auswertung der Follow-up Fragebögen sechs Monate nach Abschluss der verschiedenen Behandlungsregime nach Knieverletzung oder degenerativer Erkrankung. Gruppe A nur mit Physiotherapie (21 Fragebögen), Gruppe B mit Physiotherapie und Taping (26 Fragebögen) und Gruppe C mit Physiotherapie und Sanotaping®.

	SEHR GUT	GUT	GLEICH- BLEIBEND	WEN IGER	KEINE	KEINE ANTWORT
SCHMERZREDUKTION AM ENDE DER BEHANDLUNG						
Gruppe A	19,0 %	19,0%	33,3 %	28,6 %	0	0
Gruppe B	16,0 %	36,0 %	32,0 %	16,0 %	0	8,0 %
Gruppe C	51,9 %	48,1 %	0	0	0	0
SCHMERZREDUKTION HEUTE						
Gruppe A	28,6 %	14,3 %	42,9 %	14,3 %	0	0
Gruppe B	15,4 %	19,2 %	42,3 %	15,4 %	7,9 %	3,8 %
Gruppe C	51,9 %	48,1 %	0	0	0	0
KNIEBEWEGUNGSMAß HEUTE						
Gruppe A	28,6 %	9,5 %	38,1 %	23,8 %	0	0
Gruppe B	11,5 %	23,1 %	38,5 %	23,1 %	3,8 %	3,8 %
Gruppe C	0	100%	0	0	0	0
WIRKSAMKEIT DER THERAPIE						
Gruppe A	23,8 %	19,0 %	38,1%	19,0 %	0	0
Gruppe B	19,2 %	42,3 %	11,5 %	19,2 %	7,7 %	3,8 %
Gruppe C	55,5 %	40,7 %	3,8 %	0	0	0
ZUFRIEDENHEIT MIT DER ANGEWANDTEN THERAPIE						
Gruppe A	14,3 %	33,3 %	33,3 %	14,3 %	4,8 %	0
Gruppe B	19,2 %	53,8 %	11,5 %	7,7 %	7,7 %	3,8 %
Gruppe C	51,9 %	44,4 %	3,8 %	0	0	0
VERBESSERUNG DER LEBENSQUALITÄT (QoL)						
Gruppe A	19,0 %	38,1 %	33,3 %	9,5 %	0	0
Gruppe B	15,4 %	34,6 %	38,5 %	7,7 %	3,8 %	3,8 %
Gruppe C	59,3 %	37,0 %	3,8 %	0	0	0

schmerzbedingt erhöhtem Schweiß der Haut führen, was wiederum zu einer erhöhten Verdunstung der Säure im entzündeten Gewebe führt. In dieser sauren Umgebung reagiert das metallisierte Polymer – manchmal sogar sichtbar – und reduziert die Säureprotonen zu molekularem Wasserstoff (Abbildung 3), welcher unter okklusiven Bedingungen freie Radikale bindet. Gleichzeitig wird postuliert, dass galvanotaktische Prozesse die potentielle Energie der Gewebeflüssigkeit erhöhen und dass der Zustrom von Makrophagen und neutrophilen Granulozyten aus dem Blut in das geschädigte Gewebe gefördert wird. Dies könnte die von Patienten beschriebene analgetische Wirkung von Sanotaping® erklären. Außerdem verringert sich die Schwellung des verletzten Gewebes durch die Komprimierung des Tapes und fördert eine Abnahme des Ödems sowie eine anhaltende Wirkung. Der erhöhte Kapillarfluss in Blut und Lymphgefäßen führt zu einer effektiveren Abgabe von Mikronährstoffen und parallel zu einer schnelleren Elimination schädlicher Toxine und nekrotisches Gewebe. Dies scheint auch die Heilung von Narben zu fördern: Unter dem Sanotaping® waren die sichtbaren

postoperativen Narben glatt und relativ dünn. Vielleicht hängt dies auch von den darunter liegenden Gewebenarben ab.

Schlussfolgerungen

Diese prospektive, randomisierte Studie zur Analyse der Wirksamkeit physiotherapeutischer Interventionen bei posttraumatischen oder degenerativen Verletzungen des Kniegelenks zeigt, dass die frühzeitige Anwendung einer solchen (komplexen) Therapie von hoher Relevanz ist. Es hat nicht nur einen lokalen Einfluss auf die untere Extremität, sondern auch die gesamte Physiologie des Körpers wird positiv beeinflusst und die Lebensqualität verbessert. Ein zusätzlich aufgebrachtes Tape hat keinen wesentlichen Vorteil. Der metallisierte Gold-Silber-Polymerfilm von Sanotaping® spiegelt jedoch das Ungleichgewicht des Gewebetons wider, das durch Verletzung oder Degeneration verursacht wird, und führt somit zu einer Verringerung der Spannung mit einer Zunahme der Beweglichkeit und Schmerzreduktion. Die bewertete Nachhaltigkeit sollte eine Grundlage für die Implementierung der Kombinationsbehandlung mit funktionell applizierten, metallisierten Polymeren (Sanotaping®) in der konservativen,

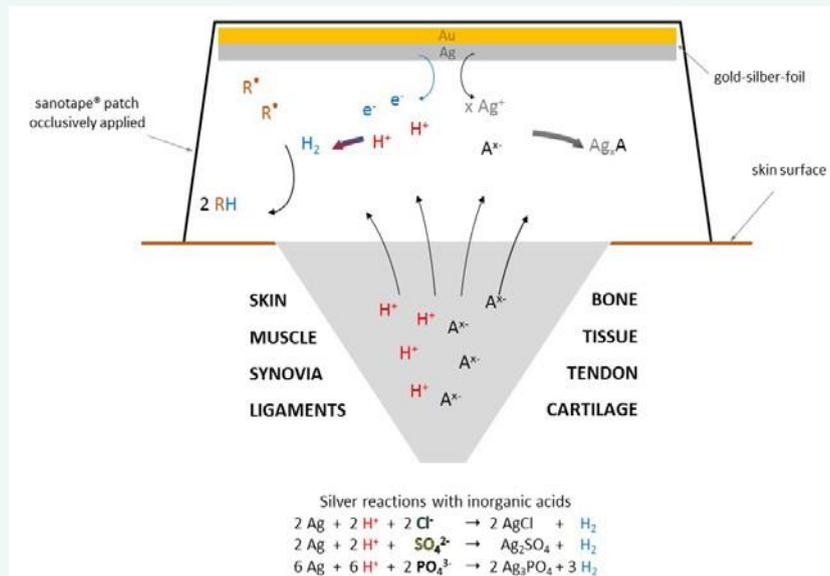


Abbildung 3 Schema der Theorie der Wirkungsweise von Sanotape®. Das verletzte und/oder degenerative veränderte Gewebe erzeugt eine saure Umgebung auf der Hautoberfläche, die mit der metallischen Oberfläche von Sanotape® interagiert, so dass überschüssige Anionen „gepuffert“ werden. Dies führt zu einer Erzeugung des Milieus in Richtung des physiologischen und wirkt einer Übersäuerung entgegen, die unter anderem zu einer Schmerzreduktion führt. (H+ = (Säure) Proton, Ax- = anorganisches Säureanion, Ag+ = Silberion, AgxA = unlösliches Silbersalz, e- = Elektron, H2 = molekularer Wasserstoff, R• = Radikal, RH = neutralisiertes Radikal).

sowie in der prä- bzw. postoperativen Physiotherapie und Rehabilitation sein.

Literaturverzeichnis

1. Stöve (2018) S2k-Leitlinie: Gonarthrose 2018.
2. Niemier K, Rauscher C, von Korn K, Mallwitz J. Chronischer Knieschmerz. Häufigkeit, Ursachen und Behandlungsoptionen. 2015 DOI: 10.3238/oup.2015.0315-0322.
3. Agaliotis M, Mackey MG, Jan S, Fransen M. Burden of reduced work productivity among people with chronic knee pain: a systematic review. In: Occupational and environmental medicine 2014; 71: 651-659.
4. Fleischhauer M, Appenroth P (Hg.) Leitfaden Physiotherapie in der Orthopädie und Traumatologie (Guidelines of physiotherapy in orthopedics and trauma surgery. 2006; 2. Aufl. Munich; Elsevier Urban & Fischer.
5. Sanotape: Manual for physicians and physiotherapists. Online available at: <http://www.sanotape.com/zielgruppen/aerzte-und-therapeuten>
6. Sanotape: Mode of action. Online available at: <http://www.sanotape.com/ueber-sanotape/wirkungsweisen>
7. Ficklscherer A. BASICS Orthopädie und Traumatologie. 2014; 4. Auflage. Munich. Elsevier Urban & Fischer
8. Niethard FU, Biberthaler P, Pfeil J. Orthopädie & Trauma surgery. 2017; Stuttgart, Georg Thieme Verlag.
9. Kiadaliri AA, Gerhardtsson de Verdier M, Turkiewicz A, Lohmander LS, Englund M. Socioeconomic inequalities in knee pain, knee osteoarthritis, and health-related quality of life: a population-based cohort study in southern Sweden. Scand J Rheumatol. 2017; 46:143-151.
10. de Rooij M, van der Leeden M, Heymans MW, Holla JF, Häkkinen A, et al. Prognosis of Pain and Physical Functioning in Patients With Knee Osteoarthritis: A Systematic Review and Meta-Analysis. Arthritis Care Res (Hoboken). 2016; 68: 481-92.
11. Cleveland R, Luong ML, Knight JB, Schoster B, Renner JB, et al. Independent associations of socioeconomic factors with disability and pain in adults with knee osteoarthritis. BMC Musculoskelet Disord. 2013; 14:297-304.
12. Salehi-Abari I. ACR revised criteria for early diagnosis of knee osteoarthritis. Autoimmune Dis Ther Approaches 2016; 3:1-5.
13. Zhang W, Doherty M, Peat G, Bierma-Zeinstra MA, Arden NK, et al. EULAR evidence-based recommendations for the diagnosis of knee osteoarthritis. Ann Rheum Dis. 2010; 69:483-489.
14. S2k-Guideline Gonarthrosis. AWMF-registry-no. 033 – 004 (18.12.1); 2018; published online at: www.awmf.org/leitlinien/detail/ll/033-004.html
15. Bannuru RR, Osani MC, Vaysbrot EE, Arden NK, Bennell K, et al. OARSJ guidelines for the non-surgical management of knee, hip, and polyarticular osteoarthritis. Osteoarthritis Cartilage. 2019; 27:1578-1589.
16. Melzack R, Wall PD. Pain mechanisms: a new theory. Science. 1965; 19: 971-979.
17. Porter S: Tidy's Physiotherapy. 2013; 15th edition, Elsevier Health Care - Physiotherapy Essentials. Online available at: <http://gbv.eblib.com/patron/FullRecord.aspx?p=1722589>.
18. Adie S, Kwan A, Naylor JM, Harris IA, Mittal R. Cryotherapy following total knee replacement. Cochrane Database of Systematic Reviews 2012; 9: CD007911.
19. Brosseau L, Yonge KA, Robinson V, Marchand S, Judd M, Wells G, et al. Thermotherapy for treatment of osteoarthritis. Cochrane Database of Systematic Reviews. 2003; 4: CD004522.
20. Lööf H, Johansson UB, Henriksson EW, Lindblad S, Saboonchi F. Pain and fatigue in adult patients with rheumatoid arthritis: Association



- with body awareness, demographic, disease-related, emotional and psychosocial factors. *Open J of Nursing*, 2013, 3: 293-300.
21. Ingram RE. Self-focused attention in clinical disorders: Review and conceptual model. *Psychological Bulletin*. 1990; 107: 156–176.
22. Kujala UM, Orava S, Järvinen M. Hamstring injuries. Current trends in treatment and prevention. In: *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*. 1997; 23: 397–404.
23. Hardy L, Jones D. Dynamic flexibility and proprioceptive neuromuscular facilitation. In: *Research Quarterly for Exercise and Sport* 1986; 57: 150–153.
24. Dietrich L, Berthold F, Brenke H. Muscle stretching from a sports methodology perspective In: *Medicine & Sports* 1985; 25: 52–57.
25. Hubley CL, Kozey JW, Stanish WD. The effects of static stretching exercises and stationary cycling on range of motion at the hip joint*. In: *J Orthop Sports Physical Therapy*. 1984; 6: 104–109.
26. Sluka KA, Walsh D. Transcutaneous electrical nerve stimulation: Basic science mechanisms and clinical effectiveness. In: *J of Pain*. 2003; 4: 109–121.
27. Gallacini G. Gate-Control- Theorie. In: Guido Gallacini (Hg.): *Schmerzkompendium. Schmerzen verstehen und behandeln*. 2005; 2nd edition, Stuttgart - G. Thieme.
28. Robbins S, Waked E, Rappel R. Ankle taping improves proprioception before and after exercise in young men. In: *British J Sports Med*. 1995; 29: 242–247.
29. McLean DA. Use of adhesive strapping in sport. In: *Brit J Sports Med* 1989; 23: 147–149.