

**UNTERSTÜTZUNG DER PROPRIOZEPTION DURCH  
KINESIOTAPING AM BEISPIEL DER VORDEREN  
KREUZBANDRUPTUR**

**Dissertation**

**zur Erlangung des akademischen Grades**

**doctor medicinae (Dr. med.)**

**vorgelegt dem Rat der Medizinischen Fakultät  
der Friedrich-Schiller-Universität Jena**

**von Lars Bischoff**

**geboren am 06.04.1979 in Hildburghausen**

## Gutachter

1. Prof. Dr. med. Georg Matziolis, Jena/ Eisenberg
2. Prof. Dr. med. Ulrich C. Smolenski, Jena
3. Prof. Dr. med. Georgi Wassilew, Greifswald

Tag der öffentlichen Verteidigung: 22.06.2021

## **Inhaltsverzeichnis**

<b>Inhaltsverzeichnis .....</b>	<b>3</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>4</b>
<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>5</b>
<b>Einleitung .....</b>	<b>7</b>
Kinesiotape.....	7
Propriozeption.....	10
Verletzung des vorderen Kreuzbandes .....	12
Stellenwert der Arbeit in der Forschungsgruppe .....	15
<b>Ziele der Arbeit .....</b>	<b>16</b>
<b>Effects on proprioception by Kinesio taping of the knee after anterior cruciate ligament rupture. Bischoff L, Babisch C, Babisch J, Layher F, Sander K, Matziolis G, Pietsch S, Röhner E. Eur J Orthop Surg Traumatol 28 (6): 1157-64. 2018 .....</b>	<b>17</b>
<b>Diskussion .....</b>	<b>18</b>
Stabilität .....	18
Winkelreproduktionstest/ Joint Position Sense .....	19
Ganganalyseparameter .....	20
Subjektive Scores .....	21
Methodenkritik .....	21
Limitationen der Studie.....	23
Wirkmechanismus Kinesiotape und Vergleich mit Knieorthesen .....	24
<b>Schlussfolgerungen und Bezug zum klinischen Alltag.....</b>	<b>26</b>
<b>Literatur- und Quellenverzeichnis .....</b>	<b>27</b>
<b>Anhang .....</b>	<b>41</b>
Abbildungsverzeichnis.....	41
Fragebogen .....	42
Ehrenwörtliche Erklärung.....	50
Danksagung .....	51

## Abkürzungsverzeichnis

AM	anteromedial
AMEDA	active movement extent discrimination assessment
ATT	anteriore tibiale Translation
A-V-Impuls	arteriovenöser Impuls
CT	Computertomografie
IKDC	International Knee Documentation Committee
JPR	joint position reproduction
JPS	joint position sense
KT	Kinesiotape
KTEP	Knie Totalendoprothese
MRT	Magnetresonanztomografie
PL	posterolateral
TTDPM	threshold to detection of passive motion
VKB	vorderes Kreuzband
ZNS	Zentrales Nervensystem

## Zusammenfassung

Die Anwendung von Kinesiotape hat in den letzten Jahren zunehmend an Interesse gewonnen. Für verschiedenste klinische Anwendungen wurden in der jüngeren Literatur therapeutische Möglichkeiten und Effekte dargestellt. Mehrere Studien konnten einen positiven Einfluss auf eine verbesserte Durchblutung und gesteigerten Lymphfluss der behandelten Körperstellen zeigen. Zusätzlich wurden Hinweise auf eine Beeinflussung der Propriozeption vermutet. Die Propriozeption beschreibt das Eigenempfinden des menschlichen Körpers, umfasst dabei Aspekte wie den Lagesinn und das Gelenkempfinden und ist damit ein wichtiges System für die Bewegungsplanung und Bewegung des Menschen beim aufrechten Gang. Die vordere Kreuzbandruptur gehört zu den häufigsten Verletzungen des menschlichen Kniegelenkes und stellt in unserer modernen aktiven Gesellschaft in Bezug auf die Arthroseentstehung des Kniegelenkes eine therapeutische Herausforderung dar.

Das Ziel der vorliegenden Studie ist die Darstellung einer Funktionsverbesserung und Verbesserung der Propriozeption bei der Verletzung des vorderen Kreuzbandes unter therapeutischer Anwendung von KT in bestimmter Anlagetechnik.

In die Studie wurden 48 Patienten eingeschlossen, die eine klinisch und kernspintomographisch gesicherte VKB- Ruptur hatten und nicht operativ mit vorderer Kreuzbandersatzplastik versorgt waren. Bei allen Patienten wurde am betroffenen Bein vor und nach Kinesiotape Anlage eine Ganganalyse durchgeführt. Zusätzlich wurden der IKDC Score, der Lysholm Score, die Stabilität mittels Rolimeter und ein aktiver Winkelreproduktionstest erhoben. Nach Prüfung der Daten auf Normalverteilung wurde der t-Test für gepaarte Stichproben und der Wilcoxon Test angewendet.

Untersucht wurden 39 Männer und 9 Frauen mit mindestens 3 Wochen bestehender VKB- Ruptur. Signifikante Verbesserungen bei der Ganganalyse konnten für die Parameter Aufsetzen und Abrollen, Kadenz, Stabilität und Standphase sowie Extension des Hüftgelenkes am betroffenen Kniegelenk erzielt werden. Der Lysholm Score verbesserte sich von 79,3 auf 85,8 ( $p < 0,001$ ) und der IKDC Score von 60,2 auf 71,3 Punkte ( $p < 0,001$ ). Im Rolimeter- und Winkelreproduktionstest konnten signifikante Verbesserungen der Kniegelenksstabilität in anteroposteriorer Translation und eine Verbesserung des Gelenkstellungssinns nachgewiesen werden.

Die Anwendung von Kinesiotape führt zu einem verbesserten dynamischeren Gangbild sowie subjektiv und objektiv verbesserter Funktion des betroffenen Kniegelenkes. Basierend auf den Ergebnissen wird ein positiver Einfluss auf die Propriozeption durch Kinesiotape am Beispiel der vorderen Kreuzbandruptur am Kniegelenk nachgewiesen. Die positiven Effekte und das Potential von Kinesiotape können zur Erweiterung der konservativen Therapieoptionen, eine mögliche Verbesserung in der postoperativen Phase der Behandlung der vorderen Kreuzbandruptur und im Rahmen der Prävention genutzt werden.

## **Einleitung**

### **Kinesiotape**

Große Sportereignisse wie Olympische Spiele oder Fußball Welt- und Europameisterschaften sind Veranstaltungen von großem öffentlichem Interesse und finden überall auf der Welt hohen medialen Zuspruch. Seit gut einer Dekade bemerkt der Zuschauer vor dem Fernseher aber auch zunehmend der Beobachter von lokalen und überregionalen Profi- und Amateursportveranstaltungen nicht wenige Athleten verschiedenster Sportarten, die Gelenke, Muskeln teilweise ganze Körperregionen mit bunten Klebebändern in verschiedenen Farben und Formen versehen haben. Diese bunten Klebebänder werden als K-Tape, Kinesiotape, kinesiologisches Tape oder zum Teil auch Physio-Tape bezeichnet. Im Folgenden soll der Einfachheit halber von Kinesiotape (KT) gesprochen werden.

Das spezielle KT wurde 1973 von dem japanischen Chiropraktiker Kenzo Kase in Zusammenarbeit mit der Firma Nitto Denko Corporation entwickelt. Dr. Kase gilt als Erfinder des KT und als Vorreiter der Taping Methode, die seit den 1970ern durch Kurse, Publikationen, Bücher und Kongresse verbreitet wird (K. Kase 2003). Obwohl die korrekte Verwendung des KT in Bezug auf therapeutisches Ziel und Durchführung der Applikation betont und die Durchführung der Tapeanlage durch „Professionals“ empfohlen wird, kann heute auch ein Laie das KT limitationsfrei erwerben und mit oder ohne Zuhilfenahme diverser Bücher oder Anleitungen aus dem Internet anwenden.

Das KT ist ein elastisches, selbstklebendes, meist farbiges Tape von mehreren Zentimetern Breite, welches entweder vom Anwender zugeschnitten wird oder in Form von vorgefertigten Streifen verwendet werden kann. Die textile Membran aus Baumwollgewebe und Elasthanfasern wird mit Hilfe des aufgetragenen Polyacrylatklebers auf der Haut angebracht und entfaltet durch die Applikation unter Vorspannung die Wirkung direkt auf die Haut bzw. die Hautanhangsorgane.

Die verschiedenen therapeutischen Ziele beim Einsatz von KT werden über die unterschiedlichen Applikationsarten und die Variabilität in der Vorspannung des Tapes generiert. In der Literatur werden hier insbesondere Muskelanlagen, Ligamentanlagen, Lymphanlagen und Korrekturanlagen des KT in verschiedenen Körperregionen beschrieben (Kumbrink 2011, Habsch 2012). Die Indikationen reichen somit von

Verbesserung der Gelenkfunktion und Propriozeption, Veränderung der Muskelspannung, Korrektur von Faszien und Narben, Lymphdrainage bis zur lokalen Behandlung von Triggerpunkten und Schmerzen (Mommsen et al. 2015, Eder und Mommsen 2013) (Abb. 1).



Abbildung 1: Verschiedene Anlagetechniken von Kinesiotape. Postoperative Lymphanlage (links). Repositionsanlage (Mitte). Muskelanlage (rechts)

Durch die Zunahme der Verwendung von KT rückt diese Therapieform immer mehr in den wissenschaftlichen Fokus. Bei einer PubMed Suche mit den Schlagwörtern „kinesio taping“ sind von 2006 bis 2018 deutliche Steigerungsraten seitens der gefundenen Items zu verzeichnen. Des Weiteren werden bei o.g. Suchkriterien bis Ende 2018 insgesamt 30 Review Artikel angezeigt.

Das Interesse reicht hier von der Versorgungsforschung bis zu klinischen Studien, welche den therapeutischen Nutzen von KT beweisen sollen. Im Breitensport wie im Amateur- und Profisportbereich wurde die Anwendung von KT speziell zur Therapie von Verletzungen und zur Prävention einer erneuten Verletzung beschrieben (Krause et al. 2017). Die Studien zum therapeutischen Nutzen von KT weisen sowohl bei den Einsatzgebieten des Tapes als auch bei den Gütekriterien für klinische Studien deutliche Unterschiede auf. KT wurde bei gesunden Individuen eingesetzt, um diverse Effekte auf Wohlbefinden und Veränderung der Muskelkraft nachzuweisen (Aguiar et al. 2018, Karahan et al. 2017, Lee et al. 2017). Auf dem Feld der Sportmedizin wurde versucht das regenerative Potential des KT sowie eventuell vorhandene Möglichkeiten



der Leistungssteigerung durch KT und additive positive Effekte auf etablierte Trainingsmethoden und Bewegungsabläufe in verschiedenen Sportarten zu detektieren (Boobphachart et al. 2017, Dos Santos Gloria et al. 2017, Harmanci et al. 2016, Ozmen et al. 2017, Tekin et al. 2018, Trecroci et al. 2017, Yam et al. 2019, Espi-Lopez et al. 2019). In der Medizin wird KT therapeutisch in verschiedenen Disziplinen eingesetzt. Anwendungsstudien von KT findet man bei neurologischen Erkrankungen wie Cerebralparese (Shamsoddini et al. 2016) und Apoplex (Berezutsky 2018, Karadag-Saygi et al. 2010, Qafarizadeh et al. 2018), wobei hier insbesondere Parameter wie Veränderung spastischer Muskeln und globale bzw. lokale Veränderung der Lokomotion beleuchtet werden. Die Wirkung des KT zur Verbesserung des Lymphabflusses wurde in diversen Publikationen ebenfalls untersucht (Kasawara et al. 2018, Nunes et al. 2015, Windisch et al. 2017). Die breiteste Anwendung findet KT in der Literatur bei Störungen und Erkrankungen bzw. Verletzungen des Bewegungsapparates. Seit 2006 findet man auf diesem Feld eine steigende Anzahl von Publikationen. Die adressierten Körperregionen reichen hier von der Wirbelsäule (Yoshida und Kahanov 2007) über die obere Extremität (Kocyigit et al. 2016, Lyman et al. 2017, Saracoglu et al. 2018) bis zur unteren Extremität, wobei hier Publikationen zu Knie und Sprunggelenk den Löwenanteil für sich beanspruchen. Die Studien beleuchten verschiedenste Aspekte. KT wird als eine Säule der konservativen Therapie bei degenerativen Erkrankungen (Cho et al. 2015) eingesetzt. Auch im peri- und postoperativen Setting wurde die Verwendung von KT untersucht (Balki et al. 2016, Windisch et al. 2017). Die Inhomogenität der Studien bezüglich der Kohorten, Messparameter, Studienendpunkte und auch der Ergebnisse, ob KT einen therapeutischen Nutzen hat, wird hier besonders deutlich. Auch die seit 2010 veröffentlichten Metaanalysen und Reviews kritisieren diesen Fakt und kommen insgesamt nicht zu einer Empfehlung pro oder contra Verwendung von KT (Csapo und Alegre 2015, Kalron und Bar-Sela 2013, Lim und Tay 2015, Wang et al. 2018, Williams et al. 2012, Zhang et al. 2019).

Die Wirkungsweise von KT war ebenfalls im Zentrum des Interesses der Forschung. Die direkte Wirkung des KT auf die Haut und darunterliegende Faszien konnte zwar dargestellt werden (Tu et al. 2016, Cimino et al. 2018), einige Hypothesen im Hinblick auf eine Verstärkung der Durchblutung sowie die Notwendigkeit einer exakten Applikationstechnik mit sog. „Convulsions“ konnten jedoch nicht bestätigt werden (Yang und Lee 2018, Parreira et al. 2014).

Insgesamt scheint die Datenlage zur Anwendung von KT und dessen therapeutischen Nutzen trotz der steigenden Anzahl von Originalartikeln und Reviews auf Grund der Heterogenität seitens Studiendesign, Studienendpunkt, verwandter Messtechnik und klinischer Diagnose bei der der KT angewendet wurde, mangelhaft.

## **Propriozeption**

„Propriozeption“ wurde bereits 1906 durch den Nobelpreisträger Sir C.S. Sherrington, einen britischen Neurophysiologen, als Begriff in der Physiologie eingeführt. Der Begriff leitet sich vom lateinischen „proprius“ = „eigen“ und „recipere“ = „aufnehmen“ ab. So wird die Propriozeption zum Teil auch frei als „Eigenempfindung“ übersetzt. Quante und Hille (Quante und Hille 1999) liefern die heute weitverbreitetste Beschreibung von Propriozeption: „Propriozeption ist ein Sinnessystem, das die bewusste und unbewusste Verarbeitung afferenter Information über Gelenkstellung, -bewegung und -kraft durch das Zentralnervensystem darstellt“. Hier wird die Einteilung in drei Komponenten deutlich. Der Stellungssinn liefert dem Gehirn Informationen über die Winkelstellung von Gelenken bzw. Körperabschnitten zueinander. Der Bewegungssinn gibt Auskunft über Veränderungen der Körperlage in Bezug auf Ausmaß, Richtung und Geschwindigkeit von Gelenkbewegungen bzw. des gesamten Körpers im Raum. Der Kraftsinn nimmt Spannungszustände der Muskel wahr und passt den Muskeltonus an die Bedürfnisse einer gezielten Bewegung an (Stehle 2009, Wilke und Froböse 2010). Durch diese Darstellung wird der immense Beitrag der Propriozeption zur motorischen Kontrolle des menschlichen Bewegungssystems und zur Bewegung im Allgemeinen deutlich.

Tiefensensibilität und Gleichgewicht sind gleichermaßen an der Propriozeption beteiligt. Stellt das Vestibularorgan des Menschen im Innenohr den statikodynamischen Analysator der Informationsaufnahme dar, wird die Aufnahme der Information im Bereich des kinästhetischen Analysators über die sog. Propriozeptoren realisiert. Zu den Propriozeptoren gehören Muskelspindeln, Sehnenspindeln, Ruffini-Körperchen, Vater- Pacini- Körperchen, wobei die beiden letzten bevorzugt in der Gelenkkapsel zu finden sind (Tittel 2016).

Die Propriozeption basiert auf einem rein afferenten System, d.h. Informationen werden nur aufgenommen und in ein neuronales Signal weiterverarbeitet, welches dem Nervensystem bereitgestellt wird. Die Verschaltung und der Transport dieser

afferenten Signale erfolgt über die epikritische Bahn. Die Impulse werden über das erste Neuron, welches sich im Spinalganglion befindet, über den ipsilateralen Hinterstrang des Rückenmarkes ins ZNS geleitet. Nach Verschaltung und Kreuzen zur Gegenseite in der Medulla oblongata werden die Impulse zum Nucleus ventralis posterior des Thalamus weitergeleitet um nach einer weiteren Verschaltung in der primären somatosensiblen Rinde des Großhirns anzukommen. In dieser Region des Großhirns herrscht eine strenge Somatotopie, wobei die Signale aus den Gelenkrezeptoren in der Area 2 und die Impulse der Afferenzen aus den Muskelspindeln hauptsächlich in der Area 3a des Gyrus postcentralis der Großhirnrinde enden (Trepel 1999).

Propriozeption ist unerlässlich für die menschliche Lokomotion, da Bewegungsabläufe und Gelenkstabilisierung hierdurch gesteuert werden (Riemann und Lephart 2002). Durch Verletzungen oder degenerative Erkrankungen der Gelenke kann die Propriozeption gestört sein, da der Ausfall von Propriozeptoren direkt in einer gestörten kinästhetischen Wahrnehmung mündet. Auf Grund der Störung der Propriozeption kommt es konsekutiv zu einer Minderung des Koordinationsvermögens, welche mit der gestörten Muskelaktivierung einhergeht und durch diese auch verursacht wird (Ting und McKay 2007, Todorov et al. 2005). Dieser Fakt kann zugleich posttraumatischen Defizite nach Verletzungen und ein erhöhtes Risiko einer erneuten Verletzung am gleichen Gelenk, wie beispielsweise bei der Ruptur des VKB, erklären. Die Möglichkeit der Verbesserung koordinativer Fähigkeiten durch sensomotorisches Training wird hierbei ebenfalls deutlich (Haas et al. 2007). Eine endlose Steigerung der propriozeptiven Fähigkeiten scheint jedoch nicht möglich bzw. scheint ein jedes menschliche Individuum mit einem gewissen „Portfolio“ an koordinativen Fertigkeiten ausgestattet zu sein (Han et al. 2015).

Um diese abstrakte Größe Propriozeption messbar zu machen, bedient sich die Wissenschaft verschiedener Messapparaturen. Die Detektion der Zustände und Zustandsänderungen des eigenen Körpers lässt sich an Gelenken besonders einfach und durch die Verwendung von digitalen Messinstrumenten auch sehr genau durchführen. Verschiedene Settings in Bezug auf den eingesetzten Stimulus wurden beschrieben, validiert und die Methodik kritisch hinterfragt (Han et al. 2016). Für die Analyse komplexerer Bewegungsformen wie Gang, Lauf und Sprung kommen dreidimensionale Messapparaturen und Testsettings, wie beispielsweise die

instrumentelle Ganganalyse oder sog. Sprungtestbatterien (Markstrom et al. 2018, Sander et al. 2012), zur Anwendung.

## **Verletzung des vorderen Kreuzbandes**

Das menschliche Kniegelenk zählt zu den großen Gelenken des Bewegungsorgans des Menschen. Damit kommt diesem komplexen Gelenk eine zentrale Bedeutung für die Mobilität des Menschen zu. In einer älter und aktiver werdenden Gesellschaft wird der Funktionalität des Kniegelenkes in den verschiedenen Facetten des Lebens, wie beruflicher Belastbarkeit und flexibler Freizeitgestaltung, ein hoher Stellenwert beigemessen.

Für eine optimale Funktion ist das Zusammenspiel verschiedener Komponenten Voraussetzung. Läsionen des Kniegelenkes führen zu deutlichen Einschränkungen der Funktionalität und erhöhen das Risiko für Folgeschäden und eine Kniegelenksarthrose.

Zu den häufigsten Verletzungen des menschlichen Kniegelenkes zählt die Ruptur des vorderen Kreuzbandes (Buller et al. 2015, Granan et al. 2009).

Das vordere Kreuzband hat durch seinen spezifischen Verlauf und seinen komplexen Aufbau einen hohen Stellenwert für die physiologische Funktion des menschlichen Kniegelenkes. Auf Grund der Anatomie stabilisiert das vordere Kreuzband insbesondere gegen zwei Krafterwirkungen: die anteriore tibiale Translation und die Rotation der Tibia in Relation zum Femur (Herbort und Fink 2015). Die Sicherung des Kniegelenkes in Varus- und Valgusrichtung durch das vordere Kreuzband ist im Vergleich zu den Seitenbändern und Kapselstrukturen gering (Petersen und Tillmann 2002).

Das VKB entspringt an der hinteren lateralen Notchwand in direkter Beziehung zur Knorpelgrenze des Condylus lateralis und verläuft schräg nach distal ventral medial ziehend um in Bezug zum Außenmeniskusvorderhorns in der Area intercondylaris der Tibia zu inserieren. Über die Insertionsanatomie und die Form des vorderen Kreuzbandes gab es in den letzten Jahren Diskussionen, wobei zuletzt eine bandförmige femorale Insertion, ein flacher Bandverlauf und eine C- förmige tibiale Insertionszone als Konsens gilt (Smigielski et al. 2015).

Das bindegewebige Band besteht aus vielen einzelnen Faserbündeln, wobei strukturell und funktionell das AM und das PL Bündel unterschieden werden (Petersen

und Zantop 2007, Sakane et al. 1997). Die Bezeichnung der Bündel richtet sich zum einen nach der tibialen Insertion und zum anderen nach den verschiedenen Spannungszuständen der beiden Bündel in verschiedenen Flexionsgraden des Kniegelenkes sowie den damit verbundenen Funktionen als Stabilisator des Gelenkes (Giuliani et al. 2009, Siebold et al. 2008). Das AM Bündel spannt sich bei zunehmender Flexion über 30° an und stabilisiert gegen eine vermehrte anteriore Translation der Tibia (Beynon et al. 1992, Sakane et al. 1997, Woo et al. 2006). Das PL Bündel nimmt in strecknaher Stellung des Kniegelenkes Spannung auf und stabilisiert gegen Rotationskräfte (Diermann et al. 2009, Zantop et al. 2007).

Histologisch betrachtet, besteht das vordere Kreuzband aus Kollagen Typ I und Kollagen Typ III Fasern, die an den Insertionszonen mit Faserknorpel verstärkt ist. In die extrazelluläre Matrix sind zahlreiche Mechanorezeptoren und freie Nervenendigungen eingebettet (Fromm und Kummer 1994, Halata und Haus 1989), welche eine wichtige Rolle für die Propriozeption des Kniegelenkes und die damit verbundene Kinematik des Gelenkes spielen (Hogervorst und Brand 1998).

Nach Ruptur des VKB besteht für das verletzte Kniegelenk eine vermehrte anteriore Translation mit Subluxation des Tibiaplateaus sowie eine anterolaterale Rotationsinstabilität (Diermann et al. 2009, Markolf et al. 1976). Die Rotationsachse des Kniegelenks wird medialisiert, was Veränderungen der statischen und dynamischen Belastungen für Bänder, Menisken und Knorpel bedingt. Eine Spannungserhöhung im medialen Kollateralband (Kanamori et al. 2000) konnte ebenso nachgewiesen werden wie eine deutliche Belastungszunahme im Bereich des Innenmeniskus im kreuzbandverletzten Kniegelenk (Allen et al. 2000). Die veränderte Biomechanik und Änderungen von Parametern der instrumentellen Ganganalyse wurden in verschiedenen Studien dargestellt (Gardinier et al. 2013, Gardinier et al. 2012, Hart et al. 2010). Die hieraus resultierenden Schädigungen im Hinblick auf den hyalinen Knorpel und der Arthrose Entstehung im verletzten Kniegelenk sind schon seit Langem bekannt und hinlänglich beschrieben (Daniel et al. 1994, Levy und Meier 2003, Mehl et al. 2019). Somit hat die Verletzung des vorderen Kreuzbandes mit einer Inzidenz von 1:3500 (Rauch et al. 2019) sowohl für den Patienten selbst als auch für Kostenträger wie Krankenkassen und Unfallversicherer einen weitreichenden Effekt. Die Behandlung der vorderen Kreuzbandruptur kann sowohl konservativ als auch durch operative Therapie erfolgen. Die Empfehlung für den einzelnen Patienten hängt von verschiedenen Faktoren ab. Die konservative Therapie kann bei stabilen

Teilrupturen des vorderen Kreuzbandes und Patienten mit Kontraindikationen für eine Operation sowie fortgeschrittenen degenerativen Schädigungen des betroffenen Gelenkes angewandt werden. Verschiedene Konzepte und Rehabilitationsprogramme mit unterschiedlichsten Aspekten der Physiotherapie und physikalischen Therapie werden durchgeführt (Fitzgerald et al. 2000, Meuffels et al. 2009, Tagesson et al. 2008). Jüngeren Patienten sowie Patienten, die einen geringen Grad an Knorpel- und Meniskusschäden aufweisen wird meist die operative Therapie mit Stabilisierung des verletzten Kniegelenkes durch eine Ersatzplastik des vorderen Kreuzbandes als derzeit geltender Goldstandard empfohlen. Gleiches gilt für Patienten mit hohem sportlichen und beruflichen Anspruch an das Kniegelenk und Zustände mit subjektiv teils höhergradiger Instabilität durch Mehrbandverletzung am betroffenen Kniegelenk. Osteochondrale oder instabile meniskale Begleitverletzungen erfordern ebenfalls ein operatives Therapieregime in der Akutphase nach Verletzung (Rauch et al. 2019). Der präventive Effekt der operativen Stabilisierung des Kniegelenkes durch eine Kreuzbandersatzplastik zielt auf die Minimierung der sekundären Schäden von Meniskus und Knorpel und die Verlangsamung der sog. „Kreuzbandkaskade“ ab (Daniel et al. 1994, Petersen et al. 2018). Der Nutzen, insbesondere der operativen Therapie in der akuten Phase nach Kreuzbandverletzung, wurde in der jüngeren Literatur mehrfach kontrovers diskutiert. Insbesondere die Ergebnisse von Frobell et al. 2010 ließen am Nutzen der operativen Therapie zweifeln und wurden auch in der Laienpresse so dargestellt, dass konservative und operative Therapie der vorderen Kreuzbandruptur gleichwertig seien (Frobell et al. 2010). Die neuere deutschsprachige Literatur favorisiert die operative Therapie im Hinblick auf Funktionsgewinn und Versagen der konservativen Therapie (Krause et al. 2018). Die Kosten der Operation werden bei mehr als 30000 vorderen Kreuzbandrekonstruktionen mit über 113,3 Millionen Euro an reinen Krankenhauskosten angegeben, wobei indirekte Kosten wie krankheitsbedingte Arbeitsausfälle etc. noch nicht berücksichtigt wurden (Riordan et al. 2013, Bierbaum et al. 2017).

Die Untersuchung einer weiteren Möglichkeit einer konservativen Therapie der vorderen Kreuzbandruptur, wie der Verwendung von Kinesiotape, macht aus den e.g. Gründen Sinn.

## **Stellenwert der Arbeit in der Forschungsgruppe**

Die vorliegende Arbeit untersucht die Auswirkungen einer speziellen Kinesiotape Anlage am Oberschenkel und Knie von Patienten mit Ruptur des vorderen Kreuzbandes.

Die postoperative Wirkung von Kinesiotape zur Unterstützung des Lymphabflusses nach Implantation einer Kniegelenktotalendoprothese wurde von Windisch et al. untersucht (Windisch et al. 2017). Hierbei wurde nachgewiesen, dass die Anwendung von Kinesiotape als Lymphanlage nach erfolgter KTEP die gleiche Wirkung auf die Mikrozirkulation hat, wie ein aktiv pneumatisch auf die operierte Extremität wirkendes A-V-Impuls System. Die schnellere Wundheilung oder ein Effekt auf die postoperative Schwellung des Kniegelenkes konnte in der Kinesiotape Gruppe nicht nachgewiesen werden.

In einem ähnlichen postoperativen Setting wird in einer zurzeit laufenden Studie in unserer Klinik die Wirkung von Kinesiotape auf die Schwellung der oberen Extremität sowie den Schmerzmittelverbrauch nach Operationen an der Schulter untersucht.

Eine andere Studie, welche in unserer Klinik durchgeführt wurde, beleuchtet eine moderne Operationstechnik zur Refixation des vorderen Kreuzbandes mit Erhalt der originären vorderen Kreuzbandstruktur in der Akutsituation im Vergleich zum Goldstandard, der Ersatzplastik des vorderen Kreuzbandes mit autologer Hamstringsehnenplastik. Der funktionelle Outcome wurde auch hier, ähnlich wie in der vorliegenden Arbeit, mit der instrumentellen Ganganalyse, der Stabilitätstestung mittels Rolimeter, der Propriozeptionsmessung mittels Winkelreproduktionstest und der subjektiven Selbsteinschätzung der Patienten mit validierten Scores (Lysholm, IKDC) verglichen. Die Ergebnisse wurden auf verschiedenen Kongressen präsentiert und werden zurzeit veröffentlicht.

## **Ziele der Arbeit**

Die Wirkungen von Kinesiotape auf den Menschen sind vielseitig beschrieben und die Anwendung in der Behandlung von diversen Erkrankungen wurde ebenfalls häufig publiziert.

Im Rahmen der Behandlung einer vorderen Kreuzbandruptur wurde der Einsatz von Kinesiotape ebenfalls beschrieben. Die Wirksamkeit von Kinesiotape bei Patienten mit Insuffizienz des vorderen Kreuzbandes mit nachgewiesener Ruptur ohne operative Therapie im Hinblick auf die propriozeptiven Fähigkeiten des verletzten Kniegelenkes wurden bisher noch nicht untersucht.

In der vorliegenden Arbeit sollen deshalb folgende Hypothesen untersucht werden:

Die Anwendung von Kinesiotape am Oberschenkel des verletzten Kniegelenkes von Patienten mit klinisch und im MRT nachgewiesener vorderer Kreuzbandruptur:

verbessert die Stabilität des betroffenen Kniegelenkes gemessen mit dem Rolimeter.  
verbessert die Ergebnisse in einem aktiven Winkelreproduktionstest als Ausdruck der Wahrnehmung des Gelenkstellungsempfindens.

verändert Parameter der instrumentellen Ganganalyse mittels VICON® System.

verbessert den subjektiven funktionellen Outcome des verletzten Kniegelenkes objektiviert mit dem Lysholm und dem IKDC Score.

Insgesamt soll durch die objektivierbaren Parameter eine Verbesserung der propriozeptiven Fähigkeiten des verletzten Kniegelenkes nachgewiesen werden.

Die Untersuchungen wurden im Ganganalyselabor des Lehrstuhls für Orthopädie des Universitätsklinikums Jena am Campus Eisenberg durchgeführt. Ein positives Votum der lokalen Ethikkommission lag vor (4444-06/15).





# Effects on proprioception by Kinesio taping of the knee after anterior cruciate ligament rupture

Lars Bischoff<sup>1</sup> · Christian Babisch<sup>3</sup> · Jürgen Babisch<sup>1,2</sup> · Frank Layher<sup>1</sup> · Klaus Sander<sup>1</sup> · Georg Matziolis<sup>1</sup> · Stefan Pietsch<sup>1</sup> · Eric Röhner<sup>1</sup>

Received: 26 November 2017 / Accepted: 28 February 2018  
© Springer-Verlag France SAS, part of Springer Nature 2018

## Abstract

**Introduction** The use of Kinesio tape (KT) to improve proprioception is a matter of considerable debate. In comparison, the rupture of the anterior cruciate ligament is a sufficiently well-investigated injury with a proven compromise of proprioception. The objective of the present study was to assess a supportive effect on proprioception after KT application, taking the anterior cruciate ligament (ACL) rupture as an example.

**Materials and methods** Forty-eight patients who had suffered an ACL rupture, confirmed clinically and by magnetic resonance imaging, and who were treated conservatively or were awaiting surgery were included in this study. In all patients, a gait analysis was performed on the affected leg before and after KT application. In addition, the IKDC score, the Lysholm score, stability using the Rolimeter, and the angle reproduction test were determined.

**Results** Thirty-nine men and nine women who had had an ACL rupture for at least 3 weeks were included in the study. Significant improvements were achieved on the affected knee joint for the gait analysis parameters touchdown and unrolling, cadence, stability and stance phase as well as an extension of the hip joint. The Lysholm score improved from 79.3 to 85.8 ( $p < 0.001$ ) and the IKDC score from 60.2 to 71.3 points ( $p < 0.001$ ). Significant improvements were achieved in the Rolimeter and angle reproduction test.

**Conclusions** The use of KT has a positive effect on proprioception in patients with an anterior cruciate ligament rupture. Therefore, the application may improve gait pattern as well as the subjective function of the affected knee joint.

**Keywords** Kinesio tape · Proprioception · Anterior cruciate ligament

## Introduction

The use of Kinesio tape (KT) to improve proprioception is yet to be adequately investigated. In the current literature, the following positive aspects of KT application have been confirmed. Depending on how the KTs are applied, muscle tension is either inhibited or promoted, which can lead to a targeted strengthening of the weakened musculature.

The KTs can be applied to the respective muscles to have a detoning or toning effect. This is performed to achieve a balancing of the affected main musculature and correct asymmetries [1, 2]. By relieving unphysiological muscle tension through the application of KTs, an improved positioning of sub-luxated joints could be achieved [3]. This effect of KTs is explained by the thinner and more elastic structure of the KTs compared with standard tapes [3].

It has also been shown that nerve pain points can be influenced by the application of KTs, which can lead to pain reduction [4]. In addition, an increase in blood circulation and lymph flow in the parts of the body treated has been shown [4].

Further studies have produced evidence of an influence on proprioception. Proprioception is a deep sensitivity or deep perception regarding body movement and position [4, 5]. It has been demonstrated that the mobility of joints was improved after treatment with KTs. This was achieved

✉ Eric Röhner  
e.roehner@krankenhaus-eisenberg.de

<sup>1</sup> Department of Orthopedics, Jena University Hospital, Campus Eisenberg, Klosterlausnitzer Straße 81, 07607 Eisenberg, Germany

<sup>2</sup> Orthopaedic Department, Helios-Klinikum Erfurt GmbH, Erfurt, Germany

<sup>3</sup> Department of Rehabilitation and Sports Medicine, MEDICA-Hospital, Leipzig, Germany

above all by a subjectively increased feeling of stability in the affected joint [6, 7]. However, as yet there has been no evidence of an advantage of the application of KT in muscle traumas or joint injuries [6, 7].

It is suspected that the stretching of the skin stimulates cutaneous and subcutaneous mechanoreceptors, which apparently leads to a higher transmitter release and resulting in increased signal transmission to the brain [8]. Up to now, it has been unclear whether a traumatically impaired proprioception can be partly or fully restored by the application of Kinesio tape. Various studies have shown that there are receptors for deep perception in the ACL [9].

The objective of the present pilot study was to assess whether the application of KTs leads to changes in proprioception of the knee joint and enhances gait patterns in patients suffering from an anterior cruciate ligament rupture (ACL rupture).

## Materials and methods

### Selection criteria

A total of 48 patients with an anterior cruciate ligament rupture (ACL rupture), confirmed clinically and by magnetic resonance imaging, were included in the study. The patients' activity level was not measured in detail. Comparing information from the patients' medical history with the Tegner activity level scale [10], all participants fulfill criteria from level 6 up to level 8. The study had the approval of the local ethics committee of the FSU Jena (4444-06/15). An injury to the contralateral knee joint, an injury of further ligaments in the ipsilateral knee joint, and intolerance toward

KT or its components were defined as exclusion criteria. KT was applied to the injured knee joint in all patients within the context of conservative treatment. Here, the tapes were applied with a detoning effect over the quadriceps muscle and a toning effect over the ischiocrural muscle group. A further tape was applied over the tibial tuberosity with dorsal tension (Fig. 1). The apparatusive tests described in the following were all performed before and 3 h after application of the tapes. The subjective scores were evaluated before and 3 days after tape application.

### Stability measurement

Measurement of the anteroposterior translation of the injured knee joint was performed using the Rolimeter, Air-cast, Europe [11]. Here, measurement was performed both on the injured and on the healthy knee joint.

### Measurement of the sense of joint position

The measurement of proprioception was achieved by means of an active angle reproduction test on the injured and on the healthy knee joint [12]. A digital goniometer (Penny and Giles, Christchurch, UK) attached directly to the skin was used, and the absolute error of the deviation was measured.

### Gait analysis

The instrumental gait analysis was achieved by means of a 6-camera system (type: Vicon 460, frequency 100 Hz, Oxford Metrics, UK) and the associated evaluation software as well as three 1000 Hz force measurement plates (2 AMTI OR6-7, AMTI, Watertown, USA; 1 Kistler, Kistler

**Fig. 1** Kinesio tape application to the knee and thigh of the injured leg



Instrumente AG, Winterthur, CH). The patients were prepared with light reflective markers using the “PlugInGait—lower body” marker set and completed a straight and flat walking track of 12 m.

### Subjective scores

The subjective self-assessment of the injured knee joint was completed by the patients using the Lysholm score and the IKDC score (International Knee Documentation Committee) [10].

### Statistics

The data were analyzed using SPSS Statistics (Version 21, IBM Corporation, Armonk, USA). After checking of the values for normal distribution, the *t* test for paired samples and the Wilcoxon test were used.

### Results

Thirty-nine men and nine women who had had an ACL rupture for at least 3 weeks were included in the study. The mean age of the participants was  $33.1 \pm 10.6$  years. The anteroposterior translation of the tibia in the Rolimeter measurement showed a value of  $12.0 \pm 2.4$  mm for the injured knee joint without tape. The application of Kinesio tape significantly ( $p < 0.01$ ) improved translation to

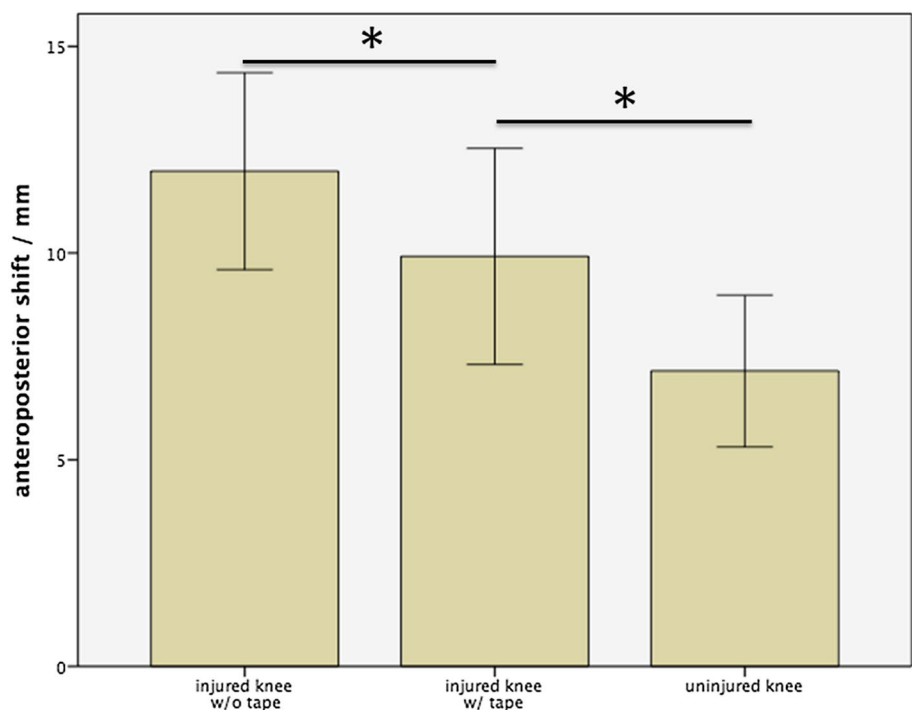
$9.9 \pm 2.6$  mm. In comparison, a translation of  $7.1 \pm 1.8$  mm was measured on the uninjured knee joint ( $p < 0.01$ ) (Fig. 2).

The absolute error in the active angle reproduction test was improved on the injured knee from  $2.6^\circ \pm 1.1^\circ$  without Kinesio tape to  $1.9^\circ \pm 1.3^\circ$  with Kinesio tape ( $p < 0.01$ ). In comparison, an absolute error of  $2.4^\circ \pm 1.1^\circ$  was measured on the uninjured knee ( $p > 0.01$ ) (Fig. 3).

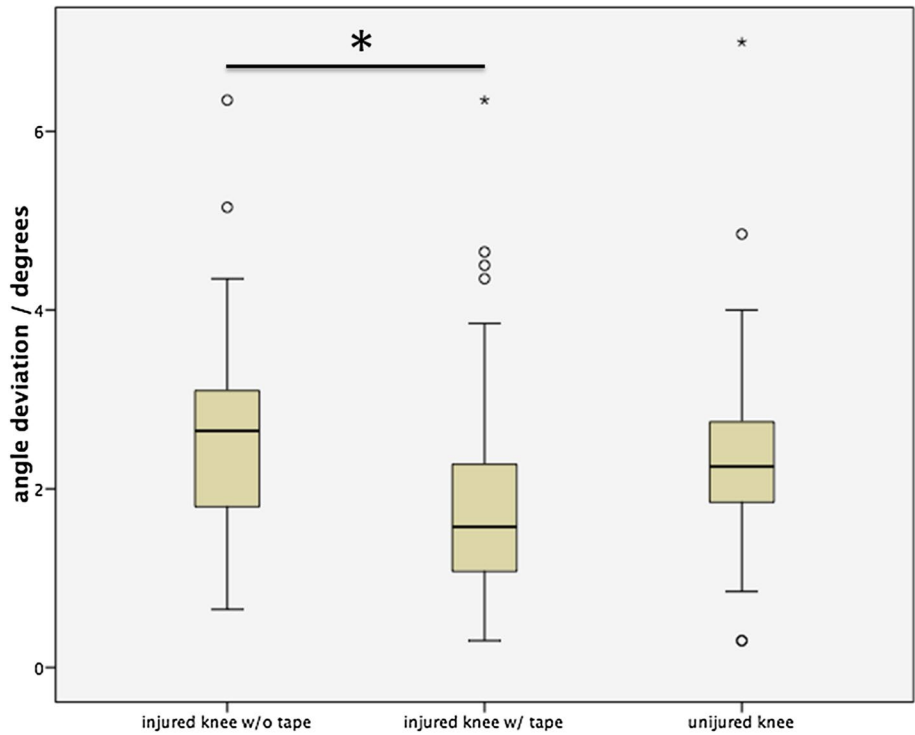
The Lysholm score improved from  $79.3 \pm 11.4$  to  $85.8 \pm 10.0$  points ( $p < 0.001$ ) and the IKDC score from  $60.2 \pm 15.3$  to  $71.3 \pm 14.4$  points ( $p < 0.001$ ) (Fig. 4).

The following changes were observed in the gait analysis. The gait velocity increased from  $1.28 \pm 0.12$  m/s without tape to  $1.30 \pm 0.13$  m/s with tape ( $p < 0.001$ ) (Table 1). The cadence of the subjects also changed significantly ( $p < 0.05$ ) from  $114.3 \pm 5.8$  steps/min without tape to  $115.2 \pm 5.8$  steps/min with tape (Fig. 5). The vertical ground reaction force of the injured knee joint changed significantly ( $p < 0.001$ ,  $p < 0.001$ ,  $p < 0.01$ ) at maximum 1 (heel impact) from  $105.5 \pm 6.1\%$  kg without tape to  $107.2 \pm 7.1\%$  kg with tape, at the minimum (mid-stance phase) from  $75.5 \pm 6.4\%$  kg without tape to  $74.2 \pm 6.8\%$  kg with tape, and at maximum 2 (toe-off) from  $105.3 \pm 5.7\%$  kg without tape to  $106.0 \pm 5.6\%$  kg with tape (Fig. 6). The maximum varus and valgus deviation of the injured knee joint in the frontal plane as well as the maximum external rotation of the tibia of the injured knee joint in the transverse plane were significantly changed ( $p < 0.01$ ,  $p < 0.001$ ,  $p < 0.001$ ) (Figs. 7, 8). An overview is presented in Table 1 and Figs. 7, 8, and 9.

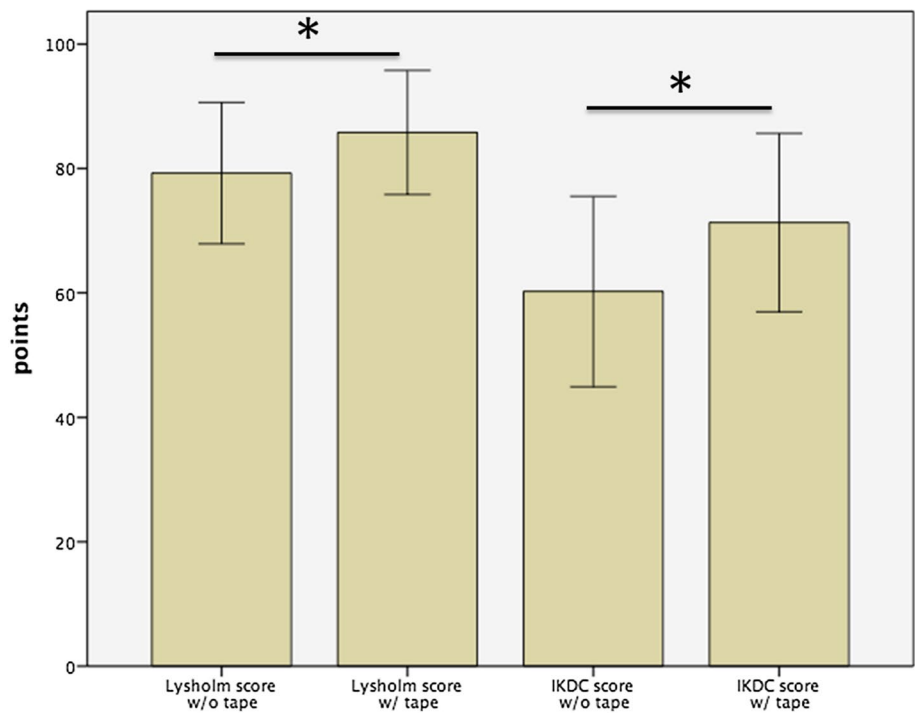
**Fig. 2** Anteroposterior shift of the tibia detected by the Rolimeter. Asterisk indicates significance



**Fig. 3** Results of the active angle reproduction test. Asterisk indicates significance



**Fig. 4** Improvement in both the Lysholm and the IKDC score. Asterisk indicates significance



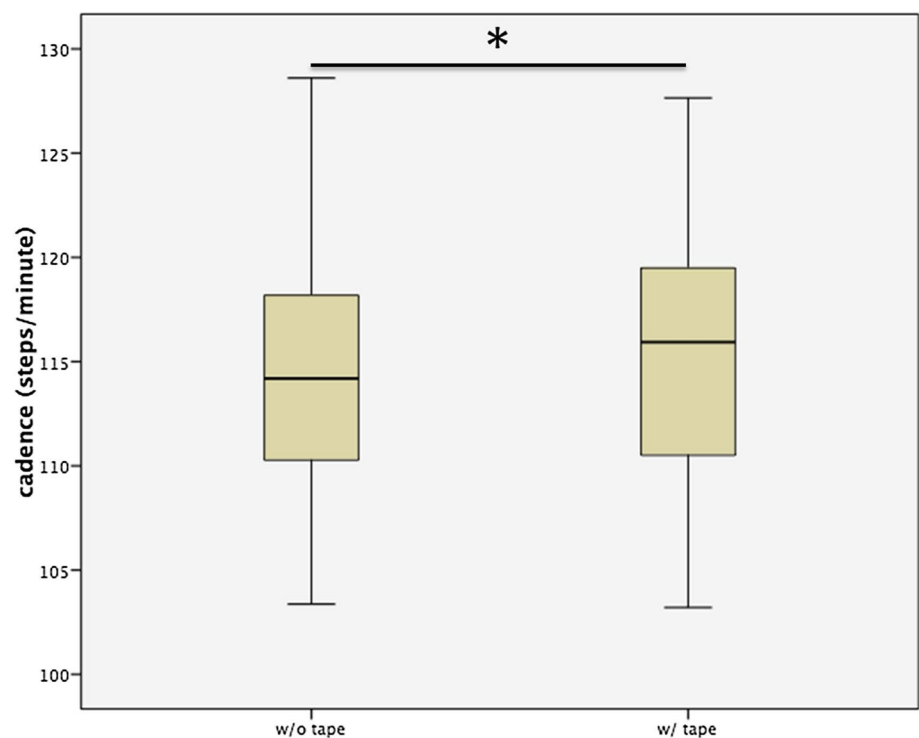
**Discussion**

The main result of the present study is that the application of KT leads to an improved proprioception after anterior cruciate ligament rupture. Both the gait pattern and the

subjectively perceived joint function are improved. Up to now, a positive effect of the application of KT has been confirmed in various studies. Treatment with KTs can lead to a reduction in pain, improved blood circulation, and increased lymph drainage [4, 13]. The research group of Cho et al. showed a positive effect of KT in elderly

**Table 1** Results of selected categories of the gait analysis

	Mean		Standard deviation		<i>p</i>
	w/o tape	w/tape	w/o tape	w/tape	
Cadence (steps/min)	114.29	115.17	5.79	5.80	0.016
Gait speed (m/s)	1.28	1.30	0.12	0.13	0.009
Maximum hip extension injured leg sagittal plain (°)	-21.18	-22.47	7.58	8.17	0.001
Max 1 vertical ground reaction force injured knee (% body weight)	105.52	107.17	6.10	7.14	0.001
Min vertical ground reaction force injured knee (% body weight)	75.48	74.20	6.40	6.83	0.001
Max 2 vertical ground reaction force injured knee (% body weight)	105.25	105.97	5.73	5.58	0.008
Maximum valgus angle frontal plain injured knee (°)	-13.06	-10.56	7.77	8.41	0.001
Maximum varus angle frontal plain injured knee (°)	0.51	2.57	5.47	6.53	0.002
Maximum tibial external rotation transversal plain injured knee (°)	-4.25	-5.84	6.43	7.35	0.001
Maximum tibial internal rotation transversal plain injured knee (°)	11.88	11.90	6.32	6.41	0.652

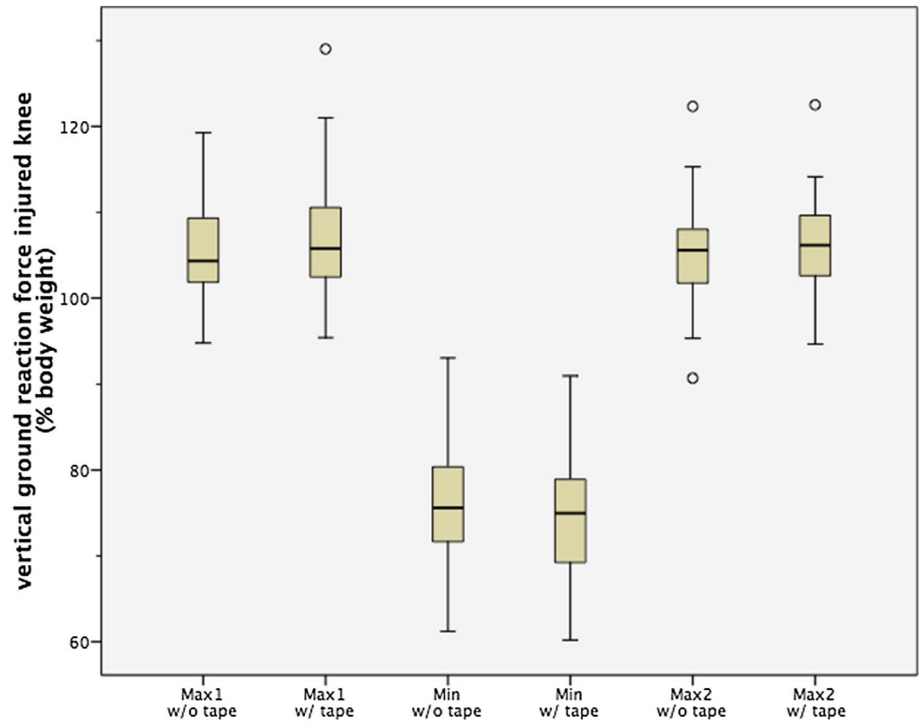
**Fig. 5** Cadence of the participants during gait analysis. Asterisk indicates significance

patients with osteoarthritis of the knee. Forty-six patients with osteoarthritis of the knee were divided into two groups. One group was treated with KT and the other with a placebo tape. The tapes were applied in the area of the quadriceps muscle. After just a short application, the KT group showed a significant improvement in active mobility, proprioception, and pain. In comparison, no significant improvements could be demonstrated in the placebo group [13]. Few data are available regarding an improvement in proprioception after KT application. A Portuguese group showed an immediate and short-term effect in the threshold to detection of passive motion but no effect on joint position sense within a group of healthy individuals [14].

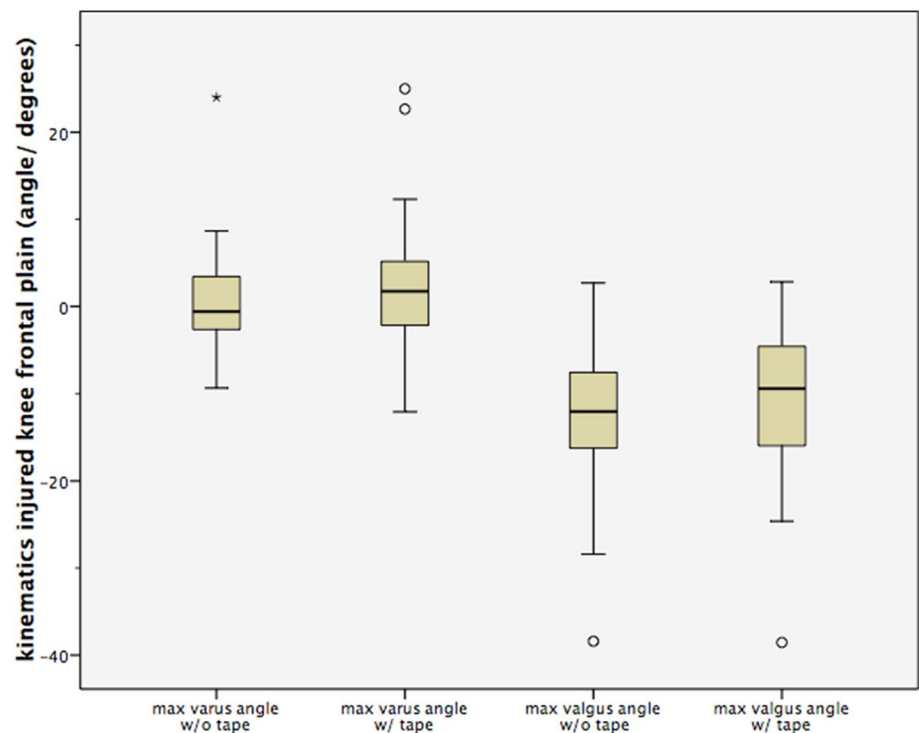
Another study with healthy individuals failed to detect any effect on lower limb function after KT application to the anterior thigh [15].

In contrast to this, no positive effect could be demonstrated after application of KT to the upper ankle joint (UAJ) in a study by Halseth et al. Fifteen men and 15 women were included in this study. On the one side, the UAJ was treated with KT, while the contralateral side remained without KT application as a control. No improvement in proprioception could be determined on the KT side, compared with the untreated side [6]. A possible reason for the absence of a positive effect after KT application might be that this study involved healthy subjects without trauma. Most studies have

**Fig. 6** Vertical ground reaction force of the injured leg



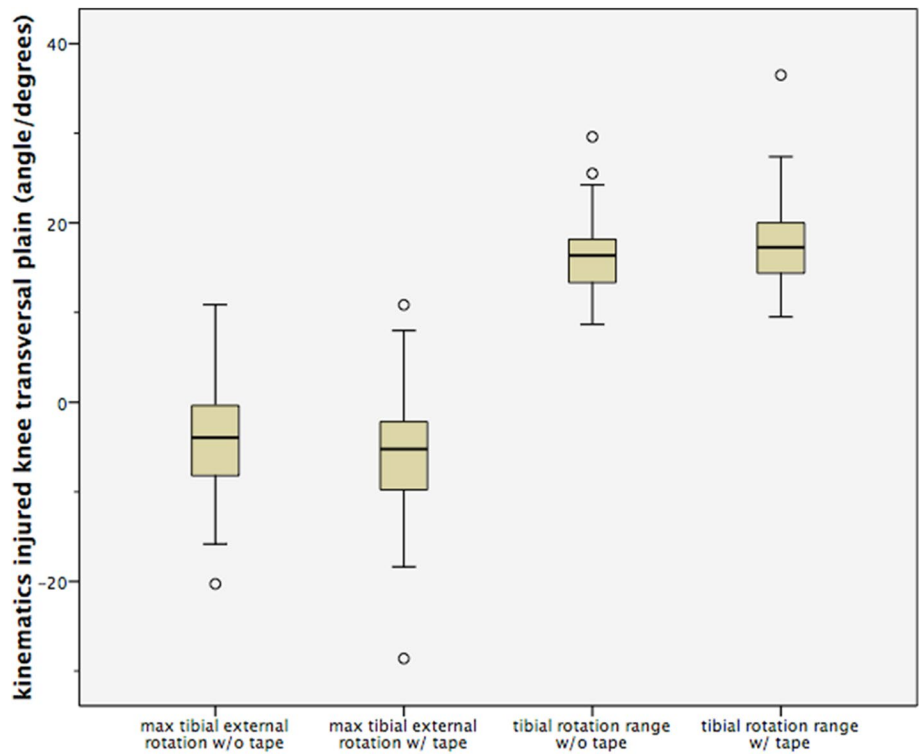
**Fig. 7** Kinematics of the injured knee in the frontal plane



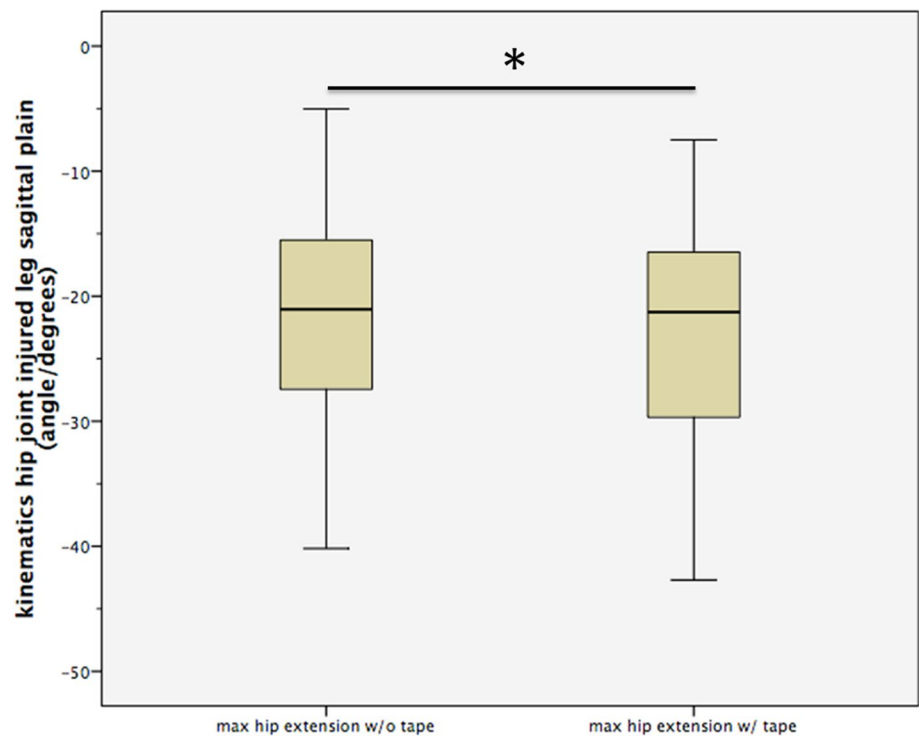
shown a positive effect on proprioception in patients with trauma [5, 7, 16]. This claim is supported by an investigation by Simon et al. Twenty-eight patients were enrolled in this case–control study, 14 patients with functional UAJ instability, and 14 patients without UAJ trauma. All patients

with UAJ instability were treated with KTs, while the control group did not receive KT treatment. In the KT group, an improvement in proprioception was demonstrated directly after KT application. After 72 h, no significant differences were seen between the two groups [5].

**Fig. 8** Kinematics of the injured knee in the transversal plane



**Fig. 9** Kinematics of the hip joint (hip extension) of the injured leg in the sagittal plane. Asterisk indicates significance



How the KT unfolds its effect is debatable. The stimulus on mechanoreceptors may modulate the efferent signals toward the nervous system [8]. Current investigations support this theory, examining both the cutaneous and subcutaneous structures and the fascia with ultrasound while KT is

applied to the skin [17, 18]. This may explain the improvement in proprioceptive skills. The data received from gait analysis with the kinematics of the injured knee in the frontal and transversal plane might indicate a protective effect on the injured knee after KT application.

The stabilizing effect on the ACL deficient knee is also unclear. The toning effect of KT on the ischiocrural muscle group and the detoning effect on the quadriceps group may support the physiological function as agonist and antagonist with regard to anterior tibial translation. A few studies have shown little effect on muscle strength, regardless of the individual muscle or body region [19]. The positive modulation of the bioelectrical activity of the vastus medialis muscle was presented a decade ago [20]. In contrast, some studies measuring changes in muscle strength of the anterior and posterior thigh in regard to KT application failed to show a benefit of KT [15, 21, 22].

Most studies, including meta-analyses, do not provide any evidence for the application of KT in the treatment of muscle trauma or joint injuries [23]. This appears to be due to the inhomogeneity of the study results, on the one hand, but also to the still very small number of statistically powerful studies available.

The limitation of the present study is the lack of a control group, in order to be able to compare our results with healthy subjects or a sham group. Nevertheless, the investigation shows a reproducible result for the application of KT in patients with an ACL rupture.

## Conclusions

Contrary to the results of most meta-analyses, we were able to demonstrate a positive effect after treatment with KT. The application of KT leads to an improved proprioception in patients with an anterior cruciate ligament rupture. In addition, the use of KT leads to an improved gait pattern as well as to a subjectively improved function of the affected knee joint. Based on our results, we advocate the use of KT as a possible supporting aid in the conservative treatment of ACL ruptures.

## Compliance with ethical standards

**Conflict of interest** We did not receive any benefits directly or indirectly from commercial parties.

## References

- Kim K-S, Seo H-M, Lee H-D (2002) Effect of taping method on ADL, range of motion, hand function and quality of life in post-stroke Patients for 5 weeks. *Korean J Rehabil Nurs* 5(1):7–17
- Lee M-S (2007) Effects of kinesio taping on muscle strength improvement, and the blood markers of muscle fatigue and damage. The Graduate School of Yonsei University, Seoul
- Kase K, Wallis J, Kase T (2003) Clinical therapeutic application of the Kinesio taping method, 3rd edn. Kenikai Co. Ltd, Tokyo
- Callaghan MJ, Selfe J (2012) Patellar taping for patellofemoral pain syndrome in adults. *Cochrane Database Syst Rev* 4:CD006717. <https://doi.org/10.1002/14651858.cd006717.pub2>
- Simon J, Garcia W, Docherty CL (2014) The effect of kinesio tape on force sense in people with functional ankle instability. *Clin J Sport Med* 24(4):289–294
- Halseth T, McChesney JW, Debeliso M, Vaughn R, Lien J (2004) The effects of kinesio taping on proprioception at the ankle. *J Sports Sci Med* 3(1):1–7
- Williams S, Whatman C, Hume PA, Sheerin K (2012) Kinesio taping in treatment and prevention of sports injuries. *Sports Med* 42(2):153–164
- Riemann BL, Lephart SM (2002) The sensorimotor system, part II: the role of proprioception in motor control and functional joint stability. *J Athl Train* 37(1):80
- Cabuk H, Kusku Cabuk F (2016) Mechanoreceptors of the ligaments and tendons around the knee. *Clin Anat* 29(6):789–795. <https://doi.org/10.1002/ca.22743>
- Tegner Y, Lysholm J (1985) Rating systems in the evaluation of knee ligament injuries. *Clin Orthop Relat Res* 198:43–49
- Ganko A, Engebretsen L, Ozer H (2000) The rolimeter: a new arthrometer compared with the KT-1000. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 8(1):36–39. <https://doi.org/10.1007/s001670050008>
- Anders JO, Venbrocks RA, Weinberg M (2008) Proprioceptive skills and functional outcome after anterior cruciate ligament reconstruction with a bone-tendon-bone graft. *Int Orthop* 32(5):627–633. <https://doi.org/10.1007/s00264-007-0381-2>
- Cho HY, Kim EH, Kim J, Yoon YW (2015) Kinesio taping improves pain, range of motion, and proprioception in older patients with knee osteoarthritis: a randomized controlled trial. *Am J Phys Med Rehabil* 94(3):192–200. <https://doi.org/10.1097/PHM.000000000000148>
- Torres R, Trindade R, Gonçalves RS (2016) The effect of kinesiology tape on knee proprioception in healthy subjects. *J Bodyw Mov Ther* 20(4):857–862. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2016.02.009>
- de Almeida Lins CA, Neto FL, de Amorim ABC, de Brito Macedo L, Brasileiro JS (2013) Kinesio Taping<sup>®</sup> does not alter neuromuscular performance of femoral quadriceps or lower limb function in healthy subjects: randomized, blind, controlled, clinical trial. *Man Ther* 18(1):41–45
- Morris D, Jones D, Ryan H, Ryan C (2013) The clinical effects of Kinesio<sup>®</sup> Tex taping: a systematic review. *Physiother Theory Pract* 29(4):259–270
- Cimino SR, Beaudette SM, Brown SH (2018) Kinesio taping influences the mechanical behaviour of the skin of the low back: a possible pathway for functionally relevant effects. *J Biomech* 67:150–156
- Tu SJ, Woledge RC, Morrissey D (2016) Does ‘Kinesio tape’ alter thoracolumbar fascia movement during lumbar flexion? An observational laboratory study. *J Bodyw Mov Ther* 20(4):898–905
- Csapo R, Alegre LM (2015) Effects of Kinesio<sup>®</sup> taping on skeletal muscle strength—a meta-analysis of current evidence. *J Sci Med Sport* 18(4):450–456
- Ślupik A, Dwornik M, Białoszewski D, Zych E (2007) Effect of Kinesio Taping on bioelectrical activity of vastus medialis muscle. Preliminary report. *Ortop Traumatol Rehabil* 9(6):644–651
- Fu T-C, Wong AM, Pei Y-C, Wu KP, Chou S-W, Lin Y-C (2008) Effect of Kinesio taping on muscle strength in athletes—a pilot study. *J Sci Med Sport* 11(2):198–201
- Wong OM, Cheung RT, Li RC (2012) Isokinetic knee function in healthy subjects with and without Kinesio taping. *Phys Ther Sport* 13(4):255–258
- Parreira PdCS, Costa LdCM, Junior LCH, Lopes AD, Costa LOP (2014) Current evidence does not support the use of Kinesio Taping in clinical practice: a systematic review. *J Physiother* 60(1):31–39



## **Diskussion**

In der vorliegenden Arbeit konnte gezeigt werden, dass Patienten mit Ruptur des vorderen Kreuzbandes durch die Verwendung von Kinesiotape am verletzten Kniegelenk unter Berücksichtigung einer speziellen Anlagetechnik profitieren. Sowohl objektivierbare Größen wie anteroposteriore Translation und absoluter Fehler im aktiven Winkelreproduktionstest als auch Scores, welche ausschließlich das subjektive Empfinden des Patienten widerspiegeln, konnten signifikant verbessert werden. Erstmals gelang weiterhin eine Darstellung der Veränderung von verschiedenen Parametern der instrumentellen Ganganalyse bei Verwendung von Kinesiotape und vorliegender Ruptur des vorderen Kreuzbandes.

Auf Grund bisher fehlender direkt vergleichbarer Arbeiten werden die Teilergebnisse und die verwendeten Methoden im Folgenden einzeln diskutiert.

## **Stabilität**

Die anteriore tibiale Translation des menschlichen Kniegelenkes wurde schon vor längerer Zeit untersucht, wobei diese beim gesunden Kniegelenk mit etwa 3mm beziffert wurde. Im Kniegelenk mit insuffizientem vorderen Kreuzband wurde in derselben Arbeit eine vermehrte anteriore Translation von 4,7mm festgestellt (Markolf et al. 1976). Genauere Ergebnisse liefern Zantop et al. mit einer Untersuchung von Kadaver Kniegelenken in einem Roboter System. Sie zeigten, dass die ATT in Lachman Position (30° gebeugtes Kniegelenk) im gesunden Knie  $8.2 \pm 1.8$ mm beträgt. Nach Durchtrennung des AM und des PL Bündels des vorderen Kreuzbandes wird hier eine Vergrößerung der ATT in Lachman Position auf  $10.0 \pm 1.5$ mm bzw.  $14.9 \pm 1.2$ mm beschrieben (Zantop et al. 2007). In der vorliegenden Arbeit wurden in der Rolimeter Messung mit  $7.1 \pm 1.8$ mm (gesundes Knie) und  $12.0 \pm 2.4$ mm (Kreuzband verletztes Knie) ähnliche Ergebnisse gemessen, wobei die ATT durch das Verwenden von Kinesiotape im verletzten Knie auf  $9.9 \pm 2.6$ mm reduziert werden konnte. Was die Verbesserung der Stabilität im verletzten Knie bedingt oder ob synergistische Effekte durch die Repositionsanlage und die Muskelanlage des Kinesiotape entstehen, kann hier nur vermutet werden.

## **Winkelreproduktionstest/ Joint Position Sense**

Eine Verschlechterung des JPS und des TTDPM bei Patienten mit vorderer Kreuzbandruptur wurde in einer umfassenden Metaanalyse dargestellt werden. Insgesamt 327 Patienten wurden in die Analyse einbezogen, wobei jeweils die Propriozeption im verletzten Kniegelenk mit der des gesunden kontralateralen Gelenkes, wie in der vorliegenden Arbeit, verglichen wurde (Kim et al. 2017). Der dargestellte absolute Fehler im aktiven Winkelreproduktionstest zu Lasten des verletzten Kniegelenkes beträgt  $1.25^\circ$ , bei Betrachtung des passiven Winkelreproduktionstests  $0.57^\circ$  und nach Pooling der Subgruppen  $0.94^\circ$ . Betrachtet man die Daten der qualitativ repräsentativsten Studien, die in der Metaanalyse verarbeitet wurden, so zeigen sich auch hier keine signifikanten Unterschiede zwischen unverletztem und verletztem Knie (Fischer-Rasmussen und Jensen 2000, Fonseca et al. 2005, Ozenci et al. 2007). In der vorgelegten Arbeit war kein signifikanter Unterschied seitens des absoluten Fehlers im aktiven Winkelreproduktionstest zu Ungunsten des verletzten Kniegelenkes eruiert ( $2.6 \pm 1.1^\circ$  verletztes Knie vs.  $2.4 \pm 1.1^\circ$  unverletztes Knie). Nach Anlage des Kinesiotape konnte der absolute Fehler im aktiven Winkelreproduktionstest am verletzten Knie im Vergleich ohne Kinesiotape signifikant auf  $1.9 \pm 1.3^\circ$  reduziert werden. Der Effekt der Anwendung von Kinesiotape im Bereich des Kniegelenkes von gesunden Individuen wurde in der neueren Literatur beschrieben. Ein positiver Effekt auf den JPS des Kniegelenkes konnte jedoch nicht nachgewiesen werden (Hadamus et al. 2018, Torres et al. 2016). Im gesunden Kniegelenk scheint die Anwendung von Kinesiotape somit keinen messbaren Effekt auf den JPS zu generieren, was nach den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit im verletzten Kniegelenk different erscheint. Eine Erklärung hierfür könnte eine deutlich gestörte Propriozeption im verletzten aber auch im kontralateralen Kniegelenk des Patienten sein. Dieser Denkansatz wäre einerseits erklärend für die Verbesserung des JPS des verletzten Kniegelenkes gegenüber dem unverletzten und dem verletzten Knie, andererseits erklärt dieser Ansatz das erhöhte Risiko einer vorderen Kreuzbandruptur im kontralateralen Kniegelenk nach erlittener Verletzung im ipsilateralen Knie.

## Ganganalyseparameter

In der Literatur wird die Analyse des menschlichen Gangs auch mit Pathologien wie einer vorliegenden vorderen Kreuzbandruptur seit Langem untersucht. Die Ganganalyse zeigt hier bei verletzten Kniegelenken im Vergleich zum Gesunden eine Reduktion des Knieflexionsmoments, des Hüftadduktionswinkels, des Knieflexionswinkels und des Knieadduktionsmoments (Slater et al. 2017). Verglichen mit weiteren Studien, die kreuzbandverletzte Kniegelenke mit der instrumentellen Ganganalyse untersuchten, konnte in der vorliegenden Arbeit ein deutlich verringerter maximaler Knieflexionswinkel in der Standphase ( $15.8 \pm 4.5^\circ$  vs.  $22.3 \pm 5.5^\circ$ ) nachgewiesen werden (Roewer et al. 2011). Die Hüftbeweglichkeit in sagittaler Ebene war ebenfalls verändert. Während die Hüftflexion mit  $19.7 \pm 6.6^\circ$  im Vergleich zu  $25.4 \pm 6.1^\circ$  vermindert war, zeigte sich die Hüftextension mit  $21.2 \pm 7.6^\circ$  im Vergleich zu  $6.3 \pm 6.1^\circ$  in der aktuellen Literatur deutlich erhöht (Slater et al. 2017), wobei die Hüftextension durch die KT Anlage ( $22.5 \pm 8.2^\circ$ ) noch signifikant gesteigert werden konnte. Inwieweit dieser Aspekt der tonisierenden KT Anlage der ischiocruralen Muskulatur zuzuschreiben bleibt fraglich. Die deutlich verringerte Knieadduktion des verletzten Kniegelenkes welche durch die KT Anlage tendenziell deutlich verbessert wird, kann durch die erhöhte Tonisierung der dynamischen dorsalen und medialen Stabilisatoren wie der Hamstrings als Teile der ischiocruralen Muskeln erklärt werden ( $0.5 \pm 5.5^\circ$  ohne KT,  $2.6 \pm 6.3^\circ$  mit KT,  $3.3 \pm 2.9^\circ$  gesundes Knie) (Slater et al. 2017). Der gleiche Sachverhalt ist wahrscheinlich auch für den signifikant verringerten Knieabduktionswinkel ( $13.1 \pm 7.8^\circ$  ohne KT,  $10.6 \pm 8.4^\circ$  mit KT) und erhöhten Knieaußenrotationswinkel ( $4.3 \pm 6.4^\circ$  ohne KT,  $5.8 \pm 7.4^\circ$  mit KT) verantwortlich, wobei hier letzteres scheinbar durch den erhöhten Tonus der dorsal lateralen Muskulatur mit M. biceps femoris vermittelt wird. Insgesamt zeigt der Gang der Probanden nach KT Anlage auch durch die erhöhte Ganggeschwindigkeit und Kadenz insgesamt eine höhere Dynamik, welche für weniger Probleme im verletzten Kniegelenk beim Gehen spricht. Verglichen mit der subjektiven Einschätzung der Probanden decken sich die objektiven Ergebnisse der instrumentellen Ganganalyse mit denen der subjektiven Scores.

## **Subjektive Scores**

Die signifikante Verbesserung der subjektiven Scores wird sowohl im Lysholm Score ( $79.3 \pm 11.4$  ohne KT vs.  $85.8 \pm 10.0$  mit KT) als auch im IKDC Score ( $60.2 \pm 15.3$  ohne KT vs.  $71.3 \pm 14.4$  mit KT) deutlich. Bezüglich des Lysholm Score erfolgt hier eine Verbesserung des Status des betroffenen Kniegelenkes von „mittel“ auf „gut“ (Mitsou et al. 1990). Vergleichbare Daten sind in der aktuellen Literatur nicht verfügbar. Mehrere Studien untersuchten das Outcome nach konservativer Therapie der vorderen Kreuzbandruptur im Kurz- und Langzeit Verlauf, wobei die Behandlungsregimes deutlich differierten und der Lysholm Score nicht mehr als 72 bzw. 77 Punkte erreichte (Tegner et al. 1984, Wittenberg et al. 1998). Ein Vergleich mit Daten, die eine konservative Behandlung der vorderen Kreuzbandruptur mit Kinesiotape einschließen, fehlen.

Ein Vergleich zu einer aktuellen Metaanalyse, welche die Versorgung der vorderen Kreuzbandruptur mit vorderer Kreuzbandersatzplastik auch im Hinblick auf das Patientenalter vergleicht, liefert bezüglich der Resultate ähnliche Ergebnisse (Corona et al. 2019). Kinugasa et al. konnten in der Patientengruppe zwischen 30 und 49 Jahren eine Verbesserung des Lysholm Score von 64 (präoperativ) zu 98 (postoperativ) detektieren (Kinugasa et al. 2011). Vergleichbare Ergebnisse liefern Cinque et al. im Lysholm Score der 20-30 Jahre alten Patienten. Eine Verbesserung von 45.1 (präoperativ) zu 85.8 (postoperativ) war signifikant (Cinque et al. 2017). Auch im IKDC Score sind deutliche Verbesserungen in der Gruppe der unter 40jährigen operierten Patienten im Vergleich präoperativ ( $56 \pm 4.32$ ) zu postoperativ ( $96 \pm 4.59$ ) in der aktuellen Literatur beschrieben worden (Iorio et al. 2018).

## **Methodenkritik**

### ***Stabilitätsmessung***

Das Rolimeter ist ein einfaches, nicht invasives und portables Messinstrument zur Bestimmung der anteroposterioren Translation der Tibia gegenüber des Femurs am menschlichen Kniegelenk (Balasch et al. 1999, Ganko et al. 2000). Die Praktikabilität sowie die Reliabilität der Ergebnisse, auch im Hinblick auf die Erfahrung des Untersuchers mit dem Messinstrument, wurden mehrfach untersucht. Bei Seit-zu-Seit Differenzen von größer gleich 3mm ist die Sensitivität des Rolimeter vergleichbar mit

der des KT-1000 Arthrometers, welches als Goldstandard der Knie-translationsmessung gilt, wobei hier die Verfügbarkeit den Einsatz in der Routine deutlich limitiert.

In der vorliegenden Arbeit wurden alle Stabilitätsmessungen ausschließlich durch einen erfahrenen Kreuzbandchirurgen durchgeführt.

### ***Propriozeptionsmessung***

Obwohl die Wahrnehmung der Gelenkstellung und dessen Steuerung eine fundamentale Voraussetzung für jegliche Lokomotion eines jeden Lebewesens darstellt, ist der Begriff der Propriozeption selbst abstrakt und die Messung propriozeptiver Fähigkeiten mit einem Standardverfahren auch heute noch nicht etabliert. Näherungsversuche die Propriozeption von einzelnen Gelenken zu messen, werden durch aufwendige Apparaturen schon lange unternommen (Fechner 1860). Die gebräuchlichsten apparativen Testverfahren heute sind TTDP, JPR und AMEDA (Lephart et al. 2002, Waddington und Adams 1999, Weerakkody et al. 2008). Jedes dieser Testverfahren basiert auf einem anderen Input Stimulus, wobei die TTDP und JPR durch die einfach zu realisierende Messung von Gelenkwinkeln am praktikabelsten erscheint. Die Kritik an der Durchführung von Winkelreproduktionstests besteht in der Isolation einer Gelenkbewegung sowie der Möglichkeit der Ermüdung oder Gewöhnung des Probanden an die Bewegung. Weiterhin wird die Inhomogenität der Versuchsprotokolle in Bezug auf die Wiederholungen sowie die Auswertung der Ergebnisse mit Darstellung der absoluten Fehler der Abweichung im Winkelreproduktionstest diskutiert (Han et al. 2016).

### ***Ganganalyse***

Die instrumentelle Ganganalyse mittels VICON® System ist ein aufwendiges etabliertes Verfahren um die komplexe Fortbewegungsform aufrechter Gang qualitativ und quantitativ darzustellen. Durch die Aufzeichnung der Bewegung über am Körper des Probanden angebrachte Marker, wird bei der Ganganalyse ein Doppelschritt analysiert. Die umfangreichen Daten werden verschiedenen Modulen sog. Marker Sets prozessiert und in Form von Winkel- Zeit bzw. Kraft- Zeit Diagrammen abgebildet (Sander et al. 2012). Die Verwendung verschiedener Ganganalysesysteme und die verschiedenen Marker Sets limitieren die Vergleichbarkeit der Ergebnisse. Einen weiteren Nachteil der Methode bezüglich der Validität der Messdaten bedingen

Artefakte durch Haut- und Weichteilverschiebungen der angebrachten Marker über dem entsprechenden Skelettabschnitt (Cappozzo et al. 2005). Die Durchführung einer Fluoroskopie während eines Gangzyklus oder Messverfahren, die CT basierte Oberflächenmodelle oder in einer Operation am Knochen angebrachte Marker als Rechengrundlage verwenden, können die Artefakte reduzieren, sind allerdings bezüglich Ihrer Strahlenbelastung und Invasivität nur bedingt in der diagnostischen Routine zu rechtfertigen (Komistek et al. 2003, Tashman et al. 2004). Der zeitliche und apparative Aufwand der instrumentellen Ganganalyse sowie die Notwendigkeit der räumlichen und finanziellen Mittel sind als weiterer Nachteil bzw. limitierender Faktor der Methode zu nennen.

### **Subjektive Scores**

Der Lysholm Score und der IKDC Score sind etablierte Scores, welche die Kniegelenksfunktion evaluieren (Hefti et al. 1993, Lysholm und Gillquist 1982, Lysholm und Tegner 2007). Insbesondere der Lysholm Score gilt als meist genutzter subjektiver Score zur Beschreibung der Kniegelenksinstabilität. Die Reliabilität und Validität beider Scores wurde mehrfach untersucht und belegt (Briggs et al. 2009, Irrgang et al. 2001).

### **Limitationen der Studie**

Die Validität der Ergebnisse der vorliegenden Arbeit ist auf Grund der Fallzahl auf n=48 Patienten limitiert. Die Altersstruktur der Kohorte war mit  $33.1 \pm 10.6$  Jahren mit vielen anderen Studien zur vorderen Kreuzbandverletzung vergleichbar. Die Inhomogenität der Studienteilnehmer bezüglich des Geschlechts wird durch die Überrepräsentation der männlichen Patienten deutlich (39 Männer, 9 Frauen).

Des Weiteren dient in der vorliegenden Arbeit das unverletzte kontralaterale Kniegelenk der Patienten bei allen objektiv apparativ quantitativen Parametern als Kontrolle des verletzten Knies. Eine Kontrollgruppe bestehend aus gesunden Individuen mit gleicher Alters- und Geschlechterverteilung, welche sich derselben KT Anlage an einem Kniegelenk unterzogen, fehlt. Ebenso findet sich wegen der Singularität der Kohorte keine Randomisierung. Ein Vergleich mit einer differierenden KT Applikation wurde nicht untersucht.

## **Wirkmechanismus Kinesiotape und Vergleich mit Knieorthesen**

Die vorliegende Arbeit liefert seitens der Wirkungsweise von Kinesiotape keine neuen Erkenntnisse. Die Anlagetechnik mit der Verwendung von detonisierenden (Quadriceps) und tonisierenden (ischio-crurale Gruppe) Bändern sowie des Repositionsbandes über der Tuberositas tibiae nach dorsal wurde nicht auf die Wirksamkeit oder eine teilweise Wirksamkeit der einzelnen Tape Streifen getestet. Die verwendete Kinesiotape Anlage ist vielmehr als eine sich ergänzende Gesamttherapie zu verstehen.

Die Wirkungsweise von Kinesiotape wird in der aktuellen Literatur noch kontrovers diskutiert. Das Aufkleben der Tapes auf die Haut mit einer gewissen Vorspannung sowie die in Wellenform aufgetragenen Acrylatkleber Streifen führen zur Ausbildung von Wellen auf der Haut, welche als Convulsions bezeichnet werden. An den Rändern der Tapes kommt es so zu Veränderungen der Epidermis und Dermis, welche im hochauflösenden Ultraschall dargestellt werden konnten (Cimino et al. 2018). Auch Auswirkungen auf tiefer liegende Gewebe wie Faszien und Subkutis wurden in aufwendigen Studien untersucht (Tu et al. 2016). Die Wirkungsweise von Kinesiotape und die von den Anwendern propagierte Notwendigkeit der Convulsions wurde ebenfalls untersucht. Der Beweis für den therapeutischen Effekt der Convulsions konnte bisher nicht endgültig bestätigt werden (Parreira et al. 2014). Additive Effekte wie eine Erhöhung des Blutflusses in der Haut der therapierten Körperregion sowie ein verbesserter Lymphabfluß in der akuten Phase nach Distorsion des oberen Sprunggelenkes wurden vermutet aber ebenfalls nicht bewiesen (Nunes et al. 2015, Yang und Lee 2018).

Bandagen und Orthesen haben einen hohen Stellenwert in der konservativen und operativen Therapie der vorderen Kreuzbandruptur. Dienen sie zum einen zur Stabilisierung und Funktionsverbesserung in der akuten Phase nach Verletzung so schützen sie im postoperativen Setting eine Kreuzbandersatzplastik und andere in einer Operation therapierte anatomische Strukturen wie Meniskus oder Knorpel. Strutzenberger et al. haben verschiedene Orthesen- bzw. Bandagen Designs in einer umfassenden Studie untersucht (Strutzenberger et al. 2012). Dabei wurden wie in der vorliegenden Studie Patienten mit vorderer Kreuzbandinsuffizienz mit Stabilitätstest und aktivem Winkelreproduktionstest untersucht. Es zeigte sich ebenfalls eine signifikante Verbesserung der ATT mit angelegter Multifunktionsorthese mit

Gelenkschienen und Spezialgestrick ( $8.3 \pm 1.3$ mm ohne Orthese,  $5.6 \pm 0.7$ mm mit Orthese). Der dargestellte absolute Fehler im aktiven Winkelreproduktionstest war beim verletzten Kniegelenk mit  $2.5 \pm 0.5^\circ$  vergleichbar mit den Werten der vorliegenden Arbeit ( $2.6 \pm 1.1^\circ$ ). Eine Verbesserung war unter der Therapie mit angelegter Orthese allerdings nicht messbar ( $2.3 \pm 0.4^\circ$ ). Mit KT konnte hier eine signifikante Verbesserung des JPS gezeigt werden ( $1.9 \pm 1.3^\circ$ ). KT scheint hier über eine stärkere Wirkung im propriozeptiven System als die Bandage bzw. Orthese einen positiven Effekt auf die Tiefensensibilität und den JPS zu entfalten. Die Verbesserung der Stabilität, welche vergleichbar einer rigiden Orthese ist, wird scheinbar über das Zusammenspiel der KT Anlagetechnik mit Veränderung der Tonisierung und Detonisierung verschiedener Muskelgruppen im Oberschenkel und der Repositionsanlagetechnik vermittelt.



## **Schlussfolgerungen und Bezug zum klinischen Alltag**

In der vorgelegten Studie wurden objektivierbare Verbesserungen im Hinblick auf Stabilität, das Gangbild und das Gelenkstellungsempfinden des verletzten Kniegelenkes bei Patienten mit vorderer Kreuzbandruptur nachgewiesen.

Diese positiven Effekte können bei der konservativen Therapie der vorderen Kreuzbandruptur als Alternative zur Operation genutzt werden. Des Weiteren könnten die positiven Ergebnisse auch im postoperativen Setting nach erfolgter Operation auftreten. Bei vergleichbaren Ergebnissen mit der Anwendung von Orthesen besitzt die Verwendung von KT als komfortable, einfach anwendbare und kostengünstige Methode mehr als nur ihre Daseinsberechtigung. Inwieweit die positiven Effekte des KT als postoperative Therapieoption und als Mittel der Prävention von Knie- bzw. Kreuzbandverletzungen genutzt werden können, war nicht Gegenstand der vorgelegten Arbeit. Das therapeutische Potenzial und die Wirkungsweise von KT ist jedoch bei Weitem nicht ausreichend erforscht, so dass in Zukunft diesbezüglich weitere Studien und Forschungsprojekte angestrengt werden sollten.

## Literatur- und Quellenverzeichnis

- Aguiar R, Boschi S, Lazzareschi L, Silva APD, Scardovelli TA, Filoni E, Manrique AL, Frere AF. 2018. The late effect of Kinesio Taping((R)) on handgrip strength. *J Bodyw Mov Ther*, 22 (3):598-604.
- Allen CR, Wong EK, Livesay GA, Sakane M, Fu FH, Woo SL. 2000. Importance of the medial meniscus in the anterior cruciate ligament-deficient knee. *J Orthop Res*, 18 (1):109-115.
- Balasz H, Schiller M, Friebel H, Hoffmann F. 1999. Evaluation of anterior knee joint instability with the Rolimeter A test in comparison with manual assessment and measuring with the KT-1000 arthrometer. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 7 (4):204-208.
- Balki S, Goktas HE, Oztemur Z. 2016. Kinesio taping as a treatment method in the acute phase of ACL reconstruction: A double-blind, placebo-controlled study. *Acta Orthop Traumatol Turc*, 50 (6):628-634.
- Berezutsky VI. 2018. [The application of kinesiotope for the rehabilitation of the post-stroke patients]. *Vopr Kurortol Fizioter Lech Fiz Kult*, 95 (2):58-64.
- Beynon B, Howe JG, Pope MH, Johnson RJ, Fleming BC. 1992. The measurement of anterior cruciate ligament strain in vivo. *Int Orthop*, 16 (1):1-12.
- Bierbaum M, Schoffski O, Schliemann B, Kusters C. 2017. Cost-utility analysis of dynamic intraligamentary stabilization versus early reconstruction after rupture of the anterior cruciate ligament. *Health Econ Rev*, 7 (1):8.
- Boobphachart D, Manimmanakorn N, Manimmanakorn A, Thuwakum W, Hamlin MJ. 2017. Effects of elastic taping, non-elastic taping and static stretching on recovery after intensive eccentric exercise. *Res Sports Med*, 25 (2):181-190.

- Briggs KK, Lysholm J, Tegner Y, Rodkey WG, Kocher MS, Steadman JR. 2009. The reliability, validity, and responsiveness of the Lysholm score and Tegner activity scale for anterior cruciate ligament injuries of the knee: 25 years later. *Am J Sports Med*, 37 (5):890-897.
- Buller LT, Best MJ, Baraga MG, Kaplan LD. 2015. Trends in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction in the United States. *Orthop J Sports Med*, 3 (1):2325967114563664.
- Cappozzo A, Della Croce U, Leardini A, Chiari L. 2005. Human movement analysis using stereophotogrammetry. Part 1: theoretical background. *Gait Posture*, 21 (2):186-196.
- Cho HY, Kim EH, Kim J, Yoon YW. 2015. Kinesio taping improves pain, range of motion, and proprioception in older patients with knee osteoarthritis: a randomized controlled trial. *Am J Phys Med Rehabil*, 94 (3):192-200.
- Cimino SR, Beaudette SM, Brown SHM. 2018. Kinesio taping influences the mechanical behaviour of the skin of the low back: A possible pathway for functionally relevant effects. *J Biomech*, 67:150-156.
- Cinque ME, Chahla J, Moatshe G, DePhillipo NN, Kennedy NI, Godin JA, LaPrade RF. 2017. Outcomes and Complication Rates After Primary Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Are Similar in Younger and Older Patients. *Orthop J Sports Med*, 5 (10):2325967117729659.
- Corona K, Ronga M, Morris BJ, Tamini J, Zappala G, Cherubino M, Cerciello S. 2019. Comparable clinical and functional outcomes after anterior cruciate ligament reconstruction over and under 40 years of age. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*.
- Csapo R, Alegre LM. 2015. Effects of Kinesio((R)) taping on skeletal muscle strength- A meta-analysis of current evidence. *J Sci Med Sport*, 18 (4):450-456.

- Daniel DM, Stone ML, Dobson BE, Fithian DC, Rossman DJ, Kaufman KR. 1994. Fate of the ACL-injured patient. A prospective outcome study. *Am J Sports Med*, 22 (5):632-644.
- Diermann N, Schumacher T, Schanz S, Raschke MJ, Petersen W, Zantop T. 2009. Rotational instability of the knee: internal tibial rotation under a simulated pivot shift test. *Arch Orthop Trauma Surg*, 129 (3):353-358.
- Dos Santos Gloria IP, Politti F, Leal Junior ECP, Lucareli PRG, Herpich CM, Antonialli FC, de Paula Gomes CAF, de Oliveira Gonzalez T, Biasotto-Gonzalez DA. 2017. Kinesio taping does not alter muscle torque, muscle activity or jumping performance in professional soccer players: A randomized, placebo-controlled, blind, clinical trial. *J Back Musculoskelet Rehabil*, 30 (4):869-877.
- Eder K, Mommsen H. 2013. Richtig Tapen - Funktionelle Verbände am Bewegungsapparat optimal anlegen. 2., erweiterte Auflage Aufl. Balingen: Spitta Verlag GmbH & Co. KG.
- Espi-Lopez GV, Serra-Ano P, Cobo-Pascual D, Zarzoso M, Suso-Marti L, Cuenca-Martinez F, Ingles M. 2019. Effects of Taping and Balance Exercises on Knee and Lower Extremity Function in Amateur Soccer Players: A Randomized Controlled Trial. *J Sport Rehabil*:1-25.
- Fechner G. 1860. *Elemente der Psychophysik*. Leipzig: Breitkopf und Härtel.
- Fischer-Rasmussen T, Jensen PE. 2000. Proprioceptive sensitivity and performance in anterior cruciate ligament-deficient knee joints. *Scand J Med Sci Sports*, 10 (2):85-89.
- Fitzgerald GK, Axe MJ, Snyder-Mackler L. 2000. Proposed practice guidelines for nonoperative anterior cruciate ligament rehabilitation of physically active individuals. *J Orthop Sports Phys Ther*, 30 (4):194-203.

- Fonseca ST, Ocarino JM, Silva PL, Guimaraes RB, Oliveira MC, Lage CA. 2005. Proprioception in individuals with ACL-deficient knee and good muscular and functional performance. *Res Sports Med*, 13 (1):47-61.
- Frobell RB, Roos EM, Roos HP, Ranstam J, Lohmander LS. 2010. A randomized trial of treatment for acute anterior cruciate ligament tears. *N Engl J Med*, 363 (4):331-342.
- Fromm B, Kummer W. 1994. Nerve supply of anterior cruciate ligaments and of cryopreserved anterior cruciate ligament allografts: a new method for the differentiation of the nervous tissues. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2 (2):118-122.
- Ganko A, Engebretsen L, Ozer H. 2000. The rolimeter: a new arthrometer compared with the KT-1000. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 8 (1):36-39.
- Gardinier ES, Manal K, Buchanan TS, Snyder-Mackler L. 2012. Gait and neuromuscular asymmetries after acute anterior cruciate ligament rupture. *Med Sci Sports Exerc*, 44 (8):1490-1496.
- Gardinier ES, Manal K, Buchanan TS, Snyder-Mackler L. 2013. Altered loading in the injured knee after ACL rupture. *J Orthop Res*, 31 (3):458-464.
- Giuliani JR, Kilcoyne KG, Rue JP. 2009. Anterior cruciate ligament anatomy: a review of the anteromedial and posterolateral bundles. *J Knee Surg*, 22 (2):148-154.
- Granán LP, Forssblad M, Lind M, Engebretsen L. 2009. The Scandinavian ACL registries 2004-2007: baseline epidemiology. *Acta Orthop*, 80 (5):563-567.
- Haas C, Schulze-Cleven K, Turbanski S, Schmidtbleicher D. 2007. Zur Interaktion koordinativer und propriozeptiver Leistungen. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 58 (1):19-24.

- Habsch J. 2012. Kompaktkurs Kinetische Tapes. 3. Aufl. Fürstfeldbruck: Habsch Verlag.
- Hadamus A, Grabowicz M, Wasowski P, Mosiolek A, Boguszewski D, Bialoszewski D. 2018. Assessment of the Impact of Kinesiology Taping Application Versus Placebo Taping on the Knee Joint Position Sense. Preliminary Report. *Ortop Traumatol Rehabil*, 20 (2):139-148.
- Halata Z, Haus J. 1989. The ultrastructure of sensory nerve endings in human anterior cruciate ligament. *Anat Embryol (Berl)*, 179 (5):415-421.
- Han J, Waddington G, Anson J, Adams R. 2015. Level of competitive success achieved by elite athletes and multi-joint proprioceptive ability. *J Sci Med Sport*, 18 (1):77-81.
- Han J, Waddington G, Adams R, Anson J, Liu Y. 2016. Assessing proprioception: A critical review of methods. *J Sport Health Sci*, 5 (1):80-90.
- Harmanci H, Kalkavan A, Karavelioglu MB, Yuksel O, Senturk A, Gulac M, Altinok B. 2016. Effects of kinesio taping on anaerobic power and capacity results. *J Sports Med Phys Fitness*, 56 (6):709-713.
- Hart JM, Ko JW, Konold T, Pietrosimone B. 2010. Sagittal plane knee joint moments following anterior cruciate ligament injury and reconstruction: a systematic review. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 25 (4):277-283.
- Hefti F, Muller W, Jakob RP, Staubli HU. 1993. Evaluation of knee ligament injuries with the IKDC form. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 1 (3-4):226-234.
- Herbort M, Fink C. 2015. Riss des vorderen Kreuzbandes. *Arthroskopie*, 28 (1):18-25.
- Hogervorst T, Brand RA. 1998. Mechanoreceptors in joint function. *J Bone Joint Surg Am*, 80 (9):1365-1378.

- Iorio R, Iannotti F, Ponzo A, Proietti L, Redler A, Conteduca F, Ferretti A. 2018. Anterior cruciate ligament reconstruction in patients older than fifty years: a comparison with a younger age group. *Int Orthop*, 42 (5):1043-1049.
- Irrgang JJ, Anderson AF, Boland AL, Harner CD, Kurosaka M, Neyret P, Richmond JC, Shelborne KD. 2001. Development and validation of the international knee documentation committee subjective knee form. *Am J Sports Med*, 29 (5):600-613.
- K. Kase JW, T. Kase. 2003. *Clinical Therapeutic Applications of the Kinesio Taping Method*. Albuquerque, New Mexico, USA: Ken Ikai Co Ltd.
- Kalron A, Bar-Sela S. 2013. A systematic review of the effectiveness of Kinesio Taping -fact or fashion? *Eur J Phys Rehabil Med*, 49 (5):699-709.
- Kanamori A, Sakane M, Zeminski J, Rudy TW, Woo SL. 2000. In-situ force in the medial and lateral structures of intact and ACL-deficient knees. *J Orthop Sci*, 5 (6):567-571.
- Karadag-Saygi E, Cubukcu-Aydoseli K, Kablan N, Ofluoglu D. 2010. The role of kinesiotaping combined with botulinum toxin to reduce plantar flexors spasticity after stroke. *Top Stroke Rehabil*, 17 (4):318-322.
- Karahan AY, Yildirim P, Kucuksarac S, Ordahan B, Turkoglu G, Soran N, Ozen KE, Zinnuroglu M. 2017. Effect of Kinesio taping on elbow muscle strength in healthy individuals: A randomized trial<sup>1</sup>. *J Back Musculoskelet Rehabil*, 30 (2):317-323.
- Kasawara KT, Mapa JMR, Ferreira V, Added MAN, Shiwa SR, Carvas N, Jr., Batista PA. 2018. Effects of Kinesio Taping on breast cancer-related lymphedema: A meta-analysis in clinical trials. *Physiother Theory Pract*, 34 (5):337-345.
- Kim HJ, Lee JH, Lee DH. 2017. Proprioception in Patients With Anterior Cruciate Ligament Tears: A Meta-analysis Comparing Injured and Uninjured Limbs. *Am J Sports Med*, 45 (12):2916-2922.

- Kinugasa K, Mae T, Matsumoto N, Nakagawa S, Yoneda M, Shino K. 2011. Effect of patient age on morphology of anterior cruciate ligament grafts at second-look arthroscopy. *Arthroscopy*, 27 (1):38-45.
- Kocyigit F, Acar M, Turkmen MB, Kose T, Guldane N, Kuyucu E. 2016. Kinesio taping or just taping in shoulder subacromial impingement syndrome? A randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *Physiother Theory Pract*, 32 (7):501-508.
- Komistek RD, Dennis DA, Mahfouz M. 2003. In vivo fluoroscopic analysis of the normal human knee. *Clin Orthop Relat Res*, (410):69-81.
- Krause F, Dust K, Banzer W, Vogt L. 2017. Cohort Survey on Prevalence and Subjectively-Perceived Effects of Kinesiotape.
- Krause M, Freudenthaler F, Frosch KH, Achtnich A, Petersen W, Akoto R. 2018. Operative Versus Conservative Treatment of Anterior Cruciate Ligament Rupture. *Dtsch Arztebl Int*, 115 (51-52):855-862.
- Kumbrink B. 2011. *K-Taping - Ein Praxishandbuch*. 2. Aufl. Heidelberg: Springer Medizin Verlag.
- Lee NH, Jung HC, Ok G, Lee S. 2017. Acute effects of Kinesio taping on muscle function and self-perceived fatigue level in healthy adults. *Eur J Sport Sci*, 17 (6):757-764.
- Lephart SM, Myers JB, Bradley JP, Fu FH. 2002. Shoulder proprioception and function following thermal capsulorrhaphy. *Arthroscopy*, 18 (7):770-778.
- Levy AS, Meier SW. 2003. Approach to cartilage injury in the anterior cruciate ligament-deficient knee. *Orthop Clin North Am*, 34 (1):149-167.
- Lim EC, Tay MG. 2015. Kinesio taping in musculoskeletal pain and disability that lasts for more than 4 weeks: is it time to peel off the tape and throw it out with the



- sweat? A systematic review with meta-analysis focused on pain and also methods of tape application. *Br J Sports Med*, 49 (24):1558-1566.
- Lyman KJ, Gange KN, Hanson TA, Mellinger CD. 2017. Effects of 3 Different Elastic Therapeutic Taping Methods on the Subacromial Joint Space. *J Manipulative Physiol Ther*, 40 (7):494-500.
- Lysholm J, Gillquist J. 1982. Evaluation of knee ligament surgery results with special emphasis on use of a scoring scale. *Am J Sports Med*, 10 (3):150-154.
- Lysholm J, Tegner Y. 2007. Knee injury rating scales. *Acta Orthop*, 78 (4):445-453.
- Markolf KL, Mensch JS, Amstutz HC. 1976. Stiffness and laxity of the knee--the contributions of the supporting structures. A quantitative in vitro study. *J Bone Joint Surg Am*, 58 (5):583-594.
- Markstrom JL, Schelin L, Hager CK. 2018. A novel standardised side hop test reliably evaluates landing mechanics for anterior cruciate ligament reconstructed persons and controls. *Sports Biomech*:1-17.
- Mehl J, Otto A, Baldino JB, Achtnich A, Akoto R, Imhoff AB, Scheffler S, Petersen W. 2019. The ACL-deficient knee and the prevalence of meniscus and cartilage lesions: a systematic review and meta-analysis (CRD42017076897). *Arch Orthop Trauma Surg*, 139 (6):819-841.
- Meuffels DE, Favejee MM, Vissers MM, Heijboer MP, Reijman M, Verhaar JA. 2009. Ten year follow-up study comparing conservative versus operative treatment of anterior cruciate ligament ruptures. A matched-pair analysis of high level athletes. *Br J Sports Med*, 43 (5):347-351.
- Mitsou A, Vallianatos P, Piskopakis N, Maheras S. 1990. Anterior cruciate ligament reconstruction by over-the-top repair combined with popliteus tendon plasty. *J Bone Joint Surg Br*, 72 (3):398-404.

- Mommsen H, Eder K, Brandenburg U. 2015. Elastisches Taping - Schmerztherapie und Lymphtherapie nach japanischer Tradition. Balingen: Spitta Verlag GmbH & Co. KG.
- Nunes GS, Vargas VZ, Wageck B, dos Santos Haupenthal DP, da Luz CM, de Noronha M. 2015. Kinesio Taping does not decrease swelling in acute, lateral ankle sprain of athletes: a randomised trial. *Journal of physiotherapy*, 61 (1):28-33.
- Ozenci AM, Inanmaz E, Ozcanli H, Soyuncu Y, Samanci N, Dagseven T, Balci N, Gur S. 2007. Proprioceptive comparison of allograft and autograft anterior cruciate ligament reconstructions. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 15 (12):1432-1437.
- Ozmen T, Yagmur Gunes G, Dogan H, Ucar I, Willems M. 2017. The effect of kinesio taping versus stretching techniques on muscle soreness, and flexibility during recovery from nordic hamstring exercise. *J Bodyw Mov Ther*, 21 (1):41-47.
- Parreira PdCS, Costa LdCM, Takahashi R, Junior LCH, da Luz Junior MA, da Silva TM, Costa LOP. 2014. Kinesio Taping to generate skin convolutions is not better than sham taping for people with chronic non-specific low back pain: a randomised trial. *Journal of physiotherapy*, 60 (2):90-96.
- Petersen W, Tillmann B. 2002. [Anatomy and function of the anterior cruciate ligament]. *Orthopade*, 31 (8):710-718.
- Petersen W, Zantop T. 2007. Anatomy of the anterior cruciate ligament with regard to its two bundles. *Clin Orthop Relat Res*, 454:35-47.
- Petersen W, Scheffler S, Mehl J. 2018. Der präventive Effekt der Kreuzband-Plastik im Hinblick auf sekundäre Meniskus-und Knorpelschäden. *Sports Orthopaedics and Traumatology*, 34 (2):93-104.

- Qafarizadeh F, Kalantari M, Ansari NN, Baghban AA, Jamebozorgi A. 2018. The effect of kinesiotope on hand function in stroke patients: A pilot study. *J Bodyw Mov Ther*, 22 (3):829-831.
- Quante M, Hille E. 1999. Propriozeption: eine kritische Analyse zum Stellenwert in der Sportmedizin. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 50 (10):306-310.
- Rauch G, Schoepp C, Herbort M, Krutsch W. 2019. Vordere Kreuzbandverletzungen: Bewährte und neue Therapien. *Dtsch Arztebl International*, 116 (13):634-640.
- Riemann BL, Lephart SM. 2002. The Sensorimotor System, Part II: The Role of Proprioception in Motor Control and Functional Joint Stability. *J Athl Train*, 37 (1):80-84.
- Riordan EA, Frobell RB, Roemer FW, Hunter DJ. 2013. The health and structural consequences of acute knee injuries involving rupture of the anterior cruciate ligament. *Rheum Dis Clin North Am*, 39 (1):107-122.
- Roewer BD, Di Stasi SL, Snyder-Mackler L. 2011. Quadriceps strength and weight acceptance strategies continue to improve two years after anterior cruciate ligament reconstruction. *J Biomech*, 44 (10):1948-1953.
- Sakane M, Fox RJ, Woo SL, Livesay GA, Li G, Fu FH. 1997. In situ forces in the anterior cruciate ligament and its bundles in response to anterior tibial loads. *J Orthop Res*, 15 (2):285-293.
- Sander K, Rosenbaum D, Bohm H, Layher F, Lindner T, Wegener R, Wolf SI, Seehaus F. 2012. [Instrumented gait and movement analysis of musculoskeletal diseases]. *Orthopade*, 41 (10):802-819.
- Saracoglu I, Emuk Y, Taspinar F. 2018. Does taping in addition to physiotherapy improve the outcomes in subacromial impingement syndrome? A systematic review. *Physiother Theory Pract*, 34 (4):251-263.

- Shamsoddini A, Rasti Z, Kalantari M, Hollisaz MT, Sobhani V, Dalvand H, Bakhshandeh-Bali MK. 2016. The impact of Kinesio taping technique on children with cerebral palsy. *Iran J Neurol*, 15 (4):219-227.
- Siebold R, Ellert T, Metz S, Metz J. 2008. Tibial insertions of the anteromedial and posterolateral bundles of the anterior cruciate ligament: morphometry, arthroscopic landmarks, and orientation model for bone tunnel placement. *Arthroscopy*, 24 (2):154-161.
- Slater LV, Hart JM, Kelly AR, Kuenze CM. 2017. Progressive Changes in Walking Kinematics and Kinetics After Anterior Cruciate Ligament Injury and Reconstruction: A Review and Meta-Analysis. *J Athl Train*, 52 (9):847-860.
- Smigielski R, Zdanowicz U, Drwiega M, Cizek B, Ciszowska-Lyson B, Siebold R. 2015. Ribbon like appearance of the midsubstance fibres of the anterior cruciate ligament close to its femoral insertion site: a cadaveric study including 111 knees. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 23 (11):3143-3150.
- Stehle P. 2009. BISP-Expertise „Sensomotorisches Training - Propriozeptives Training“. Bonn: Sportverlag Strauß.
- Strutzenberger G, Braig M, Sell S, Boes K, Schwameder H. 2012. Effect of brace design on patients with ACL-ruptures. *Int J Sports Med*, 33 (11):934-939.
- Tagesson S, Oberg B, Good L, Kvist J. 2008. A comprehensive rehabilitation program with quadriceps strengthening in closed versus open kinetic chain exercise in patients with anterior cruciate ligament deficiency: a randomized clinical trial evaluating dynamic tibial translation and muscle function. *Am J Sports Med*, 36 (2):298-307.
- Tashman S, Anderst W, Kolowich P, Havstad S, Arnoczky S. 2004. Kinematics of the ACL-deficient canine knee during gait: serial changes over two years. *J Orthop Res*, 22 (5):931-941.

- Tegner Y, Lysholm J, Gillquist J, Oberg B. 1984. Two-year follow-up of conservative treatment of knee ligament injuries. *Acta Orthop Scand*, 55 (2):176-180.
- Tekin D, Agopyan A, Baltaci G. 2018. Balance Training in Modern Dancers: Proprioceptive-Neuromuscular Training vs Kinesio Taping. *Med Probl Perform Art*, 33 (3):156-165.
- Ting LH, McKay JL. 2007. Neuromechanics of muscle synergies for posture and movement. *Curr Opin Neurobiol*, 17 (6):622-628.
- Tittel K. 2016. *Beschreibende und funktionelle Anatomie*. 16. überarbeitete und erweiterte Aufl. München: Kiener.
- Todorov E, Li W, Pan X. 2005. From task parameters to motor synergies: A hierarchical framework for approximately-optimal control of redundant manipulators. *J Robot Syst*, 22 (11):691-710.
- Torres R, Trindade R, Goncalves RS. 2016. The effect of kinesiology tape on knee proprioception in healthy subjects. *J Bodyw Mov Ther*, 20 (4):857-862.
- Trecroci A, Formenti D, Rossi A, Esposito F, Alberti G. 2017. Acute effects of kinesio taping on a 6 s maximal cycling sprint performance. *Res Sports Med*, 25 (1):48-57.
- Trepel M. 1999. *Neuroanatomie: Struktur und Funktion*. 2. komplett überarb. Aufl. München  
Jena: Urban und Fischer.
- Tu SJ, Woledge RC, Morrissey D. 2016. Does 'Kinesio tape' alter thoracolumbar fascia movement during lumbar flexion? An observational laboratory study. *J Bodyw Mov Ther*, 20 (4):898-905.
- Waddington G, Adams R. 1999. Discrimination of active plantarflexion and inversion movements after ankle injury. *Aust J Physiother*, 45 (1):7-13.

- Wang Y, Gu Y, Chen J, Luo W, He W, Han Z, Tian J. 2018. Kinesio taping is superior to other taping methods in ankle functional performance improvement: a systematic review and meta-analysis. *Clin Rehabil*, 32 (11):1472-1481.
- Weerakkody NS, Blouin JS, Taylor JL, Gandevia SC. 2008. Local subcutaneous and muscle pain impairs detection of passive movements at the human thumb. *J Physiol*, 586 (13):3183-3193.
- Wilke C, Froböse I. 2010. *Sensomotorisches Training in der Therapie: Grundlagen und praktische Anwendung. Training in der Therapie: Grundlagen und Praxis. 3. Aufl. München*  
Jena: Elsevier Urban & Fischer Verlag.
- Williams S, Whatman C, Hume PA, Sheerin K. 2012. Kinesio taping in treatment and prevention of sports injuries: a meta-analysis of the evidence for its effectiveness. *Sports Med*, 42 (2):153-164.
- Windisch C, Brodt S, Rohner E, Matziolis G. 2017. Effects of Kinesio taping compared to arterio-venous Impulse System on limb swelling and skin temperature after total knee arthroplasty. *Int Orthop*, 41 (2):301-307.
- Wittenberg RH, Oxford HU, Plafki C. 1998. A comparison of conservative and delayed surgical treatment of anterior cruciate ligament ruptures. A matched pair analysis. *Int Orthop*, 22 (3):145-148.
- Woo SL, Wu C, Dede O, Vercillo F, Noorani S. 2006. Biomechanics and anterior cruciate ligament reconstruction. *J Orthop Surg Res*, 1:2.
- Yam TTT, Or PPL, Ma AWW, Fong SSM, Wong MS. 2019. Effect of Kinesio taping on Y-balance test performance and the associated leg muscle activation patterns in children with developmental coordination disorder: A randomized controlled trial. *Gait Posture*, 68:388-396.

- Yang J-M, Lee J-H. 2018. Is Kinesio Taping to Generate Skin Convolutions Effective for Increasing Local Blood Circulation? *Medical Science Monitor*, 24:288-293.
- Yoshida A, Kahanov L. 2007. The effect of kinesio taping on lower trunk range of motions. *Res Sports Med*, 15 (2):103-112.
- Zantop T, Herbort M, Raschke MJ, Fu FH, Petersen W. 2007. The role of the anteromedial and posterolateral bundles of the anterior cruciate ligament in anterior tibial translation and internal rotation. *Am J Sports Med*, 35 (2):223-227.
- Zhang XF, Liu L, Wang BB, Liu X, Li P. 2019. Evidence for kinesio taping in management of myofascial pain syndrome: a systematic review and meta-analysis. *Clin Rehabil*, 33 (5):865-874.

## **Anhang**

### **Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1: Verschiedene Anlagetechniken von Kinesiotape. Postoperative Lymphanlage (links). Repositionsanlage (Mitte). Muskelanlage (rechts)..... 8



## Fragebogen

# Fragebogen

## „Kinesio - Tape bei vorderer Kreuzbandruptur“

Werte Patientin, werter Patient

dieser Fragebogen enthält Fragen zur Funktion Ihres Kniegelenkes bei bekanntem Kreuzbandschaden mit und ohne angelegtem Kinesio –Tape vor der geplanten Kreuzband-Operation.

Zusätzlich möchten wir gerne bei Ihnen Ihr Gehvermögen mit evtl. sonst nicht zu beobachtenden Auffälligkeiten (Hinken, Kniebelastung, Gangasymmetrie) im Rahmen einer Ganganalyse objektivieren.

Bitte nehmen Sie sich einige Minuten Zeit um die Fragen zu beantworten.

Im ersten Teil wird Ihre Kniefunktion vor dem Anlegen des Kinesio-Tapes abgefragt.

Bitte füllen Sie diese Fragen vor der Ganganalyse aus.

Der zweite Teil bezieht sich auf Ihr Befinden mit dem angelegten Kinesio-Tape. Füllen Sie sie diese Seiten erst nach dem Ablösen des Tapes aus.

Das Tape sollte möglichst 3 Tage, ggf. auch länger, getragen werden.

Vielen Dank für Ihre Teilnahme

Vom Patient auszufüllen:

Name:

Vorname:

geb.

Adresse:

Telefonnummer:

Heutiges Untersuchungsdatum:

Seite der Knieverletzung: rechts

links

Teil 1, vom Patient auszufüllen:

Lysholm Score (Für Zustand vor Anlage des Kinesio-Tapes !!)

Nachfolgend sind Symptome bei Kniebeschwerden aufgelistet. Bitte kreuzen Sie die auf Ihr verletztes Knie zutreffenden Beschwerden an. Pro Feld/ Symptomgruppe kann nur ein Kreuz gesetzt werden.

<p>1. Hinken</p> <ul style="list-style-type: none"><li><input type="radio"/> Ich hinke nicht beim Gehen</li><li><input type="radio"/> Ich hinke wenig oder zeitweise</li><li><input type="radio"/> Ich hinke stark und immer</li></ul>
<p>2. Belastung</p> <ul style="list-style-type: none"><li><input type="radio"/> Ich benutze weder Gehstützen noch einen Stock</li><li><input type="radio"/> Ich benutze Gehstützen zur Gewichtsentlastung</li><li><input type="radio"/> Ich kann mit dem betroffenen Bein nicht auftreten</li></ul>
<p>3. Gelenkblockierung</p> <ul style="list-style-type: none"><li><input type="radio"/> Ich habe keine Gelenkblockierungen und Einklemmungen</li><li><input type="radio"/> Ich habe ein Einklemmungsgefühl aber keine Blockierungen</li><li><input type="radio"/> Ich habe gelegentlich Blockierungen</li><li><input type="radio"/> Ich habe häufig Blockierungen</li><li><input type="radio"/> Mein Knie fühlt sich in diesem Moment blockiert an</li></ul>
<p>4. Knieinstabilität</p> <ul style="list-style-type: none"><li><input type="radio"/> Mein Knie knickt niemals weg</li><li><input type="radio"/> Ich fühle selten ein „Wegknicken“, nur bei Sport oder ähnlicher Anstrengung</li><li><input type="radio"/> Ich fühle häufig ein „Wegknicken beim Sport /Anstrengung bzw. ist es nicht möglich solche Aktivitäten durchzuführen</li><li><input type="radio"/> Mein Knie knickt bei alltäglichen Tätigkeiten weg</li><li><input type="radio"/> Mein Knie knickt bei jedem Schritt weg</li></ul>
<p>5. Schmerz</p> <ul style="list-style-type: none"><li><input type="radio"/> Ich habe keine Schmerzen im Knie</li><li><input type="radio"/> Ich habe unregelmäßig und geringfügigen Schmerz bei schwerer körperlicher Anstrengung</li><li><input type="radio"/> Ich habe deutlichen Schmerz bei schwerer körperlicher Anstrengung</li><li><input type="radio"/> Ich habe deutlichen Schmerz während oder nach Gehstrecken von mehr als 2 km</li><li><input type="radio"/> Ich habe deutlichen Schmerz während oder nach Gehstrecken von weniger als 2 km</li><li><input type="radio"/> Ich habe ständig Schmerzen im Knie</li></ul>
<p>6. Schwellung</p> <ul style="list-style-type: none"><li><input type="radio"/> Mein Knie ist nicht geschwollen</li><li><input type="radio"/> Mein Knie ist nach schwerer körperlicher Anstrengung geschwollen</li><li><input type="radio"/> Mein Knie ist nach gewöhnlicher körperlicher Anstrengung geschwollen</li><li><input type="radio"/> Mein Knie ist ständig geschwollen</li></ul>

7. Treppensteigen

- Ich habe keine Probleme beim Treppensteigen
- Ich habe leichte Probleme beim Treppensteigen
- Ich kann Treppen nicht im Wechselschritt gehen bzw. habe starke Beeinträchtigung
- Ich kann nicht Treppe steigen

8. Hocken

- Ich habe keine Probleme beim Hocken
- Hocken ist wenig beeinträchtigt
- Ich kann nicht über 90° Kniewinkel in die Hocke gehen
- Ich kann nicht hocken

Vom Arzt auszufüllen: /100

**Teil 1, vom Patient auszufüllen:**

2000 IKDC subj. Knie Fragebogen (Für Zustand **vor Anlage des Kinesio-Tapes**)

Bitte kreuzen Sie die auf Ihr verletztes Knie zutreffenden Beschwerden an.

<p>1. Welche der genannten Aktivitäten können sie ohne deutliche Knieschmerzen durchführen?</p> <ul style="list-style-type: none"><li><input type="radio"/> Intensive Sprung- und Drehbewegungen wie beim Fußball oder Basketballspielen</li><li><input type="radio"/> Schwere körperliche Arbeit, Skifahren oder Tennisspielen</li><li><input type="radio"/> Mäßige körperliche Arbeit, biken, joggen</li><li><input type="radio"/> Leichte körperliche Tätigkeiten, Haus- und Gartenarbeit, Spazieren gehen</li><li><input type="radio"/> Ich kann keine der genannten Tätigkeiten schmerzfrei durchführen</li></ul>
<p>2. Wie häufig hatten Sie während der letzten 4 Wochen bzw. seit Ihrer Verletzung Schmerzen?</p> <p style="text-align: center;">1   2   3   4   5   6   7   8   9   10</p> <p style="text-align: center;">Niemals <span style="float: right;">Ständig</span></p>
<p>3. Falls Sie Schmerzen hatten, wie stark waren diese?</p> <p style="text-align: center;">1   2   3   4   5   6   7   8   9   10</p> <p style="text-align: center;">Kein Schmerz <span style="float: right;">max. Schmerz</span></p>
<p>4. Wie steif oder geschwollen war Ihr Knie in dieser Zeit?</p> <ul style="list-style-type: none"><li><input type="radio"/> Gar nicht</li><li><input type="radio"/> Ein wenig</li><li><input type="radio"/> Mäßig</li><li><input type="radio"/> Erheblich</li><li><input type="radio"/> Sehr stark</li></ul>
<p>5. Welche dieser Aktivitäten können Sie ohne deutliche Knieschwellung durchführen?</p> <ul style="list-style-type: none"><li><input type="radio"/> Intensive Sprung- und Drehbewegungen wie beim Fußball oder Basketballspielen</li><li><input type="radio"/> Schwere körperliche Arbeit, Skifahren oder Tennisspielen</li><li><input type="radio"/> Mäßige körperliche Arbeit, biken, joggen</li><li><input type="radio"/> Leichte körperliche Tätigkeiten, Haus- und Gartenarbeit, Spazieren gehen</li><li><input type="radio"/> Ich kann keine der genannten Tätigkeiten ohne Knieschwellung durchführen</li></ul>
<p>6. Hatten Sie während der letzten 4 Wochen bzw. seit Ihrer Verletzung Blockierungen im Kniegelenk?</p> <ul style="list-style-type: none"><li><input type="radio"/> Ja</li><li><input type="radio"/> Nein</li></ul>
<p>7. Welche dieser Aktivitäten können Sie ohne deutliches Instabilitätsgefühl im Knie durchführen?</p> <ul style="list-style-type: none"><li><input type="radio"/> Intensive Sprung- und Drehbewegungen wie beim Fußball oder Basketballspielen</li><li><input type="radio"/> Schwere körperliche Arbeit, Skifahren oder Tennisspielen</li><li><input type="radio"/> Mäßige körperliche Arbeit, Fahrrad fahren, joggen</li><li><input type="radio"/> Leichte körperliche Tätigkeiten, Haus- und Gartenarbeit, Spazieren gehen</li><li><input type="radio"/> Ich kann keine der genannten Tätigkeiten ohne Instabilitätsgefühl durchführen</li></ul>

8. Welches ist normalerweise Ihr höchstes Aktivitätsniveau?

- Intensive Sprung- und Drehbewegungen wie beim Fußball oder Basketballspielen
- Schwere körperliche Arbeit, Skifahren oder Tennisspielen
- Mäßige körperliche Arbeit, biken, joggen
- Leichte körperliche Tätigkeiten, Haus- und Gartenarbeit, Spazieren gehen
- Ich kann keine der genannten Tätigkeiten durchführen

9. Wie sehr beeinflusst Ihr Knie folgende Funktionen:

	Gar nicht schwierig	Etwas schwierig	Schwierig	Sehr schwierig	Unmöglich
Treppen hinauf steigen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Treppen hinunter steigen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hinknien	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
In die Hocke gehen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
In den Schneidersitz gehen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Vom Stuhl aufstehen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Geradeaus rennen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Springen auf betroffenes Bein	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sportarten wie Basketball, Tennis usw.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

10. Wie würden Sie die Funktion Ihres Kniegelenkes hinsichtlich gewöhnlicher Alltagsbelastungen, ggf. einschließlich sportlicher Aktivitäten einschätzen?

Funktion vor Ihrer Kreuzband-Verletzung:										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Untauglich für Alltagsbelastung										Keine Einschränkung
Derzeitige Funktion ( <b>ohne Kinesio-Tape</b> ):										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Untauglich für Alltagsbelastung										Keine Einschränkung

**Teil 2**, vom Patient erst **nach** Abnahme des Kinesio-Tapes auszufüllen:

Lysholm Score,

(Beschreiben Sie Ihre Kniefunktion **mit Anlage des Kinesio-Tapes**)

**Wie lange haben Sie das Tape getragen?**

Stunden: .....

Anzahl der Tage: .....

Nachfolgend sind häufige Symptome bei Kniebeschwerden aufgelistet. Bitte kreuzen Sie die auf Ihr verletztes Knie zutreffenden Beschwerden **mit Tape** an. Pro Feld / Symptomgruppe kann nur ein Kreuz gesetzt werden.

1. Hinken <ul style="list-style-type: none"><li><input type="radio"/> Ich hinke nicht beim Gehen</li><li><input type="radio"/> Ich hinke wenig oder zeitweise</li><li><input type="radio"/> Ich hinke stark und immer</li></ul>
2. Belastung <ul style="list-style-type: none"><li><input type="radio"/> Ich benutze weder Gehstützen noch einen Stock</li><li><input type="radio"/> Ich benutze Gehstützen zur Gewichtsentlastung</li><li><input type="radio"/> Ich kann mit dem betroffenen Bein nicht auftreten</li></ul>
3. Gelenkblockierung <ul style="list-style-type: none"><li><input type="radio"/> Ich habe keine Gelenkblockierungen und Einklemmungen</li><li><input type="radio"/> Ich habe ein Einklemmungsgefühl aber keine Blockierungen</li><li><input type="radio"/> Ich habe gelegentlich Blockierungen</li><li><input type="radio"/> Ich habe häufig Blockierungen</li><li><input type="radio"/> Mein Knie fühlt sich in diesem Moment blockiert an</li></ul>
4. Knieinstabilität <ul style="list-style-type: none"><li><input type="radio"/> Mein Knie knickt niemals weg</li><li><input type="radio"/> Ich fühle selten ein „Wegknicken“, nur bei Sport oder ähnlicher Anstrengung</li><li><input type="radio"/> Ich fühle häufig ein „Wegknicken beim Sport /Anstrengung bzw. ist es nicht möglich solche Aktivitäten durchzuführen</li><li><input type="radio"/> Mein Knie knickt bei alltäglichen Tätigkeiten weg</li><li><input type="radio"/> Mein Knie knickt bei jedem Schritt weg</li></ul>
5. Schmerz <ul style="list-style-type: none"><li><input type="radio"/> Ich habe keine Schmerzen im Knie</li><li><input type="radio"/> Ich habe unregelmäßig und geringfügigen Schmerz bei schwerer körperlicher Anstrengung</li><li><input type="radio"/> Ich habe deutlichen Schmerz bei schwerer körperlicher Anstrengung</li><li><input type="radio"/> Ich habe deutlichen Schmerz während oder nach Gehstrecken von mehr als 2 km</li><li><input type="radio"/> Ich habe deutlichen Schmerz während oder nach Gehstrecken von weniger als 2 km</li><li><input type="radio"/> Ich habe ständig Schmerzen im Knie</li></ul>
6. Schwellung <ul style="list-style-type: none"><li><input type="radio"/> Mein Knie ist nicht geschwollen</li><li><input type="radio"/> Mein Knie ist nach schwerer körperlicher Anstrengung geschwollen</li><li><input type="radio"/> Mein Knie ist nach gewöhnlicher körperlicher Anstrengung geschwollen</li><li><input type="radio"/> Mein Knie ist ständig geschwollen</li></ul>

7. Treppensteigen
<input type="radio"/> Ich habe keine Probleme beim Treppensteigen <input type="radio"/> Ich habe leichte Probleme beim Treppensteigen <input type="radio"/> Ich kann Treppen nicht im Wechselschritt gehen bzw. habe starke Beeinträchtigung <input type="radio"/> Ich kann nicht Treppe steigen
8. Hocken
<input type="radio"/> Ich habe keine Probleme beim Hocken <input type="radio"/> Hocken ist wenig beeinträchtigt <input type="radio"/> Ich kann nicht über 90° Kniewinkel in die Hocke gehen <input type="radio"/> Ich kann nicht hocken
Vom Arzt auszufüllen: /100

**Teil 2, vom Patient erst nach Tragen des Kinesio-Tapes auszufüllen:**

**2000 IKDC subj. Knie Fragebogen**

Bitte kreuzen Sie jeweils die zutreffende Aussage an. (Beschreiben Sie Ihre Kniefunktion **mit Anlage des Kinesio-Tapes**)

1. Welche der genannten Aktivitäten können sie ohne deutliche Knieschmerzen durchführen?																				
<input type="radio"/> Intensive Sprung- und Drehbewegungen wie beim Fußball oder Basketballspielen <input type="radio"/> Schwere körperliche Arbeit, Skifahren oder Tennisspielen <input type="radio"/> Mäßige körperliche Arbeit, biken, joggen <input type="radio"/> Leichte körperliche Tätigkeiten, Haus- und Gartenarbeit, Spazieren gehen <input type="radio"/> Ich kann keine der genannten Tätigkeiten schmerzfrei durchführen																				
2. Wie häufig hatten Sie Knie- Schmerzen mit angelegtem Tape?																				
<table style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td> </tr> <tr> <td colspan="4">Niemals</td> <td colspan="2"></td> <td colspan="4">Ständig</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Niemals						Ständig			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10											
Niemals						Ständig														
3. Falls Sie Schmerzen hatten, wie stark waren diese?																				
<table style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td> </tr> <tr> <td colspan="4">Kein Schmerz</td> <td colspan="2"></td> <td colspan="4">max. Schmerz</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Kein Schmerz						max. Schmerz			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10											
Kein Schmerz						max. Schmerz														
4. Wie steif oder geschwollen war Ihr Knie mit angelegtem Tape?																				
<input type="radio"/> Gar nicht <input type="radio"/> Ein wenig <input type="radio"/> Mäßig <input type="radio"/> Erheblich <input type="radio"/> Sehr stark																				
5. Welche dieser Aktivitäten können Sie ohne deutliche Knieschwellung durchführen (mit Tape)?																				
<input type="radio"/> Intensive Sprung- und Drehbewegungen wie beim Fußball oder Basketballspielen <input type="radio"/> Schwere körperliche Arbeit, Skifahren oder Tennisspielen <input type="radio"/> Mäßige körperliche Arbeit, biken, joggen <input type="radio"/> Leichte körperliche Tätigkeiten, Haus- und Gartenarbeit, Spazieren gehen <input type="radio"/> Ich kann keine der genannten Tätigkeiten ohne Knieschwellung durchführen																				
6. Hatten Sie während der Zeit, in der Sie das Tape trugen Blockierungen im Kniegelenk?																				
<input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein																				

7. Welche dieser Aktivitäten können Sie mit Tape ohne deutliches Instabilitätsgefühl im Knie durchführen?
- Intensive Sprung- und Drehbewegungen wie beim Fußball oder Basketballspielen
  - Schwere körperliche Arbeit, Skifahren oder Tennisspielen
  - Mäßige körperliche Arbeit, biken, joggen
  - Leichte körperliche Tätigkeiten, Haus- und Gartenarbeit, Spazieren gehen
  - Ich kann keine der genannten Tätigkeiten ohne Instabilitätsgefühl durchführen

8. Wie sehr beeinflusst Ihr Knie (mit Tape) folgende Funktionen:

	Gar nicht schwierig	Etwas schwierig	Schwierig	Sehr schwierig	Unmöglich
Treppen hinauf steigen	○	○	○	○	○
Treppen hinunter steigen	○	○	○	○	○
Hinknien	○	○	○	○	○
In die Hocke gehen	○	○	○	○	○
In den Schneidersitz gehen	○	○	○	○	○
Vom Stuhl aufstehen	○	○	○	○	○
Geradeaus rennen	○	○	○	○	○
Springen auf betroffenes Bein	○	○	○	○	○
Sportarten wie Basketball, Tennis usw.	○	○	○	○	○

10. Wie würden Sie die Funktion Ihres Kniegelenkes hinsichtlich gewöhnlicher Alltagsbelastungen, ggf. einschließlich sportlicher Aktivitäten einschätzen?

Derzeitige Funktion (Einschätzung für Funktion mit Kinesio-Tape):

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Untauglich für Alltagsbelastung										Keine Einschränkung



## **Ehrenwörtliche Erklärung**

Hiermit erkläre ich, dass mir die Promotionsordnung der Medizinischen Fakultät der Friedrich-Schiller-Universität bekannt ist,

ich die Dissertation selbst angefertigt habe und alle von mir benutzten Hilfsmittel, persönlichen Mitteilungen und Quellen in meiner Arbeit angegeben sind,

mich folgende Personen bei der Auswahl und Auswertung des Materials sowie bei der Herstellung des Manuskripts unterstützt haben: Prof. Dr. med. Georg Matziolis, PD Dr. med. Eric Röhner, Dr. med. Stefan Pietsch, Dr. Ing. Frank Layher, Dr. Ing. Klaus Sander, Dr. med. Jürgen Babisch, Christian Babisch,

die Hilfe eines Promotionsberaters nicht in Anspruch genommen wurde und dass Dritte weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen von mir für Arbeiten erhalten haben, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen,

dass ich die Dissertation noch nicht als Prüfungsarbeit für eine staatliche oder andere wissenschaftliche Prüfung eingereicht habe und

dass ich die gleiche, eine in wesentlichen Teilen ähnliche oder eine andere Abhandlung nicht bei einer anderen Hochschule als Dissertation eingereicht habe.

Jena, 17.07.2021

Lars Bischoff

## **Danksagung**

Mein Dank gilt meinem Doktorvater Univ.- Prof. Dr. med. Georg Matziolis für die Vergabe des Themas und die Bereitstellung der Ressourcen sowie die Möglichkeit, die Studie als Erstautor publizieren zu dürfen.

Weiterhin möchte ich mich bei allen Co- Autoren für den Beistand bei der Planung und Durchführung der Studie sowie die Beantwortung all meiner Fragen bedanken.

Insbesondere bei PD Dr. med. Eric Röhner möchte ich mich hier für die unermüdliche Hilfe bei der Manuskripterstellung- und korrektur der Publikation und die stetige Ermutigung zur Vollendung der Promotion bedanken.

Ein weiterer Dank geht an meine Eltern, die mir meinen Weg hierher nicht nur ermöglicht, sondern mich mein ganzes Leben lang begleitet, unterstützt und stets zu mir gehalten haben.

Ebenfalls bedanken möchte ich mich bei meiner Familie, die alle Launen ertragen, die kleinen und großen Sorgen angehört und mich unermüdlich bestärkt hat, die Promotion zu vollenden.

Zu guter Letzt möchte ich ganz besonders meiner Frau und meinen Kindern Danke sagen. Trotz einiger Entbehrungen haben sie stets auf mich vertraut, mich immer ermutigt und mir so alle Freiräume und Kraft gegeben, alle Hindernisse auf dem Weg zu überwinden.