

Aus der Medizinischen Universitätsklinik und Poliklinik
(Department) Tübingen
Abteilung Innere Medizin V Sportmedizin
(Schwerpunkte: Leistungsmedizin, spezielle Prävention, spezielle
Rehabilitation)
Ärztlicher Direktor: Professor Dr. A. Nieß

Untersuchung klinischer und isokinetischer Daten an
Probanden mit und ohne iliotibialem Bandsyndrom

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der Medizinischen Fakultät
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von

Sebastian Bert

aus

Darmstadt

2010

Dekan: Professor Dr. I. B. Autenrieth

1.Berichterstatter: Professor Dr. T. Horstmann

2.Berichterstatter: Professor Dr. D. Höntzsch

Der „A-8-Süd“

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
1.1. Einführung.....	1
1.2. Anatomie und Funktion des Tractus iliotibialis	6
1.3. Fragestellungen und Hypothesen	7
1.3.1. Fragestellungen.....	7
1.3.2. Hypothesenbildung.....	8
2. Material und Methoden	9
2.1. Probanden	9
2.1.1. Ein- und Ausschlusskriterien	9
2.2. Studienaufbau.....	10
2.2.1. Klinische Untersuchung.....	11
2.2.2. Anamnese und Fragebögen.....	13
2.2.3. Kraftmessungen	14
2.2.4. Protokoll der isokinetischen Kraftmessungen.....	18
2.3. Statistische Analyse.....	19
3. Ergebnisse	21
3.1. Biometrische Daten.....	21
3.2. Anamnese und klinische Untersuchung.....	22
3.3. ITBS-Eingangsbefund und Diagnostik	23
3.4. Isokinetische Messungen.....	26
3.4.1. Hüftabduktion	26
3.4.2. Hüftadduktion	29
3.4.3. Quotient aus Hüftabduktion und -adduktion	31
3.5. Zusammenfassung der Ergebnisse.....	33
4. Diskussion	34
4.1. Methodendiskussion	34
4.1.1. Klinische Untersuchung und Anamnese.....	34
4.1.2. Isokinetische Messungen	35

4.1.3.	Testprotokoll.....	38
4.2.	Diskussion der Ergebnisse.....	41
4.2.1.	Probanden.....	41
4.2.2.	Hüftabduktion.....	41
4.2.3.	Hüftadduktion.....	43
4.2.4.	Quotient aus Hüftabduktion und -adduktion.....	44
4.3.	Weiterführende Gedanken.....	45
4.4.	Schlussfolgerung.....	48
5.	Zusammenfassung.....	50
6.	Literaturverzeichnis.....	52
7.	Anhang.....	57
7.1.	CRF - Case Report Form.....	57
8.	Danksagung.....	71

1. Einleitung

1.1. Einführung

Das iliotibiale Bandsyndrom (ITBS) ist eine typische Überlastungsbeschwerde im Laufsport. Unter Überlastungsbeschwerden fasst man eine Reihe von Erkrankungen des Stütz- und Bewegungsapparates zusammen. Eine Vielzahl von Studien hat sich mit der Ätiologie von Überlastungsbeschwerden bei Läufern auseinandergesetzt. Die Verletzungen treten vorwiegend bei Ausdauerathleten, wie Läufern und Radrennfahrern auf (Ellis *et al.* 2007). Durch die zunehmende Beliebtheit von Ausdauersportarten ist ein deutlicher Anstieg an Überlastungsbeschwerden zu verzeichnen. So geht man im Laufsport heute von einer Inzidenz von ca. 30% pro Jahr für Überlastungsbeschwerden aus (Mayer, 2001); ca. 42% dieser Beschwerden sind am Kniegelenk lokalisiert (Taunton *et al.* 2002).

Wie die Tabelle 1 zeigt, ist das Knie das am meisten betroffene Gelenk. Mit

Tabelle 1: Lokalisation von Überlastungsbeschwerden (Taunton *et al.* 2002).

Lokalisation der Überlastungsbeschwerden bei 2002 Läufern	Häufigkeit in %
Knie	42,1 %
Fuss/Sprunggelenk	16,9 %
Unterschenkel	12,8 %
Hüfte/Becken	10,9 %
Achillessehne/Wade	6,4 %
Oberschenkel	5,2 %
unterer Rücken	3,4 %
Andere	2,2 %

einer Inzidenz von bis zu 12% aller Überlastungsbeschwerden bei Läufern ist das ITBS hinter dem Femoropatellaren Schmerzsyndrom die häufigste Ursache von Knieschmerzen (Fredericson and Wolf, 2005). Es verursacht laterale Knieschmerzen und ist Gegenstand mehrerer Studien, die teilweise auch Kraftmessungen an der hüftumgreifenden Muskulatur mittels manueller Dynamometrie beinhalten (Ellis *et al.* 2007; Fairclough *et al.* 2006; Fairclough *et al.* 2007; Fredericson *et al.* 2000; Ireland *et al.* 2003; Khaund and Flynn, 2005; Macmahon *et al.* 2000; McNicol *et al.* 1981; Messier *et al.* 1995;

Niemuth *et al.* 2005; Orchard *et al.* 1996; Piva *et al.* 2005). Ein Ergebnis der Studien mit Kraftmessungen ist die Aussage, dass ein wesentlicher ätiologischer Faktor von Überlastungsbeschwerden - insbesondere bei Läufern mit ITBS - die Hüftabduktorenschwäche ist (Fredericson *et al.* 2000; Niemuth *et al.* 2005). Daneben hat eine weitere Studie ein Überwiegen der Hüftadduktoren als ätiologischen Faktor des ITBS in den Raum gestellt (Macmahon *et al.* 2000).

Weitere Studien versuchten die Ätiologie des ITB-Syndroms auf eine andere Weise zu klären. So wurde nicht die isolierte Muskelfunktion des Hüftgelenks betrachtet, sondern das Bewegungsmuster der Hüfte durch ein optisches System erfasst und dann mit mathematischen Modellen analysiert. Ergebnis war, dass in der ITBS-Kohorte eine signifikant größere Hüftadduktion und Knieinnenrotation während des Laufens auftritt. Daneben wurde an Hand eines mathematischen Modells gezeigt, dass durch dieses Bewegungsmuster das iliotibiale Band signifikant höheren Belastungen ausgesetzt ist (Hamill *et al.* 2008; Noehren *et al.* 2007).

Das ITBS hat eine multifaktorielle Ätiologie. Die grundlegende Ursache aller Überlastungsbeschwerden ist der sich wiederholende Bewegungszyklus während des Laufens. Zwischen Tractus iliotibialis und lateralem Epicondylus femoris kommt es zu repetitiven Reibungen, die bei Überlastungen die lokale Entzündungssymptomatik des ITBS begründen (Fredericson *et al.* 2000). Warum nicht alle Läufer davon betroffen sind und warum Schnellsportathleten von diesen Beschwerden verschont werden, ist Gegenstand der Forschung. Verschiedene Studien haben die Ursache dafür in individuellen und ausdauerspezifischen Trainingsfaktoren und in Imbalancen des Stütz- und Bewegungsapparats gesehen (siehe Tabelle 2). Die hier vorgelegte Studie untersucht die Frage, ob ungleiche Kraftverhältnisse an der hüftumgreifenden Muskulatur tatsächlich ätiologische Faktoren für das ITBS darstellen. Diese Frage scheint auf den ersten Blick durch die Studien von Fredericson und MacMahon beantwortet zu sein (Fredericson *et al.* 2000; Fredericson and Weir, 2006; Fredericson and Wolf, 2005; Macmahon *et al.* 2000). In diesen Studien wurde mit manuellen Dynamometern getestet, die die muskuläre Funktion in

der isometrischen Arbeitsweise erfassen können. Im Folgenden wird erläutert,

Tabelle 2: Risikofaktoren für die Entwicklung des ITB-Syndroms (Fredericson 2007 und 2000; Messier 1995; MacMahon 2000).

Risikofaktoren
<ul style="list-style-type: none">• Laufen auf der Bahn in immer gleicher Richtung• Bergablaufen• wenig Erfahrung im Ausdauerlaufen• abrupte Steigerung der Laufumfänge• Steigerung der Trainingsfrequenz• Laufen langer Distanzen bzw. hohe Wochenlaufleistung• Intervalltraining• Muskelschwäche der Hüftabduktoren, Knieflexoren und -extensoren• übermäßig kräftige Hüftadduktoren

warum die Tatsache der isometrischen Testung und eine Reihe weiterer Faktoren die Ergebnisse der Muskeltests mit manuellen Dynamometern fragwürdig erscheinen lassen.

Während des Laufens erzeugen Extensoren und Flexoren an der Hüfte Kräfte, die in Zusammenarbeit mit weiteren Muskeln der unteren Extremität die Lokomotion ermöglichen. Durch die Lokomotion wiederum wirken äußere Kräfte auf den Körper ein und verursachen im Bereich der Hüfte unter anderem ein Adduktionsmoment bzw. einen Varusstress. Diese äußeren Kräfte müssen durch andere, nicht direkt an der Lokomotion beteiligte Muskelgruppen kompensiert werden. Zu diesem Zweck kontrahieren mit Beginn des Fersen-Boden-Kontakts die Hüftabduktoren, um in der folgenden Absorptionsphase des Gangbildes eine übermäßige Adduktion der gleichseitigen Extremität zu verhindern (Kompensation des Varusstresses). Gleichzeitig wird das Abkippen der gegenseitigen Hüfte verhindert. Da die äußeren Kräfte, die den Varusstress im Standbein erzeugen, größer sind, resultiert daraus eine minimale Adduktion im gleichseitigen Hüftgelenk und ein minimales Abkippen der gegenseitigen Hüfte. Definitionsgemäß handelt es sich bei der Kontraktion der Hüftabduktoren während der Absorptionsphase um eine exzentrische, negativ-dynamische Kontraktion. Während der folgenden Abstoßphase übersteigt das von den Hüftabduktoren aufgebrachte Moment das äußere Adduktionsmoment, und es

resultiert eine gleichseitige Abduktion bzw. ein Aufrichten der gegenseitigen

Definition 1: Definition von isometrischer, konzentrischer und exzentrischer Kontraktion nach Horstmann/Venter in „Funktionsdiagnostik des Bewegungssystems in der Sportmedizin“ (Banzer *et al.* 2004)

isometrische Kontraktion:

statische Arbeitsweise der Muskulatur, beschreibt einen Zustand der Spannungsentwicklung ohne äußerlich sichtbare Bewegung

konzentrische Kontraktion:

positiv-dynamische Arbeitsweise der Muskulatur, Überwindung eines Widerstands durch willkürliche Kontraktionen

exzentrische Kontraktion:

negativ-dynamische Arbeitsweise der Muskulatur, trotz maximaler, willkürlicher Kontraktion erfährt der Muskel eine Dehnung

Hüfte. Die Hüftabduktoren kontrahieren hier definitionsgemäß konzentrisch, positiv-dynamisch. Die Muskulatur der Hüfte wird somit beim Laufen abwechselnd konzentrisch und exzentrisch belastet (siehe auch Definition 1). Zu keinem Zeitpunkt des Gangbildes kontrahieren Hüftabduktoren oder -adduktoren isometrisch (Novacheck, 1995; Novacheck, 1998a; Novacheck, 1998b).

Darauf aufbauend erscheint es deutlich sinnvoller, einen möglichen Kraftunterschied der Hüftmuskulaturen auch in Bewegung und mit der Unterscheidung zwischen exzentrischer und konzentrischer Kontraktion zu bestimmen. Auch die Messung beider antagonistischer Muskelgruppen erscheint sinnvoll, da beide Muskelgruppen gemeinsam die Abduktion und Adduktion im Hüftgelenk bewirken. Um ein Überwiegen einer der beiden Muskelgruppen darzustellen, soll ein Quotient aus den generierten Drehmomenten der Hüftabduktoren und -adduktoren gebildet werden.

Im Gegensatz zu den manuellen Dynamometern handelt es sich bei modernen Isokineten um stationäre Dynamometer, mit denen mittels verschiedener Anbauvorrichtungen die unterschiedlichen Gelenke des Körpers fixiert und getestet werden können. Ein Computer übernimmt die Durchführung des Testprotokolls. Die Drehmomentbestimmung ist somit unabhängig vom Untersucher, im Gegensatz zur manuellen Dynamometrie, die stark

untersucherabhängig ist (Niemuth *et al.* 2005). Bei manuellen Dynamometern müssen alle Daten am Dynamometer abgelesen und dann von Hand in den auswertenden Computer übertragen werden. Isokineten ermöglichen die digitale Aufzeichnung, Übertragung und Verarbeitung der Drehmomentwerte. Eine Analyse der Rohdatensätze kann am Computer ohne jegliche Filterung erfolgen. Artefakte werden so erkannt und können durch ausgewählte Filter geglättet bzw. gelöscht werden.

Zusammenfassend lässt die Isokinetik validere Ergebnisse erwarten als die manuelle Dynamometrie, da durch die dynamische Messung eine höhere Funktionalität der Messung gegeben ist. Dem Untersucher stehen mehrere Variablen zur Auswertung zur Verfügung. Alle diese Variablen werden zudem in Abhängigkeit von der jeweiligen Position des Beines in Bezug auf den Bewegungsumfang angegeben. Durch die Möglichkeit, mehrere Bewegungszyklen hintereinander durchzuführen, kann für die getestete Muskelgruppe auch ein Ausdauerquotient erstellt werden, der die „lokale Ausdauer“ der getesteten Muskelgruppe darstellt (siehe Definition 2).

Definition 2: Definition der „lokalen Muskelausdauer“ nach Horstmann/Venter in „Funktionsdiagnostik des Bewegungssystems in der Sportmedizin (Banzer *et al.* 2004)

„lokale Muskelausdauer“:

Die Ermüdungswiderstandsfähigkeit eines Muskels oder einer Muskelgruppe, die kleiner ist als 1/6-1/7 der gesamten Skelettmuskulatur, bei statischer oder dynamischer Belastungsform über eine bestimmte Zeit

Ziel der vorliegenden Studie ist es, Drehmomente der hüftumgreifenden Muskulatur von Probanden mit einem ITBS zu generieren und diese mit den Drehmomenten einer gesunden Kontrollgruppe und der gesunden Beinseite des ITBS-Kollektivs zu vergleichen. Eine von Fredericson (2000) in den Raum gestellte isometrische Hüftabduktorenschwäche auf Seiten des ITBS-Kollektivs soll überprüft werden. Daneben soll mit Hilfe isokinetischer Messungen eine bezüglich der Funktionalität genauere Analyse der hüftumgreifenden Muskulatur von Läufern erfolgen.

1.2. Anatomie und Funktion des Tractus iliotibialis

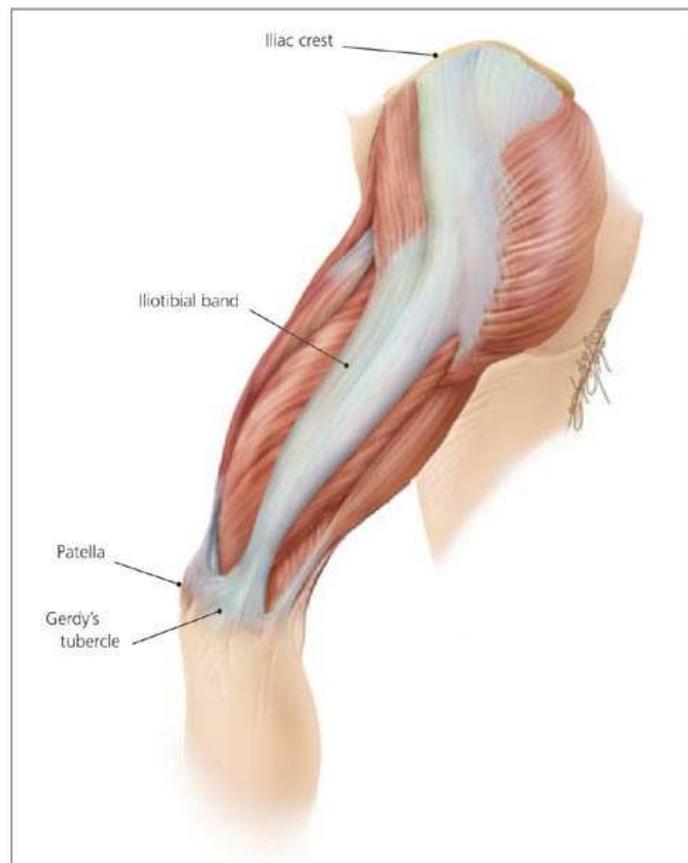


Abbildung 1: Tractus iliotibialis (Khaund and Flynn, 2005)

Der Tractus iliotibialis (Synonym: Iliotibiales Band, siehe Abbildung 1) ist ein aponeurotischer Sehnenstreifen, der von der Crista iliaca an den Condylus lateralis tibiae zieht. Proximal ist er durch Sehnenfasern des M. gluteus maximus und des M. tensor fasciae latae mit der Crista iliaca verbunden. Auch Fasern der Fascie des M. gluteus medius strahlen in den Tractus iliotibialis ein. Distal zieht er lateral über das Kniegelenk und setzt im Bereich des Condylus lateralis tibiae an. Der Tractus iliotibialis ist über das Septum intermusculare laterale mit dem Femur verbunden. Erst wenige Zentimeter proximal des lateralen Epicondylus femoris löst sich die Verbindung zum Knochen. Distal des lateralen Epicondylus femoris fächert sich der Tractus iliotibialis aus und inseriert mit Faserbündeln an der Patella, am lateralen Retinaculum patellae und am Condylus lateralis tibiae. Im gesamten Verlauf stellt er eine laterale Verstärkung der Fascia lata dar. (Fredericson and Wolf, 2005)

Der Tractus iliotibialis erhöht durch das Prinzip der Zuggurtung die Belastbarkeit des Femurknochens. Während des aufrechten Stands und der Standbeinphase wird der Femurknochen durch das eigene Körpergewicht nach außen gebogen. Durch die laterale Zuggurtung des Tractus iliotibialis werden diese als „Varusstress“ bezeichneten Kräfte deutlich reduziert. Die Gegenspannung wird hierbei durch die am Tractus iliotibialis ansetzende Muskulatur erzeugt. Zusammen mit den Hüftabduktoren verhindert der Tractus iliotibialis das Abkippen der Hüfte während des Einbeinstandes und in der Standbeinphase beim Gehen und Laufen. (Schiebler *et al.* 1999)

1.3. Fragestellungen und Hypothesen

In der vorliegenden Studie wurden folgende Kollektive untersucht:

- ITBS-Kollektiv: Probanden mit der Diagnose ITBS
- Kontrollgruppen: 1. Kontrollgruppe: gesunde Probanden („Kontrollkollektiv“)
2. Kontrollgruppe: Kollektiv, das aus der gesunden Beinseite des ITBS-Kollektivs gebildet wird („gesunde Seite“).

1.3.1. Fragestellungen

In der vorliegenden Studie sollen folgende Fragestellungen beantwortet werden:

Hüftabduktoren:

1. Gibt es Unterschiede im isometrischen, konzentrischen oder exzentrischen „maximalen Drehmoment“ der Hüftabduktoren zwischen dem ITBS-Kollektiv und den Kontrollgruppen?
2. Gibt es zwischen diesen Kollektiven Unterschiede in der „lokalen Ausdauer“ der Hüftabduktoren?

Hüftadduktoren:

3. Gibt es Unterschiede im isometrischen, konzentrischen oder exzentrischen „maximalen Drehmoment“ der Hüftadduktoren zwischen dem ITBS-Kollektiv und den Kontrollgruppen?
4. Gibt es zwischen diesen Kollektiven Unterschiede in der „lokalen Ausdauer“ der Hüftadduktoren?

Quotient aus Hüftabduktion und -adduktion:

5. Gibt es hinsichtlich der Verhältnisse der gemessenen Drehmomentwerte aus Hüftabduktoren und Hüftadduktoren Unterschiede zwischen den Kollektiven?

1.3.2. Hypothesenbildung

Die aufgestellten Hypothesen sollen zunächst auf die entsprechende Nullhypothese geprüft werden, es werden jeweils die Unterschiedshypothesen ausformuliert. Als Testniveau wird $\alpha=0.05$ festgelegt. Die Nullhypothese soll auf dem 5%-Niveau verworfen werden.

Folgende Hypothesen werden aufgestellt:

Hüftabduktoren:

H1.1: Zwischen dem ITBS-Kollektiv und den Kontrollgruppen bestehen signifikante Unterschiede im isometrischen, konzentrischen und exzentrischen maximalen Drehmoment der Hüftabduktoren und in der „lokalen Ausdauer“.

Hüftadduktoren:

H2.1: Zwischen dem ITBS-Kollektiv und den Kontrollgruppen bestehen signifikante Unterschiede im isometrischen, konzentrischen und exzentrischen maximalen Drehmoment der Hüftadduktoren und in der „lokalen Ausdauer“.

Quotient aus Hüftabduktion und -adduktion:

H3.1: Der Quotient aus Hüftabduktion und -adduktion für die getesteten Drehmomente und der „lokalen Ausdauer“ hat im Kollektiv der ITBS-Probanden signifikant andere Werte als in den Kontrollgruppen.

2. Material und Methoden

2.1. Probanden

In der vorliegenden Studie wird das ITBS-Kollektiv mit dem „Kontrollkollektiv“ und dem Kollektiv der „Gesunden Seite“ verglichen.

Die Rekrutierung der Probanden erfolgte auf unterschiedliche Weise: Zum einen Patienten, die sich in der sportmedizinischen Ambulanz der Universität Tübingen mit der Diagnose ITBS vorstellten, zum anderen stellten sich auch Läufer ohne Beschwerden vor, die für das „Kontrollkollektiv“ herangezogen werden konnten. Neben der Rekrutierung von Patienten wurde versucht, über Anzeigen in lokalen Zeitungen und das Verteilen von Handzetteln bei Laufveranstaltungen geeignete Probanden zu gewinnen.

2.1.1. Ein- und Ausschlusskriterien

Probanden wurden nur in die vorliegende Studie integriert, wenn Einschlusskriterien erfüllt und Ausschlusskriterien nicht erfüllt wurden (siehe Tabelle 3). Bei Probanden des ITBS-Kollektivs musste die Diagnose ITBS durch den Prüfarzt bestätigt werden.

Tabelle 3: Aufstellung der Einschluss- und Ausschlusskriterien

Einschlusskriterien
<ul style="list-style-type: none"> • weibliche und männliche Probanden zwischen 18 und 50 Jahren • wöchentliches Laufpensum von min. 20 Trainingskilometern im Ausdauerbereich • Einwilligung zu der Teilnahme an der Studie nach schriftlicher und mündlicher Aufklärung über die Ziele und Inhalte der Studie
Ausschlusskriterien
<ul style="list-style-type: none"> • therapeutische Maßnahmen in den zurückliegenden 6 Monaten vor Studienbeginn • Voroperationen am Kniegelenk • andere Beschwerden als die des Patientenkollektivs an der unteren Extremität • akute oder chronische Allgemeininfektion • regelmäßige Medikamenteneinnahme und Alkoholabusus • Teilnahme an einer anderen Studie in den zurückliegenden 30 Tagen • Prüfzentrum (Sportmedizin Tübingen) zu weit vom Wohnort entfernt • fehlende Compliance

Für das ITBS-Kollektiv wurden insgesamt 63 Personen rekrutiert. Zu einer Eingangsuntersuchung erschienen 49 Personen. 28 Personen wurden in dieser

Untersuchung durch Anwendung der Zulassungskriterien von der Studie ausgeschlossen. Somit erfüllten 21 Personen die Bedingungen der Studie und wurden für die folgenden Tests und Untersuchungen zugelassen.

Nach Abschluss der isokinetischen Tests standen 12 isometrische Datensätze des ITBS-Kollektivs für die Auswertung zur Verfügung. Die 12 Personen des ITBS-Kollektivs wurden einer Parallelisierung nach Geschlecht mit dem Kontrollkollektiv unterzogen. Durch diese Parallelisierung mussten zwei weitere Probanden im ITBS-Kollektiv ausgeschlossen werden. Letztendlich bestanden alle Kollektive aus jeweils 10 Personen, 7 Männern und 3 Frauen.

2.2. Studienaufbau

Alle Untersuchungen fanden tagsüber zwischen 9 und 18 Uhr statt. Erhebung der klinischen Daten und die biomechanische Untersuchung fanden zwischen Januar und März 2006 statt. Die isokinetischen Messungen wurden separat davon zwischen Juni und August 2006 durchgeführt, da das Testprotokoll Anfang 2006 noch in Überarbeitung war. Die Probanden sollten für die komplette isokinetische Messung eine Stunde einplanen und Laufschuhe und Sportkleidung (Laufhose, lange Trainingshose) mitbringen. Alle Probanden wurden angewiesen, an drei Tagen vor den Studientagen keine Maximalbelastungen und Wettkämpfe zu bestreiten. Normales Training im Ausdauerbereich war gestattet. Probanden, die alle Untersuchungen abgeschlossen hatten und deren Unterlagen vollständig erfasst vorlagen, bekamen als Aufwandsentschädigung einen Gutschein für eine Ganganalyse am Institut für Sportmedizin (Tübingen) ausgehändigt.

Für die Probanden begann der jeweilige Messtag mit der mündlichen und schriftlichen Aufklärung über Ziele und Umfang der Studie. Den Probanden wurde ausreichend Zeit gegeben, um sich über die Studie zu informieren und eine Entscheidung für oder gegen die Teilnahme zu treffen. Allen Probanden wurde mitgeteilt, dass die Teilnahme freiwillig sei und dass sie jederzeit und ohne Angabe von Gründen abbrechen könnten. Nach der schriftlichen Einverständniserklärung folgte die orthopädische Eingangsuntersuchung durch die Prüferin. Diese entschied über Ein- oder Ausschluss der Teilnehmer und Eingruppierung in das jeweilige Kollektiv. Nach klinischer Untersuchung folgte

die biomechanische bzw. kinematische Untersuchung der Laufbewegung. Diese Untersuchung war Teil einer Gesamtstudie ist aber nicht Gegenstand dieser Studie. Einige Wochen nach der biomechanischen Untersuchung erfolgten die isokinetischen Messungen an Hüftabduktoren und -adduktoren.

Die Ergebnisse der gesamten Studie wurden separat für jeden Probanden in einem Prüfbogen notiert (siehe Anlagen). Daten, die während der biomechanischen und isokinetischen Messungen aufgezeichnet wurden, sind anonymisiert auf einem Rechner der Biomechanik am Institut für Sportmedizin (Tübingen) gespeichert. Zugang zu diesen Daten, den Prüfplänen und den Fragebögen haben nur Mitarbeiter der Biomechanik. Prüfpläne, Fragebögen und auch digitale Daten sind mit der jeweiligen Probandennummer, dem Jahrgang, Alter und Geschlecht der Probanden versehen. Eine Zuordnung von Probandenname und -nummer wäre prinzipiell möglich. Die dafür notwendigen Unterlagen werden jedoch separat aufbewahrt und sind Dritten nicht zugänglich. Alle an der Studie beteiligten Personen wurden zur Verschwiegenheit und zum vertraulichen Umgang mit den Daten verpflichtet.

Die Studie erfüllte alle Bestimmungen der Ethikkommission der Eberhard-Karls-Universität Tübingen, inklusive der informierten Einverständniserklärung aller beteiligten Probanden (Bescheid 434/2005).

2.2.1. Klinische Untersuchung

Alle Probanden wurden von der gleichen Ärztin orthopädisch untersucht. Die Ärztin ist Fachärztin für Orthopädie und hat langjährige Erfahrung in klinischer und ambulanter Orthopädie. Als orthopädischer Eingangsbefund wurden erfasst:

- kein Befund,
- ITBS,
- Seitenlokalisation rechts oder links oder
- sonstige Beschwerden im Bereich der unteren Extremität.

Der Eingangsbefund wurde durch das Vorliegen einer Reihe von Symptomen und Befunden standardisiert (siehe Tabelle 4). Die Prüfärztin orientierte sich dabei an dem Prüfplan. In diesem sind Symptome und Befunde, die für die Diagnose ITBS vorliegen mussten, formuliert.

Nach Festlegen des Eingangsbefundes und damit verbundener Einteilung (ITBS, Kontrollkollektiv oder Studienausschluss) folgte eine umfangreiche klinische Untersuchung der unteren Extremitäten (siehe Tabelle 5).

Tabelle 4: Aufstellung der Eingangsbefunde für die Diagnose ITBS.

Eingangsbefund, Symptome
<ul style="list-style-type: none"> • Schmerz nach Durchlaufen einer ganz bestimmten Strecke • Zunahme der Schmerzen, bis Fortsetzung des Laufens unmöglich wird • Schmerzurückgang bei Unterbrechung, Schmerzurückkehr beim Weiterlaufen • verstärkte Beschwerden beim Bergablaufen • Druckschmerz seitlicher Kniebereich über dem Epicondylus femoris lateralis • Druckschmerz über dem Ursprung des lateralen Seitenbandes • Bei Extension und Flexion gleitet das Lig. Iliotibiale über den Epicondylus femoris lateralis • Synovitis bzw. Bursitis im Bereich des Epicondylus femoris lateralis

Tabelle 5: Aufstellung der klinischen Untersuchungen der unteren Extremität.

Diagnostik des Kniegelenk
<ul style="list-style-type: none"> • Ergusszeichen, Schwellung, Rötung • Außen- und Innenmeniskus: Steinmann I und II • Seitenbänder/Menissen: Varus- und Valguskompressionschmerz • Laxität der Seitenbänder • Kreuzbänder: Pivot-Shift-Test, Lachmantest, Schubladentest • Patellofemorales Schmerzsyndrom: Zohlzeichen, retropatellare Krepitationen • Patellaspitzensyndrom: Facettenschmerz • Patellamobilität: vermehrte/verminderte Patellaverschieblichkeit
Diagnostik des Fußes
<ul style="list-style-type: none"> • Vorfuß-Statik: Spreizfuß, Hallux valgus, Schwielenbildung, Zehendeformität • Mittel-/Rückfuß-Statik: Knick-Senkfuß, Hohlfuß, gerader Fuß • Fußachse: Inversion, Eversion, Übergang Zehenstand: Valguskorrektur?

weitere Untersuchungen
<ul style="list-style-type: none"> • Triggerpunkte des ITBS: Ursprung des lateralen Seitenbandes am Knie, Epicondylus femoris lateralis, Tuberculum Gerdii als distaler Ansatzpunkt des Tractus iliotibialis, Triggerpunkt des M.gluteus medius • Beinachse: Genu varus, valgus, recurvatum • Beckentiefstand • Beinlänge (funktionell und anatomisch) • Bewegungsausmaß in Hüft-, Knie- und oberem Sprunggelenk • Dehnfähigkeit der ischiocruralen Muskulatur • Dehnfähigkeit des M.rectus femoris und des M.iliopsoas • Ober's Test: eventuelle Verkürzung des Tractus iliotibialis

2.2.2. Anamnese und Fragebögen

Alle Probanden wurden einer Trainings- und Laufanamnese unterzogen. Bei dem ITBS-Kollektiv wurde zusätzlich eine ausführliche Schmerzanamnese durchgeführt (Tabelle 6 a und b).

Tabelle 6: Anamnese aller Probanden (a) und die Schmerzanamnese des ITBS-Kollektivs (b)

a) Anamnese aller Probanden
<ul style="list-style-type: none"> • Trainingsalter • Laufpensum/Woche • mittlere Belastung während des Laufens [Watt, km/h, min/km] • Laufbestleistungen • vorgezogener Laufuntergrund • geplante Wettkämpfe • weitere Sportarten
b) Schmerzanamnese (ITBS-Kollektiv)
<ul style="list-style-type: none"> • erstmaliges Auftreten der Symptome • Beschwerdeseite • Häufigkeit und Regelmäßigkeit der Beschwerden • Abhängigkeit von Tageszeit und Jahreszeit • eigene Meinung zur Ursache der Beschwerden • Zeitpunkt des Beschwerdeauftritts während des Trainings • bisherige Therapiemaßnahmen • Begleiterkrankungen

Die Schmerzanamnese umfasste neben den Punkten aus Tabelle 6 b auch das Ausfüllen des „modifizierten Pain-Disability-Index“ (PDI) (siehe Anhang). Dabei markiert der Proband auf einer 10 cm Skala, wie er die eigenen Schmerzen einschätzt (keine Beeinträchtigung: Anfang der Skala = 0 cm; völliger Beeinträchtigung: Ende der Skala = 10 cm). Die Auswertung erfolgt durch Ausmessen der Markierung, der ein Wert zwischen 0 und 100% (1 mm=1%) zugeordnet wird. Im modifizierten PDI gibt es fünf Kategorien, die eine subjektive Einschätzung der Beeinträchtigungen durch das ITB-Syndrom im Alltag darstellen: 1) Familie und Verantwortlichkeit zu Hause, 2) Erholung, 3) Soziale Aktivität, 4) Lauftraining und 5) sonstige sportliche Aktivität.

2.2.3. Kraftmessungen

Alle Kraftmessungen an den Hüftabduktoren wurden von der gleichen Sportwissenschaftlerin auf demselben Isokineten durchgeführt („Isomed 2000“ (Abb. 2) der Firma D&R Ferstl GmbH, Deutschland). Vor dem Test wurden die Probanden über die Art der Testung, die verschiedenen

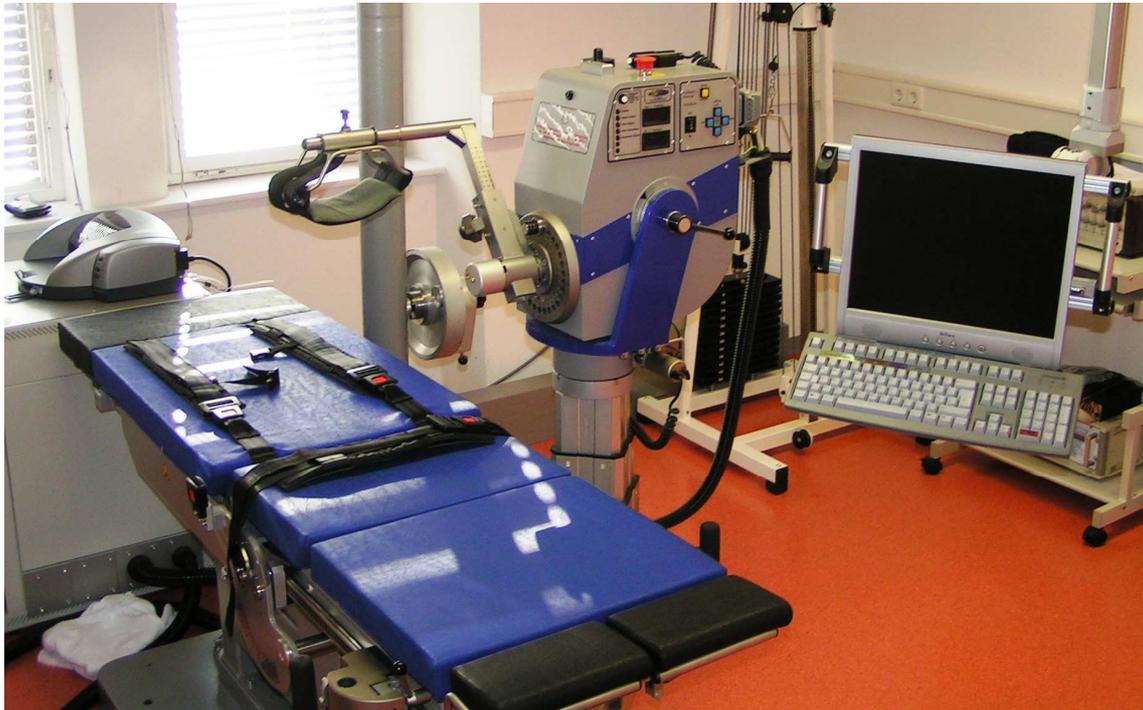


Abbildung 2: „Isomed 2000“ der Firma D&R Ferstl GmbH, Deutschland

Testmodi und mögliche Nebenwirkungen aufgeklärt. Alle Probanden vollzogen ein fünfminütiges Aufwärmtraining auf einem Fahrradergometer bei einer Belastungsstufe von 100 Watt.

Beim ersten Probanden des jeweiligen Testtages wurde das Bein, mit dem begonnen wurde, zufällig ausgewählt. Bei jedem weiteren Probanden wurde mit der zuletzt am Isokineten eingestellten Seite fortgefahren.

Generell müssen für jeden Probanden eine Reihe von Standardeinstellungen vor Beginn der isokinetischen Messungen durchgeführt werden. Diese Einstellungen sind vom Hersteller für Tests an den Hüftabduktoren und -adduktoren vorgesehen und werden ausführlich in dem Isokineten beiliegenden Handbuch beschrieben. Tests der Hüftabduktoren und -adduktoren werden demnach in Seitlage durchgeführt. Die Bewegungsebene der Ab- und Adduktoren (Frontalebene) soll während der gesamten Messungen senkrecht

stehen, die Hüfte soll gestreckt (Oberkörper und Oberschenkel bilden eine Achse) und das untere Bein in Hüft- und Kniegelenk flektiert sein, um einer Hüftkipfung gegensteuern zu können. Drehachse des Isokineten und des Hüftgelenks müssen für die Messungen in Übereinstimmung gebracht werden. Die Drehachse des Isokineten wird am „Isomed 2000“ durch einen Laserpointer markiert. Als Drehachse des Hüftgelenks wurde ein Punkt in der Mitte der Verbindung zwischen der Spitze des Trochanter majors und der Wirbelsäule definiert. Waren beide Drehachsen in Übereinstimmung, wurde die Gesamtposition durch Anlegen eines Hüftgurtes fixiert. Hebelarm und Aufnahmevorrichtung mussten nun an dieser Position ausgerichtet werden, um die zu testende Extremität an der Aufnahmevorrichtung fixieren zu können. Die Aufnahmevorrichtung wurde proximal der Epicondylus femoris durch zwei Klettbänder fixiert.

Abweichend von den Standardeinstellungen wurden einige zusätzliche Fixierungen und Änderungen vorgenommen. So wurde den Probanden vor Beginn der Messungen eine Knieorthese angelegt, mit der das Knie in einer 90°-Flexionsstellung fixiert wurde. Der so in 90° fixierte Unterschenkel wurde zusätzlich im Bereich des Sprunggelenks mit dem Hebelarm verbunden. Zwei weitere Gurte fixierten das untere Bein fest an der Unterlage, um bei der Adduktion ein Widerlager zu bilden. Das Kissen der Aufnahmevorrichtung wurde abmontiert, das Bein ohne dieses Kissen in der Vorrichtung fixiert, da die Knieorthese genug Schutz vor Hautabschürfungen während der Messungen bot (siehe Abbildung 3).

Nun folgte das Festlegen der Nullposition des Hüftgelenks. Die Nullposition ist die Position, in der Spina iliaca anterior superior, Patellamitte und Sprunggelenksmitte auf einer Horizontalen liegen. Der Untersucher legte diese Position visuell fest und notierte sie im Prüfbogen, um die Einstellungen bei den folgenden Testmodi identisch vornehmen zu können. Anschließend wurde der Proband aufgefordert, das Testbein schlaff hängen zu lassen, um eine Schwerkraftkompensation durchzuführen. Eine nicht erfolgreich durchgeführte Schwerkraftkompensation wurde als Drehmomentausschlag wahrgenommen und konnte direkt wiederholt werden. Zum Abschluss wurden das auf dem



Abbildung 3: Fixierung des Unterschenkels in 90°-Flexionsstellung mit Hilfe einer Knieorthese und eines Klettbandes

Isokineten voreingestellte Bewegungsausmaß kontrolliert und mechanische Grenzen installiert, die den Probanden vor Verletzung schützen. Zusätzliche Sicherheit bietet der Notausschalter, der sowohl durch den Probanden als auch durch den Untersucher betätigt werden kann.

Alle individuellen Einstellungen wurden erfasst und in die Benutzeroberfläche des Isokineten eingegeben. Entscheidende Schritte waren zwecks Standardisierung im Prüfbogen vermerkt und mussten vom Untersucher einzeln abgehakt werden. In der beschriebenen und abgebildeten Position wurden Hüftabduktion und -adduktion einer Seite getestet.

Während der Tests achtete der Untersucher stets auf die richtige Position des Probanden und forderte ihn auf, diese Position zu halten (siehe Abb. 4). Die Hand des Untersuchers lag auf der Hüfte des Probanden. Ohne Druck auf die Hüfte auszuüben, wurde dem Probanden auf diese Weise eine taktile Rückmeldung über die Position der Hüfte gegeben. Neben der taktilen Rückmeldung stand dem Probanden auch eine visuelle Rückmeldung über den

Besonderheiten während der Tests, wie Schmerzen, Positionsänderungen, mangelnde Fixation oder bewusste, submaximale Wiederholungen wurden im Prüfbogen zeitlich genau festgehalten. Dies sollte später die korrekte Interpretation der Daten ermöglichen. Vor jedem neuen Modus konnte der Proband die Bewegung auf dem Isokineten üben.

2.2.4. Protokoll der isokinetischen Kraftmessungen

Die Protokolle für beide Seiten waren identisch (Tabelle 7). Begonnen wurde in isometrischer Arbeitsweise, danach folgten die isokinetischen Tests in konzentrischer und exzentrischer Arbeitsweise. Zwischen den verschiedenen Testmodi wurde eine Pause von 30 Sekunden eingehalten. Vor dem letzten Testmodus, dem Ausdauerstest, wurde 60 Sekunden pausiert.

Im ersten und zweiten Testmodus wurden die isometrischen Drehmomentmaxima für die Hüftabduktion und -adduktion bestimmt. Die Probanden wurden aufgefordert, mit wachsender Kraft bis zu einem Maximum gegen die Aufnahmevorrichtung zu drücken. Hierbei ist der Hebelarm in der definierten Testposition (z. B.: Hüftabduktion, 0°) fixiert, der Isokinet testet rein isometrisch. Zwischen beiden Tests gab es eine Pause von 10 Sekunden.

Tabelle 7: Protokoll der isokinetischen Kraftmessungen

Seite	Arbeitsweise	Wiederholungen/Dauer
li/re	isometrisch (-10°, 0° Abduktion)	Pause: 10s; Belastungsdauer: 5s
	<i>Pause</i>	30s
li/re	isometrisch (0°, 10° Adduktion)	Pause: 10s; Belastungsdauer: 5s
	<i>Pause</i>	30s
li/re	konzentrisch Ab-/Adduktion 30°/s	5 maximale Wiederholungen
	<i>Pause</i>	30s
li/re	exzentrisch Add-/Abduktion 30°/s	5 maximale Wiederholungen
	<i>Pause</i>	60s
li/re	konzentrisch Ab-/Adduktion 30°/s	20 Wiederholungen (Ausdauer)

Der dritte Testmodus war der erste dynamische Test. Getestet wurden konzentrische und exzentrische Arbeitsweise der Hüftabduktoren und -adduktoren bei einer definierten Geschwindigkeit von 30°/s. Da der exzentrische Modus eine vermehrte Koordination verlangt, wurde erst mit den Aufzeichnungen begonnen, als mehrere flüssige Wiederholungen vollbracht

waren. Nach einer Pause von 60 Sekunden wurde mit der Messung der lokalen Ausdauer fortgefahren.

Nach der Ausdauerermessung wurden alle Daten gespeichert und die Fixierungen gelöst. Der Proband hatte fünf Minuten Pause, um sich zu lockern und etwas zu trinken. In diesen fünf Minuten wurde der Isokinet auf die Testung des gegenseitigen Beins vorbereitet. Nach dem Umbau begann der identische Zyklus mit Anlage der Knieorthese am gegenseitigen Bein.

2.3. Statistische Analyse

Der Isokinet generiert die isokinetischen Datensätze mit einer Lesefrequenz von 200 Hz. Von jedem Probanden gibt es Daten von 14 Testmodi. Um die Auswertung der umfassenden Datensätze zu ermöglichen, müssen Berechnungen angestellt werden, die die Fülle an Informationen auf das Wesentliche reduzieren. Die Biomechanik der Sportmedizin Tübingen hat mit der Software Matlab (The Mathworks, USA) eine Anwendung programmiert, die die gezielte Auswertung der isokinetischen Datensätze ermöglicht. Grundlage dieses Programms sind folgende Bedingungen:

- Berücksichtigung finden nur Daten im isokinetischen Intervall;
- das isometrische Drehmomentmaximum ist das höchste Drehmoment aus den beiden getesteten Winkelpositionen;
- maximales isokinetisches Maximum in Exzentrik und Konzentrik ist jeweils der Mittelwert der Wiederholungen zwei bis fünf;
- der Ausdauerquotient (AQ) berechnet sich wie folgt:
 1. Mittelwert der drei maximalen Wiederholungen aus Wdh. 2-5
 2. Mittelwert der drei maximalen Wiederholungen aus Wdh. 16-20
 3. Verhältnis der Mittelwerte 16-20 und 2-5

$$AQ = \frac{\sum 3 \text{ max. Wiederholungen aus Wdh 16 - 20}}{\sum 3 \text{ max. Wiederholungen aus Wdh. 2 - 5}}$$

- Bildung des Quotienten aus Hüftabduktion und -adduktion für alle Variablen

Ergebnis dieser Berechnungen ist eine Tabelle, die, sortiert nach Probanden, folgende Variablen enthält:

- isometrische,
- konzentrische und
- exzentrische Drehmomentmaxima;
- Ausdauerquotient;
- Quotient aus Hüftabduktion und -adduktion für die genannten Variablen.

Die statistische Auswertung der Daten wurde mit der Software Jmp 4.0.0 (SAS Institut Inc., USA) durchgeführt. Die statistische Analyse erfolgte mittels des t-Tests. Eine Standardisierung der Daten erfolgte auf Größe [m] und Masse [kg]. Hierfür wurde die Masse der Probanden in das Gewicht [N] konvertiert. Die Standardisierung erfolgte nach Frederikson et al durch Dividieren der Drehmomente durch Größe [m] und Gewicht [N] und multiplizieren mit dem Faktor 100 (Fredericson 2000). Man erhält auf diese Weise dimensionslose Drehmomentäquivalente.

3. Ergebnisse

Die Darstellung der Messwerte erfolgt im Ergebnisteil in Form von Tabellen und Diagrammen. Die Diagramme stellen das 95%-Konfidenzintervall mit Hilfe einer grünen Raute dar. Diese Raute durchkreuzt eine weitere grüne Linie, die den Mittelwert der Messwerte angibt. Zusätzlich illustriert ein rotes Rechteck den Bereich, in dem 50% der Messwerte lokalisiert sind. Dieser Kasten wird durch einen Querstrich geteilt, der den Median der Messwerte darstellt. Die Verteilung der restlichen 50% der Messwerte wird durch rote Ausläufer oben und unten illustriert.

3.1. Biometrische Daten

Wie im Kapitel 2.1.1. beschrieben, wurden beide Kollektive vor Beginn der Auswertung bezüglich des Geschlechts parallelisiert. Tabelle 8 zeigt, dass die Kollektive aus jeweils sieben männlichen und 3 weiblichen Probanden

Tabelle 8: Biometrische Daten des ITBS-Kollektivs und des Kontroll-Kollektivs

Biometrie	Geschlecht		Alter [Jahren]	Masse [kg]	Größe [cm]	BMI[kg/m ²]
	M	W				
			arithmetisches Mittel \pm Standardabweichung			
ITBS	7	3	37.2 \pm 2.04	70.8 \pm 9.09	179 \pm 2.59	22.2 \pm 2.39
Kontrolle	7	3	40.5 \pm 2.04	68.2 \pm 9.58	177 \pm 3.10	21.8 \pm 1.54
			Min/Median/Max			
	ITBS		30/37/49	54/73/84	164/179/193	18.7/21.7/26.5
	Kontrolle		31/41/51	54/70/86	158/178/194	19.4/21.5/25.1

bestanden. Das Durchschnittsalter des Kontrollkollektivs lag mit 40.5(+/-2.04) Jahren höher als das des ITBS-Kollektivs mit 37.2(+/-2.04) Jahren (siehe Abbildung 6). Die biometrischen Daten der Kollektive unterschieden sich aber nicht signifikant voneinander.

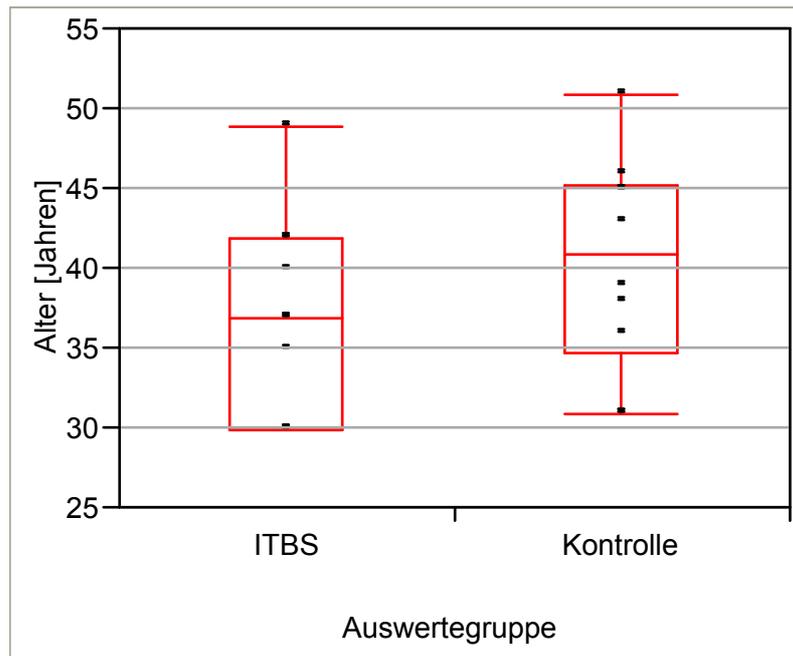


Abbildung 6: Durchschnittsalter des ITBS- und Kontrollkollektivs

3.2. Anamnese und klinische Untersuchung

Anamnestisch wurden unter anderem die Trainingsjahre und der wöchentliche Trainingsumfang erfragt (siehe Tabelle 9). In den Trainingsjahren, d.h. in der Lauferfahrung, die beide Kollektive durchschnittlich haben, gibt es einen deutlichen, statistisch signifikanten Unterschied (Abb. 7). Die Probanden des Kontrollkollektivs betreiben den Laufsport durchschnittlich mehr als 10 Jahre

Tabelle 9: Trainingsdaten des ITBS- und Kontrollkollektivs, * = signifikantes Ergebnis (p)

Trainingsdaten	Trainingsjahre	Trainingsumfang [km/Wo]
	arithmetisches Mittel +/-Standardabweichung	
ITBS-Kollektiv	5.56± 3.21	36.1± 11.1
Kontrollkollektiv	16.0± 7.81	27.9± 4.88
p	0.0026*	0.09
	Min/Median/Max	
ITBS-Kollektiv	2/5/10	25/35/55
Kontrollkollektiv	6/16/30	25/25/35

länger als das ITBS-Kollektiv. Einen deutlichen Unterschied, aber statistisch nicht signifikant, gibt es auch beim Trainingsumfang. Die ITBS-Probanden laufen wöchentlich 8 km mehr als das Kontrollkollektiv.

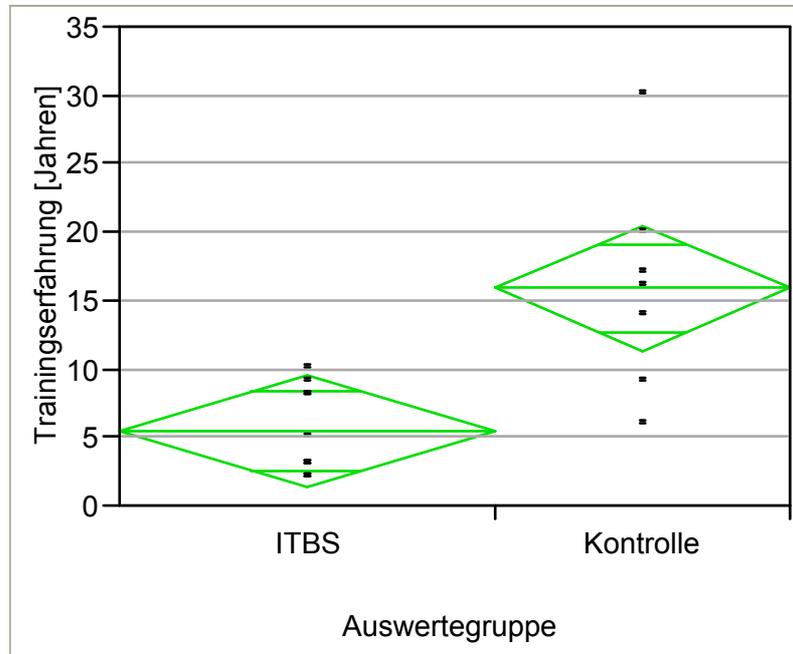


Abbildung 7: Lauferfahrung des ITBS- und Kontroll-Kollektivs

3.3. ITBS-Eingangsbefund und Diagnostik

Tabelle 10 (siehe auch Kapitel 2.2.1) listet ein weiteres Mal standardisierte Symptome des Eingangsbefundes des ITBS-Kollektivs auf, um die nachfolgende Grafik (Abb. 8) zu erläutern. Alle Probanden gaben an, Schmerzen nach Durchlaufen einer ganz bestimmten Strecke zu spüren. Bei 9 von 10 Probanden gingen die Schmerzen bei Unterbrechung des Trainings zurück, kamen aber beim Weiterlaufen wieder. Bei 6 von 10 Probanden nahmen die Schmerzen kontinuierlich zu, bis zu einem Punkt, an dem das Weiterlaufen unmöglich wurde. Bei keinem der Probanden konnte eine Synovitis oder Bursitis im Bereich des Epicondylus femoris lateralis nachgewiesen werden.

Der Abbildung 9 liegt die Frage zu Grunde, zu welchem Zeitpunkt die Schmerzen in Abhängigkeit von der sportlichen Belastung auftraten. Alle ITBS-Probanden gaben an, dass die Schmerzen dann auftraten, wenn die

Belastung zunahm. Niemand hatte zu Beginn der Belastung oder während der gesamten Belastung Beschwerden.

Tabelle 10: Aufstellung der Eingangsbefunde für die Diagnose ITBS

Eingangsbefund, Symptome
(1) Schmerz nach Durchlaufen einer ganz bestimmten Strecke
(2) Zunahme der Schmerzen, bis Fortsetzung des Laufens unmöglich wird
(3) Schmerzurückgang bei Unterbrechung, Schmerzurückkehr beim Weiterlaufen
(4) verstärkte Beschwerden beim Bergablaufen
(5) Druckschmerz seitlicher Kniebereich über dem Epicondylus femoris lateralis
(6) Druckschmerz über dem Ursprung des lateralen Seitenbandes
(7) Bei Extension und Flexion gleitet das Lig. Iliotibiale über den Epicondylus femoris lateralis
(8) Synovitis bzw. Bursitis im Bereich des Epicondylus femoris lateralis

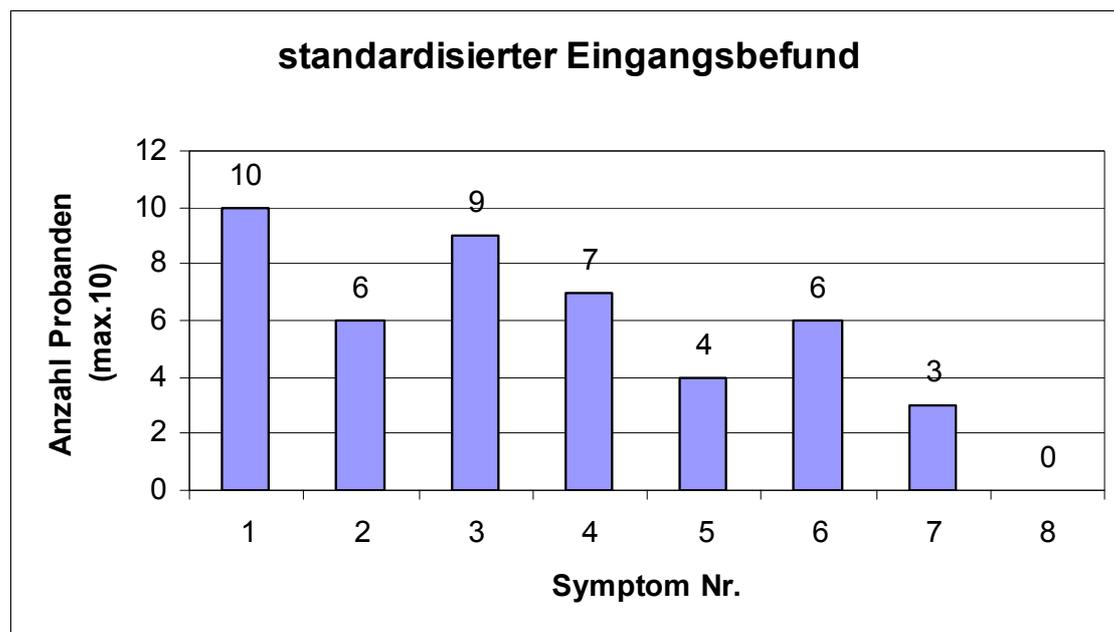


Abbildung 8: standardisierter Eingangsbefund, Symptom-Nummer siehe Tabelle 10

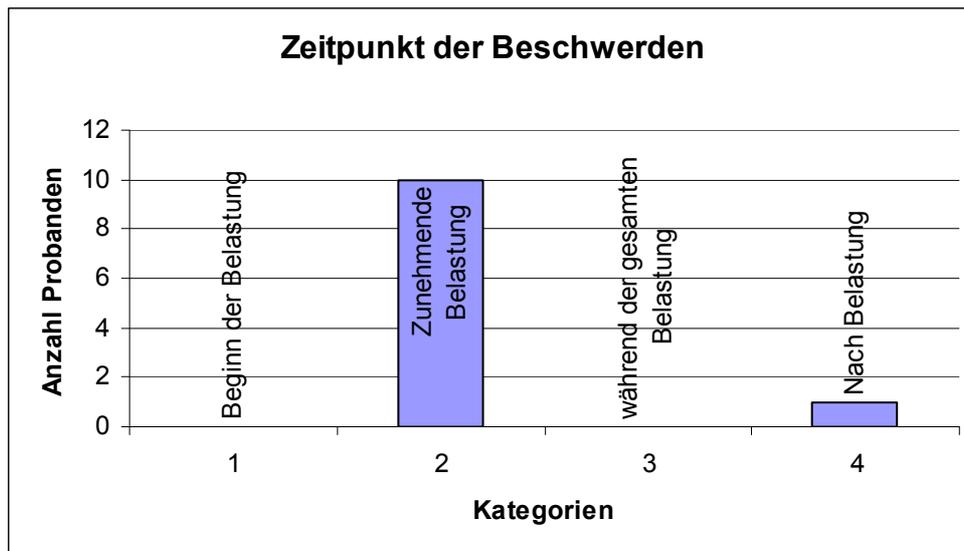


Abbildung 9: Zeitpunkt der Beschwerden in Abhängigkeit der sportlichen Belastung, Kategorien: 1= Beginn der Belastung, 2= zunehmende Belastung, 3= während der gesamten Belastung, 4= nach Belastung

Das ITBS-Kollektiv fühlt sich bezüglich des Lauftrainings zu 65% eingeschränkt (siehe Abb. 10, PDI). Auch in Erholungsphasen und in anderen Sportarten sehen sie sich zu 20 % eingeschränkt. Im Alltag bei der Familie erleben die ITBS-Probanden nahezu keine Einschränkungen.

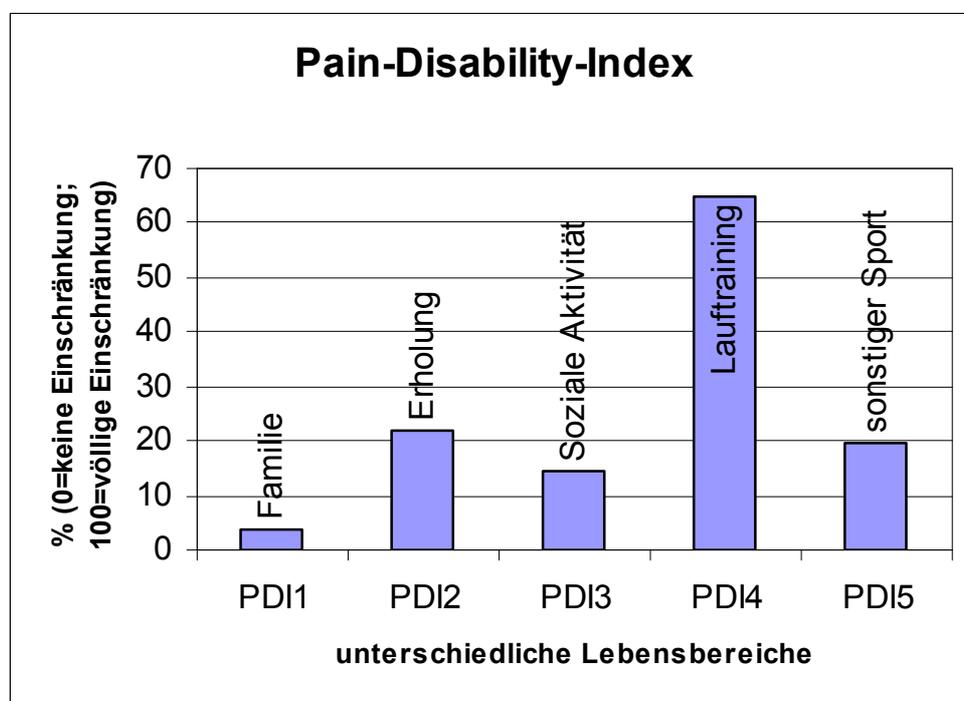


Abbildung 10: Einschränkungen des ITBS-Kollektiv gemessen als Pain-Disability-Index (PDI) in %, 0% = keine Einschränkung, 100%= völlige Einschränkung

3.4. Isokinetische Messungen

Alle Probanden absolvierten die isokinetischen Tests ohne Schmerzen. Bei keinem der Probanden mussten die isokinetischen Messungen unterbrochen oder wiederholt werden.

Für die statistische Auswertung der Daten der „Gesunden Seite“ standen in der Isometrie statt 10 Datensätze nur 6 zur Verfügung. Vier Datensätze wurden nicht berücksichtigt, da bei diesen Messungen falsche Nullpositionen verwendet wurden. Positionen, die um weniger als 5° von der tatsächlichen Nullposition abwichen, wurden in die Datenanalyse integriert. Diese Abweichungen von der Nullposition betrafen nur einige isometrische Messungen. Bei den isokinetischen Messungen wurden fehlerhafte Nullpositionen durch abweichende Vorgaben für die mechanischen Grenzen noch vor Start der Datenaufzeichnung bemerkt. Zwei Drehmomentwerte der „Gesunden Seite“ im Modus „Hüftabduktion und -adduktion exzentrisch“ hielten der Plausibilitätskontrolle nicht stand und wurden ausgeschlossen.

3.4.1. Hüftabduktion

Wie Tabelle 11 zeigt, gibt es bei den Hüftabduktoren keine signifikanten Unterschiede der standardisierten Drehmomentwerte zwischen dem ITBS-Kollektiv und dem Kontrollkollektiv. Es finden sich auch keine signifikanten Unterschiede zwischen ITBS-Kollektiv und dem Kollektiv der „Gesunden Seite“. Der Mittelwert der isometrischen, maximalen Drehmomente der Hüftabduktoren beträgt im ITBS-Kollektiv und im Kontrollkollektiv 12.0, bei $p=0.97$ (siehe Abbildung 11). Der Vergleich ITBS-Kollektiv und „Gesunde Seite“ liefert im Mittelwert geringere Werte für das Kollektiv „Gesunde Seite“ von 1.0 (12 vs. 11), bei $p=0.48$. Auch im konzentrischen und exzentrischen Testmodus finden sich keine signifikanten Unterschiede in den maximalen Drehmomenten. p nimmt hier Werte zwischen 0.65 (konzentrisch ITBS/Kontrolle) und 0.88 (exzentrisch ITBS/„Gesunde Seite“) an. In Abbildungen 12 a und b sind Konzentrik und Exzentrik für den Vergleich ITBS und Kontrollkollektiv dargestellt.

Tabelle 11: Drehmomentwerte der Hüftabduktion

Abduktion	isometr. max. Drehmoment	konzentr. max. Drehmoment	exzentr. max. Drehmoment	Ausdauerquotient
ITBS	12.0+/-2.51	9.70+/-1.59	12.6+/-2.34	0.82+/-0.04
Kontrollkollektiv	12.0+/-2.71	10.1+/-1.42	12.4+/-2.19	0.87+/-0.07
"Gesunde Seite"	11.0+/-2.59	9.60+/-1.77	12.8+/-2.24	0.80+/-0.06
	p			
(ITBS/Kontrolle)	0.97	0.65	0.82	0.06
(ITBS/"Gesunde Seite")	0.48	0.81	0.88	0.55
	Min/Median/Max			
ITBS	8.90/11.5/17.3	8.10/9.00/12.8	9.07/12.4/16.8	0.75/0.82/0.87
Kontrollkollektiv	8.20/11.9/17.0	8.30/9.90/13.2	9.30/13.1/16.1	0.77/0.89/1.00
"Gesunde Seite"	7.40/10.9/15.4	7.20/9.20/13.6	9.11/12.4/17.3	0.67/0.78/0.87

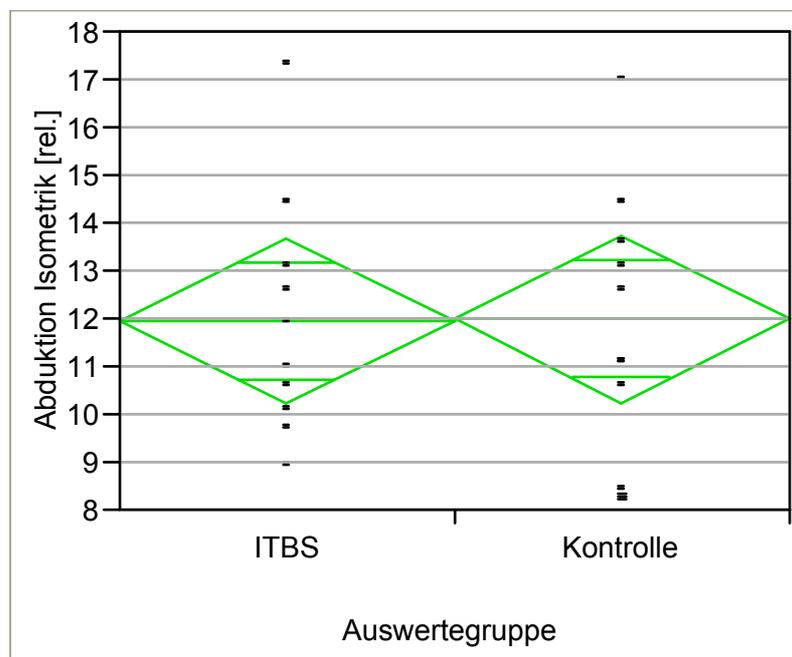


Abbildung 11: Mittelwert der isometrischen, maximalen Drehmomente der Hüftabduktoren

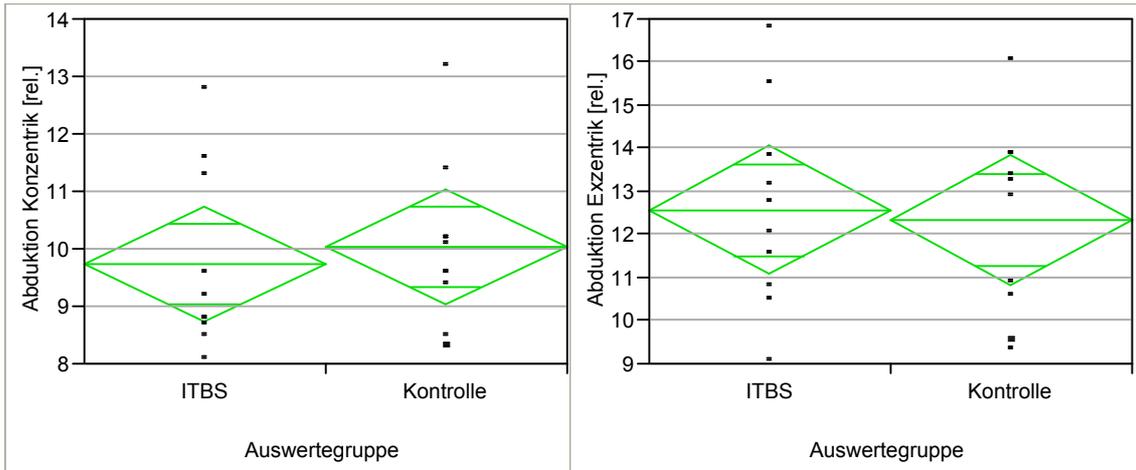


Abbildung 12 a und b: Mittelwerte der konzentrischen und exzentrischen, maximalen Drehmomente der Hüftabduktoren von ITBS- und Kontrollkollektiv.

Die statistische Analyse des Ausdauerquotienten liefert deutliche Unterschiede zwischen dem ITBS-Kollektiv und dem Kontrollkollektiv. Das ITBS-Kollektiv hat mit einem Mittelwert von $0.82(\pm 0.04)$ einen deutlich geringeren Wert als das Kontrollkollektiv mit $0.87(\pm 0.07)$, bei $p=0.06$ (siehe Abbildung 13).

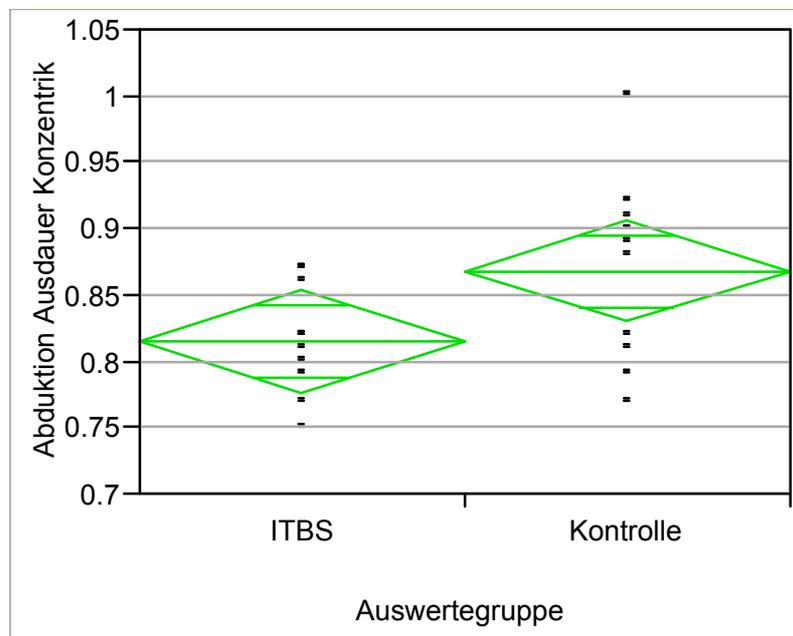


Abbildung 13: Mittelwerte des Ausdauerquotienten von ITBS- und Kontrollkollektiv.

3.4.2. Hüftadduktion

Auch die Messwerte der Hüftadduktion liefern keine signifikanten Unterschiede (siehe Tabelle 12, siehe Abbildung 14 - 16). Weder im Vergleich ITBS-Kollektiv/Kontrollkollektiv noch im Vergleich ITBS-Kollektiv/„Gesunde Seite“ zeigen sich Unterschiede in den getesteten Muskelfunktionen Isometrie, Konzentrik und Exzentrik. Auch der Ausdauerquotient unterscheidet sich in den Kollektiven nicht signifikant.

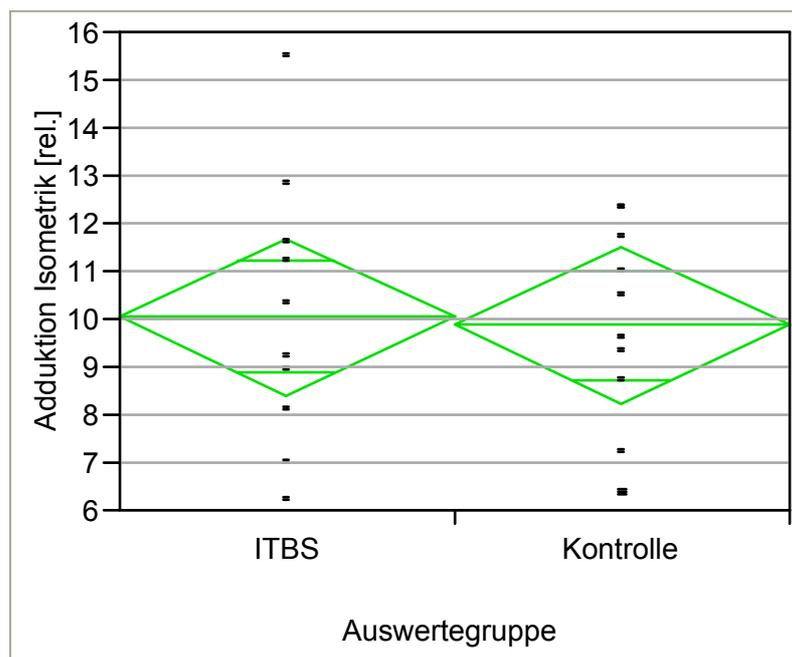


Abbildung 14: Mittelwert der isometrischen, maximalen Drehmomente der Hüftadduktoren

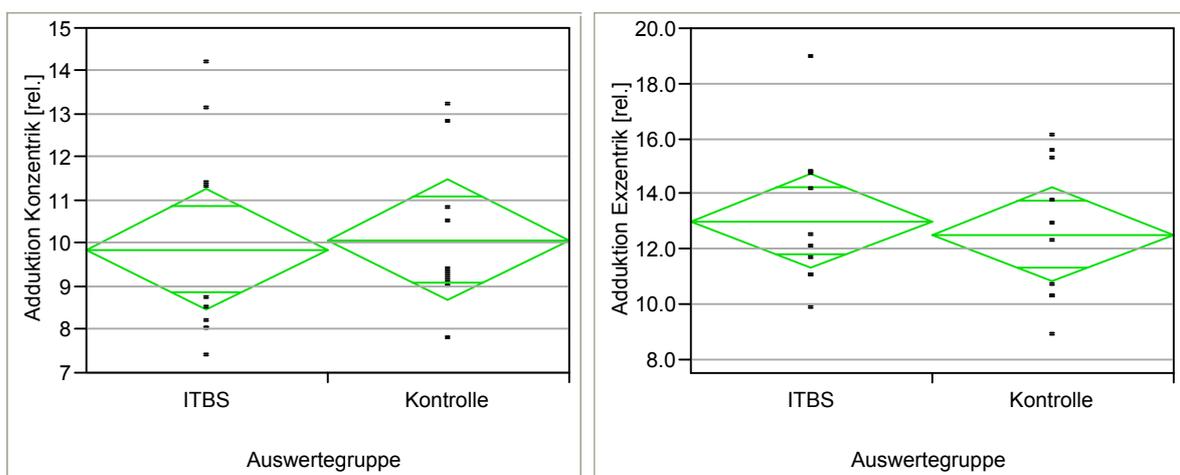


Abbildung 15 a und b: Mittelwerte der konzentrischen und exzentrischen, maximalen Drehmomente der Hüftadduktoren von ITBS- und Kontrollkollektiv

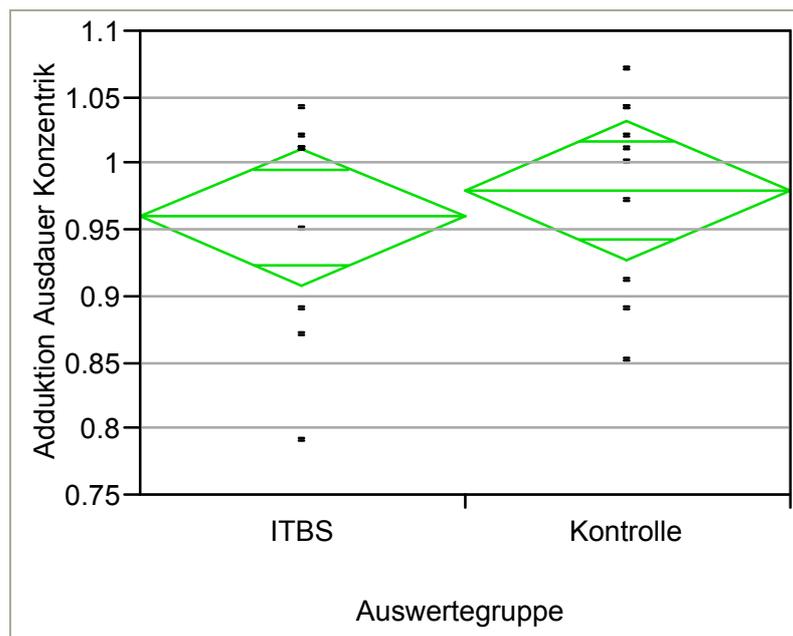


Abbildung 16: Mittelwerte des Ausdauerquotienten von ITBS- und Kontrollkollektiv.

Tabelle 12: Drehmomentwerte der Hüftadduktion des ITBS-Kollektivs und der Kontrollkollektive

Adduktion	isometr. max. Drehmoment	konzentr. max. Drehmoment	exzentr. max. Drehmoment	Ausdauerquotient
ITBS	10.1+/-2.81	9.88+/-2.42	13.0+/-2.65	0.96+/-0.08
Kontrollkollektiv	9.89+/-2.07	10.1+/-1.73	12.6+/-2.53	0.98+/-0.07
"Gesunde Seite"	9.30+/-2.25	9.64+/-1.85	12.9+/-2.01	0.93+/-0.06
	p			
(ITBS/Kontrolle)	0.87	0.81	0.68	0.57
(ITBS/"Gesunde Seite")	0.57	0.81	0.91	0.37
	Min/Median/Max			
ITBS	6.20/9.75/15.5	7.40/8.60/14.2	9.80/12.2/18.9	0.79/1.01/1.04
Kontrollkollektiv	6.30/10.1/12.3	7.80/9.35/13.2	8.90/12.6/16.1	0.85/1.01/1.07
„Gesunde Seite“	6.70/8.45/12.8	7.30/9.30/13.1	10.4/12.4/17.0	0.82/0.92/1.02

3.4.3. Quotient aus Hüftabduktion und -adduktion

Nimmt der Quotient Werte größer als 1 an, dann haben die Hüftabduktoren größere Drehmomente erzeugt als die Adduktoren. Werte kleiner als 1 bedeuten dagegen, dass die Drehmomentwerte der Hüftadduktoren überwiegen.

Tabelle 13: Drehmomentwerte des Quotienten aus Hüftabduktion und -adduktion des ITBS-Kollektivs und der Kontrollkollektive

Abduktion/Adduktion	isometr. max. Drehmoment	konzentr. max. Drehmoment	Exzentr. max. Drehmoment	Ausdauerquotient
ITBS	1.23+/-0.27	1.02+/-0.20	0.98+/-0.16	0.86+/-0.080
Kontrollkollektiv	1.22+/-0.15	1.00+/-0.11	0.99+/-0.12	0.89+/-0.078
"Gesunde Seite"	1.19+/-0.13	1.00+/-0.10	0.99+/-0.13	0.86+/-0.064
	p			
(ITBS/Kontrolle)	0.94	0.87	0.81	0.34
(ITBS/"Gesunde Seite")	0.73	0.79	0.85	0.79
	Min/Median/Max			
ITBS	0.86/1.15/1.77	0.76/1.00/1.42	0.82/0.89/1.22	0.78/0.83/1.01
Kontrollkollektiv	0.97/1.19/1.46	0.75/1.01/1.09	0.83/1.01/1.24	0.78/0.87/1.01
"Gesunde Seite"	1.00/1.20/1.36	0.88/0.97/1.21	0.82/0.97/1.19	0.75/0.86/0.97

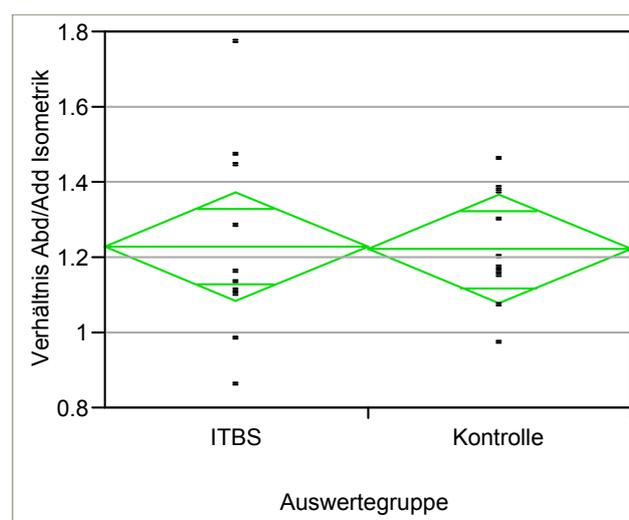


Abbildung 17: Mittelwert des Quotienten aus Hüftabduktion und -adduktion des ITBS- und des Kontrollkollektivs (Isometrik).

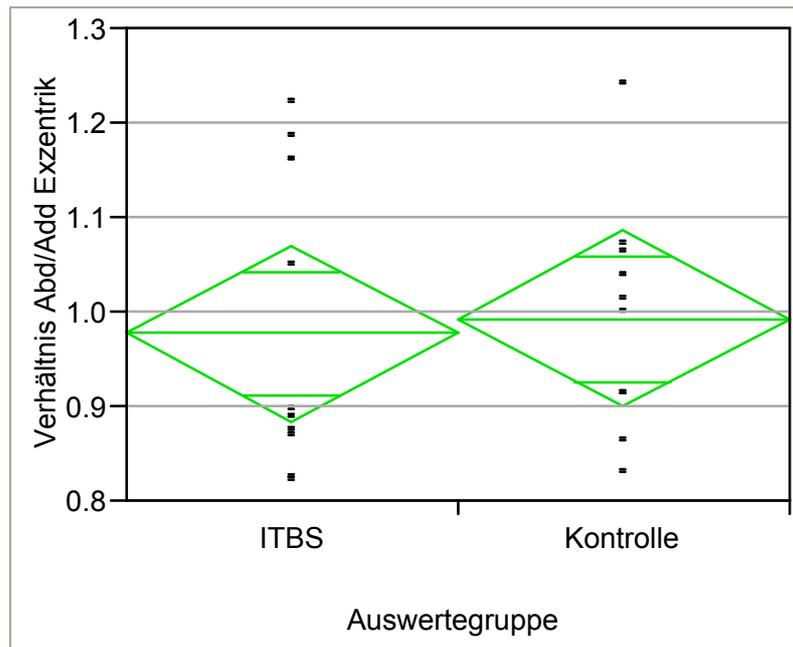


Abbildung 18: Mittelwert des Quotienten aus Hüftabduktion und -adduktion des ITBS- und des Kontrollkollektivs (Exzentrik).

Es finden sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den getesteten Kollektiven (siehe Abb. 17 und 18 und Tabelle 13).

Die ins Verhältnis gesetzten isometrischen Drehmomentwerte ergeben in allen drei Kollektiven eine um 19 % - 23 % stärkere Hüftabduktion. Konzentrische und exzentrische Drehmomentverhältnisse liegen um den Wert 1.

3.5. Zusammenfassung der Ergebnisse

Biometrische Daten beider Kollektive sind nicht signifikant unterschiedlich.

Klinische Untersuchung und Anamnese zeigen, dass deutliche Unterschiede bezüglich der Trainingserfahrung und der Wochenlaufleistung zwischen den Kollektiven bestehen. So läuft das Kontrollkollektiv im Durchschnitt mehr als 10 Jahre länger als das ITBS-Kollektiv, welches wiederum eine um fast 10km größere Wochenlaufleistung vorweist. Der Unterschied in der Trainingserfahrung ist der einzige signifikante Unterschied, den die Datenanalyse der vorliegenden Studie hervorgebracht hat.

Insgesamt werden 24 Vergleiche der Muskelfunktionen angestellt, zwölf Vergleiche zwischen dem ITBS-Kollektiv und dem Kontrollkollektiv und zwölf zwischen dem ITBS-Kollektiv und dem Kollektiv der „Gesunden Seite“. In keinem der 24 Vergleiche findet man signifikante Unterschiede zwischen den Kollektiven. In einem einzigen Fall, dem Vergleich des konzentrischen Ausdauerquotienten der Hüftabduktoren des ITBS-Kollektivs und des Kontrollkollektivs, liegt der p-Wert mit 0.06 nah an der signifikanten Schwelle.

4. Diskussion

4.1. Methodendiskussion

Die Methode der Drehmomentmessung mit Isokineten wird von einer Reihe von Faktoren beeinflusst. Im Folgenden sollen diese Faktoren und deren Bedeutung diskutiert werden.

Die Diagnosestellung des ITBS und alle klinischen Untersuchungen erfolgten durch nur eine Fachärztin für Orthopädie. Auch die weiteren Untersuchungen wurden von jeweils nur einer Person durchgeführt, so dass eine Intertester-Variabilität der Ergebnisse von Beginn an ausgeschlossen war. Die Studie war zeitlich und räumlich standardisiert. Nach Eingangsuntersuchung und kinematischer Messung wäre davon auszugehen, dass die Probanden ermüdet sind und dass dies einen Einfluss auf die Ergebnisse der isokinetischen Messungen gehabt hätte. Da die isokinetischen Messungen aller Probanden aber erst im Sommer 2006 durchgeführt wurden, kann von einem komplett standardisierten, isokinetischen Studienablauf ausgegangen werden. Externe Faktoren, die die Ergebnisse beeinflusst hätten, wurden somit von vornherein auf ein Minimum reduziert. Als Faktoren, die Einfluss auf die Ergebnisse hatten, müssen die individuellen Merkmale der Probanden erwähnt werden. So hatten wahrscheinlich Konzentration, Persönlichkeitsmerkmale und eventuelle Erfahrungen der Probanden mit Isokineten einen Einfluss auf die Ergebnisse.

4.1.1. Klinische Untersuchung und Anamnese

Die Charakteristik der Befunde aus klinischer Untersuchung und Anamnese wird in vielen Studien und Veröffentlichungen bestätigt (Bonaldi *et al.* 1998; Fredericson *et al.* 2000; Fredericson and Misra, 2007; Fredericson and Weir, 2006; Fredericson and Wolf, 2005; James, 1995; James, 1998; Khaund and Flynn, 2005; Messier *et al.* 1995; Messier and Pittala, 1988; Orchard *et al.* 1996). Neben den vor allem am Knie lokalisierten Befunden der Eingangsuntersuchung wurden im Bereich der unteren Extremität weitere Befunde erhoben, um Ausschlusskriterien der Studie abzuklären und Daten für weitere statistische Analysen zu generieren. Auch die über den Eingangsbefund hinausgehenden Untersuchungen sind Bestandteil zahlreicher früherer Studien

und wurden daher in die vorliegende Studie integriert (Fredericson, 1996; Fredericson and Misra, 2007; Khaund and Flynn, 2005; Messier *et al.* 1995; Messier and Pittala, 1988; Niemuth *et al.* 2005; Orchard *et al.* 1996).

Zusammenfassend entsprachen Ein- und Ausschlusskriterien denen ähnlicher Studien. Die Diagnosestellung des iliotibialen Bandsyndroms wurde durch zahlreiche Befunde gesichert, die nach internationalen Kriterien als charakteristisch für dieses Syndrom gelten.

4.1.2. Isokinetische Messungen

Für den Isokineten „Isomed 2000“ gibt es bislang keine Reproduzierbarkeitsstudien. Zahlreiche Studien haben jedoch für Isokineten anderer Hersteller die hohe Validität und Reliabilität der generierten Daten bestätigt (Drouin *et al.* 2004; Farrell and Richards, 1986; Handel *et al.* 1996). In diesen Studien wurde mit definierten Gewichten gearbeitet, so dass sich Validität und Reliabilität nicht auf Messungen mit Probanden beziehen.

Hohe Reproduzierbarkeit der Messungen der vorliegenden Studie heißt, Drehmomentwerte der Hüftabduktoren und -adduktoren einer ersten Messung weichen nicht signifikant von denen einer zweiten Messung ab. Hohe Validität bedeutet, dass die Messung Drehmomentwerte erzeugt, die von der zu testen beabsichtigten Muskelgruppe aufgebracht werden. In der vorliegenden Studie wurde für die Auswertung das Rohsignal des Isokineten, das mit einer zeitlichen Auflösung von 200 Hz generiert wurde, herangezogen. D.h. alle 5 ms wurde ein Drehmoment erfasst und stand damit für die Auswertung zur Verfügung. Die hohe zeitliche Auflösung und die abschließende Verwendung des Rohsignals ohne Filterung garantierten die Erfassung des gesamten Bewegungsumfangs und die Auswertung unverfälschter Daten (Sapega *et al.* 1982). Durch die im Kapitel 2.3. geschilderten Berechnungen erhielt man für den jeweiligen Testmodus ein maximales Drehmoment und einen Ausdauerquotienten. Die Reproduzierbarkeit des maximalen Drehmoments wird im isometrischen und konzentrischen Modus von einigen Studien bestätigt (Dvir, 2004; Gleeson and Mercer, 1992; Horstmann *et al.* 1999; Mayer *et al.* 1994). Im exzentrischen Modus gibt es für die Hüftabduktion und -adduktion keine verlässlichen Daten. Der Ausdauerquotient hat eine meist schlechte Reproduzierbarkeit, ist aber der

am häufigsten verwendete Parameter, um eine Ermüdung am Isokineten darzustellen (Dvir, 2004; Mayer *et al.* 1994). Veröffentlichungen über die Reproduzierbarkeit isokinetischer Kraftmessungen an der hüftumgreifenden Muskulatur sind sehr selten, und es kann keine gesicherte Aussage über die Reliabilität von isokinetischen Messungen der Hüftmuskulatur getroffen werden (Dvir, 2004). Die Drehmomente der exzentrischen Messungen und der Ausdauerquotient haben somit eine eingeschränkte Wertigkeit. In den Studien von Fredericson *et al.* (2000), MacMahon *et al.* (2000) und Niemuth *et al.* (2005) wurden nur isometrische Maxima bestimmt, für die auch bei Isokineten von einer hohen Reliabilität ausgegangen werden kann. Somit konnte ein Vergleich der Daten der vorliegenden Studie mit den Daten der drei genannten Studien erfolgen.

Das komplexe System des Bewegungsapparats ermöglicht eine Vielzahl agonistischer Muskelkontraktionen. So ist auch bei gründlicher Positionierung und Fixation des Probanden nicht garantiert, dass die Drehmomentausschläge ausschließlich von den zu testenden Muskulaturen stammen und dass eine gute Validität gewährleistet ist (Fredericson *et al.* 2000). Dies ist ein generelles Problem isokinetischer Tests. Durch den dieser Studie zu Grunde liegenden Versuchsaufbau und -ablauf wurde versucht, den Einfluss kompensatorischer und agonistischer Muskelkontraktionen möglichst gering zu halten.

Die isokinetischen Tests wurden in Seitlage durchgeführt. Die Seitlage ist die Position, die für die Tests an den Hüftabduktoren und -adduktoren von den Herstellern der Isokineten empfohlen wird und stellt auch die am meisten verwendete Position dar. (Fredericson *et al.* 2000; Glace *et al.* 1998; Horstmann *et al.* 1999; Ireland *et al.* 2003; Kea *et al.* 2001; Niemuth *et al.* 2005; Piva *et al.* 2005). Um die Daten der vorliegenden Studie mit den Bezugsstudien vergleichen zu können, musste eine entsprechende Positionierung gewählt werden. Die Fixierung der Probanden wurde wie in anderen Studien beschrieben vorgenommen (Emery *et al.* 1999; Kea *et al.* 2001). Die verbalen Anweisungen während der Tests und das taktile Feedback in Höhe der Hüfte zielten darauf ab, die Testposition korrekt einzuhalten. Die Relevanz der Testposition, die gewährleistet, dass agonistische Muskelgruppen

die Hüftabduktoren bzw. -adduktoren nur minimal unterstützen können, wurde in mehreren Studien beschrieben (Fredericson *et al.* 2000; Horstmann *et al.* 1999; Kea *et al.* 2001; Mayer *et al.* 1994). Auch eine standardisierte, verbale Motivation wurde bereits angewendet (Nicholas *et al.* 1989). Alle Probanden wurden aufgefordert, den Monitor des Isokineten zu nutzen, um Motivation und Koordination zu verbessern. Trotz der Standardisierung muss davon ausgegangen werden, dass dies Einfluss auf die Ergebnisse hatte. Eine Schwerkraftkompensation, wie sie nach Festlegen und Fixieren der Testposition vollzogen wurde, wird bei isokinetischen Messungen vorausgesetzt, speziell bei Kraftmessungen an der unteren Extremität (Iossifidou and Baltzopoulos, 1998; Iossifidou and Baltzopoulos, 2000a; Iossifidou and Baltzopoulos, 2000b; Kea *et al.* 2001; Sapega *et al.* 1982).

Der Aufbau des Testprotokolls begründet sich in unveröffentlichten Erfahrungen, die die Sportmedizin Tübingen im Bereich der Isokinetik gesammelt hat. Für Aufwärmphase, Winkelgeschwindigkeit, Dauer und Bewegungsumfang der Tests orientierte man sich auch an zahlreichen isokinetischen Studien (Handel *et al.* 1996; Horstmann *et al.* 1999; Iossifidou and Baltzopoulos, 1998; Iossifidou and Baltzopoulos, 2000a; Mayer *et al.* 1994; Sapega *et al.* 1982). Bei hohen Winkelgeschwindigkeiten treten nur sehr kurze bzw. keine isokinetischen Phasen auf (Handel *et al.* 1996). Speziell bei kleinem Bewegungsumfang stellt dies ein großes Problem dar. Durch das Festlegen der Geschwindigkeit auf 30°/s konnte entschieden werden, nur Drehmomente innerhalb der isokinetischen Phase für die Auswertung heranzuziehen, da die Bewegung über nahezu den gesamten Bewegungsumfang isokinetisch war. Hohe Geschwindigkeiten bringen auch weitere Artefakte mit sich, die in vielen Studien belegt sind (Dvir, 2004; Handel *et al.* 1996; Iossifidou and Baltzopoulos, 1998; Iossifidou and Baltzopoulos, 2000a; Mayer *et al.* 1994; Sapega *et al.* 1982).

Die Gründe für die Anlage der Knieorthese und die Abwinkelung und Fixierung des Unterschenkels am Hebelarm sind im folgenden Kapitel geschildert. Durch die Fixierung und Abwinkelung ergeben sich komplett andere Trägheitskräfte, die es einerseits ermöglichen, Rohdaten standardisiert auszuwerten;

andererseits setzen sie aber die Vergleichbarkeit mit anderen Studien herab und erfordern eine neue Interpretation der Ergebnisse.

4.1.3. Testprotokoll

Wie in Kapitel 2.2. erwähnt, war das isokinetische Testprotokoll im März 2006 noch in Überarbeitung. In früheren Studien und internen Messungen hatte man bemerkt, dass die isokinetischen Rohdaten bei Tests der Hüftabduktoren und -adduktoren von Artefakten überlagert sind, die eine standardisierte Auswertung der Datensätze unmöglich machten. Bei den Artefakten handelte es sich vor allem um ein niederfrequentes Signal, das das Rohsignal der Drehmomentkurve überlagerte. Exemplarische Kurvenverläufe einer Person für Konzentrik und Exzentrik sind in den Abbildungen 19 und 20 gezeigt. Abbildungen 19 a/20 a und 19 b/ 20 b zeigen die Graphen der gleichen Person mit dem Unterschied, dass die Daten in den Abbildungen „b“ mit Knieorthese, 90°-Knieflexion und fixiertem Unterschenkel generiert wurden.

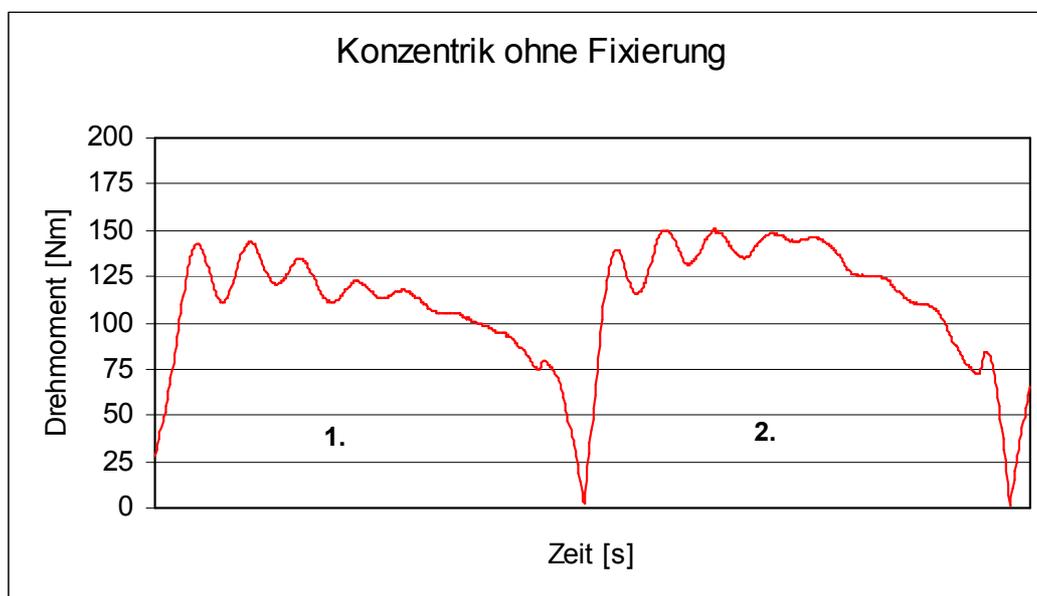


Abbildung 19 a: exemplarischer Drehmomentverlauf für Konzentrik, (1.= Abduktion; 2.= Adduktion)

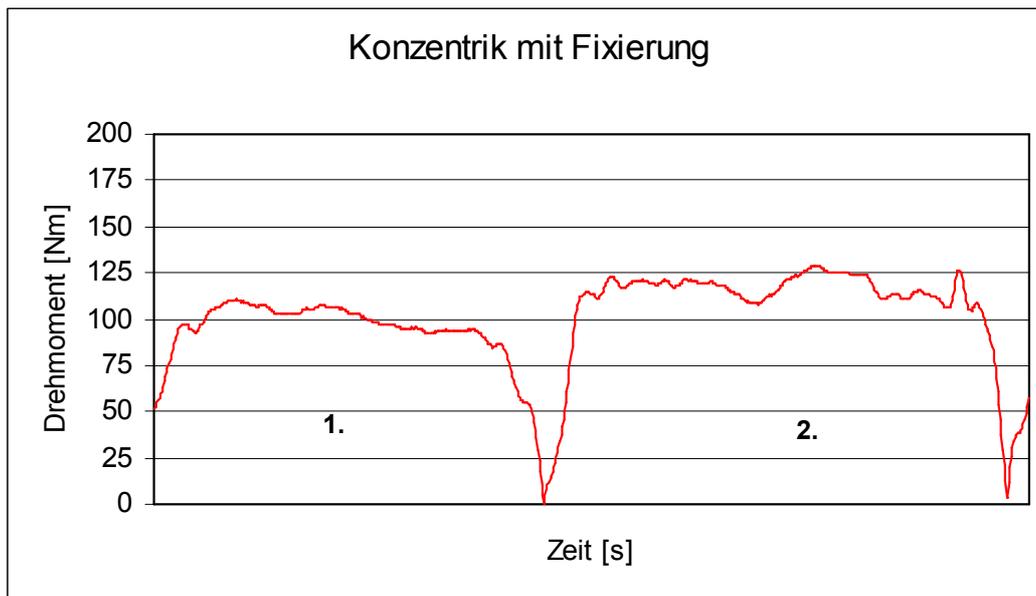


Abbildung 19 b: exemplarischer Drehmomentverlauf für Konzentrik mit Knieorthese, 90° Knieflexion und fixiertem Unterschenkel (1.= Abduktion; 2.= Adduktion)

In der Darstellung der Konzentrik sieht man deutlich, dass die Drehmomentkurve sowohl in Hüftabduktion als auch -adduktion von einem Signal überlagert ist. In exzentrischer Arbeitsweise zeigte das Störsignal noch deutlich größere Amplituden, die Amplitude erreichte hier Werte von über 25 Nm.

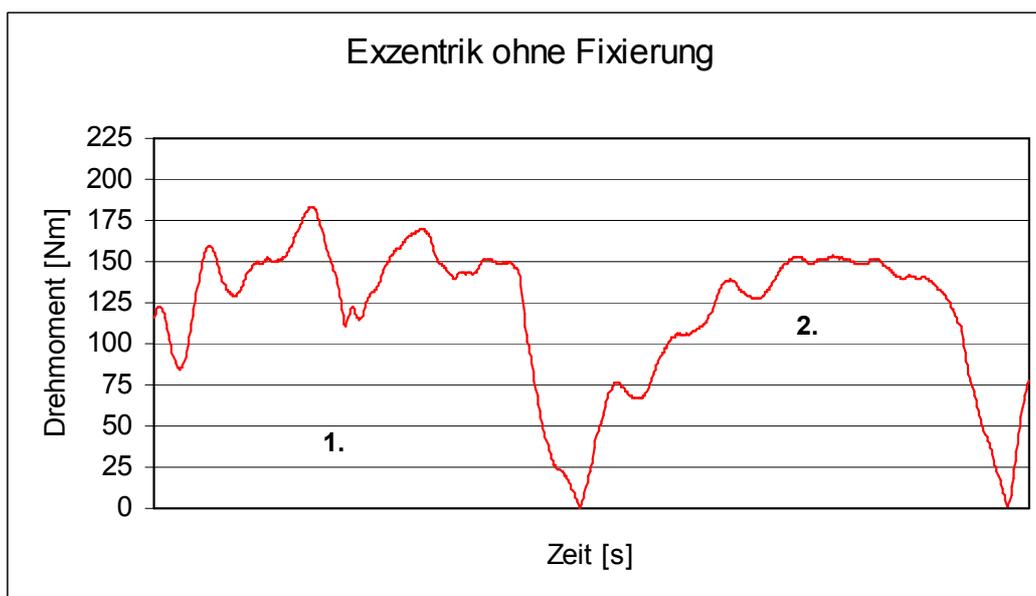


Abb. 20 a: exemplarischer Drehmomentverlauf für Exzentrik (1.= Adduktion; 2.= Abduktion)

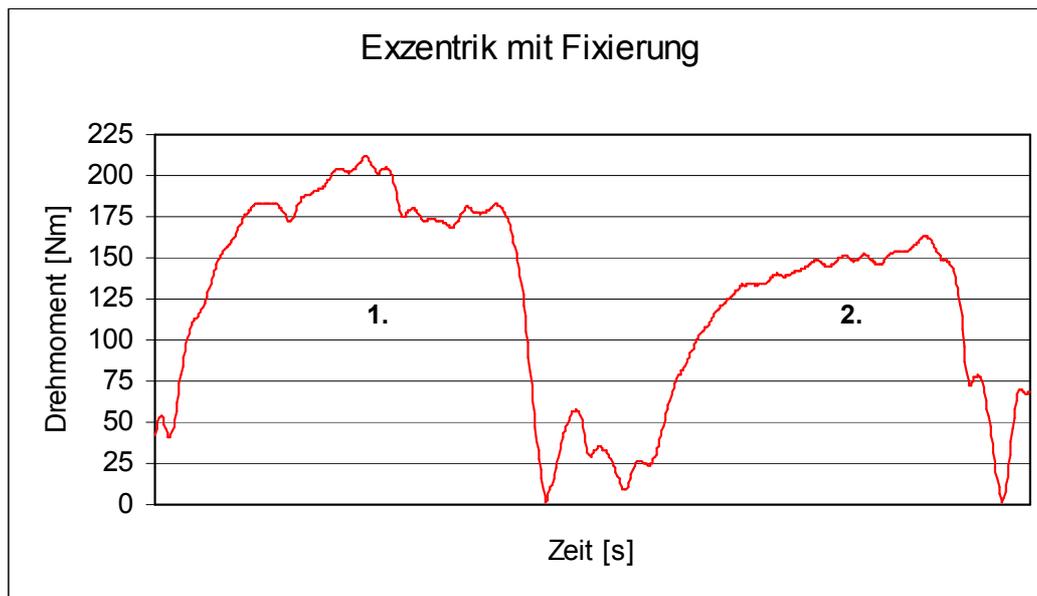


Abbildung 20 b: exemplarischer Drehmomentverlauf für Exzentrik mit Knieorthese, 90° Knieflexion und fixiertem Unterschenkel
(1. = Adduktion; 2.= Abduktion)

Die Vermutung, dass es sich bei diesem Störsignal um ein Trägheitsmoment handelte, das durch die Masse der unteren Extremität verursacht wird, wurde durch Tests bestätigt. Erste Tests mit einer am gestreckten Bein fixierten Stange zeigten bereits Wirkung, aber kein anwenderfreundliches Ergebnis. Die Kombination aus einer handelsüblichen Knieorthese, die den Unterschenkel in 90° Knieflexion fixierte, und der Anlage eines weiteren Klettbandes, das einen trägheitsbedingten Ausschlag des Unterschenkels in Richtung des Bodens verhinderte, lieferte gute Ergebnisse, d.h. Kurvenverläufe, die eine standardisierte, computergestützte Auswertung der Daten ermöglichten. Beim Vergleich der Kurvenverläufe kann man deutlich erkennen, dass die Kurvenschwankungen mit fixiertem Unterschenkel verschwunden bzw. erheblich reduziert wurden. Die Amplituden des Störsignals sind auf wenige Newtonmeter reduziert. Die Kurven haben im Maximalbereich deutlich weniger Schwankungen, somit liegen vom Computer bestimmte Maxima und reale Maxima deutlich näher beieinander.

Auf Grund der Umstellungen des Testprotokolls wurden die Probanden nicht initial im Frühjahr, sondern erst im Sommer 2006 auf dem Isokineten getestet. Verzögerte Messungen bergen die Gefahr, dass ein einst vorhandenes

Beschwerdebild wieder ausgeheilt ist oder zwischenzeitlich therapeutische Maßnahmen in Anspruch genommen wurden. Dies hätte einen Einfluss auf die Ergebnisse gehabt, wurde jedoch durch erneutes Überprüfen der Ein- und Ausschlusskriterien im Sommer 2006 ausgeschlossen.

4.2. Diskussion der Ergebnisse

4.2.1. Probanden

Die Unterschiede, die zwischen den Kollektiven bezüglich biometrischer Daten und Trainingsdaten bestehen, sind entweder typisch für das ITBS oder vernachlässigbar. Die einzig signifikante Abweichung in der vorliegenden Studie besteht in Trainingsdaten. Das Kontrollkollektiv bestritt Lauftraining im Durchschnitt um 10 Jahre länger als das ITBS-Kollektiv. Geringe Trainingserfahrung ist typisch für das iliotibiale Bandsyndrom. Auch die deutlichen Unterschiede im Trainingsumfang sind für die Ätiologie des ITBS relevant (Ellis *et al.* 2007; Fairclough *et al.* 2007; Fredericson *et al.* 2000; Fredericson *et al.* 2002; Fredericson and Weir, 2006; Fredericson and Wolf, 2005; Khaund and Flynn, 2005; McNicol *et al.* 1981; Messier *et al.* 1995; Orchard *et al.* 1996). Alle Probanden des in der vorliegenden Studie eingeschlossenen ITBS-Kollektivs erleben den typischen ITBS-Schmerz nach Durchlaufen einer bestimmten Strecke und erfahren durch das Syndrom eine große Einschränkung in der sportlichen Aktivität. Die Charakteristik dieser anamnestischen Befunde wird durch oben aufgeführte Studien untermauert. Zusammenfassend bestätigen die Ergebnisse der biometrischen und anamnestischen Analyse gute Ein- und Ausschlusskriterien und einen verlässlichen, standardisierten Eingangsbefund der vorliegenden Studie.

4.2.2. Hüftabduktion

Fredericson *et al.* (2000) fanden in einem ITBS-Kollektiv signifikant schwächere Hüftabduktoren als in einer Kontrollgruppe. Weitere Studien halten die Hüftabduktorenschwäche für einen entscheidenden ätiologischen Faktor des ITBS und von Überlastungsbeschwerden allgemein (Fredericson and Misra, 2007; Ireland *et al.* 2003; Khaund and Flynn, 2005; Niemuth *et al.* 2005). In Fredericsons Studie wird - wie in der vorliegenden Studie auch - ein

isometrisches, maximales Drehmoment bestimmt. Der Studienaufbau Fredericsons, d.h. Ein- und Ausschlusskriterien, Eingangsbefund, Standardisierung und isometrische Kraftmessungen, und der Aufbau der vorliegenden Studie sind nahezu identisch. Auch wenn die isometrischen Drehmomente auf Grund des in 90° fixierten Unterschenkels quantitativ nicht miteinander vergleichbar sind, so ist ein qualitativer Vergleich der Ergebnisse gut möglich.

Die Schwäche der isometrischen Hüftabduktion im ITBS-Kollektiv von Fredericson (2000) kann die vorliegende Studie nicht bestätigen. Die isometrischen Drehmomente des ITBS-Kollektivs und der Kontrollkollektive der vorliegenden Studie gleichen sich völlig.

Die Ursache für die unterschiedlichen Ergebnisse der vorliegenden Studie und der Studie um Fredericson (2000) kann in den jeweils verwendeten Dynamometern und der Fixierung der Probanden liegen. Für die Messungen an modernen Isokineten kann von einer standardisierten Generierung und Auswertung der Daten ausgegangen werden. Die Tests mit manuellen Dynamometern sind dagegen vom Untersucher abhängig und zeigen speziell bei der Hüftabduktion schlechte Reproduzierbarkeit. Auch eine hohe Abhängigkeit vom jeweils verwendeten Dynamometer wird berichtet (Bohannon, 1986; Mulroy *et al.* 1997; Trudelle-Jackson *et al.* 1994). Die Möglichkeit, dass die Fixierung des Unterschenkels in 90°-Stellung die Unterschiede bedingt, erscheint plausibel, da diese Änderung das gesamte Trägheitsgefüge des getesteten Beins verändert. Bedacht werden muss aber, dass diese Änderung eine standardisierte Auswertung der Daten ermöglicht hat und dass die ITBS-Beschwerden in Flexionsstellung auftreten, und damit ein Test in Flexionsstellung funktioneller erscheint. Eine mögliche Erklärung für die unterschiedlichen Ergebnisse der beiden Studien könnte auch der Zeitpunkt der Messungen bezüglich des erstmaligen Auftretens der Beschwerden sein, da dieser in beiden Studien nicht definiert war. Relativ frisch Verletzte könnten unter einer reflektorischen Schwächung der Hüftabduktoren leiden, wie es von anderen Sehnen-Bänder-Verletzungen bekannt ist (Ecklund *et al.* 2007; Itoh *et*

al. 1992). Chronisch Verletzte könnten dagegen die Muskelschwäche durch erneutes Trainieren bereits wieder ausgeglichen haben.

Diese Argumente sprechen für eine höhere Validität der Messungen am Isokineten. Die Ergebnisse der isometrischen Messungen der vorliegenden Studie werden zusätzlich untermauert durch die Ergebnisse des isokinetischen Teils. So findet man auch hier keine signifikanten Unterschiede in der Hüftabduktion zwischen dem ITBS-Kollektiv und den Kontrollgruppen. Lediglich beim Ausdauerquotienten gibt es einen deutlichen Unterschied, der mit $p=0.06$ nah an der Signifikanzschwelle liegt. Alle anderen Analysen zeigen keine signifikante Tendenz, so dass der deutliche Unterschied im Ausdauerquotienten am ehesten durch einen α -Fehler erklärt werden kann.

Zusammenfassend muss die Hüftabduktorenschwäche als ätiologischer Faktor des ITB-Syndroms in Frage gestellt werden.

4.2.3. Hüftadduktion

Niemuth et al (2005) testeten neben den Hüftabduktoren auch die Hüftadduktoren und die übrigen Muskelgruppen der Hüfte. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie können nur sehr eingeschränkt mit denen Niemuths et al (2005) verglichen werden, da deren Einschlusskriterien vorsahen, Probanden mit verschiedenen Überlastungsbeschwerden zuzulassen. Ein Ergebnis der Studie um Niemuth sind neben signifikant schwächeren Hüftabduktoren auch signifikant stärkere Adduktoren. Eine weitere Studie hat für das ITBS signifikant stärkere Adduktoren in der Isometrie beschrieben (Macmahon *et al.* 2000). All diese Messungen wurden mit manuellen Dynamometern gemacht, daher müssen die Einschränkungen dieser Methode im Vergleich mit isokinetischen Testprotokollen beachtet werden.

In der vorliegenden Studie werden keine signifikanten Unterschiede in isometrischen und isokinetischen Messungen der Hüftadduktoren zwischen den Kollektiven gefunden. Mögliche Ursachen dafür wurden im vorangegangenen Kapitel erläutert.

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie stellen daher auch den ätiologischen Einfluss von zu kräftigen Hüftadduktoren in Frage.

4.2.4. Quotient aus Hüftabduktion und -adduktion

Bisherige Studien, die Kraftmessungen bzw. die Bestimmung von Drehmomenten an den Hüftabduktoren und –adduktoren beinhalteten, hatten zum Teil erhebliche Unterschiede in Versuchsaufbau und -durchführung. Die Ergebnisse dieser Studien waren daher auch sehr unterschiedlich, vor allem was die absoluten Drehmomente betrifft. In einem Punkt stimmen die Studien jedoch alle überein: Die Hüftabduktoren waren stets um 15 - 20 % schwächer als die antagonistischen Adduktoren, d.h. das Verhältnis aus Hüftabduktoren und -adduktoren lag konstant zwischen 0.8 und 0.85 (Cahalan *et al.* 1989; Dvir, 2004; Emery *et al.* 1999).

In der vorliegenden Studie liegt dieser Quotient bei den isometrischen und isokinetischen Messungen zwischen 0.98 und 1.23. Isometrisch liegt das Verhältnis in allen Kollektiven bei ca. 1.2, für die beiden isokinetischen Messungen bei ca. 1.0. Diese Werte sind in den drei getesteten Kollektiven homogen. Dies widerspricht der bis dato gültigen Annahme, dass in einer Normalbevölkerung die Drehmomente der Hüftadduktoren die der -abduktoren um 20% überwiegen.

Setzt man die Ausdauerquotienten entsprechend ins Verhältnis, so erhält man Werte von ca. 0.89. Dies entspricht einem leichten Überwiegen der Hüftadduktoren.

Bereits in Kapitel 4.1.2. wurde erwähnt, dass der neue Versuchsaufbau auch eine neue Interpretation der Ergebnisse erfordert. Dies wird bei den Ergebnissen des Quotienten aus Hüftabduktion und -adduktion deutlich.

Trotz des ungewöhnlichen Quotienten sollten bestehende Unterschiede zwischen den Kollektiven, falls sie wirklich vorhanden sind, auch mit der neuen Methode messbar sein. Die Vermutung mehrerer Autoren, wonach der Quotient aus Hüftabduktoren und -adduktoren eines ITBS-Kollektivs signifikant kleinere Werte annimmt als der eines gesunden Kontrollkollektivs, kann die vorliegende Studie nicht bestätigen. Es gibt bei den Quotienten aus Hüftabduktion und -adduktion keine signifikanten Unterschiede zwischen den getesteten Kollektiven.

Zusammenfassend müssen die zu Beginn aufgestellten Hypothesen verworfen werden. In keiner der getesteten Muskelfunktionen sind signifikante Unterschiede zwischen den Kollektiven messbar. Die Hüftabduktion des ITBS-Kollektivs ist weder stärker noch schwächer als die der Kontrollgruppen. Gleiches gilt für die getestete Hüftadduktion und den Quotienten aus den antagonistischen Muskelgruppen.

Eingeschränkt werden die Ergebnisse der vorliegenden Studie, da dem Versuchsaufbau ein um 90° flektiertes und fixiertes Kniegelenk zu Grunde liegt. Der Quotient aus Hüftabduktion und -adduktion hat Werte, die durch keine Literatur bestätigt werden können, und der neue Versuchsaufbau wurde bisher keiner Reproduzierbarkeitsstudie unterzogen. Berücksichtigt werden muss auch die geringe Studienpopulation von zehn Probanden pro Kollektiv.

4.3. Weiterführende Gedanken

Die Methode der vorliegenden Studie ist ein Schritt in Richtung besserer Auswertbarkeit und stellt einen Kompromiss aus Vergleichbarkeit und Funktionalität dar. Es wird ein für Ausdauerläufer spezifisches Krankheitsbild untersucht. Funktionelle Muskelfunktionstests würden in diesem Zusammenhang bedeuten, den Versuch zu unternehmen, die Ausdauerleistungsfähigkeit einer lokalen Muskelgruppe darzustellen. Dies ist mit der Methode der vorliegenden Studie nicht realisierbar. Der nicht reproduzierbaren Variablen „Ausdauerquotient“, die eine lokale Ermüdungswiderstandsfähigkeit beschreibt, fehlt das ausdauerphysiologische Korrelat. Wichtig für die Ausdauerleistungsfähigkeit sind die Herz-Kreislauf-Funktion und die aerobe Stoffwechselaktivität. Diese die Ausdauerleistungsfähigkeit bestimmenden Faktoren scheinen in bisherigen Studien über die Ätiologie des ITBS nicht beachtet worden zu sein.

Um die mögliche Bedeutung der Herz-Kreislauf-Funktion bei der Entwicklung des ITBS aufzuzeigen, muss man die Physiologie der Ermüdung berücksichtigen. Ermüdung kann in eine zentrale, das Nervensystem betreffende Ermüdung und eine periphere Muskelermüdung aufgeteilt werden (Schmidt *et al.* 2000).

Zu einer peripheren Muskelermüdung kommt es durch einen Mangel an energiereichen Substraten (ATP) und Sauerstoff und durch eine Anhäufung an Abfallprodukten wie Laktat und CO₂. Der lokalen Muskeldurchblutung kommt dabei eine wesentliche Rolle zu, da sie sowohl für die Versorgung mit Substraten und Sauerstoff, als auch für die Entsorgung der Abfallprodukte zuständig ist. Die Muskeldurchblutung spielt bei Ausdauerathleten jedoch eine untergeordnete Rolle, da die aufzubringenden Kräfte deutlich unter dem Niveau liegen, ab dem die lokale Muskeldurchblutung durch einen erhöhten transmuralen Druck begrenzt wird. In der isokinetischen Ausdauerleistungstestung der vorliegenden Studie wurden zu Beginn der 30 Zyklen durchschnittlich 82 % des isometrischen maximalen Drehmoments erreicht. Das durchschnittlich aufgezeichnete Drehmoment am Ende der Messung betrug im Durchschnitt noch 68 % des maximal erreichten isometrischen Drehmoments und lag damit deutlich über dem Prozentsatz von 60 %, ab dem keine periphere Muskeldurchblutung mehr stattfindet. Schon ab 10 % des max. Drehmoment ist die lokale Muskeldurchblutung dermaßen eingeschränkt, dass eine für Ausdauerleistungen ausreichende Substratversorgung nicht mehr gewährleistet ist. (Schmidt *et al.* 2000). Die Drehmomente während der Tests lagen damit weit über den Drehmomenten, die physiologisch während eines Ausdauertrainings auftreten.

Die zentrale Ermüdung hat ihre Ursache in einem generellen Mangel an Substraten und möglicherweise in einer Reduzierung der Gehirndurchblutung. Das Gehirn kann nur Glucose als Energielieferant verwerten. Sind die Reserven an Glucose in Muskulatur und Leber erschöpft (z.B. bei einem mehrstündigen Lauf), so kommt es über einen Abfall des Blutglucosespiegels zu einer zentralen Ermüdung. Diese drückt sich u. a. durch Koordinationsstörungen und Abstimmungsschwierigkeiten aus. Auch die gezielte Rekrutierung von Muskelgruppen leidet unter einer zentralen Ermüdung und bedingt ein Ansprechen von Muskelgruppen, die für die beabsichtigte Bewegung nicht ideal geeignet sind. Für eine dynamische Arbeit heißt das, dass die Präzision der Bewegung abnimmt, dass Schonhaltungen eingenommen werden und dass der Bewegungsablauf dem von Anfängern gleicht. (Schmidt *et al.* 2000)

Will man vor dem Hintergrund der obigen Ausführungen die Entwicklung des ITBS erklären, so muss man eine Akutverletzung von dem chronischen ITBS unterscheiden. Zur Akutverletzung des iliotibialen Bands kann es demnach durch Koordinationsstörungen und Abstimmungsschwierigkeiten bei einem langen Lauf mit starker Intensität und dadurch bedingter zentraler Ermüdung kommen. Zum chronischen Bild des ITB-Syndroms mit den typischen Befunden kommt es erst, nachdem eine Akutverletzung nicht richtig auskuriert wurde. Diese Theorie wird untermauert dadurch, dass Anfänger und Läufer mit überdurchschnittlicher Wochenlaufleistung häufiger vom ITBS betroffen sind. Bei der letztgenannten Gruppe dürften eher zentrale Ermüdung und damit auch verminderte Koordination auftreten als bei Läufern mit einer durchschnittlichen Laufleistung. Bei Anfängern ist die verminderte Koordination wie auch bei Ermüdeten physiologisch bedingt. (Schmidt *et al.* 2000).

In der Studie von Fredericson (2000) wurden alle Probanden der ITBS Gruppe einem anschließenden Rehabilitationsprogramm unterzogen. 21 von 23 Probanden waren nach Abschluss dieses Programms voll belastbar und konnten auch noch nach einem halben Jahr ihr volles Trainingspensum ohne Einschränkungen bestreiten. Beachtet man, dass neben einem Training der Hüftabduktoren auch eine absolute Trainingskarenz, die Einnahme von antientzündlichen Medikamenten und ein Stretching der lateralen Muskelgruppen durchgeführt wurde, so sind Zweifel an der Ursächlichkeit der Hüftabduktorenschwäche bei der Ätiologie des ITBS angebracht. Dies bezweifelt auch Fredericson selbst (2007) und empfiehlt als für das ITBS präventive Maßnahmen, eine ausreichende Erholungsphase nach dem Training einzuhalten, extrem lange Belastungen zu meiden und im Falle einer Verletzung die vollkommene Ausheilung abzuwarten. Die Rehabilitation nach einer Verletzung des ITB sollte trotz der in Frage gestellten Ursächlichkeit der Hüftabduktorenschwäche ein Training dieser Muskelgruppe beinhalten. Wie in Kapitel 4.2.2. geschildert, ist eine Atrophie der Hüftabduktoren nach Verletzung des ITB denkbar. Speziell bei Läufern sollte dieses Defizit vor Wiederaufnahme des normalen Trainings behoben werden, da eine ausreichende Maximalkraftbasis für die Bewältigung des exzentrischen Anteils der

Laufbewegung notwendig ist (Banzer *et al.* 2004). Der Erfolg des Aufbautrainings könnte an Hand des isometrischen max. Drehmoments bestimmt werden. Ein Anheben der Maximalkraftbasis bedeutet dabei auch, dass gleichbleibende Kräfte einen relativ geringeren Anteil der Maximalkraft in Anspruch nehmen und damit die Durchblutungssituation der peripheren Muskulatur verbessert wird (Shephard *et al.* 1993).

4.4. Schlussfolgerung

In der Ätiologie des ITBS scheint die Hüftabduktorenschwäche keine große Bedeutung zu haben. Dies legen die Ergebnisse der vorliegenden Studie nahe, da es sowohl bei isometrischen und isokinetischen Maximalkraftmessungen als auch im isokinetischen Ausdauerquotienten keine signifikanten Unterschiede zwischen den getesteten Kollektiven gibt. Auch bei den Hüftadduktoren und im Quotienten aus Hüftabduktion und -adduktion, der ein Überwiegen einer der beiden Muskelgruppen widerspiegelt, findet man keine signifikanten Unterschiede zwischen dem ITBS-Kollektiv und den beiden Kontrollkollektiven.

Die Therapie des ITBS sollte trotz der in Frage gestellten Hüftabduktorenschwäche ein Training dieser Muskelgruppe beinhalten. Eine ausreichende Maximalkraftbasis ist unverzichtbar für die exzentrischen Belastungen während des Laufens, und es ist nachvollziehbar, dass es bei vielen Sportlern nach einer Verletzung des ITB zu einer Schwächung der Hüftabduktoren kommt. Eine Atrophie der Hüftabduktoren bei Frischverletzten könnte auch die Ergebnisse von Fredericson (2000) erklären. Eine endgültige Erklärung, warum die vorliegende Studie und die Studie von Fredericson (2000) zu unterschiedlichen Ergebnissen kommen, kann nur eine Studie an Probanden liefern, bei der auch der Zeitraum zwischen erstmaligem Auftreten der Beschwerden und dem Beginn der Studie definiert ist.

Um die Frage der Bedeutung einer Hüftabduktorenschwäche bzw. eines Überwiegens der Hüftadduktoren als ätiologischer Faktor des ITBS abschließend klären zu können, bedarf es einer prospektiven Studie mit unverletzten Läufern und einer längeren Begleitung dieser Probanden über eine oder mehrere Laufsaisons. Studien an Verletzten bergen den unkalkulierbaren

Fehler, signifikante Unterschiede in der Muskelfunktion zu finden, die nicht primär bestanden, sondern Folgen der Verletzung sind.

Zukünftige Studien über die Ätiologie des ITBS sollten funktionellere Wege gehen, um die Kraftverhältnisse der unteren Extremität darzustellen. Hier müssen die sportmedizinischen Institute eng mit der Industrie zusammenarbeiten, um isokinetische Systeme zu entwickeln, die Messungen in der jeweiligen Funktionsstellung ermöglichen. Auf das ITBS und die untere Extremität bezogen ist die Funktionsstellung die aufrechte Testposition. Neben einer funktionellen Testposition muss sich auch der Testaufbau auf physiologische Gegebenheiten beziehen. Sieht man die Ermüdung als einen ätiologischen Faktor, müssen demnach isokinetische Messungen während der Ermüdung (z.B. nach einem definierten, erschöpfenden Lauf) stattfinden.

Neben einer lokalen Muskelschwäche könnten auch andere Faktoren eine Bedeutung bei der Entwicklung des ITBS haben. So scheinen physiologische Aspekte der Ausdauerleistungsfähigkeit bisher sehr wenig beachtet worden zu sein. Die Tatsache, dass überdurchschnittlicher Trainingsumfang und das Anfängerstadium die Entwicklung eines ITBS begünstigen, erlauben ausdauerspezifische Erklärungsmodelle für die Akutverletzung des ITBS. Bei diesem Erklärungsmodell stehen Aspekte der zentralen Ermüdung im Mittelpunkt, die mit peripheren Koordinationsstörungen einhergehen. Die Chronifizierung der Beschwerden lässt sich dabei durch eine zu kurze Rehabilitation erklären. Diese Faktoren scheinen nach aktuellem Stand eine größere Bedeutung für die Ätiologie des ITBS zu haben als eine lokale Muskelschwäche.

Zusammenfassend kann nach heutigem Stand das ITBS sicher diagnostiziert werden. Die verschiedenen Studien von Fredericson (2000-2007) zeigen darüber hinaus geeignete Wege, um das ITBS nachhaltig zu therapieren. Somit bleibt als Ziel der sportmedizinischen Wissenschaft, die Ätiologie des ITBS endgültig zu klären. Dieses Ziel wird nur durch umfangreiche prospektive Studien an gesunden Läufern erreicht werden.

5. Zusammenfassung

Das iliotibiale Bandsyndrom (ITBS) ist eine Überlastungsbeschwerde, das 12% aller Überlastungsbeschwerden ausmacht und vorwiegend Ausdauerläufer betrifft. Die Ätiologie des ITBS ist multifaktoriell, diskutiert werden u.a. eine geringe Erfahrung im Ausdauersport, große Trainingsumfänge und Imbalancen des Bewegungsapparats. Fredericson et al. (2000) fanden bei isometrischen Messungen in einem ITBS-Kollektiv signifikant schwächere Hüftabduktoren als in einer gesunden Kontrollgruppe. In der vorliegenden Arbeit wurden isometrische und isokinetische Messungen an Probanden mit ITBS und an einer gesunden Kontrollgruppe durchgeführt. Ziel der Arbeit war, die Funktion der Hüftabduktoren und -adduktoren von Ausdauerläufern mit und ohne ITBS mit Hilfe isokinetischer Messungen zu erfassen. Neben den isokinetischen Messungen wurden auch isometrische Messungen durchgeführt, um die Ergebnisse mit denen Fredericsons (2000) vergleichen zu können.

Die Reproduzierbarkeit isokinetischer Messungen ist für den isometrischen und konzentrischen Modus gegeben. Exzentrischer Modus und die Messung der Ausdauer haben eine geringe Reproduzierbarkeit.

Aus 20 Probanden, 10 mit der Diagnose ITBS und 10 gesunde Probanden, wurden drei Kollektive gebildet: das ITBS-Kollektiv, das Kontrollkollektiv und eine weitere Kontrollgruppe, die aus der „gesunden Beinseite“ der ITBS-Probanden bestand. Alle Probanden vollzogen isokinetische Messungen auf dem Isokineten „Isomed 2000“ (D&R Ferstl GmbH, Deutschland). Ausgewertet wurde das jeweilige isometrische, konzentrische und exzentrische maximale Drehmoment, außerdem wurde eine konzentrische Ausdauerermessung mit 30 Wiederholungen durchgeführt. Alle ermittelten Werte der Hüftabduktoren wurden mit den Werten der Hüftadduktoren ins Verhältnis gesetzt, um ein Überwiegen einer der beiden Muskulaturen darzustellen.

Die Analyse der Daten ergab keine signifikante Abweichung bezüglich der Drehmomentwerte in einem der Kollektive. Alle getesteten Muskelfunktionen waren in den drei Kollektiven gleich stark ausgeprägt. Die Analyse der Trainingsdaten ergab eine signifikant geringere Trainingserfahrung im ITBS-Kollektiv, bei deutlich größerem Trainingsumfang. Das gesamte ITBS-Kollektiv

zeigte das charakteristische Beschwerdebild des ITBS mit Schmerzen nach Durchlaufen einer bestimmten Strecke und Schmerzurückgang nach Unterbrechung des Trainings.

Die Ergebnisse der isometrischen und isokinetischen Messungen stellen die Hüftabduktorenschwäche als ätiologischen Faktor des ITBS in Frage. Auch ein Überwiegen der Hüftadduktoren kann nicht gefunden werden. Beim Vergleich mit der Studie von Fredericson (2000) muss der unterschiedliche Versuchsaufbau mit in 90°-Knieflexion abgewinkeltem Testbein berücksichtigt werden. Die Ergebnisse werden insgesamt durch das Fehlen einer Reproduzierbarkeitsstudie und die geringe Studienpopulation von 10 Personen pro Kollektiv eingeschränkt.

Für die Ätiologie des ITBS scheinen andere Faktoren als die Hüftabduktorenschwäche eine größere Bedeutung zu spielen. Mehrere Studien haben gezeigt, dass ein zu großer Trainingsumfang und die geringe Erfahrung im Ausdauersport ätiologisch bedeutende Faktoren für das ITBS darstellen. Im Hinblick darauf sollte in Zukunft vermehrt mit ausdauerspezifischen Tests gearbeitet werden, um die Ätiologie des ITBS abschließend zu klären. Der Ansatz, dass rein periphere Faktoren für die Ätiologie des ITBS verantwortlich sind, scheint keine abschließende Klärung für die Entwicklung des ITBS zu liefern. Ausdauerspezifische Tests sollten daher sowohl zentrale als auch periphere Mechanismen der Ausdauerleistungsfähigkeit integrieren.

Die Funktionalität isokinetischer Messungen sollte weiter verbessert werden. Dies schließt bei Tests der Hüftabduktoren und -adduktoren vor allem Tests in funktioneller Position, d.h. in aufrechter Position, ein. Um der Ätiologie einer Beschwerde auf den Grund zu gehen, sollte der prospektiven Studie Vorrang gewährt werden, da in Studien an Verletzten schon im Voraus mit inhomogenen Kraftdefiziten gerechnet werden muss.

6. Literaturverzeichnis

- Banzer, W., Pfeifer, K., Vogt, L., Horstmann, T. & Venter, C. (2004). *Funktionsdiagnostik des Bewegungssystems in der Sportmedizin*. Banzer,W.;Pfeifer,K.;Vogt,L.
- Bohannon, R. W. (1986). Test-retest reliability of hand-held dynamometry during a single session of strength assessment. *Phys. Ther.* 66, 206-209.
- Bonaldi, V. M., Chhem, R. K., Drolet, R., Garcia, P., Gallix, B. & Sarazin, L. (1998). Iliotibial band friction syndrome: sonographic findings. *J. Ultrasound Med.* 17, 257-260.
- Cahalan, T. D., Johnson, M. E., Liu, S. & Chao, E. Y. (1989). Quantitative measurements of hip strength in different age groups. *Clin. Orthop. Relat Res.* 136-145.
- Drouin, J. M., Valovich-mcLeod, T. C., Shultz, S. J., Gansneder, B. M. & Perrin, D. H. (2004). Reliability and validity of the Biodex system 3 pro isokinetic dynamometer velocity, torque and position measurements. *Eur. J. Appl. Physiol* 91, 22-29.
- Dvir, Z. (2004). *Isokinetics: Muscle Testing, Interpretation and Clinical Applications*. Churchill Livingstone.
- Ecklund, K. J., Lee, T. Q., Tibone, J. & Gupta, R. (2007). Rotator cuff tear arthropathy. *J. Am. Acad. Orthop. Surg.* 15, 340-349.
- Ellis, R., Hing, W. & Reid, D. (2007). Iliotibial band friction syndrome-a systematic review. *Man. Ther.* 12, 200-208.
- Emery, C. A., Maitland, M. E. & Meeuwisse, W. H. (1999). Test-retest reliability of isokinetic hip adductor and flexor muscle strength. *Clin. J. Sport Med.* 9, 79-85.
- Fairclough, J., Hayashi, K., Toumi, H., Lyons, K., Bydder, G., Phillips, N., Best, T. M. & Benjamin, M. (2006). The functional anatomy of the iliotibial band during flexion and extension of the knee: implications for understanding iliotibial band syndrome. *J. Anat.* 208, 309-316.
- Fairclough, J., Hayashi, K., Toumi, H., Lyons, K., Bydder, G., Phillips, N., Best, T. M. & Benjamin, M. (2007). Is iliotibial band syndrome really a friction syndrome? *J. Sci. Med. Sport* 10, 74-76.
- Farrell, M. & Richards, J. G. (1986). Analysis of the reliability and validity of the kinetic communicator exercise device. *Med. Sci. Sports Exerc.* 18, 44-49.

- Fredericson, M. (1996). Common injuries in runners. Diagnosis, rehabilitation and prevention. *Sports Med.* 21, 49-72.
- Fredericson, M., Cookingham, C. L., Chaudhari, A. M., Dowdell, B. C., Oestreicher, N. & Sahrmann, S. A. (2000). Hip abductor weakness in distance runners with iliotibial band syndrome. *Clin. J. Sport Med.* 10, 169-175.
- Fredericson, M. & Misra, A. K. (2007). Epidemiology and aetiology of marathon running injuries. *Sports Med.* 37, 437-439.
- Fredericson, M. & Weir, A. (2006). Practical management of iliotibial band friction syndrome in runners. *Clin. J. Sport Med.* 16, 261-268.
- Fredericson, M., White, J. J., Macmahon, J. M. & Andriacchi, T. P. (2002). Quantitative analysis of the relative effectiveness of 3 iliotibial band stretches. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 83, 589-592.
- Fredericson, M. & Wolf, C. (2005). Iliotibial band syndrome in runners: innovations in treatment. *Sports Med.* 35, 451-459.
- Glance, B. W., McHugh, M. P. & Gleim, G. W. (1998). Effects of a 2-hour run on metabolic economy and lower extremity strength in men and women. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.* 27, 189-196.
- Gleeson, N. P. & Mercer, T. H. (1992). Reproducibility of isokinetic leg strength and endurance characteristics of adult men and women. *Eur. J. Appl. Physiol Occup. Physiol* 65, 221-228.
- Hamill, J., Miller, R., Noehren, B. & Davis, I. (2008). A prospective study of iliotibial band strain in runners. *Clin. Biomech. (Bristol, Avon.)* 23, 1018-1025.
- Handel, M., Dickhuth, H. H., Mayer, F. & Gulch, R. W. (1996). Prerequisites and limitations to isokinetic measurements in humans. Investigations on a servomotor-controlled dynamometer. *Eur. J. Appl. Physiol Occup. Physiol* 73, 225-230.
- Horstmann, T., Venter, C., Axmann, D., Mayer, F. & Dickhuth, H.-H. (1999). Reproduzierbarkeit von isokinetischen Kraftmessungen und EMG-Signalen der hüftgelenksumgreifenden Muskulatur. In (Anonymous), pp. 17-22.
- Iossifidou, A. N. & Baltzopoulos, V. (1998). Inertial effects on the assessment of performance in isokinetic dynamometry. *Int. J. Sports Med.* 19, 567-573.
- Iossifidou, A. N. & Baltzopoulos, V. (2000a). Inertial effects on moment development during isokinetic concentric knee extension testing. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.* 30, 317-323.

- Iossifidou, A. N. & Baltzopoulos, V. (2000b). Peak power assessment in isokinetic dynamometry. *Eur. J. Appl. Physiol* 82, 158-160.
- Ireland, M. L., Willson, J. D., Ballantyne, B. T. & Davis, I. M. (2003). Hip strength in females with and without patellofemoral pain. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.* 33, 671-676.
- Itoh, H., Ichihashi, N., Maruyama, T., Kurosaka, M. & Hirohata, K. (1992). Weakness of thigh muscles in individuals sustaining anterior cruciate ligament injury. *Kobe J. Med. Sci.* 38, 93-107.
- James, S. L. (1995). Running Injuries to the Knee. *J. Am. Acad. Orthop. Surg.* 3, 309-318.
- James, S. L. (1998). Running injuries of the knee. *Instr. Course Lect.* 47, 407-417.
- Kea, J., Kramer, J., Forwell, L. & Birmingham, T. (2001). Hip abduction-adduction strength and one-leg hop tests: test-retest reliability and relationship to function in elite ice hockey players. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.* 31, 446-455.
- Khaund, R. & Flynn, S. H. (2005). Iliotibial band syndrome: a common source of knee pain. *Am. Fam. Physician* 71, 1545-1550.
- Macmahon, J. M., Chaudhari, A. M. & Andriacchi, T. P. (2000). Biomechanical injury predictors for marathon runners: striding towards iliotibial band syndrome injury prevention. Conference of the International Society of Biomechanics in Sports, Hong Kong. In (Anonymous).
- Mayer, F. (2001). Verletzungen und Beschwerden im Laufsport. In (Anonymous).
- Mayer, F., Horstmann, T., Küsswetter, W. & Dickhuth, H.-H. (1994). Isokinetik-Eine Standortbestimmung. In (Anonymous), pp. 272-287.
- McNicol, K., Taunton, J. E. & Clement, D. B. (1981). Iliotibial tract friction syndrome in athletes. *Can. J. Appl. Sport Sci.* 6, 76-80.
- Messier, S. P., Edwards, D. G., Martin, D. F., Lowery, R. B., Cannon, D. W., James, M. K., Curl, W. W., Read, H. M., Jr. & Hunter, D. M. (1995). Etiology of iliotibial band friction syndrome in distance runners. *Med. Sci. Sports Exerc.* 27, 951-960.
- Messier, S. P. & Pittala, K. A. (1988). Etiologic factors associated with selected running injuries. *Med. Sci. Sports Exerc.* 20, 501-505.

- Mulroy, S. J., Lassen, K. D., Chambers, S. H. & Perry, J. (1997). The ability of male and female clinicians to effectively test knee extension strength using manual muscle testing. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.* 26, 192-199.
- Nicholas, J. J., Robinson, L. R., Logan, A. & Robertson, R. (1989). Isokinetic testing in young nonathletic able-bodied subjects. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 70, 210-213.
- Niemuth, P. E., Johnson, R. J., Myers, M. J. & Thieman, T. J. (2005). Hip muscle weakness and overuse injuries in recreational runners. *Clin. J. Sport Med.* 15, 14-21.
- Noehren, B., Davis, I. & Hamill, J. (2007). ASB clinical biomechanics award winner 2006 prospective study of the biomechanical factors associated with iliotibial band syndrome. *Clin. Biomech. (Bristol., Avon.)* 22, 951-956.
- Novacheck, T. F. (1995). Walking, running, and sprinting: a three-dimensional analysis of kinematics and kinetics. *Instr. Course Lect.* 44, 497-506.
- Novacheck, T. F. (1998a). Running injuries: a biomechanical approach. *Instr. Course Lect.* 47, 397-406.
- Novacheck, T. F. (1998b). The biomechanics of running. *Gait. Posture.* 7, 77-95.
- Orchard, J. W., Fricker, P. A., Abud, A. T. & Mason, B. R. (1996). Biomechanics of iliotibial band friction syndrome in runners. *Am. J. Sports Med.* 24, 375-379.
- Piva, S. R., Goodnite, E. A. & Childs, J. D. (2005). Strength around the hip and flexibility of soft tissues in individuals with and without patellofemoral pain syndrome. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.* 35, 793-801.
- Sapega, A. A., Nicholas, J. A., Sokolow, D. & Saraniti, A. (1982). The nature of torque "overshoot" in Cybex isokinetic dynamometry. *Med. Sci. Sports Exerc.* 14, 368-375.
- Schiebler, T. H., Schmidt, W. & Zilles, K. (1999). *Anatomie*. Springer: Berlin.
- Schmidt, R. F., Thews, G. & Lang, F. (2000). *Physiologie des Menschen*. Springer-Verlag.
- Shephard, R. J., Astrand, P. O. & Rost, G. (1993). *Ausdauer im Sport*.
- Taunton, J. E., Ryan, M. B., Clement, D. B., McKenzie, D. C., Lloyd-Smith, D. R. & Zumbo, B. D. (2002). A retrospective case-control analysis of 2002 running injuries. *Br. J. Sports Med.* 36, 95-101.

Trudelle-Jackson, E., Jackson, A. W., Frankowski, C. M., Long, K. M. & Meske, N. B. (1994). Interdevice reliability and validity assessment of the Nicholas Hand-Held Dynamometer. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.* 20, 302-306.

7. Anhang

7.1. CRF - Case Report Form



ITB Running

Jahrgang: □□□□
Alter: □□
Probanden-Nr.: □□
Geschlecht: ♂ □ ♀ □

Terminvereinbarung:

Teil 1: Klinische Untersuchung □□ . □□ . □□
Uhrzeit: □□ : □□

Teil 2: Biomechanische Messung □□ . □□ . □□
Uhrzeit: □□ : □□

CRF auf Vollständigkeit geprüft
 I: In Datenbank übertragen am □□ . □□ . □□ von:
 II: In Datenbank übertragen am □□ . □□ . □□ von:

Rekrutierung des Probanden durch:

Lauftreff

Arzt

Presse

Sonstiges

Name: _____

Ein- und Ausschlusskriterien

Einschlusskriterien erfüllt?

JA

NEIN

- Iliotibiales Bandsyndrom (Diagnosestellung am Tag 1 durch den zuständigen Prüfarzt)
- Männliche und weibliche Probanden im Alter zwischen 18 und 50 Jahren
- Wöchentliches Laufpensum von mindestens 20 Trainingskilometern im Ausdauerbereich
- Der Proband kann nach mündlicher und schriftlicher Aufklärung über die Ziele und Inhalte der Studie seine Einwilligung zu seiner Teilnahme abgeben.

Ausschlusskriterien erfüllt?

JA

NEIN

- Therapeutische Maßnahmen in den vergangenen sechs Monaten (Physiotherapie, Medikamente, Einlagenversorgung, ...)
- Vorerkrankungen im Bereich des Kniegelenks
- Beschwerden an der unteren Extremität, die keiner der genannten Verletzungen zuzuordnen sind.
- Akuter oder chronischer Allgemeininfekt
- regelmäßige Medikamenteneinnahme (sofern bedenkliche Substanz), Alkoholabusus
- Teilnahme an einer anderen klinischen Studie innerhalb der letzten 30 Tage
- Prüfcentrum zu weit vom Wohnort entfernt
- Fehlende Compliance während der Therapiephase

Bemerkungen: _____

Probandenaufklärung

Der Proband wurde von mir über Wesen, Bedeutung und Tragweite dieser klinischen Prüfung aufgeklärt (gem. AMG § 40, 41), die Probanden-information wurde ausgehändigt, und der Proband hat die Teilnahme freiwillig erklärt:

JA , die schriftliche Einverständniserklärung erfolgte am . .

NEIN

Daten vollständig und korrekt erhoben: . .

Differenzierte Kniediagnostik

Das Feld o. B. soll immer dann angekreuzt werden, wenn es sich um keinen pathologischen Befund handelt. Bei den Tests zur Bandstabilität und Patella sind zusätzlich die Qualitäten zu beschreiben.

Inspektion:

	rechts: o. B. <input type="checkbox"/>	links: o. B. <input type="checkbox"/>
Erguss (intraartikulär)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Schwellung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rötung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Meniskuszeichen (für IM und AM):

Testverfahren	rechts: o. B. <input type="checkbox"/>	links: o. B. <input type="checkbox"/>
DS medialer Gelenkspalt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
DS lateraler Gelenkspalt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Steinmann 1	AR ⇒ med. Schmerz <input type="checkbox"/> IR ⇒ lat. Schmerz <input type="checkbox"/>	AR ⇒ med. Schmerz <input type="checkbox"/> IR ⇒ lat. Schmerz <input type="checkbox"/>
Steinmann 2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hyperextensionsschmerz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Valguskompressionsschmerz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Varuskompressionsschmerz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Bandverhältnisse:

	rechts: o. B. <input type="checkbox"/>	links: o. B. <input type="checkbox"/>
Seitenbänder (medial)	- <input type="checkbox"/> + <input type="checkbox"/> ++ <input type="checkbox"/> +++ <input type="checkbox"/>	- <input type="checkbox"/> + <input type="checkbox"/> ++ <input type="checkbox"/> +++ <input type="checkbox"/>
Seitenbänder (lateral)	- <input type="checkbox"/> + <input type="checkbox"/> ++ <input type="checkbox"/> +++ <input type="checkbox"/>	- <input type="checkbox"/> + <input type="checkbox"/> ++ <input type="checkbox"/> +++ <input type="checkbox"/>
Lachmantest (VKB)	- <input type="checkbox"/> hart <input type="checkbox"/> + <input type="checkbox"/> weich <input type="checkbox"/>	- <input type="checkbox"/> hart <input type="checkbox"/> + <input type="checkbox"/> weich <input type="checkbox"/>
Pivot-shift-Test	- <input type="checkbox"/> + <input type="checkbox"/> ++ <input type="checkbox"/>	- <input type="checkbox"/> + <input type="checkbox"/> ++ <input type="checkbox"/>

Patella:

	rechts: o. B. <input type="checkbox"/>	links: o. B. <input type="checkbox"/>
Patellamobilität	Hypo <input type="checkbox"/> norm <input type="checkbox"/> hyper <input type="checkbox"/>	Hypo <input type="checkbox"/> norm <input type="checkbox"/> hyper <input type="checkbox"/>
Retropatellare Krepitation	ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/>	ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/>
Facettenschmerz	med <input type="checkbox"/> lat <input type="checkbox"/> caudal <input type="checkbox"/> cranial <input type="checkbox"/>	med <input type="checkbox"/> lat <input type="checkbox"/> caudal <input type="checkbox"/> cranial <input type="checkbox"/>
Zohlenzeichen	- <input type="checkbox"/> + <input type="checkbox"/>	- <input type="checkbox"/> + <input type="checkbox"/>

Bemerkungen:

Differenzierte Fußdiagnostik

Fußform statisch im Bereich Mittel-/ Rückfuß:

Muskulatur	rechts	links
Normal	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hohlfuß	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Knick- Senkfuß	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Fußform statisch im Bereich Vorfuß:

Spreizfuß/ Schwielenbildung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hallux valgus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Zehendeformität	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

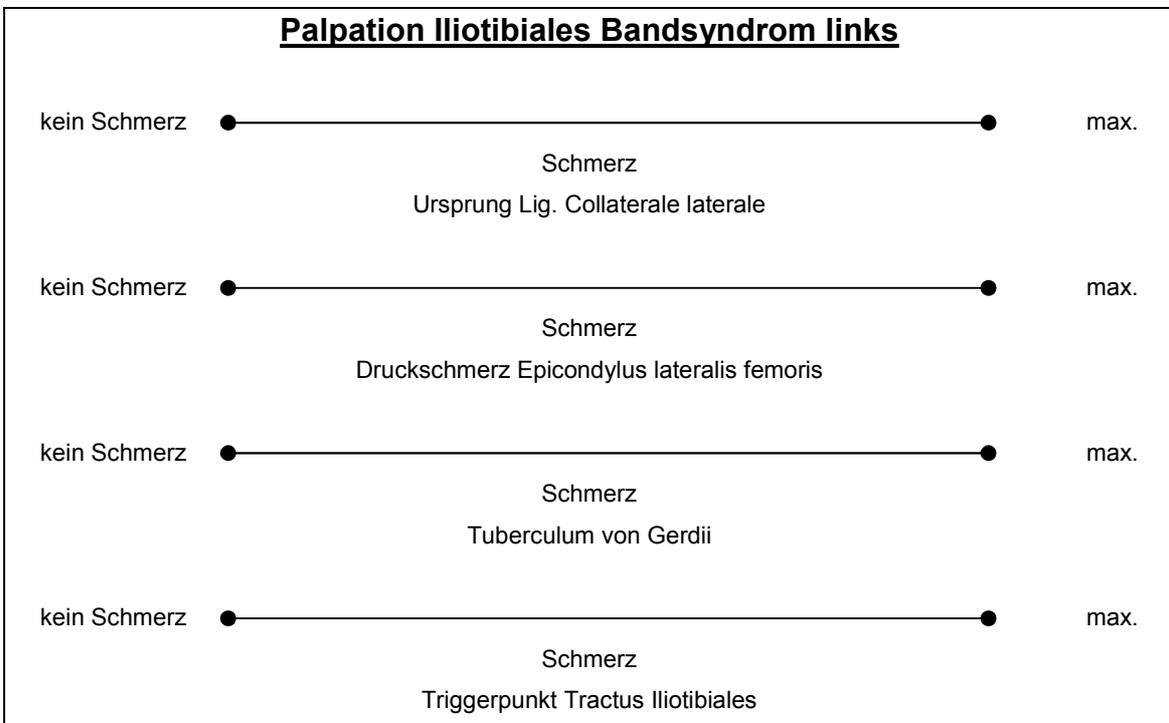
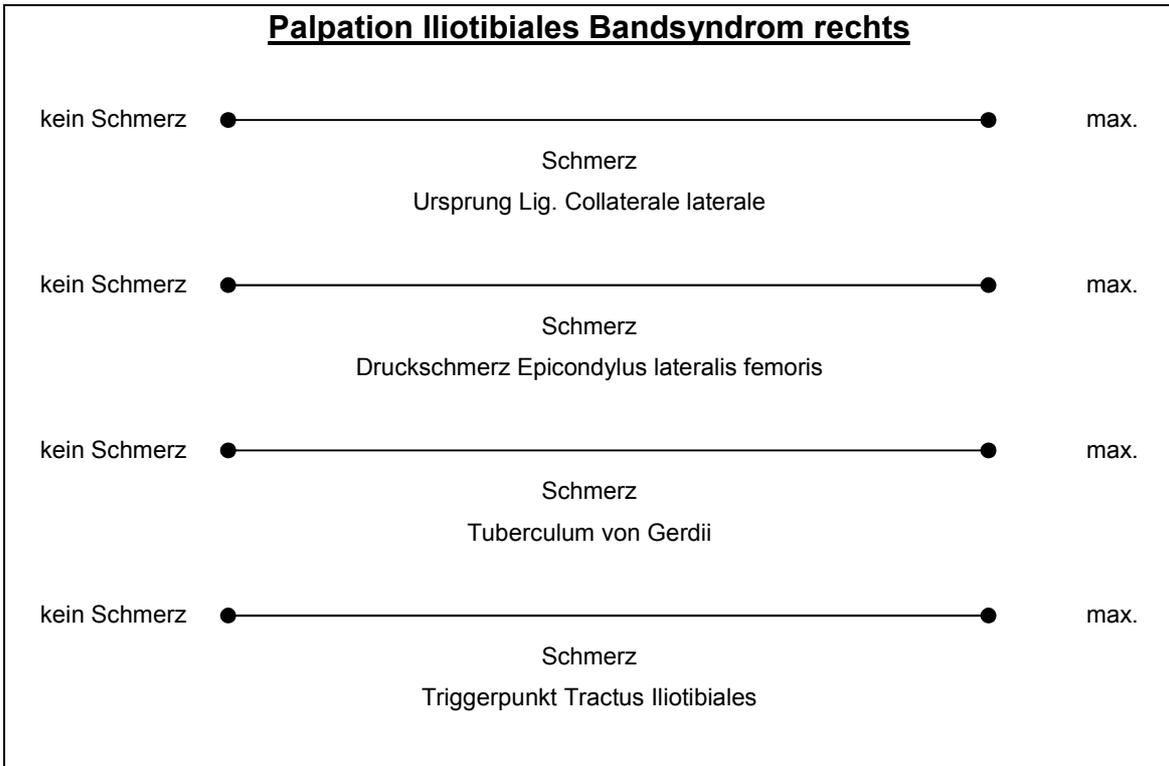
Fußachse statisch im Stand Calcaneus:

Muskulatur	rechts	links
varus (Inversion)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
valgus (Eversion)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
normal	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Fußkorrektur im Zehenstand:

	rechts	links
Valguskorrektur	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Bemerkungen:



Daten vollständig und korrekt erhoben: . . **Klinische Untersuchung**Untersucher: Janßen Krauß Vertretung: _____ Größe [cm]: Gewicht [kg]: **Range of motion (passiv, NNM):**

Bewegungsausmaß	rechts	links
Hüftgelenk (Ex-Flex)	()	()
Kniegelenk (Ex-Flex)	()	()
Oberes Sprunggelenk (DE-PF)	()	()

Dehnfähigkeit der Muskulatur:

Muskulatur	rechts			links		
Mm. Ischiocrurale	>= 80°	75-60°	< 60°	>= 80°	75-60°	< 60°
	N <input type="checkbox"/>	L <input type="checkbox"/>	D <input type="checkbox"/>	N <input type="checkbox"/>	L <input type="checkbox"/>	D <input type="checkbox"/>
M. iliopsoas	Unter Horizontale	Horizontale	Über Horizontale	Unter Horizontale	Horizontale	Über Horizontale
	N <input type="checkbox"/>	L <input type="checkbox"/>	D <input type="checkbox"/>	N <input type="checkbox"/>	L <input type="checkbox"/>	D <input type="checkbox"/>
M. rectus femoris	>= 80°	75-60°	< 60°	>= 80°	75-60°	< 60°
	N <input type="checkbox"/>	L <input type="checkbox"/>	D <input type="checkbox"/>	N <input type="checkbox"/>	L <input type="checkbox"/>	D <input type="checkbox"/>

Obers Test:

Seite	positiv (verkürzt)	schmerzhaft	ohne Befund
rechts	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
links	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Beinachse (Stand):

	rechts	links
Keine Achsabweichung	<input type="checkbox"/>	
Genu Recurvatum	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Valgus	<input type="checkbox"/> Abstand in cm: _____	
Varus	<input type="checkbox"/> Abstand in cm: _____	

Beckentiefstand (Stand):

rechts	links
o. B. <input type="checkbox"/>	

_____ cm	_____ cm
----------	----------

Beinlänge (RL):

	rechts	links
Funktionelle Beinlänge	<input type="checkbox"/>	
Anatomische Beinlänge	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Sonstiges:

Checkliste Klinische Untersuchung

- Ein- und Ausschlusskriterien abgefragt
- Proband aufgeklärt
- Orthopädischer Befund
- Differenzierte Kniediagnostik
- Differenzierte Fußdiagnostik
- Palpation Iliotibiales Band
- Klinische Untersuchung
- Schmerzanamnese (sofern erforderlich)

Schmerzanamnese

Bitte nur ausfüllen, wenn eine Beschwerdesymptomatik vorliegt (Iliotibiales Bandsyndrom).
Ansonsten weiter auf S. 12: Laufspezifische Anamnese.

Wann hatten Sie zum letzten Mal Beschwerden am Kniegelenk? / Beschwerdeseite, sofern verletzt links rechts Wie oft hatten Sie bisher Kniebeschwerden, seitdem Sie laufen? MalHatten Sie den Eindruck, dass die Beschwerden mit einer gewissen Regelmäßigkeit wieder auftreten? JA NEIN

Falls JA: Mit welcher Regelmäßigkeit treten die Kniebeschwerden wieder auf?

etwa alle Monate einmal pro Jahr
 alle zwei Jahre alle drei Jahre seltener

Hatten Sie den Eindruck, dass Ihre Beschwerden typischerweise zu bestimmten Jahreszeiten auftreten? JA NEIN

Falls JA, wann ? Frühjahr Sommer
 Herbst Winter

Was vermuten Sie als Ursache für Ihre Beschwerden?

- Wechsel des Schuhmodells
- Einlaufen neuer Schuhe
- Abgelaufene Schuhe
- Hohe Belastung durch einen Wettkampf
- Rasche Steigerung der Laufumfänge
- Unzureichendes Warmlaufen
- Ungewohnter Laufuntergrund
- Zu kurze Regenerationszeiten
- Fehlende Dehnübungen
- Verletzung
- Sonstiges: _____

Zu welchem Zeitpunkt treten die Schmerzen in Abhängigkeit von der Tageszeit auf?

morgens, nach dem Aufstehen tagsüber
 abends nachts

Zu welchem Zeitpunkt treten die Schmerzen in Abhängigkeit von der sportlichen Belastung auf?

am Anfang der Belastung
 mit zunehmender Belastung
 während der gesamten Belastung
 nach der Belastung ...wenn ja, wie lange? ___ Std

Wurden seit dem Bestehen der Beschwerden Therapiemaßnahmen angewandt? JA NEIN

Falls JA:

Behandlung	Art der Behandlung bzw. Wirkstoff/ Bauform	Zeitraum
Medikamentös		
Physikalisch		
Physiotherapeutisch		
Einlagen		
Sonstiges		

Bestehen irgendwelche Begleiterkrankungen? JA NEIN

Wenn JA, welche? _____

Nehmen Sie zurzeit Medikamente ein? JA NEIN

Handelsname / Substanzgruppe	Erkrankung	seit (Monat/ Jahr)	bei Bedarf	ständig
---------------------------------	------------	-----------------------	---------------	---------

Bemerkungen: _____

Laufspezifische Anamnese

Trainingsalter in Monaten bzw. Jahren ┌┐
Monate ┌┐
Jahre

Laufpensum pro Woche im Jahr 2005: ┌┌┌
km

Mittleres Lauftempo bzw. mittlere Belastung im Jahr 2005:

Geschwindigkeit: ┌┌
km/h Zeit: ┌┌
min/km Herzfrequenz: ┌┌┌
min⁻¹

Bisherige Laufbestzeit über 10 km: ┌ : ┌┌ : ┌┌
h min sec Jahr: ┌┌┌┌

Bisherige Laufbestzeit über HM: ┌ : ┌┌ : ┌┌
h min sec Jahr: ┌┌┌┌

Bisherige Laufbestzeit über M: ┌ : ┌┌ : ┌┌
h min sec Jahr: ┌┌┌┌

Laufeinheiten pro Woche (Durchschnittswert für das Jahr 2005): ┌┌

Laufzeit pro Woche (Durchschnittswert für das Jahr 2005): ┌┌ Stunden

Auf welchem Laufuntergrund sind Sie bisher gelaufen (vgl. Fotos)?

Schotter ┌┌ % Kies ┌┌ % Erde/Humus ┌┌ %
 Asphalt ┌┌ % Tartan ┌┌ % Kunststoff ┌┌ %

anderer Untergrund: _____ $\frac{\quad}{\quad}$ %

An welchen Wettkämpfen planen Sie in den nächsten 3 Monaten teilzunehmen?

Streckenlänge	Bahn	Gelände	Straße	Anzahl
bis 10 km	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	$\frac{\quad}{\quad}$
11 – 21 km		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	$\frac{\quad}{\quad}$
Halbmarathon		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	$\frac{\quad}{\quad}$
22 – 35 km		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	$\frac{\quad}{\quad}$
Marathon		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	$\frac{\quad}{\quad}$
Ultralauf $\frac{\quad}{\quad}$ km		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	$\frac{\quad}{\quad}$

	Weitere Sportarten	Trainingsalter	Umfang/W	Strecke/W
1				
2				
3				

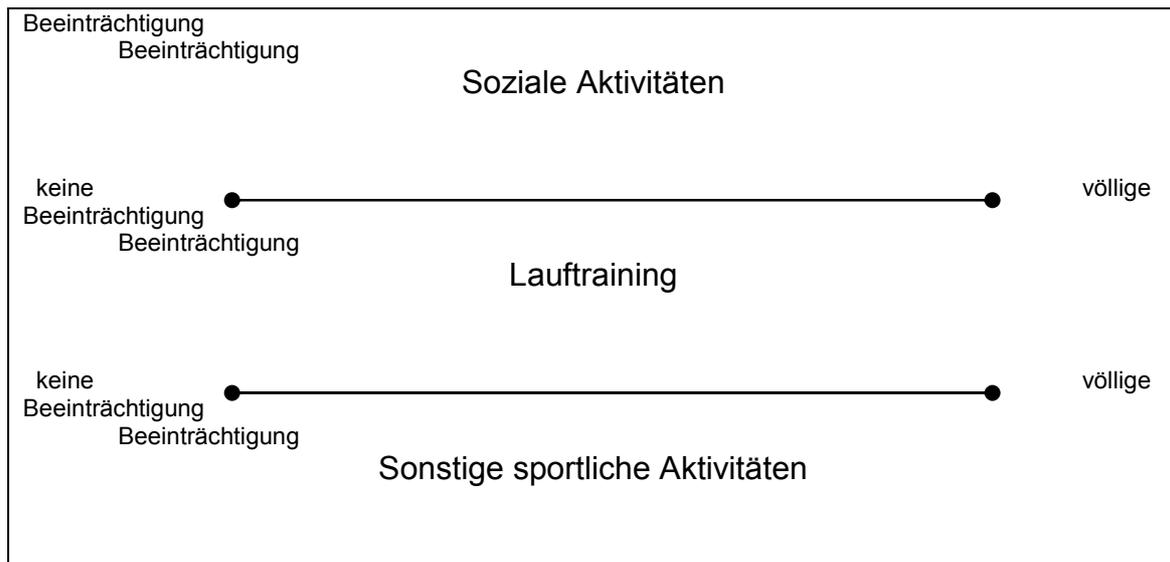
Läuferspezifisch modifizierter Pain-Disability-Index (PDI)

Bitte nur ausfüllen, wenn eine Beschwerdesymptomatik vorliegt (Iliotibiales Bandsyndrom).
Ansonsten weiter auf S. 14

Bitte schätzen Sie ein, wie stark Sie durch Ihre Kniebeschwerden in den folgenden Lebensbereichen eingeschränkt sind.

Machen Sie bitte bei jeder Kategorie einen Strich auf der Linie.

keine Beeinträchtigung	●	_____	●	völlige Beeinträchtigung
Familie, Verantwortlichkeit zu Hause				
keine Beeinträchtigung	●	_____	●	völlige Beeinträchtigung
Erholung				
keine	●	_____	●	völlige



Daten vollständig und korrekt erhoben: . .

ITBS Isokinetische Untersuchung

Zuständiger Untersuchungsleiter: Rombach Vertretung: _____

Aufwärmung (5 Min. Fahrradergometer bei 100 W) Erste Seite: _____

Seite randomisiert?

Beinschiene angelegt?

Liegenposition, Bauchgurt fest, Rücken neutral?

Gelenkachse eingestellt?

Isokinetik: Hüftgelenk	rechts	Links
Nullposition	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Bewegungsausmaß [°]	rechts	Links
Abduktion [Soll: 35°]	Original <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Original <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Adduktion [Soll: -10°]	Original <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Original <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

Schwerkraftkompensation geändert?

Untersucher fixiert Becken und unteres Bein?

Bemerkungen zur Isokinetik:

Abschließende Bemerkungen zur Untersuchung

- Klinische Untersuchung
- Schmerzspezifische Anamnese durchgeführt
- Laufspezifische Anamnese durchgeführt
- Fragebögen ausgefüllt (PDI)
- Isokinetische Untersuchung erfolgreich abgeschlossen

Seite	Arbeitsweise	Wdh./Dauer	Schmerz	submax	Anmerkung
links <input type="checkbox"/>	Isometrisch (- 10°, 0° Abduktion)	Pausenlänge: 10 s Belastungsdauer: 5 s	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<i>Pause</i>	30 s			
links <input type="checkbox"/>	Isometrisch (0°, 10° Adduktion)	Pausenlänge: 10 s Belastungsdauer: 5 s	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<i>Pause</i>	30 s			
links <input type="checkbox"/>	Konzentrisch/Konzentrisch 30°/s	5 maximale Wiederholungen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<i>Pause</i>	30 s			
links <input type="checkbox"/>	Exzentrisch/Exzentrisch 30°/s	5 maximale Wiederholungen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<i>Pause</i>	60s			
links <input type="checkbox"/>	Konzentrisch/Konzentrisch 30 °/s	20 Wdh (Ausdauer)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
UMBAU					
rechts <input type="checkbox"/>	Isometrisch (- 10°, 0° Abduktion)	Pausenlänge: 10s Belastungsdauer: 5 s	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<i>Pause</i>	30 s			
rechts <input type="checkbox"/>	Isometrisch (0°, 10° Adduktion)	Pausenlänge: 10s Belastungsdauer: 5 s	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<i>Pause</i>	30 s			
rechts <input type="checkbox"/>	Konzentrisch/Konzentrisch 30°/s	5 maximale Wiederholungen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<i>Pause</i>	30 s			
rechts <input type="checkbox"/>	Exzentrische/Exzentrisch 30°/s	5 maximale Wiederholungen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<i>Pause</i>	60 s			
rechts <input type="checkbox"/>	Konzentrisch/Konzentrisch 30 °/s	20 Wdh (Ausdauer)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Proband hat den Gutschein für Ganganalyse erhalten?

Unterschrift des Probanden: _____

Sonstiges:

Hiermit bestätige ich, dass die Daten vollständig und korrekt erhoben wurden

Datum

Unterschrift des **Prüfers**

8. Danksagung

Danken möchte ich Herrn **Prof. Dr. T. Horstmann** und Herrn **PD Dr. rer. soz. S. Grau** für die Überlassung des interessanten Themas.

Frau **Dr. rer. soz. I. Krauß** und Herrn **PD Dr. rer. soz. S. Grau** gilt mein besonderer Dank für die jahrelange Betreuung der Arbeit, die anregenden Gespräche und für die immer geduldige und freundliche Art.

Ich danke dem gesamten **Team der Biomechanik an der Sportmedizin Tübingen** für die Unterstützung bei der praktischen Durchführung der Experimente.

Ich danke allen Teilnehmern der Testmessungen für Achillessehne und Tractus iliotibialis und den Probanden beider Studien für die aktive und interessierte Mitarbeit an den Messtagen.

Meinen **Eltern Anne und Werner Bert** danke ich für die andauernde Unterstützung in allen Lebensbereichen, meinem Bruder **Christoph Bert** für das Korrekturlesen der Arbeit.

Ich bin dankbar dafür, dass es meine **Frau Judith und meine Kinder Emma und Anton** gibt. Ich liebe Euch.

Dem Freund und Förderer **Georg Haupt** gebührt der größte Dank, denn ohne seine Unterstützung und ohne unsere Freundschaft hätte ich diese Arbeit nie realisieren können. Danke Schorsch.