

**Abteilung und Poliklinik für Sportorthopädie
des Klinikums rechts der Isar
der Technischen Universität München**
(Direktor: Prof. Dr. Andreas Imhoff)

**Radiologische Veränderungen der Hand
bei Sportkletterern -
eine prospektive Studie an Athleten des deutschen
Nationalkaders und Freizeit-Kletterern
11 Jahres Follow-Up**

Dr. med. univ. Philip Max Hoffmann

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Medizin der Technischen
Universität München zur Erlangung des akademischen Grades eines

Doktors der Medizin

genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Prof. Dr. Ernst J. Rummeny

Prüfer der Dissertation:

1. apl. Prof. Dr. Stefan Hinterwimmer
2. Prof. Dr. Andreas Imhoff

Die Dissertation wurde am 14.12.2016 bei der Technischen Universität München
eingereicht und durch die Fakultät für Medizin am 09.08.2017 angenommen.

für meinen Sohn Felix

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|-----------|
| Abkürzungsverzeichnis | 3 |
| Abstract | 4 |
| Einleitung | 6 |
| Material und Methodik | 7 |
| Einschlusskriterien der Studie | 7 |
| Studienkoordination und Studienzentren | 8 |
| Finanzierung der Studie | 9 |
| Follow -Up und Studienendpunkt | 9 |
| Datenerhebung | 10 |
| Fragebogen..... | 10 |
| Klinische Untersuchung..... | 11 |
| Radiologische Untersuchung..... | 12 |
| Statistische Auswertung | 15 |
| Ergebnisse | 16 |
| Zusammensetzung des Probandenkollektives | 16 |
| Follow-UP Zeitraum und Follow-Up Rate | 17 |
| Biometrische Daten des Probandenkollektives 2011 | 18 |
| Mittelwerte des Datensatzes 2011 | 18 |
| Vergleich der körperspezifischen Variablen: Körpergröße, Körpergewicht und BMI 1999-2011 | 20 |
| Vergleich der handspezifischen Variablen: Fingerlänge, Fingerbreite und Fingerindex | 22 |
| Kletterbelastung des Probandenkollektives | 24 |
| Trainingspezifische Parameter | 26 |
| Vergleich der trainingspezifischen Parameter 1999 -2011 | 27 |
| Kletterleistung des Probandenkollektives | 29 |
| Überlastungssymptome des Probandenkollektives 2011 | 30 |
| Überlastungssymptome der Hand | 31 |
| Kontrakturen und geschwollene Fingergelenke..... | 31 |
| Ergebnisse der Radiologischen Diagnostik | 34 |
| Risikofaktorenanalyse | 39 |
| Man-Whitney-U Rangsummentest..... | 39 |
| Vierfeldertafeln | 41 |
| Diskussion | 43 |
| Zusammenfassung | 50 |
| Literaturverzeichnis | 51 |
| Tabellenverzeichnis | 54 |
| Abbildungsverzeichnis | 56 |
| Anhang | 57 |
| Aufklärungsprogramm zur Verletzungsprävention 1999 | 57 |
| Untersuchungsbogen | 57 |
| Fragebogen | 60 |
| Veröffentlichung der Studie zum IRCRA (International Rock Climbing Research Association) Kongress 08/2016... Fehler! Textmarke nicht definiert. | |

Abkürzungsverzeichnis

| | |
|-------|--|
| a | Jahre |
| DAV | Deutscher Alpenverein |
| DIG | Digitus |
| DIP | Distales Interphalangealgelenk |
| GJNT | German junior national team |
| h/W | Stunden pro Woche |
| I/W | Einheiten pro Woche |
| IRCRA | International Rock Climbing Research Association |
| KI | Konfidenzintervall |
| m | männlich |
| max | maximum |
| min | minimum |
| MW | Mittelwert |
| MWU | Man-Whitney-U Test |
| n | Anzahl |
| PIP | Proximales Interphalangeal Gelenk |
| RC | Recreational climbers |
| Sig. | Signifikanz |
| SD | Standardabweichung |
| STAF | Standardfehler |
| TUM | Technische Universität München |
| UIAA | Union International des Associations d'Alpinisme |

Abstract

Background: In the past few years, competition climbing has grown in popularity and younger people are being drawn to the sport.

Hypothesis: While the radiographic changes in long-term climbers are known, there is little data available on young climbers. The question arises as to whether climbing at high levels at a young age leads to radiographic changes and possibly an early onset of osteoarthritis of the finger joints.

Methods: 19 members of the German Junior National Team (GJNT) and 18 recreational climbers (RC) were examined clinically and through radiographs 1999. In 2011 we examined the members of the longterm study for a 11 year follow up. Radiographs were evaluated using a standard protocol searching for physiological adaptation as cortical thickness of the middle phalanx and an increased Barnett Nordin Index as well as for early onset osteoarthrotic changes of the hand.

Results: Overall 15 out of 19 (Follow up Rate 75%) climbers of the GJNT and 13 out of 18 climbers of the RC team (Follow up Rate 72,2%) with a mean age of 26,8 years could be examined for the 11 year follow up. Six climbers (33%) of GJNT presented with a decreased range of motion for the small finger joints, in contrast to only one climber (7%) of RC group. In 80% of GJNT members and 50% of RC group members radiographic stress reactions of the hand could be found: Cortical hypertrophy (73% GJNT, 25% RC), subchondral sclerosis (80% GJNT, 33%RC), broadened joint base PIP (66% GJNT, 42% RC), and broadened joint base DIP (53% GJNT, 33% RC), respectively. Signs of an early stage of osteoarthritis were seen in 6 climbers, 4 climbers (27%) of the GJNT group and 2 climbers of the RC group (17%). The Barnett Nordin Index was

0,63 ± 0,105 (mean ± SD) in GJNT, and 0,61 ± 0,07 (mean ± SD) in RC group members.

Conclusion: We could find a “mild” form of osteoarthritis (Kellgren II) in up to 22% of our climbers, being less than 30 years old. Following the training regime of our climbers for more than 11 years we may conclude, that intensive finger training e.g. campus board training can lead to early onset osteoarthritis of the hand. We could also demonstrate, that a high UIAA climbing level correlates ($p=0,30$) with the risk for early onset osteoarthritis of the hand and therefore must be seen as a high-risk factor for developing early onset osteoarthritis of the fingerjoints.

Einleitung

1999 begründete der deutsche Alpenverein (DAV) und die Technische Universität München (TU) ein Gemeinschaftsprojekt „Sportklettern im Kindes und Jugendalter“.

Das Gemeinschaftsprojekt umfasste vier Teilbereiche; I. erzieherische und bildende Wirkungen (kulturelle, soziokulturelle), II. Belastungen und Beanspruchungen (Sport, Physiotherapie), III. Sportgeräte Entwicklung (Kinderklettergurt nach orthopädischen, biomechanischen sowie unfallpräventiven, kindergerechtes Sicherungsgerät) und IV. Lehren und Lernen (Entwicklung, Sportförderung, Definition, Sportschuhe).

Ziel des Teilprojektes II war es die Früh- und Langzeitauswirkungen des Sportkletterns auf die Entwicklung der jugendlichen Kletterhand zu erforschen. In dem Studienprojekt sollten trainingsspezifische Risikofaktoren, die gehäuft zu Verletzungen der Hand führen und/oder degenerative Veränderungen der Hand fördern und/oder beschleunigen, abgegrenzt und definiert werden.

Erste Ergebnisse des Projektes wurden von der Autorengruppe um V. Schöffl et al unter dem Titel „Radiographic changes in the hands and fingers of young, high-Level Climbers, 2004 im American Journal of Sports Medicine (V. Schöffl, Hochholzer, & Imhoff, 2004a) und in der deutschen Zeitschrift für Sportmedizin unter dem Titel: Fingerschäden jugendlicher Leistungskletterer veröffentlicht (V. Schöffl, Hochholzer, & Karrer, 2003a).

Im Jahre 2007 folgte die Veröffentlichung der 5 Jahres Ergebnisse der Studie: „Fingerschäden jugendlicher Leistungskletterer; Vergleichende Analyse der deutschen Jugendnationalmannschaft sowie einer gleichaltrigen Vergleichsgruppe von Freizeitkletterern,“ von V. Schöffl et al. in der Deutschen

Zeitschrift für Sportmedizin (Hochholzer & Schöffl, 2009), international publiziert unter dem Titel: Radiographic adaptations to the stress of high-level Rock climbing in junior athletes, von V. Schöffl et al 2007 im American Journal of Sports Medicine (Schöffl, Hochholzer, Imhoff, & Schöffl, 2007).

Die hier vorgestellte Studie ist die Fortführung der Arbeit oben genannter Studien und beinhaltet die Ergebnisse der 11-Jahresnachuntersuchung des Forschungsprojektes.

Material und Methodik

Studiendesign

Als Studiendesign wurde eine prospektive experimentelle zwei Kohorten Studie mit je 19 Probanden gewählt. Die Anzahl der für die Studie zur Verfügung stehenden Probanden wurde durch die im folgenden benannten Einschlusskriterien limitiert. Eine Begutachtung und Freigabe des Studienprotokolls erfolgte 1999 durch die Ethikkommission der Technischen Universität München des Klinikums rechts der Isar.

Einschlusskriterien der Studie

Der Einschluss in die Studie erfolgte nach Aufklärung und schriftlicher Einverständniserklärung der Teilnehmer und Erziehungsberechtigten. Als weitere Einschlusskriterien wurden festgelegt:

- In die GJNT (German Junior National Team) Kohorte wurden männliche und weibliche Probanden des Deutschen Junioren A und B Kletterkaders eingeschlossen.
- In die RC (recreational climbers) Kohorte wurden männliche und weibliche Probanden eingeschlossen, die einmal wöchentlich im Rahmen eines Sportprojektes der Bayerischen Hochschulen kletterten.

Studienkoordination und Studienzentren

Die Studienkoordination erfolgte durch den leitenden sportmedizinischen Betreuer der Jugend Nationalmannschaft Prof. Dr. Volker Schöffl in Zusammenarbeit mit dem Referat für Leistungssport des Deutschen Alpenvereins (DAV).

Als medizinische Zentren der Studie wurden die Abteilung und Poliklinik des Klinikum rechts der Isar der Technischen Universität München, unter der Leitung von Univ.- Prof. A. Imhoff und die Sektion für Sportorthopädie des Klinikums Bamberg, unter der Leitung von Prof. Dr. med. Volker Schöffl gewählt.

Alle Eingangsuntersuchungen der Studienteilnehmer erfolgten in einer der beiden Studienzentren. Ab 2009 wurde für die Studienteilnehmer die Möglichkeit geschaffen, die Studiennachuntersuchung durch einen Hausarzt oder Orthopäden vor Ort durchführen zu lassen. Hierbei erfolgte die Datenerhebung nach Studienprotokoll durch den niedergelassenen Kollegen vor Ort und im Anschluss die Übersendung der Studiendaten an die Sektion für Sportorthopädie in Bamberg.

In Zusammenschau aller Studiendaten erfolgte die Auswertung der Röntgenbilder, Fragebögen und der klinischen Untersuchungen im Juli 2011 an der Sektion für Sportorthopädie in Bamberg.

Finanzierung der Studie

Die Fahrtkosten der Probanden wurden vom Deutschen Alpenverein übernommen. Übrige Kosten, die Röntgenuntersuchung, wurden gemeinsam von der Technischen Universität München, der Abteilung für Sport Orthopädie des Klinikums rechts der Isar, sowie der Sektion für Sportorthopädie des Klinikums Bamberg, bzw. dem Deutschen Alpenverein getragen.

Follow-Up und Studienendpunkt

Im Zeitraum von Dezember 2009 bis einschließlich Dezember 2011 erfolgten schriftliche und telefonische Einladungen der Probanden zu einem Nachuntersuchungstermin an einem der beiden Studienzentren. Als Studienendpunkt wurde 1999 das Erreichen des 10 Jahres Nachuntersuchungsintervalls definiert. Um einer größeren Anzahl an Probanden die Möglichkeit einer Nachuntersuchung anbieten zu können, wurden Nachuntersuchungstermine bis einschließlich Dezember 2011 angeboten. Mit Beendigung der Nachuntersuchungen im Dezember 2011 konnte ein Untersuchungsintervall von durchschnittlich 11 Jahren erreicht werden und das 1999 formulierte Studienziel um 1 Jahr übertroffen werden.

Datenerhebung

Die Datenerhebung erfolgte für alle Probanden zur Eingangsuntersuchung und der Nachuntersuchung nach einem standardisierten Studienprotokoll mit Fragebogen, klinischem Untersuchungsbogen und radiologischer Diagnostik, die im folgenden einzeln erläutert werden.

Fragebogen

Anhand des Fragebogens (Anhang 14.2 und 14.3) wurden Körpergewicht, Körpergröße, Alter und kletterspezifische Daten einschließlich aktiver Kletterjahre, Trainingsgewohnheiten, Trainingsmethodik, Teilnahme an Wettkämpfen, sportspezifische Verletzungen, das jährliche maximale Schwierigkeitsniveau, Ernährungsgewohnheiten und psychotherapeutische und ärztliche Behandlungen erfasst. Die Erhebung des geleisteten Schwierigkeitsniveaus erfolgte vereinheitlicht für Sportkletter- und Boulderleistungen nach der metrischen UIAA Skala (Doyle, 2015; Draper et al., 2016; V. Schöffl, Morrison, Hefti, Ullrich, & Küpper, 2011) erfasst.

Abbildung 1 zeigt, die in dieser Arbeit verwendete Schwierigkeitsskala und die Umrechnung in die gebräuchlichsten anderen Gradeinteilungen im Kletter- und Bouldersport. Im Fragebogen wurde die beste Kletterleistung innerhalb eines Jahres und für den gesamten Nachuntersuchungszeitraum für jeden Probanden erfasst.

| Metric scale | UIAA | French (Fr.) | US-American (YDS) |
|--------------|------|--------------|-------------------|
| 5.66 | 6- | 5b/c | 5.8 |
| 6 | 6 | 5c/6a | 5.9 |
| 6.33 | 6+ | 6a/6a+ | 5.10a |
| 6.66 | 7- | 6a+/b | 5.10b/c |
| 7 | 7 | 6b/b+ | 5.10d |
| 7.33 | 7+ | 6b+/6c | 5.11a/b |
| 7.66 | 8- | 6c+ | 5.11c |
| 8 | 8 | 7a | 5.11c/d |
| 8.33 | 8+ | 7a+/7b | 5.12a/b |
| 8.66 | 9- | 7b/7b+ | 5.12b/c |
| 9 | 9 | 7c/7c+ | 5.12d |
| 9.33 | 9+ | 7c+/8a | 5.13a |
| 9.66 | 10- | 8a/ 8a+ | 5.13b/c |
| 10 | 10 | 8b | 5.13d |
| 10.33 | 10+ | 8b+/8c | 5.14a/b |
| 10.66 | 11- | 8c/8c+ | 5.14b/c |
| 11 | 11 | 9a | 5.14d |
| 11.33 | 11+ | 9a+ | 5.15a |
| 11.66 | 12- | 9b | 5.15b |

Tabelle 1: Metric, UIAA, French und US-Amerikanische Schwierigkeitsskalen (V. Schöffl, Morrison, Hefti, Ullrich, & Küpper, 2011)

Klinische Untersuchung

Die klinische Untersuchung gliederte sich in eine allgemeine sportmedizinische Untersuchung von Kopf, Hals, Abdomen, Wirbelsäule und Extremitäten und in eine spezielle Untersuchung von Hand und Fingern. Diese Untersuchung entspricht dem Untersuchungsstandard des Deutschen Kletterkaders des DAV und den Richtlinien des Deutschen Olympischen Sportbundes (DOSB).

In der allgemeinen körperlichen Untersuchung wurden kletterspezifische Verletzungen und Überlastungsreaktionen erfasst und dokumentiert.

Die Untersuchung der Hand und Finger beinhaltete die Vermessung der Fingerlänge des rechten Ringfingers (volare Beugefalte des MCP Gelenks bis Endphalanx in Millimetern) und der Handspanne der rechten Hand in Zentimetern mit Hilfe eines Maßbandes.

Mit einer digitalen Schublehre wurde die Breite des PIP Gelenks in Millimetern bestimmt.

In der Funktionsdiagnostik erfolgte die Bestimmung der „range of motion“ (ROM) aller Fingergelenke.

Radiologische Untersuchung

Ergänzend zur klinischen Untersuchung der Hand erfolgte die radiologische Untersuchung der rechten Hand im anterior - posterioren Strahlengang und einer isolierten Seitenaufnahme des rechten Ringsfingers nach Aufklärung und schriftlichem Konsens der Erziehungsberechtigten und Studienteilnehmer. Die Radiologische Untersuchung wurde nach dem Protokoll der Studie von 1999 mit dem Fokus auf frühe degenerative Knochenveränderungen der DIP und PIP Gelenke ausgewertet. Tabelle 2 aus der Veröffentlichung der 5 Jahres Studienergebnisse, zeigt die in der Studie zu Beurteilung stehenden radiologischen Zeichen.

TABLE 1
Protocol for Radiologic Evaluation

| Finding | Definition |
|---|--|
| Stress reaction | |
| Cortical hypertrophy | Visible cortical hypertrophy at the middle point of the phalanx length in AP view or biconvex cortical hypertrophy in lateral view |
| Subchondral sclerosis, increased thickness of epiphysis | Stress reaction in contradiction to Kellgren Lawrence scale |
| Calcification of insertion of flexor digitorum superficialis or flexor digitorum profundus tendon | Visible calcification |
| Broadened proximal interphalangeal joint base | Increased radius of lateral or medial base of phalanx |
| Broadened distal interphalangeal joint base | Increased radius of lateral or medial base of phalanx |
| Early osteoarthrotic reaction | Kellgren and Lawrence grade ≥ 2 (note: subchondral sclerosis being rated as stress reaction) or epiphyseal fracture |

Tabelle 2: Protokoll zur radiologischen Auswertung nach V. Schöffl et al. (V. Schöffl, Hochholzer, & Imhoff, 2004a)

Entgegen der Osteoarthritis Einteilung von Kellgren und Lawrence (Kellgren, 1952; 1961; 1965; Kellgren & Lawrence, 1957) erfolgte in der Studie eine Untergliederung der radiologischen Zeichen in Stressreaktionen (Kellgren Lawrence Grad I) und arthrotische Veränderungen (Kellgren Lawrence Grad II-IV).

Abbildung 1 zeigt die von den Autoren Kellgren und Lawrence (Kellgren, 1952; 1961; 1965; Kellgren & Lawrence, 1957) veröffentlichte radiologische Einstufung der Osteoarthritis der Hand.

| Grade | Criteria |
|-------|--|
| 0 | Normal |
| I | Doubtful narrowing of joint space, possible osteophyte development |
| II | Definite osteophytes, absent or questionable narrowing of joint space |
| III | Moderate osteophytes, definite narrowing, some sclerosis, possible joint deformity |
| IV | Large osteophytes, marked narrowing, severe sclerosis, definite joint deformity |

Abbildung 1: Einteilung der Osteoarthritis nach Kellgren und Lawrence aus (Pop, Patrascu, & Poenaru, n.d.)

Als Parameter der Knochendichte/-Härte wurde der Barnett-Nordin Index (Barnett & Nordin, 1960) berechnet. Abbildung 2 zeigt die Berechnungsgrundlage und Abbildung 3 die Normverteilung des Barnett-Nordin Indexes in der Normalbevölkerung: Normwerte: 0.35 - 0.66.

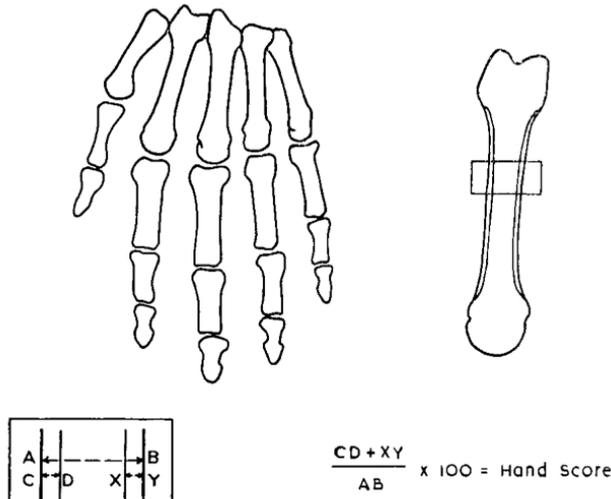


FIG. 2
Diagrammatic representation of the measurement and calculation of the hand score.

Abbildung 2: Berechnungsgrundlage des Barnett-Nordin Index (Barnett & Nordin, 1960)

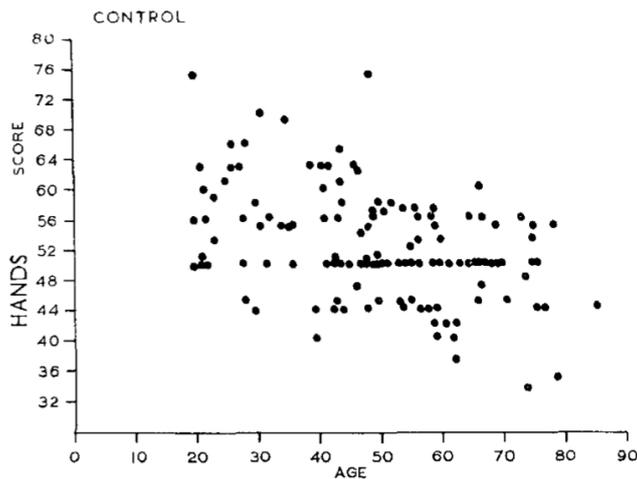


FIG. 16
The distribution of the hand score with age in the control subjects.

Abbildung 3: Normverteilung des Barnett-Nordin Index in der Normalbevölkerung nach Barnett et al (Barnett & Nordin, 1960)

Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung der Arbeit erfolgte unter Verwendung von Microsoft Excel 2000® und SPSS 12.0® in Zusammenarbeit mit dem Institut für medizinische Statistik und Epidemiologie der Universität München (TUM). Die Angabe der Kohortenstärke und Follow-Up Zahlen erfolgte in absoluten Zahlen und Prozentangaben. Die Angabe aller körperspezifischen Variablen erfolgte als Mittelwert (MW), Standardabweichung (SD) des Mittelwertes, Konfidenzintervall (KI) und Standardfehler (STAF).

Der t-Test für gepaarte und ungepaarte Variablen wurde für die Berechnung der Differenzen der untersuchten Parameter der Studienkohorten verwendet.

Zur Abschätzung von Variablenzusammenhängen in kleinen Populationen wurden Vierfeldertafeln und der Mann-Whitney-U Rangsummentest verwendet.

Als statistisch signifikant wurde eine 5% ($p = 0.05$) Wahrscheinlichkeit definiert.

Ergebnisse

Zusammensetzung des Probandenkollektives

Für die Kohorte der Leistungskletterer (GJNT) konnten insgesamt 20 Athleten für eine Studienteilnahme gewonnen werden, 13 Athleten aus dem Kaderjahrgang 1999, 2 aus dem Kaderjahrgang 2000, 4 Athleten aus dem Kaderjahrgang 2001 und ein Athlet aus dem Kaderjahrgang 2004. Die Zusammensetzung der Kohorte fiel mit 15 männlichen und 5 weiblichen Athleten zu Gunsten des männlichen Geschlechts aus.

Die Vergleichskohorte der Studie, aus Hobby- und Gelegenheitskletterern (RC Kohorte) bestehend, wurde der Geschlechts- und Altersverteilung der GJNT Kohorte angepasst. Hier konnten 1999 in die RC Kohorte 15 männliche und 3 weibliche Hobby- und Gelegenheitskletterer eingeschlossen werden.

Tabelle 3 zeigt die Teilnehmeranzahl in beiden Studienkohorten und deren Geschlechtsverteilung.

| Geschlechtsverteilung | | | RC | GJNT | Gesamt |
|------------------------------|----------|--------------|-----------|-------------|---------------|
| | | n | 18 | 20 | 38 |
| | | anteilig (%) | 47% | 53% | 100% |
| Geschlecht | m | n | 15 | 15 | 30 |
| | | anteilig(%) | 83,3% | 75,0% | 78,9% |
| | w | n | 3 | 5 | 8 |
| | | anteilig(%) | 16,7% | 25,0% | 21,1% |

Tabelle 3: Probandenkollektiv: Anzahl (n) und Geschlechtsverteilung

Follow-UP Rate und – Zeitraum

Im Rahmen der 11 Jahres Follow-Up Untersuchung konnten insgesamt 28 von 38, der 1999 eingeschlossenen Studienteilnehmer, nachuntersucht werden. Dies entsprach einer Follow-Up Rate von 73,6%. Von 20 Probanden des deutschen Junioren Kaders (GJNT) konnten 15 Probanden nachuntersucht werden. Aus der Gruppe der Hobby- und Sportkletterer (RC) konnten 13 Probanden nachuntersucht werden. Durch geänderte Kontaktdaten konnte zu 7 Probanden kein Kontakt hergestellt werden. 1 Proband konnte zur Auswertung am Telefon befragt werden, so dass der Fragebogen der Studie erhoben werden konnte, nicht aber die Röntgenuntersuchung. 3 Probanden lehnten eine Teilnahme an der 10 Jahres Follow-Up Untersuchung der Studie aus Zeitgründen ab.

Tabelle 4 gibt einen Überblick über die Verteilung der 2011 nach untersuchten Probanden (Gruppe 1: GJNT; Gruppe 2: RC).

| | | | RC | GJNT | Gesamt |
|--|------------|---------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Drop out / keine 10 Jahres Nachuntersuchung erfolgt | Geschlecht | m | 4 | 4 | 8 |
| | | w | 1 | 1 | 2 |
| | | Gesamt | 5 (27,7%) | 5 (25,0%) | 10 (26,3%) |
| Nachuntersuchung 2011 erfolgt | Geschlecht | m | 11 | 11 | 22 |
| | | w | 2 | 4 | 6 |
| | | Gesamt | 13 (72,2%) | 15 (75,0%) | 28 (73,7%) |
| Gesamt | Geschlecht | m | 15 | 15 | 30 |
| | | w | 3 | 5 | 8 |
| | | Gesamt | 18 | 20 | 38 |

Tabelle 4: Follow-Up des Probandenkollektives 2011/2012

Der mittlere Follow-Up Zeitraum der Studie betrug 11,2 Jahre mit einem Minimum von 6,75 a (Minimum von 6,75 a = Proband 28, der 2004 eingeschlossen wurde) und einem Maximum von 12,7 a.

Tabelle 5 zeigt den errechneten Nachuntersuchungszeitraum in a mit Standardabweichung in a

| | min | max | MW | SD |
|-------------------------------|------------|------------|--------------|-----------|
| Follow-up Zeitraum (a) | 6,75 | 12,70 | 11,25 | 1,17 |

Tabelle 5: Follow-up Zeitraum

Biometrische Daten der Probanden 2011

Mittelwerte des Datensatzes 2011

Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung waren die Probanden im Durchschnitt 26,8 Jahre alt mit einer Standardabweichung von 2,2 a und einem Minimum von 22 a in der RC Kohorte und einem Maximum von 31 a in der GJNT Kohorte.

Die Körpergröße der Probanden betrug zum Nachuntersuchungszeitpunkt im Schnitt 1,78 m \pm 0,07 m, mit einem Minimum von 1,62 m in der GJNT Kohorte und einem Maximum von 1,90 m in der RC Kohorte

| | | Körpergröße 1999 | Körpergröße 2011 |
|---------------|-----------|-------------------------|-------------------------|
| RC | MW | 1,64 | 1,78 |
| | n | 13 | 13 |
| | SD | ,13 | ,054 |
| GJNT | MW | 1,74 | 1,76 |
| | n | 14 | 15 |
| | SD | ,082 | ,076 |
| Gesamt | MW | 1,69 | 1,77 |
| | n | 27 | 28 |
| | SD | ,11 | ,06 |

Tabelle 6: Körpergröße des Probandenkollektives 1999 und 2011

Die Mittelwerte für das Körpergewicht errechneten für die Nachuntersuchung 2011 mit 72,1kg \pm 7,5kg mit einem Minimum von 59kg (GJNT) und einem Maximum von 85kg in der RC Kohorte.

Der durchschnittliche BMI des nach untersuchten Kollektives lag bei 22,9 \pm 2,0, mit einem Minimum von 18,8 und einem Maximum von 27,5 in der RC Kohorte. Tabelle 7 zeigt die Daten im Überblick.

| | | Gewicht 1999 | Gewicht 2011 | BMI 1999 | BMI 2011 |
|---------------|-----------|---------------------|---------------------|-----------------|-----------------|
| RC | MW | 53,44 | 73,04 | 19,48 | 23,03 |
| | n | 13 | 13 | 13 | 13 |
| | SD | 11,38 | 7,811 | 2,73 | 1,96 |
| GJNT | MW | 60,92 | 71,29 | 20,31 | 22,83 |
| | n | 13 | 15 | 13 | 15 |
| | SD | 6,15 | 7,53 | 1,54 | 1,77 |
| Gesamt | MW | 57,18 | 72,10 | 19,89 | 22,92 |
| | n | 26 | 28 | 26 | 28 |
| | SD | 9,74 | 7,57 | 2,22 | 1,83 |

Tabelle 7: Körpergewicht des Probandenkollektives 1999 und 2011

Tabelle 8 listet die körperspezifischen Parameter und die Vermessungsergebnisse der Hand für beide Kohorten unter Angabe des Mittelwertes und seiner Standardabweichung auf.

| | GJNT | | RC | |
|--|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|
| | 1999 | 2011 | 1999 | 2011 |
| Alter, a | 16,5 \pm 1,9 | 27,3 \pm 2,1 | 14,7 \pm 2,3 | 26,2 \pm 2,3 |
| Körpergröße in m | 1,74 \pm 0,08 | 1,77 \pm 0,08 | 1,67 \pm 0,10 | 1,78 \pm 0,05 |
| Körpergewicht in kg | 60,9 \pm 6,2 | 71,3 \pm 7,5 | 52,4 \pm 10,8 | 73,0 \pm 7,8 |
| BMI | 20,3 \pm 1,5 | 22,8 \pm 1,8 | 18,8 \pm 2,8 | 23,0 \pm 2 |
| Fingerlänge Dig IV rechts, mm | 73,6 \pm 4,0 | 75,9 \pm 3,6 | 72,0 \pm 6,6 | 77,85 \pm 3,63 |
| Fingerbreite PIP Dig IV re, mm | 17,6 \pm 1,0 | 18,7 \pm 1,1 | 16,8 \pm 1,6 | 18,4 \pm 0,9 |
| Handspanne | 20,7 \pm 1,5 | 20,9 \pm 1,2 | 20,9 \pm 1,5 | 21,3 \pm 1,3 |
| Finger Index* | 0,24 \pm 0,01 | 0,25 \pm 0,01 | 0,24 \pm 0,02 | 0,24 \pm 0,02 |
| *Finger Index: Quotient aus Fingerbreite PIP Dig IV rechts / Fingerlänge Dig IV rechts | | | | |

Tabelle 8: Biometrischer Datensatz der Studienkohorten I

Vergleich der körperspezifischen Variablen: Körpergröße, Körpergewicht und BMI 1999-2011

Die körperspezifischen Variablen wie Körpergröße, Körpergewicht und BMI wuchsen mit dem Probandenkollektiv im Untersuchungszeitraum signifikant. Die Körpergröße legte im Follow-Up Zeitraum bezogen auf das gesamte Probandenkollektiv durchschnittlich um $0,08 \pm 0,11\text{m}$ ($p = 0,002$) zu, Körpergewicht und BMI nahmen gleichzeitig um $15,1 \text{ kg} \pm 10,2$ ($p < 0.01$) und $3,2 \pm 2,1$ ($p < 0.01$) zu. Die absoluten Werte der Kohorten zeigt Tabelle 8, im vorangegangenen Kapitel.

Tabellen 9 und 10 zeigen die Entwicklung der körperspezifischen Variablen Körpergröße, Körpergewicht und BMI innerhalb der beiden Studienkohorten GJNT und RC im Nachuntersuchungszeitraum.

| | GJNT | | | | | Sig. (2-seitig) |
|----------------------------------|--------------|------|------------|------------------|-------|-----------------|
| | MW | SD | STAF d. MW | 95% KI der Diff. | | |
| | | | | Untere | Obere | |
| Körpergröße 2011 - 1999 | ,03 | ,03 | ,00731 | ,011 | ,042 | ,003 |
| Körpergewicht 2011 - 1999 | 10,61 | 6,02 | 1,67 | 6,98 | 14,25 | ,000 |
| BMI 2011 - 1999 | 2,75 | 1,65 | ,46 | 1,76 | 3,76 | ,000 |

Tabelle 9: Entwicklung der körperspezifischen Parameter Körpergröße und Körpergewicht 1999-2011 in der GJNT Kohorte (t-Test für gepaarte Variablen)

| | RC | | | | | Sig. (2-seitig) |
|----------------------------------|--------------|-------|------------|------------------|-------|-----------------|
| | MW | SD | STAF d. MW | 95% KI der Diff. | | |
| | | | | Untere | Obere | |
| Körpergröße 2011 - 1999 | ,13 | ,14 | ,04 | ,04 | ,22 | ,006 |
| Körpergewicht 2011 - 1999 | 19,60 | 11,74 | 3,26 | 12,51 | 26,69 | ,000 |
| BMI 2011 - 1999 | 3,55 | 2,49 | ,69 | 2,05 | 5,05 | ,000 |

Tabelle 10: Entwicklung der körperspezifischen Parameter Körpergröße und Körpergewicht 1999-2011 in der RC Kohorte (t-Test für gepaarte Variablen)

| | Gruppe | MW | SD | STAF | sig* |
|---|---------------|-----------|-----------|-------------|-------------|
| Körpergröße 1999 | RC | 1,64 | ,13 | ,035 | ,031 |
| | GJNT | 1,74 | ,08 | ,021 | |
| Körpergröße 2011 | RC | 1,78 | ,054 | ,015 | ,587 |
| | GJNT | 1,77 | ,076 | ,019 | |
| Körpergewicht 1999 | RC | 53,44 | 11,389 | 3,159 | ,048 |
| | GJNT | 60,92 | 6,157 | 1,708 | |
| Körpergewicht 2011 | RC | 73,04 | 7,811 | 2,167 | ,553 |
| | GJNT | 71,29 | 7,533 | 1,945 | |
| BMI 1999 | RC | 19,48 | 27,392 | ,759 | ,352 |
| | GJNT | 20,31 | 15,476 | ,429 | |
| BMI 2011 | RC | 23,03 | 19,638 | ,544 | ,788 |
| | GJNT | 22,83 | 17,743 | ,458 | |
| * Signifikanz für angenommene Varianzgleichheit (t-Test bei unabhängigen Stichproben) | | | | | |

Tabelle 11: Vergleich der Biometrischen Daten: Körpergröße und Körpergewicht innerhalb der Kohorten

Tabelle 11 zeigt den Vergleich der Daten von Körpergröße und Körpergewicht zu beiden Untersuchungszeitpunkten und kann zeigen, dass zum Erstuntersuchungszeitraum die Probanden der GJNT Kohorte signifikant größer und schwerer als die Teilnehmer der RC Kohorte waren.

Im Fragebogen wurden Ernährungsgewohnheiten der Kletterer erhoben. In der Nachuntersuchung gaben alle Probanden an, sich über den Nachuntersuchungszeitraum „normal“ ernährt zu haben. Kein Proband verfolgte eine vegetarische oder andersartige spezielle Diät. Über die Risiken einer Diät für körperliche Entwicklung im Kindes und Jugendalter erfolgte eine Aufklärung (siehe Anhang 14.1). Ein Anteil von 47,7% der Aufklärungen entfiel dabei auf die Kohorte des GJNT, in der RC Kohorte konnten 11,1% der Probanden einem psychologischen Aufklärungsgespräch zugeführt werden. Auch die Einnahme von Nahrungsergänzungsmitteln wurde während der Nachuntersuchung erfragt: Hier gab ein Proband der RC Kohorte die regelmäßige Einnahme eines Chondroitin Präperates an, die regelmäßige

Einnahme von Vitaminpräparaten gaben 3 Probanden der GJNT Kohorte an .
Kein Proband der RC Kohorte nahm ein Nahrungsergänzungsmittel ein.

Vergleich der handspezifischen Variablen Fingerlänge, Fingerbreite und Finger Index

Der Vergleich der handspezifischen Variablen des Probandenkollektives folgt in der Entwicklung den körperspezifischen Parametern und zeigt eine signifikante Zunahme von $4,0 \pm 5,0$ mm ($p < 0,01$) für die Fingerlänge des Digitus IV rechts und eine signifikante Zunahme der Fingerbreite um $1,3 \pm 1,0$ mm ($p < 0,01$) innerhalb des gesamten Probandenkollektives

Der Fingerindex zeigte mit einer Zunahme um 0.004 keine signifikante Änderung im Nachuntersuchungszeitraum und keinen signifikanten Unterschied innerhalb der beiden Studienkohorten.

Tabelle 12 auf der folgenden Seite zeigt die Unterschiede in den beiden Studienkohorten auf.

Hier zeigt sich nur für die Breite PIP Dig 4 rechts 1999 ein signifikanter Unterschied, die wiederum auf den Altersunterschied 1999 zurückzuführen ist

| | | MW | SD | STAF | sig** |
|--|------|-------|-------|-------|-------------|
| Fingerlänge Dig 4 rechts 1999 in mm | RC | 71,92 | 63,60 | 17,64 | ,448 |
| | GJNT | 73,64 | 40,06 | 12,08 | |
| Fingerlänge Dig 4 rechts 2011 | RC | 77,85 | 36,25 | 10,05 | ,172 |
| | GJNT | 75,83 | 35,96 | 9,61 | |
| Handspanne rechts 1999 | RC | 20,84 | 14,22 | 3,94 | ,795 |
| | GJNT | 20,68 | 14,93 | 4,50 | |
| Handspanne rechts 2011 | RC | 21,33 | 12,75 | 3,53 | ,473 |
| | GJNT | 20,99 | 11,35 | 3,03 | |
| Breite PIP Dig 4 rechts 1999 | RC | 16,70 | 12,27 | 3,40 | ,054 |
| | GJNT | 17,64 | 0,98 | 2,94 | |
| Breite PIP Dig 4 rechts 2011 | RC | 18,38 | 0,89 | 2,56 | ,219 |
| | GJNT | 18,87 | 0,11 | 2,81 | |
| Fingerindex* 1999 | RC | ,23 | ,017 | ,0045 | ,267 |
| | GJNT | ,24 | ,011 | ,0034 | |
| Fingerindex* 2011 | RC | ,24 | ,016 | ,0045 | ,022 |
| | GJNT | ,25 | ,010 | ,0028 | |
| Barnet-Nordin Index 1999 % | RC | 50,58 | 7,84 | ,0226 | ,899 |
| | GJNT | 50,21 | 6,81 | ,0181 | |
| Barnet Nordin Index 2011 % | RC | 60,62 | 7,61 | ,0219 | ,562 |
| | GJNT | 62,75 | 10,54 | ,0272 | |

*Fingerindex: Breite PIP/Länge Finger
** Signifikanz für angenommene Varianzgleichheit (t-Test bei unabhängigen Stichproben)

Tabelle 12: Handspezifische Parameter der beiden Studienkohorten im Vergleich

Tabellen 13 und 14 geben einen detaillierten Überblick über die Entwicklung der handspezifischen Parameter innerhalb der beiden Studienkohorten GJNT und RC und zeigen ein gleichmäßiges Wachstum der Handparameter in beiden Kohorten über den Nachuntersuchungszeitraum auf.

| | GJNT | | | | | Sig. (2-seitig) |
|--|-------|-------|------|----------------|-------|-----------------|
| | MW | SD | STAF | 95% KI d Diff. | | |
| | | | | Untere | Obere | |
| Fingerlänge Dig 4 re 2011 - 1999 (mm) | 1,772 | 3,125 | ,942 | -,326 | 3,872 | ,089 |
| Breite PIP D4 re 2011-1999 | ,991 | ,801 | ,241 | ,453 | 1,530 | ,002 |
| Handspanne re 2011-1999 | ,172 | ,591 | ,178 | -,224 | ,570 | ,356 |
| Fingerindex 2011-1999 | ,007 | ,013 | ,003 | -,001 | ,016 | ,089 |

Tabelle 13: Entwicklung der handspezifischen Parameter Fingerlänge, -Breite und -Index 1999-2011 in der GJNT Kohorte (T- Test für gepaarte Differenzen)

| | RC | | | | | Sig. (2-seitig) |
|--|--------------|-------|-------|-----------------|-------|-----------------|
| | MW | SD | STAF | 95% KI d. Diff. | | |
| | | | | Untere | Obere | |
| Fingerlänge Dig4re 2011 - 1999 (mm) | 5,923 | 5,645 | 1,565 | 2,511 | 9,334 | ,003 |
| Breite PIP D4re 2011-1999 | 1,539 | 1,059 | ,305 | ,866 | 2,212 | ,000 |
| Handspanne re 2011-1999 | ,492 | 1,287 | ,357 | -,285 | 1,270 | ,193 |
| Fingerindex 2011-1999 | ,001 | ,015 | ,004 | -,008 | ,010 | ,763 |

Tabelle 14: Entwicklung der handspezifischen Parameter Fingerlänge, Fingerbreite und Finger Index 1999 - 2011 in der RC Kohorte (T-Test für gepaarte Differenzen)

Kletterbelastung des Probandenkollektives

Um ein Bild der Langzeitbelastung und aktuellen Belastung der Hand durch den Klettersport zu zeigen, wurde in der Nachuntersuchung nach der aktiven Sportausübung im Jahre 2011 und nach den durchschnittlichen Klettertage/a für die letzten 2 Jahre gefragt.

Kletterten bei der Erstuntersuchung 1999 noch alle Probanden aktiv (Einschlusskriterien) so kletterten 2011 von den 28 nach untersuchten Probanden noch 22 aktiv

Tabelle 15 zeigt die Verteilung der 2011 aktiv kletternden Probanden in beiden Studienkohorten auf.

| | | RC | GJNT | |
|--------------------------------------|-------------|----------------|-----------------|-----------------|
| Aktives Sportklettern in 2011 | nein | 4 (31%) | 2 (13%) | 6 (21%) |
| | ja | 9 (69%) | 13 (87%) | 22 (79%) |
| Gesamt | | 13 | 15 | 28 (100%) |

Tabelle 15: Parameter: aktives Sportklettern 2011

Zur weiteren Differenzierung der „aktiv kletternden Probanden“ wurde die Anzahl an Klettertagen/a erfragt und in Tabelle 16 als Mittelwert der Klettertage der letzten 2 Jahre aufgeführt.

| Sportklettertage | MW | SD | min | max |
|-------------------------|-----------|-----------|------------|------------|
| RC | 16 | 10 | 1 | 35 |
| GJNT | 85 | 49 | 20 | 180 |
| Gesamt | 55 | 51 | 1 | 180 |

Tabelle 16: Durchschnittliche Klettertage pro Jahr für die letzten zwei Jahre (2010/2011) gemittelt.

Der Vergleich der beiden Studienkohorten zeigt, dass in der GJNT Kohorte signifikant mehr Probanden den Klettersport auch zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung aktiv betrieben und dies in Bezug auf die Sportklettertage pro Jahr gleichzeitig häufiger taten ($p = 0,001$).

Tabelle 17 zeigt die Summe der aktiven Sportkletterjahre in a zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung. Im Durchschnitt lag die Summe der aktiven Sportkletterjahre innerhalb des Probandenkollektives bei $12,9 \pm 4,5$ a mit einem Minimum von 1,5 in der RC Kohorte und einem Maximum von 22 a in der GJNT Kohorte. Im Vergleich der beiden Studienkohorten kletterten die Probanden der GJNT Kohorte signifikant länger ($p = 0,015$).

| Sportkletterjahre | MW | SD | min | max |
|--------------------------|-------------|-----------|------------|------------|
| RC | 10,7 | 4,7 | 1,5 | 20,0 |
| GJNT | 14,9 | 3,4 | 8,0 | 22,0 |
| Gesamt | 12,9 | 4,5 | 1,5 | 22,0 |

Tabelle 17: Durchschnittliche Sportkletterjahre des Probandenkollektives

Trainingsspezifische Parameter

Tabelle 18 zeigt die Summe der Jahre, in denen zur Leistungssteigerung neben dem Sportklettern ein kletterspezifisches Training mit Maximalkrafttraining und Ausdauertraining von den Probanden betrieben wurde.

| | MW | SD | min | max |
|---------------|-------------|-----------|------------|------------|
| RC | 7,5 | 4,0 | 1,5 | 15,0 |
| GJNT | 12,0 | 2,3 | 8,0 | 15,0 |
| Gesamt | 9,9 | 3,9 | 1,5 | 15,0 |

Tabelle 18: Zeitraum (in a) mit kletterspezifischem Training (Maximalkrafttraining) im Probandenkollektiv

Die Intensität des Trainings mit Trainingseinheiten/Woche und Trainingsstunden/h zeigt Tabelle 19

| Parameter (MW ± SD) | GJNT | | RC | |
|-------------------------------------|-----------------|-------------|-------------|-------------|
| | 1999 | 2011 | 1999 | 2011 |
| Trainingseinheiten pro Woche | 3,6 ± 0,9 | 2,6 ± 1,4 | 1,3 ± 0,6 | 1,3 ± 1,5 |
| Trainingsstunden pro Woche | 9,9 ± 3,9 | 7,3 ± 5,6 | 2,8 ± 2,0 | 2,7 ± 2,0 |
| Teilnahme an Wettkämpfen* | 20/20 (100%) | 4/13 (31%) | 5/18 (28%) | 0/9 (0%) |
| Trainer und Trainingsplan* | 12/20 (60%) | 2/13 (15%) | 0/18 (0%) | 0/9 (0%) |

Tabelle 19: Überblick über die Trainingsspezifischen Parameter des Probandenkollektives

Zusammenfassend zeigen Tabellen 18 und 19, dass die Probanden der GJNT Kohorte im Nachuntersuchungszeitraum mit einem Plus von $1,3 \pm 1,5$ Einheiten/Wochen häufiger ($p = 0,063$), und mit einem Plus von 4.6 h pro Woche signifikant länger ($p = 0,016$) als die Probanden der RC Kohorte trainierten.

31% der Probanden der GJNT Kohorte nahmen 2011 noch aktiv an nationalen und internationalen Wettkämpfen teil.

Gesondert aufgeführt ist mit Tabelle 20 die Häufigkeit eines isolierten und spezifischen Fingerkrafttrainings innerhalb des Probandenkollektives.

Hierzu zählen Hangelübungen an einem Leistenbrett (Campusboardtraining) und das Training (Hängen, Klimmzüge und Leistentraining) mit Zusatzgewichten.

Intensives Fingertraining war 2011 bei 62% (8 von 13) Probanden der GJNT Kohorte Bestandteil des regelmäßigen Trainings. In der RC Kohorte wurde dieses fingerspezifische Training (Campusboardtraining) nicht praktiziert.

| | GJNT | | RC | |
|--|------------|-------------------|-----------|----------|
| | 1999 | 2011 | 1999 | 2011 |
| Campusboardtraining | 8/19 (42%) | 8/13 (62%) | 1/18 (8%) | 0/9 (0%) |
| Klimmzüge/Grifftraining mit Zusatzgewichten | 3/19 (16%) | 1/13 (8%) | 1/18 (8%) | 0/9 (0%) |

Tabelle 20: Fingerspezifisches Training in der GJNT und RC Kohorte

Vergleich der trainingspezifischen Parameter 1999 - 2011

Der Vergleich der Trainingsgewohnheiten und Sportkletterleistung der Studienteilnehmer zeigt für den Nachuntersuchungszeitraum von 1999 - 2011, dass die Summe der aktiven Sportkletterjahre innerhalb des gesamten Probandenkollektives um durchschnittlich $9,1 \pm 2,9$ a ($p = 0,00$) auf $13,0 \pm 4,5$ a im Jahre 2011 anwuchs.

Die Jahre regelmäßigen Sportklettertrainings wuchs parallel um $7,8$ a $\pm 3,4$ signifikant ($p = 0,00$).

Die Daten für die Trainingshäufigkeit zeigten 2011 für das gesamte Probandenkollektiv im Durchschnitt einen Rückgang um $0,6 \pm 1,7$ ($p = 0,12$) der

Trainingseinheiten / Woche für das gesamte Kollektiv. Korrespondierend hierzu verringerte sich die Summe der Trainingsstunden pro Woche im gesamten Probandenkollektiv um $1,6 \pm 4,7$ h ($p = 0,12$).

Die durchschnittliche Sportkletterleistung des Probandenkollektives zeigt sich im Jahre 2011 mit einem Schwierigkeitsniveau UIAA $8.4 \pm 1,3$ im Vergleich zur Erstuntersuchung im Jahre 1999 mit $- 0,1 \pm 1,0$ ($p = 0,66$) weitestgehend unverändert.

Einen detaillierten Überblick über die Entwicklung der trainingsspezifischen Daten innerhalb der beiden Studienkohorten zeigen die Tabellen 21 und 22.

Die Angaben sind Mittelwerte der Differenzen der Datensätze 1999 und 2011 (Grün: Zunahme innerhalb des Nachuntersuchungszeitraumes, ROT = Abnahme), ergänzend angeführt sind Standardabweichungen, Standardfehler und Signifikanz.

| | GJNT | | | | | Sig. (2-seitig) |
|---|-------|------|------|--------|-------|-----------------|
| | MW* | SD | STAF | 95% KI | | |
| | | | | Untere | Obere | |
| Aktive Sportkletterjahre 2011- 1999 | 9,67 | 1,87 | ,48 | 8,63 | 10,70 | ,000 |
| Kletterspezifisches Training in a 2011-1999 | 9,10 | 2,21 | ,57 | 7,88 | 10,32 | ,000 |
| Trainingshäufigkeit in I/W 2011 1999 | -1,04 | 1,66 | ,46 | -2,04 | -,03 | ,044 |
| Trainingsintensität in h/W 2011 -1999 | -2,65 | 5,41 | 1,50 | -5,92 | ,61 | ,102 |
| Schwierigkeitsniveau (UIAA) 2011 -1999 | ,215 | ,99 | ,27 | -,38 | ,81 | ,446 |
| Aufwärmzeit** in min 2011 - 1999 | -1,67 | 9,19 | 2,65 | -7,51 | 4,17 | ,543 |
| Grün= Zunahme im Zeitraum 1999 - 2011; Rot= Abnahme im Zeitraum 1999 - 2011 | | | | | | |

Tabelle 21: Entwicklung der trainingsspezifischen Parameter 1999 - 2011 in der GJNT Kohorte (T- Test für gepaarte Variablen)

| | RC | | | | | Sig. (2-seitig) |
|--|--------------|------|------|--------|-------|-----------------|
| | MW | SD | STAF | 95% KI | | |
| | | | | Untere | Obere | |
| Aktive Sportkletterjahre 2011- 1999 | 8,44 | 3,72 | 1,03 | 6,20 | 10,69 | ,000 |
| Kletterspezifisches Training in a 2011-1999 | 6,02 | 3,90 | 1,13 | 3,54 | 8,50 | ,000 |
| Trainingshäufigkeit in I/W 2011 1999 | ,07 | 1,53 | ,51 | -1,11 | 1,24 | ,899 |
| Trainingsintensität in h/W 2011 -1999 | -,08 | 3,03 | 1,01 | -2,41 | 2,25 | ,936 |
| Schwierigkeitsniveau (UIAA) 2011 -1999 | -,09 | 1,10 | ,39 | -1,01 | ,83 | ,829 |
| Aufwärmzeit** in min 2011 - 1999 | -7,00 | 8,80 | 2,78 | -13,30 | -,70 | ,033 |

Tabelle 22: Entwicklung der trainingspezifischen Parameter 1999 - 2011 in der RC Kohorte (T-Test für gepaarte Variablen)

Kletterleistung des Probandenkollektives

Tabelle 23 und 24 zeigen die Sportkletterleistungen nach der UIAA Schwierigkeitsskala für die beiden Studienkohorten zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung und innerhalb des gesamten Nachuntersuchungszeitraumes (Tabelle 24).

| Sportkletterleistung | MW | SD | min | max |
|----------------------|-------------|-----|-----|------|
| RC | 7,0 | 1,5 | 4,5 | 9 |
| GJNT | 10,0 | 1,1 | 7,0 | 10,7 |

Tabelle 23: Sportkletterleistung 2011

| Sportkletterleistung (max) | MW | SD | min | max |
|----------------------------|-------------|-----|-----|------|
| RC | 7,4 | 1,5 | 4,5 | 9 |
| GJNT | 10,0 | 0,8 | 8,7 | 11,0 |

Tabelle 24: Maximale Sportkletterleistung im Nachuntersuchungszeitraum 1999 - 2011

Tabelle 23 zeigt die signifikant ($p < 0,01$) höhere Sportkletterleistung zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung in der GJNT Kohorte mit einem durchschnittlichen Schwierigkeitsniveau von $10,0 \pm 1,1$ UIAA im Vergleich zu $7,0 \pm 1,5$ in der RC Kohorte.

Einen gleichen Trend zeigt Tabelle 24 für die maximale Sportkletterleistung innerhalb des gesamten Nachuntersuchungszeitraumes. Die maximale Sportkletterleistung liegt in der GJNT Kohorte durchschnittlich 2,6 UIAA Punkte über der Kletterleistung in der RC Kohorte ($p < 0,01$).

Überlastungssymptome des Probandenkollektives 2011

Neben den körper-, trainings- und kletterspezifischen Parametern wurde 1999 und in der Nachuntersuchung nach Verletzungen, die während des Kletterns auftraten, gefragt. Hier wurden auch Überlastungsreaktionen und Verletzungen erfasst, die in unmittelbarem Zusammenhang mit der Ausübung des Klettersportes standen. Auf Überlastungsreaktionen der Hand wird dabei in 5.7 gesondert eingegangen.

Insgesamt wurden 64 Verletzungen und Überlastungsreaktionen erfasst. Der überwiegende Anteil von 46 Verletzungen und Überlastungen ereignete sich in der GJNT Kohorte. Führend in der Befragung waren nicht näher klassifizierte Rückenschmerzen, gefolgt von Verletzungen der Unteren Extremität und Verletzungen der Oberen Extremität.

Tabelle 25 gibt einen umfassenden Überblick über Überlastungssyndrome und Verletzungen in absoluten Zahlen und Prozentangaben während des Untersuchungszeitraumes in den beiden Studienkohorten.

| | GJNT | RC |
|---|-------------|-----------|
| Anzahl dokumentierter Verletzungen während des Kletterns | 46 | 18 |
| Sehnenscheidenentzündung | 2 | 3 |
| Druckschmerz Ellbogen | 1 | 3 |
| Schulter Schmerzen | 6 | 3 |
| Muskelzerrung | 4 | 2 |
| Rückenschmerzen | 9 | 2 |
| Verletzungen UE | 8 | 4 |
| Verletzungen OE | 5 | 1 |
| Kniegelenksverletzungen | 3 | 0 |
| Schulterverletzungen | 3 | 1 |
| Sprunggelenksverletzungen | 5 | 0 |
| | | |
| Arztkonsultation bei Verletzung | 4 | 4 |

Tabelle 25: Überlastungssyndrome und Verletzungshäufigkeiten 1999-2011 in der GJNT und RC Kohorte

Überlastungssymptome der Hand

Isolierte Fingerverletzungen wurden im Nachuntersuchungszeitraum von fünf Probanden der GJNT Kohorte angegeben. Im Einzelnen ist über zwei Kapselverletzungen des PIP Dig. III, einen Profundus-Sehnenabriss des Dig. III, einen Profundus-Sehnenanriss und eine Ringbandruptur zu berichten.

Kontrakturen und geschwollene Fingergelenke

Kontrakturen mit einer Streckhemmung der Fingergelenke zeigten sich in der klinischen Nachuntersuchung bei 5 von 15 Probanden (30%) der GJNT Kohorte. Alle 5 Probanden zeigten Bewegungseinschränkungen des PIP Gelenks des Dig. V von 5-10°.

Bei einem der Probanden kann ein bereits 1999 diagnostizierter M. Dupuytren als ursächlich angesehen werden.

Zwei der 5 Probanden zeigten neben einem kontrakten PIP des Dig. V weitere Kontrakturen: Ein Proband präsentierte eine Streckhemmung des PIP Gelenks des Dig. III links von 20° bei Status nach einer Kapselverletzung. Der zweite Proband zeigte eine Streckhemmung von 20° des DIP Dig. III Gelenks links bei Status nach einem Strecksehnenausriß.

In der RC Kohorte kann über einen Probanden mit Streckhemmung des PIP Gelenks des Dig. IV links von 5° bei Status nach einer Luxation des PIP Gelenkes im Rahmen eines Arbeitsunfalls berichtet werden.

Tabelle 26 listet Kontrakturen und weitere erhobene fingerspezifische Parametern in beiden Studienkohorten auf.

| | GJNT | | RC | |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | 1999 | 2011 | 1999 | 2011 |
| Fingerverletzungen* | 2 | 5 | 0 | 0 |
| Kontrakturen° der Fingergelenke | 4/15 | 5/15 | 0/13 | 1/13 |
| geschwollen Fingergelenke am Morgen | 9/15 | 6/15 | 3/13 | 3/13 |
| Druckschmerz Fingergrundgelenke | 1 | 1 | 1 | 0 |
| Epiphysen Frakturen | 1 | 0 | 1 | 0 |
| Hypermobilität der Fingergelenke | 3/15 | 0/15 | 3/13 | 2/13 |
| *Fingerverletzungen: Ringband- und/oder Sehnenrupturen und /oder Kapselverletzungen DIP/PIP °Kontrakturen = Beuge- und/oder Streckdefizit PIP/DIP | | | | |

Tabelle 26: symptomatische Fingerverletzungen und Bewegungseinschränkungen/Hypermobilität

Der Vergleich mit den 1999 erhobenen Daten zeigt, dass bereits 4 der 5 Probanden aus der GJNT Kohorte in der Erstuntersuchung 1999 Kontrakturen mit Streckdefiziten des PIP Gelenkes des Dig. V zeigten. Bei einem Probanden

wurde in der Nachuntersuchung ein Streckdefizit der Dig. V neu diagnostiziert. Zwei der 4 Probanden mit bereits in der Erstuntersuchung diagnostizierten Kontrakturen entwickelten im Nachuntersuchungszeitraum weitere Kontrakturen mit einem Streckdefizit des PIP Dig. III und Streckdefizit des DIP Dig. III Gelenkes nach Kapsel- bzw. Sehnenverletzungen.

In der RC Kohorte fanden sich im Rahmen der Erstuntersuchung 1999 keine Fingerkontrakturen und in der Nachuntersuchung 2011 ein Proband mit einer Streckhemmung des Dig. IV (siehe Tabelle 26).

Ergebnisse der Radiologischen Diagnostik

Die Ergebnisse der radiologischen Untersuchung der rechten Hand wurden in knöchernen Verletzungen, radiologische Stressreaktionen und arthrotische Veränderungen unterteilt (Verweis auf 4.4) Zur Auswertung kamen die Aufnahmen der Erstuntersuchung 1999 (GJNT n = 20; RC n = 18) und der Nachuntersuchung 2011 (GJNT n = 15, RC n = 12).

Knöcherne Verletzungen werden vorab gesondert aufgeführt.

Hier ist im Probanden - kollektiv von zwei Epiphysenfrakturen, je eine in der RC und eine in der GJNT Kohorte, zu berichten. In beiden Fällen war das PIP DIII Gelenk betroffen.



Abbildung 4: Epiphysenfraktur PIP 1999 (links) und 2005, ausgeheilt (rechts)

Tabelle 27 zeigt die radiologischen Ergebnisse im Überblick unter Angabe der absoluten Zahlen und als Prozentangabe.

| | GJNT | | RC | |
|--|---------------------|---------------------|--------------------|---------------------|
| | 1999 | 2011 | 1999 | 2011 |
| n | 20(100%) | 15(100%) | 18(100%) | 12(100%) |
| Stresssymptome* | 15/20(75%) | 12/15(80%) | 5/18(28%) | 6/12 (50%) |
| Kortikalishypertrophie | 7/20(35%) | 11/15(74%) | 2/18(11%) | 3/12(25%) |
| Subchondrale Sklerose | 11/20(55%) | 12/15(80%) | 2/18(11%) | 4/12(33%) |
| Ansatzverkalkung der sup./prof. Sehne | 2/20(10%) | 4/15(27%) | 0/18(0%) | 2/12(17%) |
| Gelenkbasisverbreiterung PIP | 10/20(50%) | 10/15(67%) | 5/18(28%) | 5/12(42%) |
| Gelenkbasisverbreiterung DIP | 4/20(20%) | 8/15(54%) | 0/18(0%) | 4/12(33%) |
| Arthrotische Veränderungen** | 1/20(5%) | 4/15(27%) | 0/18(0%) | 2/12(17%) |
| Osteophyten PIP | 0/20(0%) | 3/15(20%) | 0/18(0%) | 1/12(8%) |
| Osteophyten DIP | 1/20(5%) | 2/15(13%) | 0/18(0%) | 1/12(8%) |
| Gelenkspaltverschmälerung | 0/20(0%) | 1/15(7%) | 0/18(0%) | 0/12(0%) |
| Gelenksnahe Zysten/Entkalkungen | 0/20(0%) | 0/15(0%) | 0/18(0%) | 0/12(0%) |
| Epiphysenverletzungen | 1(5%) | 0*(0%) | 1(5%) | 0*(0%) |
| Barnet-Nordin Index (MW) | 0,50 | 0,63 | 0,49 | 0,61 |
| Barnet-Nordin Index (STAB) | +/-0,064 | +/-0,105 | +/-0,073 | +/-0,076 |

Tabelle 27: Radiologische Ergebnisse der GJNT und RC Kohorte 1999 und 2011

In der GJNT Kohorte zeigten 1999 75% der Probanden eine oder mehrere radiologische Stressreaktionen im Sinne einer Kortikalishypertrophie (35%), subchondralen Sklerosierung (55%), Sehnenansatzverkalkungen (10%), PIP Verbreiterungen (50%) oder DIP Verbreiterungen (20 %).

Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung 2011 wuchs der Anteil der Probanden mit radiologischen Stresszeichen in der GJNT Kohorte auf 80% mit Zeichen der Kortikalishypertrophie (73%), subchondralen Sklerosierung (80%), Sehnenansatzverkalkungen (27%), PIP Verbreiterungen (66%) und DIP

Verbreiterungen (53%). Der Barnett-Nardin Index wuchs im Untersuchungszeitraum von durchschnittlich 0,50 +/- 0,064 auf 0,63 +/- 0,105. Die Nachuntersuchungsergebnisse in der RC Kohorte folgen der Entwicklung in der GJNT Kohorte und legen in allen radiologischen Merkmalen zu, bleiben in der absoluten Anzahl jedoch zurück.

Zum Beobachtungsbeginn 1999 zeigten in der RC Kohorte 28% der Probanden radiologische Veränderungen der Hand im Sinne einer Kortikalishypertrophie (11%), subchondralen Sklerosierung (11%) und PIP Verbreiterungen (27%). Sehnenansatzverkalkungen und DIP Verbreiterungen zeigten sich 1999 nicht.

Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung 2011 zeigten 50% der Probanden radiologische Stresszeichen der Hand in der RC Kohorte, mit Zeichen der Kortikalishypertrophie in 25%, der subchondralen Sklerosierung in 33%, PIP Verbreiterung in 42% und DIP Verbreiterung in 33% der Fälle.



Abbildung 5: beispielhafte Röntgenaufnahme Hand (AP Strahlengang) 2011 mit frühdegenerativen radiologischen Zeichen (Kellgren II) und Berechnungsskizze für den Barnett-Nordin Index



Abbildung 6: Dig. IV seitliche Aufnahme: Sichelförmige Kortikalisverdickung der proximalen und mittleren Phalanx

Abbildung 7: Seitliche Aufnahme Dig. IV mit Ansatzverkalkung der Profundussehne (Beispiel 1)

Abbildung 8: Beispiel 2 für eine Ansatzverkalkung der Profundussehne

Fortgeschrittene radiologische Veränderungen der Hand im Sinne einer frühen Arthrose (Kellgren II) zeigten sich 1999 bei 5% der Probanden in der GJNT Kohorte und bei keinem Probanden der RC Kohorte.

In der Nachuntersuchung 2011 fanden sich in 27% der Probanden der GJNT Kohorte arthrotische Veränderungen der Hand mit Osteophyten des PIP Gelenkes in 20% der Fälle, Osteophyten im DIP Gelenk in 13% und Gelenkspaltverschmälerung in 7% der Fälle.

Die Ergebnisse für die RC Kohorte zeigen arthrotische Veränderungen der Hand in 17% der Probanden mit Osteophyten des PIP und DIP Gelenkes bei je 8% der Probanden, gelenksnahe Zysten im Sinne einer weiter fortgeschritten Arthrose fanden sich in keinem der Fälle.



Abbildung 9: Hand (AP Strahlengang) mit PIP Gelenkspaltverschmälerung, subchondraler Sklerosierung und beginnenden osteophytären Ausziehungen (Kellgren II) am PIP Dig. III Gelenk

Risikofaktorenanalyse

Der Einfluss der gesammelten kletterspezifischen und biometrischen Parameter des Probandenkollektives wurden hinsichtlich einer Korrelation für das Auftreten von radiologischen Stresszeichen 2011 und radiologischen Zeichen einer frühen Fingergelenksarthrose (Kellgren Grad II-IV) untersucht. Als statistische Tests für kleine Populationen wurden der Mann-Whitney-U Rangsummentest und die Vierfeldertafel gewählt.

Mann-Whitney-U Rangsummentest

| Mann-Whitney-U Rangsummentest für Gruppenvariable: Stressreaktionen 2011 | | |
|---|------------------------------------|----------------------------------|
| | exakte. Sig. (2-seitig) | Asymp.Sig. (2-seitig) |
| Summe der Sportkletterjahre | ,959 | ,980a |
| Summe der Trainingsjahre | ,315 | ,339a |
| Trainingsintensität in d in letzten 2a | ,104 | ,106a |
| Trainingsintensität (h/W)1999 | ,032 | ,031a |
| Trainingsintensität /(h/W) 2011 | ,516 | ,527a |
| Schwierigkeitsniveau 1999 | ,119 | ,131a |
| Schwierigkeitsniveau 2011 | ,092 | ,095a |
| Campusboard Training 1999 | ,104 | ,285a |
| Campusboard Training 2011 | ,770 | ,820a |
| Körpergewicht 1999 | ,038 | ,037a |
| Körpergewicht 2011 | ,519 | ,527a |
| Barnet-Nordin Index 1999 | ,153 | ,175a |
| Barnett-Nordin Index 2011 | ,007 | ,005a |
| Breite PIP D4 re 1999 | ,057 | ,065a |
| Breite PIP D4 re 2011 | ,249 | ,270a |
| Fingerlänge Dig4 re 2011 | ,301 | ,311a |
| Teilnahme an Wettkämpfe 1999 | ,395 | ,495a |
| Teilnahme an Wettkämpfe 2011 | ,707 | ,820a |
| Training mit Zusatzgewichten 1999 | ,920 | ,978a |
| Training mit Zusatzgewichten 2011 | ,480 | ,820a |

a. Nicht für Bindungen korrigiert;

Tabelle 28: Mann-Whitney-U Rangsummentest für tainings-, kletter- und biometrische Parameter für das Auftreten von Stressreaktionen 2011

Der Mann-Whitney-U Rangsummentest zeigt, dass das Auftreten von radiologischen Veränderungen signifikant mit der zurückreichenden Trainingsintensität in h/Woche 1999 und dem Körpergewicht 1999 korreliert. Eine hohe Trainingsintensität und hohes Körpergewicht 1999 führten im Probandenkollektiv zu einem häufigeren Auftreten von radiologischen Stresszeichen 2011.

Tabelle 28 liefert die Ergebnisse für die exakte, aus dem Kollektiv berechnete Signifikanz und die asymptotische Signifikanz.

| Mann-Whitney-U Rangsummentest für Gruppenvariable: Arthrotische Veränderungen 2011 | | |
|---|--------------------------------|-------------------------------|
| | exakte. Sig. (2-seitig) | Asymp. Sig. (2-seitig) |
| Summe der Sportkletterjahre | ,112 | ,125a |
| Summe der Trainingsjahre | ,024 | ,023a |
| Trainingsintensität /(h/W) 2011 | ,227 | ,239a |
| Schwierigkeitsniveau 2011 | ,030 | ,031a |
| Campusboardtraining 1999 | ,033 | ,157a |
| Campusboardtraining 2011 | ,825 | ,887a |
| Körpergewicht 1999 | ,097 | ,106a |
| Körpergewicht 2011 | ,397 | ,222a |
| Barnet-Nordin Index 1999 | ,040 | ,043a |
| Barnett-Nordin Index 2011 | ,062 | ,065a |
| Breite PIP D4 re 1999 | ,033 | ,036a |
| Breite PIP D4 re 2011 | ,523 | ,555a |
| Fingerlänge Dig4 re 2011 | ,713 | ,744a |
| Fingerlänge Dig4 re 1999 | ,106 | ,117a |
| Teilnahme an Wettkämpfen 1999 | ,335 | ,441a |
| Training mit Zusatzgewichten 1999 | 0,310 | ,324a |
| Training mit Zusatzgewichten 2011 | ,593 | ,887a |
| Stresssymptome 1999 | ,681 | ,755a |
| Stresssymptome 2004 | ,157 | ,254a |
| geschwollene Fingergelenke 1999 | ,879 | ,929a |
| Druckschmerz Fingergelenke 1999 | ,429 | ,744a |
| Druckschmerz Fingergelenke 2011 | ,075 | ,555a |
| a. Nicht für Bindungen korrigiert. | | |

Tabelle 29: Mann-Whitney-U Rangsummentest für Trainings-, Kletter- und biometrische Parameter für das Auftreten von arthrotischen Veränderungen 2011

Tabelle 29 liefert die Ergebnisse des Mann-Whitney U Rangsummentest für das Auftreten arthrotischer Veränderungen in Abhängigkeit von den erhobenen körper- und kletterspezifischen Parametern und zeigt einen signifikanten Zusammenhang für die Summe der Trainingsjahre ($p = 0,024$), der Intensität des zurückliegenden Trainings (Training mit Zusatzgewichten 1999, $p = 0,062$; Campusboard-Training 1999, $p = 0,033$) und dem Schwierigkeitsniveau 2011 ($p = 0,03$).

Klinisch und Statistisch zeigt sich eine Korrelation für das Auftreten der Fingergelenksarthrose und druckschmerzhafter Fingergelenke ($p = 0,075$).

Vierfeldertafel

Die Vierfeldertafel für die Merkmale Stressreaktionen 1999 und arthrotische Veränderungen 2011 zeigt, dass vier von sechs Probanden mit arthrotischen Veränderungen 2011 bereits 1999 radiologische Stresszeichen zeigten. Zwei Fingergelenksarthrosen entwickelten sich de novo ohne bereits 1999 radiologische Stresszeichen zu zeigen.

| Vierfeldertafel I | | | | |
|----------------------------------|---|---------------------------------|---|--------|
| | | Arthrotische Veränderungen 2011 | | |
| | | 0 | 1 | Gesamt |
| Radiologische Stresszeichen 1999 | 0 | 9 | 2 | 11 |
| | 1 | 12 | 4 | 16 |
| Gesamt | | 21 | 6 | 27 |

Tabelle 30: Vierfeldertafel für die Merkmale Radiologische Stresszeichen 1999 und arthrotische Veränderungen 2011

Vierfeldertafel II zeigt die Verteilung der diagnostizierten radiologischen Stresssymptome 2011 in Abhängigkeit von der aktiven Ausübung des Kletterportes 2011. Unter den 2011 aktiven Kletterern des gesamten Probandenkollektives zeigten 52% radiologische Stresszeichen. Unter den 2011 nicht mehr aktiven Probanden zeigten in der Nachuntersuchung 2011 noch 26% radiologische Stresszeichen. Im gesamten Probandenkollektiv zeigten 66% der Sportkletterer radiologische Stresszeichen in der Nachuntersuchung 2011.

| Vierfeldertafel II | | | | |
|------------------------------|---|---|----|--------|
| | | radiologische Stresszeichen 2011 | | |
| | | 0 | 1 | Gesamt |
| Aktives Klettern 2011 | 0 | 2 | 4 | 6 |
| | 1 | 7 | 14 | 21 |
| Gesamt | | 9 | 18 | 27 |

Tabelle 31: Vierfeldertafel für die Merkmale radiologische Stresszeichen 2011 und aktives Klettern 2011

Diskussion

Dass Spitzensport und Klettersport Hand in Hand mit frühzeitigen Fingergelenksveränderungen und Arthrose einhergehen, ist ein durch die Literatur belegter Zusammenhang. Erstmals berichteten Leal et al. (Leal, Rane, & Herrero, 1987) über radiologische Veränderungen der Kletterhand mit Kortikalisverdickungen, subchondralen Sklerosierungen und Mikrofrakturen im Bereich der PIP und DIP Gelenke. Heuck et al. (Heuck, Hochholzer, Hawe, Keinath, & Bernett, 1992) konnten Anpassungsreaktionen an langjähriges Klettern in Form einer Hypertrophie der Gelenkkapsel der kleinen Fingergelenke, einer Verdickung der Kollateralbänder und einer bis zu 50%igen Verdickung/Hypertrophie der Beugesehnen, einer Muskelhypertrophie der Handinnenmuskulatur (Mm. interossei, Mm. lumbricalis) und einer Kortikalishypertrophie des Knochens an Hand von MRT Untersuchungen 1992 zeigen. Rohrbough et al. (Rohrbough, Mudge, Schilling, & Jansen, 1998) konnten 1998 in der radiologischen Nachuntersuchung von 16 erfahrenen Sportkletterern im Vergleich mit einer Kontrollgruppe keine höhere Prävalenz an Osteoarthrose der Fingergelenke zeigen. Im Jahre 2000 veröffentlichte Rohrbough et al. (Rohrbough, Mudge, & Schilling, 2000) eine 95%ige Prävalenz von Überlastungsverletzungen der Hand in seinem Kollektiv von Langzeitkletterern.

Den Effekt der kortikalen Anpassungsreaktion auf die Belastung des Sportkletterns mit einer signifikanten Zunahme des Barnett-Nordin Index der Phalangen veröffentlichte zuletzt 2012 Hahn et al. (Hahn, Erschbaumer, Allenspach, Rufibach, & Schweizer, 2012).

Bollen et al. (Bollen & Wright, 1994) und die Publikationen unserer Arbeitsgruppe (V. R. Schöffl, Hochholzer, Imhoff, & Schöffl, 2007; V. Schöffl & Hochholzer, 1998; V. Schöffl, Hochholzer, & Imhoff, 2004a) konnten zeigen, dass sich bei 28% bis 39% (Bollen & Wright, 1994) aller langjährigen (> 15 Jahre) Sportkletterer radiologisch arthrotische Veränderungen der Hand zeigen.

Zuletzt bestätigten diesen Zusammenhang Allenspach et al. (Allenspach, Saupe, Rufibach, & Schweizer, 2011) und schlussfolgerten: „Development of osteophytes seems to be ordinary in every climber“ (Allenspach et al., 2011).

15 Jahre nach Gründung dieses Forschungsprojektes und im Schnitt 11,2 Kletterjahre des Probandenkollektives später gilt es diese Aussage zu differenzieren.

Zur Differenzierung der Kletterbelastungen auf die Hand wurden in unserer Studie 2 Kohorten über durchschnittlich 11,2 Jahre begleitet und detaillierte Informationen über körper-, trainings- und kletterspezifische Parameter gesammelt. In der RC Kohorte sollte eine moderate Kletterbelastung auf die Hand aufgezeigt werden, während in der GJNT Kohorte die Belastungen des Spitzenklettersportes auf die Hand untersucht werden sollten.

Auf die Gemeinsamkeiten und Unterschiede der beiden Studienkohorten soll im Folgenden noch einmal eingegangen werden.

Die Follow-Up Rate von insgesamt 73,7% verteilte sich homogen auf die beiden Studienkohorten (GJNT Kohorte 75% und RC Kohorte 72,2%). Beide Studienkohorten entwickelten sich homogen für die Parameter Körpergröße und Körpergewicht und zeigten in der Nachuntersuchung keinen signifikanten Unterschied. Der BMI betrug zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung $23,0 \pm 2$ in der RC Kohorte und $22,8 \pm 1,5$ in der GJNT Kohorte. Der signifikante Unterschied in der Gewichtszunahme über den gesamten Nachuntersuchungszeitraum ist dabei zu einem großen Teil auf die signifikanten Unterschiede der Parameter Körpergewicht ($p = 0,048$) und Körpergröße ($p = 0,031$) zum Zeitpunkt des Studienbeginnes 1999 zurückzuführen. Diese sind durch den Alterunterschied 1999 mit einem mittleren Alter von $14,7 \pm 2,3$ in der RC Kohorte und $16,5 \pm 1,9$ Jahren in der GJNT Kohorte zu erklären. So nahmen die Probanden der RC Kohorte über den Nachuntersuchungszeitraum im Durchschnitt $19,6 \pm 11,7$ Kg zu und wuchsen um $13,1 \pm 14,4$ cm. Die Probanden der GJNT nahmen im Durchschnitt $10,6 \pm 6,0$ Kg zu und wuchsen nur noch um $2,6 \pm 2,7$ cm.

Die biometrischen Daten der Hand zeigen eine signifikante Zunahme ($p < 0,001$) der Breite des PIP Dig. IV Gelenkes in beiden Studienkohorten mit einer Zunahme von $0,9 \pm 0,8$ mm in der RC und $1,5 \pm 1,0$ mm in der GJNT Kohorte. Hiermit resultierte ein signifikant ($p = 0,054$) breiteres PIP Dig. IV Gelenk in der GJNT Kohorte und ein signifikant ($p = 0,022$) größerer Finger-Index des Ringfingers.

Der Barnett-Nordin Index zeigte in beiden Studienkohorten 1999 und zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung keinen signifikanten Unterschied zwischen den

Studienkohorten bei einer durchschnittlichen Zunahme von 0,50 (RC: 0,50; GJNT 0,54) auf 0,61 (RC 0,61; GJNT 0,63). Der Vergleich mit dem Kollektiv der Originalpublikation von Barnett et al. (Barnett & Nordin, 1960) zeigte dabei, dass sich unsere Datensätze innerhalb des altersspezifischen Normkollektives (Abbildung 3) bewegen. Der Blick auf die Kletterbelastung und – Leistungen der beiden Studienkohorten hält fest, dass 2011 79% der Probanden den Klettersport noch aktiv ausübten, verteilt auf 69% in der RC Kohorte und 87% in der GJNT Kohorte. Die Probanden der GJNT Kohorte kletterten dabei signifikant ($p = 0,015$) länger mit durchschnittlich 14,9 +/- 3,4 Kletterjahren (RC Kohorte 10,7 +/- 4,7) und signifikant häufiger ($p < 0,01$) mit durchschnittlich 85 +/- 49 Klettertagen pro Jahr (RC Kohorte 16 +/- 10). Im Bezug auf die trainingsspezifischen Parameter trainierten die Probanden der GJNT Kohort nicht signifikant ($p = 0,063$) häufiger, mit einem Plus von 4,6 h aber signifikant ($p = 0,016$) länger bei einem durchschnittlichen Trainingspensum von 7,3 +/- 5,6 Stunden pro Woche. Das spezifische Training am Campusboard und das Training mit Zusatzgewichten blieb auch zum Nachuntersuchungszeitpunkt klar zu Gunsten der GJNT Kohorte verteilt, mit einem Campusboardtrainingsanteil von 62% und Training mit Zusatzgewichten in 8% der GJNT Probanden. In der RC Kohorte trainierten 1999 lediglich 8% der Probanden am Campusboard oder mit Zusatzgewichten und zum Zeitpunkt der Nachtuntersuchung kein Proband mehr. Dem erhöhten Trainingspensum entsprechend lag die durchschnittliche Sportkletterleistung 2011 in der GJNT Kohorte mit einer UIAA von 10,0 +/- 0,8 signifikant ($p < 0,01$) über der, der RC Kohorte, mit einer durchschnittlichen Sportkletterleistung von UIAA 7,4 +/- 1,5. Im Hinblick auf eine Belastungskontinuität zeigt der Vergleich der Trainingsdaten und Sportkletterleistungen von 1999 und 2011, dass die Leistungen und damit verbundenen Belastungen in beiden Kohorten weitgehend konstant blieben. Die Sportkletterleistung stieg über den gesamten Nachuntersuchungszeitraum um 0,2 UIAA Punkte bei einer leichten Abnahme der wöchentlichen Trainingszeit um 21%. In der RC Kohorte fiel die Kletterleistung über den gleichen Zeitraum um durchschnittlich 0,08 UIAA Punkte und die wöchentliche Trainingszeit nahm um 3,6% ab. Einen deutlichen Rückgang zeigten die Teilnahme an Wettkämpfen 2011 im Vergleich zu 1999 mit nur mehr 31% Teilnehmern in GJNT Kohorte (1999: 100%) und 0% in der RC Kohorte (1999: 28%). Eine Abschätzung über die unterschiedlich hohe Belastung für die Kletterhand in beiden Kohorte lassen

die Arbeiten von Grant et al. aus dem Jahr 1996 (Grant, Hynes, Whittaker, & Aitchison, 1996) und 2001 (Grant et al., 2001) zu, in denen gezeigt werden konnte, dass Spitzenkletterer / Wettkampfkletterer durchschnittlich 144% und Freizeitkletterer durchschnittlich 116% der Fingergreifkraft einer nicht kletternden alterskorrelierten Normalbevölkerung (100%) aufbringen.

Die Befragung des Probandenkollektives nach Verletzungen während des Kletterns und sportkletterbedingten Überlastungen erbrachte insgesamt 64 Verletzungen/Überlastungsreaktionen. Der überwiegende Anteil von 46 dokumentierten Verletzungen/Überlastungen wurde in der GJNT Kohorte erfasst. Führend in der Befragung mit 60% waren nicht näher klassifizierte Rückenschmerzen, gefolgt von Verletzungen der unteren Extremität (53%) und in 33% Verletzungen und Überbelastungen der oberen Extremität. Isolierte Fingerverletzungen wurden in 11% angegeben. Vergleicht man die Ergebnisse mit vorangegangenen Arbeiten (V. Schöffl, Hochholzer, Winkelmann, & Strecker, 2003b) aus dem Jahr 2003 mit insgesamt 604 Probanden und einem Anteil von 75% Fingerverletzungen, so sind die Ergebnisse und Verteilungen dieser Arbeit nur wenig repräsentativ. In der Arbeit von Drastig et al. (Drastig & Küpper, 2014) zeigt sich eine Verteilung von rund 70% für Verletzungen der oberen Extremität, 24% der unteren Extremität und 6% Kopf und Rumpferletzungen. Der überaus große Anteil an Verletzungen der unteren Extremität in unserer Studie könnte auf das häufigere Bouldern und Teilnahme an Boulderwettkämpfen in unserem Probandenkollektives zurückzuführen sein. Der Hauptteil der Verletzungen der unteren Extremität geht in unserer Studie auf Distorsionstraumata des Sprunggelenkes zurück. Insgesamt ist festzustellen, dass nur bei 31% der in dieser Arbeit, durch Befragung erfassten Diagnosen, eine Arztkonsultation erfolgte.

Die isolierte Betrachtung der sieben erfassten Fingerverletzungen (11% der Verletzungen) zeigt zwei Kapselverletzungen, zwei Rupturen der Sehne des M. flexor digitorum profundus, zwei Distorsionen des DIP und PIP und eine Ringbandruptur.

Fingerkontrakturen fanden sich in 21% des Probandenkollektives, 6 Probanden entsprechend. In 5 von 6 Fällen war jeweils der kleine Finger der Hand mit einem Streckdefizit von $> 10^\circ$ betroffen und in 5 (83%) von 6 Fällen waren Probanden der GJNT Kohorte betroffen. Vier der 6 Kontrakturen wurden bereits bei der Erstuntersuchung 1999 diagnostiziert, zwei Kontrakturen wurden

erstmalig 2011 diagnostiziert. Der Anteil an Kontrakturen liegt dabei weit über epidemiologischen Zahlen der Bevölkerung. Degreeef et al. (Degreeef & De Smet, 2010) veröffentlichten 2010 eine Prävalenz von Fingerkontrakturen von 8% in der über 50 Jährigen belgischen Bevölkerung. Hierbei zeigt sich in seiner Stichprobe eine Prävalenz von 32% für einen Morbus Dupytren. Zahlen einer gleichaltrigen nicht kletternden Vergleichsgruppe liegen nicht vor. In Bezug auf den M. Dupytren zeigte sich in unserer Studie eine Kontraktur des Dig. V ursächlich mit einem seit 1999 bestehenden M. Dupytren vergesellschaftet. Eine erhöhte Prävalenz des Morbus Dupytren im Kletterkollektiv wurde 2007 (Schöffl & Schöffl, 2007) und 2008 (V. Schöffl, 2008) von Schöffl et al. beschrieben. Logan et al. (Logan, Mason, Dias, & Makwana, 2005) fand eine Prävalenz des M. Dupytren in seinem Klettererkollektiv von bis zu 19,5%.

Tabelle 32 veranschaulicht noch einmal die Prozentangaben und Zahlen der symptomatischen Fingergelenke und Kontrakturen in unserer Studie.

| Klinische Zeichen der Überlastung der Hand | | | | |
|---|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | GJNT | | RC | |
| | 1999 | 2011 | 1999 | 2011 |
| Kontrakturen DIP/PIP | 27% (4/15) | 33% (5/15) | 0 (0/13) | 8% (1/13) |
| geschwollene Fingergelenke | 60% (9/15) | 60% (6/15) | 23% (3/13) | 23% (3/13) |
| Druckschmerz Fingergelenke | 1 | 1 | 1 | 0 |

Tabelle 32: Klinische Zeichen der Überlastung der Hand unter Angabe der Prozent und absoluten Zahlen

Zu den radiologischen Ergebnissen unserer Arbeit kommend gibt Tabelle 33 den Überblick der Ergebnisse aus den Jahren 1999 (V. Schöffl et al., 2003a; V. Schöffl, Hochholzer, & Imhoff, 2004a), 2004 (V. R. Schöffl et al., 2007) und 2011.

| Radiologische Ergebnisse der Studie 1999, 2004 und 2011 | | | | | | |
|---|--------------------------------------|-------------------|------|-------|----------------|------|
| | GJNT | | | RC | | |
| | 1999 ^{1,2} | 2004 ³ | 2011 | 1999* | 2004** | 2011 |
| Stressreaktionen ² | 47% ^{1,2} /75% ³ | 80% | 80% | 28% | 30% | 50% |
| Osteoarthrose | 5% | 0% ⁴ | 27% | 0% | 0% | 17% |
| Epiphysenfrakturen | 1 | 0 ⁴ | 1 | 1 | 0 ³ | 1 |
| Barnet-Nordin Index ⁴ | 0,49 | 0,54 | 0,63 | 0,49 | 0,50 | 0,61 |

¹(V. Schöffl et al., 2003a) im gesamten Kollektiv n19 47% Stressreaktionen, Kollektiv n10, das auch 2004 nachuntersucht wurden = 80%Stressreaktionen
²(V. Schöffl, Hochholzer, & Imhoff, 2004a)
³(V. R. Schöffl et al., 2007)
⁴Der Patient wurde 2004 nicht nachuntersucht

Tabelle 33: Radiologische Ergebnisse für Stressreaktionen und Arthrose 1999, 2004 und 2011 im Überblick

Nach 11 Jahren zeigen die radiologischen Auswertungen einen unverändert hohen Anteil an Stressreaktionen von 80% in GJNT Kohorte. In der RC Kohorte erhöhte sich der Anteil der Probanden mit radiologischen Stresszeichen um 22% auf 50%.

Frühe Arthrosezeichen zeigten nach 11 Jahren im Spitzensport 27% der GJNT Probanden und 17% der Hobby- und Freizeitkletterer. Dies entspricht einem Zuwachs von 22% in der GJNT Kohorte und 17% in der RC Kohorte über den Nachuntersuchungszeitraum. Wurden Zeichen der Arthrose gesehen, so war am häufigsten das PIP Gelenk (4 von 6 Fällen) betroffen.

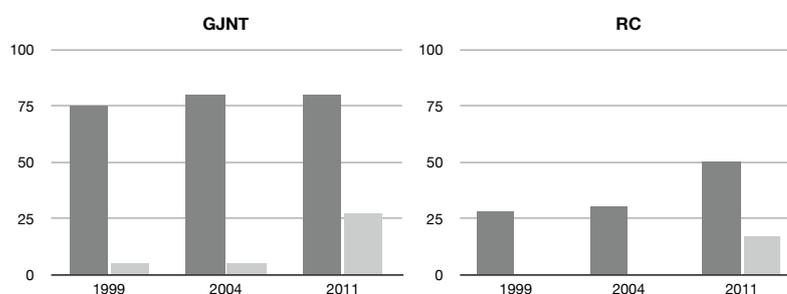


Abbildung 10: Balkendiagramm: Prozentangaben der Stressreaktionen (dunkelgrau) und Arthrose (hellgrau) für GJNT und RC Kohorte

Mit Arthrosezeichen in 22% des gesamten Kollektives liegen die Zahlen unserer Studie unter den von Schöffl et al. 2004 (V. Schöffl, Hochholzer, & Imhoff, 2004b) publizierten Arthroserate von 28% in einem seit durchschnittlich 15 Jahren kletterten Patientenkollektiv. Unser Probandenkollektiv kletterte dabei durchschnittlich seit 12,9 +/-4,5 Jahren. Die Zahlen liegen unter der von Bollen et al. (Bollen & Wright, 1994) publizierten Arthroserate von 39%. Allenspach et al. (Allenspach et al., 2011) fand 2011 in 19,2% der Schweizer Nationalkaderkletterer eine Fingergelenksarthrose. Somit liegen unsere Ergebnisse im Einklang mit den zuletzt publizierten Studienergebnissen zum Thema.

Neue Ergebnisse kann diese Studie für die Zusammenhänge von Trainingspraktiken und dem Ausmaß der Kletterbelastung bzw. der Sportkletterleistung auf die Entwicklung einer frühzeitigen Fingerarthrose aufzeigen. Unsere Korrelationsanalyse für kleine Populationen anhand des Mann-Whitney-U Rangsummentestes zeigte einen signifikanten Zusammenhang für die Entwicklung von arthrotischen Veränderungen und der Anzahl der Trainingsjahre

($p = 0,024$), der Sportkletterleistung ($p = 0,030$) und der zurückliegenden Trainingsmethodik (Campusboardtraining, $p = 0,033$).

| Mann-Whitney-U Rangsummentest für die Gruppenvariablen | | |
|--|--|---|
| | Stressreaktionen 2011¹ | Osteoarthrose 2011¹ |
| Summe der Sportkletterjahre | ,339a | ,112 |
| Summe der Trainingsjahre | ,315 | ,024 |
| Sportkletterleistung (UIAA) 2011 | ,092 | ,030 |
| Campusboardtraining 1999 | ,104 | ,033 |
| Training mit Zusatzgewichten 1999 | | ,062 |
| Trainingsintensität (h/W)1999 | ,032 | |
| Körpergewicht 1999 | ,038 | ,097 |
| Körpergewicht 2011 | ,519 | ,397 |
| Barnett-Nordin Index 1999 | ,153 | ,040 |
| Barnett-Nordin Index 2011 | ,007 | ,062 |
| Druckschmerz Fingergelenke 2011 | | ,075 |
| ¹ Ergebnisse unter Angabe der exakt. Signifikanz (2-seitig) | | |

Tabelle 34: Mann-Whitney-U Rangsummentest für die Gruppenvariablen Stressreaktionen und Arthrose 2011 für kletterspezifische Parameter

Für das Auftreten von Stressreaktionen 2011 zeigte der Mann-Whitney-U Rangsummentest eine signifikante Korrelation mit der zurückliegenden Trainingsintensität in 1999 und dem Körpergewicht in 1999. Probanden mit einem höheren Körpergewicht zeigten somit anteilig häufiger radiologische Stressreaktionen der Hand. Schlussfolgernd lässt sich hieraus, dass es sich bei radiologischen Stressreaktionen um eine langsame Anpassungsreaktion in beide Richtungen, hin zu der Entstehung und Rückbildung, handeln könnte. Die Vierfeldertafel II zeigt, dass 66% der 2011 nicht mehr aktiv kletternden Probanden auch 2011 noch radiologische Stressreaktionen der Hand zeigten. Diese Zahl liegt klar über einer nicht kletternden Kontrollgruppe der vorangegangenen Arbeit aus dem Jahr 2004 (V. Schöffl, Hochholzer, & Imhoff, 2004a). So kann gefolgert werden, dass eine Rückbildung der radiologischen Stressreaktionen nur langsam erfolgen kann. Gleichzeitig zeigt die Vierfeldertafel I, dass 4 von 6 Probanden mit arthrotischen Veränderungen bereits vor 11 Jahren radiologische Stressreaktionen zeigten.

Als Grenzen und Schwächen dieser Studie sind die sehr kleinen Fallzahlen zu nennen, die sich durch das kleine Kollektiv an Spitzensportkletterern ergeben.

Zusammenfassung

Abschließend kann nach der Analyse der Traingstechniken und Sportkletterleistungen unseres Klettererkollektives über mehr als 11 Jahre festgehalten werden, dass für das Auftreten einer kletterbedingten Fingergelenksarthrose das Campusboard-Training und ein hoher Schwierigkeitsklettergrad bei hohem Körpergewicht als Risikofaktoren anzusehen sind. Gut konnte dabei gezeigt werden, dass der Breitensport (RC Kohorte) nur in deutlich reduzierter Form von einem frühzeitigen Gelenksverschleiß betroffen ist.

Literaturverzeichnis

- Allenspach, P., Saupe, N., Rufibach, K., & Schweizer, A. (2011). Radiological changes and signs of osteoarthritis in the fingers of male performance sport climbers. *J Sports Med Phys Fitness*, 51(3), 497–505.
- Barnett, E., & Nordin, B. E. (1960). The radiological diagnosis of osteoporosis: a new approach. *Clin Radiol*, 11, 166–174.
- Bollen, S. R., & Wright, V. (1994). Radiographic changes in the hands of rock climbers. *British Journal of Sports Medicine*, 28(3), 185–186.
- Degreef, I., & De Smet, L. (2010). A high prevalence of Dupuytren's disease in Flanders. *Acta Orthop Belg*, 76(3), 316–320.
- Doyle, H. (2015). Everything About Rock Climbing. Dhimant N Parekh.
- Draper, N., Giles, D., SchOffl, V., Fuss, F. K., Watts, P., Wolf, P., Balas J., Espana-Romero, V., Ganzales, G., Fryer, S., Fanchini, M., Vigouroux, L., Seifert, L., Donath, K., Stöcker, U., Bourassa-Moreau, F., Garrido, I., Drum, S., Beekmeyer, S., Ziltener, J., Taylor, N., Beeretz, I., Mally, F., Amca, A., Linhart, C., Abreu, E. (2016). Comparative grading scales, statistical analyses, climber descriptors and ability grouping: International Rock Climbing Research Association position statement. *Sports Technology*, 1–7. <http://doi.org/10.1080/19346182.2015.1107081>
- Drastig, J., & Küpper, T. (2014). Gibt es geschlechtsspezifische Verletzungsmuster beim Sportklettern? *Deutsche Zeitschrift Für Sportmedizin Jahrgang 65 Nr. 3 (2014)*
- Grant, S., Hasler, T., Davies, C., Aitchison, T. C., Wilson, J., & Whittaker, A. (2001). A comparison of the anthropometric, strength, endurance and flexibility characteristics of female elite and recreational climbers and non-climbers. *J Sports Sci*, 19(7), 499–505. <http://doi.org/10.1080/026404101750238953>
- Grant, S., Hynes, V., Whittaker, A., & Aitchison, T. (1996). Anthropometric, strength, endurance and flexibility characteristics of elite and recreational climbers. *J Sports Sci*, 14(4), 301–309. <http://doi.org/10.1080/02640419608727715>
- Hahn, F., Erschbaumer, M., Allenspach, P., Rufibach, K., & Schweizer, A. (2012). Physiological Bone Responses in the Fingers After More Than 10 Years of High-Level Sport Climbing: Analysis of Cortical Parameters. *Wem*,

- 23(1), 31–36. <http://doi.org/10.1016/j.wem.2011.12.006>
- Heuck, A., Hochholzer, T., Hawe, W., Keinath, C., & Bernett, C. (1992). Die MRT von Hand und Handgelenk bei Sportkletterern. Darstellung von Verletzungen und Überlastungsfolgen. *Radiologe*, (32), 248–254.
- Hochholzer, T., & Schöffl, V. (2009). Degenerative Veränderungen der Fingergelenke bei Sportkletterern. *Deutsche Zeitschrift Für Sportmedizin*, (Jahrgang 60 Nr.6), 1–5.
- KELLGREN, J. H. (1952). Some concepts of rheumatic disease. *British Medical Journal*, 1(4769), 1152–1157.
- KELLGREN, J. H. (1961). Osteoarthritis in patients and populations. *British Medical Journal*, 2(5243), 1–6.
- KELLGREN, J. H. (1965). OSTEOARTHRITIS. *Arthritis and Rheumatism*, 8, 568–572.
- KELLGREN, J. H., & LAWRENCE, J. S. (1957). Radiological assessment of osteo-arthritis. *Annals of the Rheumatic Diseases*, 16(4), 494–502.
- Leal, C., Rane, A., & Herrero, R. (1987). Trainingszeit und Fingerverletzungen beim Sportklettern. *Prakt Sporttraumatologie Sportmedizin*, 2:44-46, 44–46.
- Logan, A. J., Mason, G., Dias, J., & Makwana, N. (2005). Can rock climbing lead to Dupuytren's disease? *Br J Sports Med*, 39(9), 639–644.
<http://doi.org/10.1136/bjism.2004.015792>
- Pop, C. C., Patrascu, J. M., & Poenaru, D. V. Is Arthroscopy an Appropriate Surgical Procedure for Knee Osteoarthritis? A Different Clinical Rating System and Results. *Tmj.Ro; TMJ 2005, Vol 55, No.2*
- Rohrbough, J. T., Mudge, M. K., & Schilling, R. C. (2000). Overuse injuries in the elite rock climber. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32(8), 1369–1372.
- Rohrbough, J. T., Mudge, M. K., Schilling, R. C., & Jansen, C. (1998). Radiographic osteoarthritis in the hands of rock climbers. *Am J Orthop (Belle Mead NJ)*, 27(11), 734–738.
- Schoffl, V. R., & Schöffl, I. (2007). Finger pain in rock climbers: reaching the right differential diagnosis and therapy. *J Sports Med Phys Fitness*, 47(1), 70–78.
- Schoffl, V. R., Hochholzer, T., Imhoff, A. B., & Schöffl, I. (2007). Radiographic adaptations to the stress of high-level rock climbing in junior athletes: a 5-

- year longitudinal study of the German Junior National Team and a group of recreational climbers. *American Journal of Sports Medicine*, 35(1), 86–92. <http://doi.org/10.1177/0363546506293256>
- Schöffl, V. (2008). Handverletzungen beim Klettern. *Dtsch Z Sportmed.*
- Schöffl, V. R., Hochholzer, T., Imhoff, A. B., & Schöffl, I. (2007). Radiographic Adaptations to the Stress of High-Level Rock Climbing in Junior Athletes A 5-Year Longitudinal Study of the German Junior National Team and a Group of Recreational Climbers. *American Journal of Sports Medicine*, 35(1), 86–92. <http://doi.org/10.1177/0363546506293256>
- Schöffl, V., & Hochholzer, T. (1998). Sportklettern. *Sporttraumatologie*, (II-52.1), 1–24.
- Schöffl, V., Hochholzer, T., & Imhoff, A. (2004a). Radiographic changes in the hands and fingers of young, high-level climbers. *American Journal of Sports Medicine*, 32(7), 1688–1694.
- Schöffl, V., Hochholzer, T., & Imhoff, A. (2004b). Radiographic changes in the hands and fingers of young, high-level climbers. *American Journal of Sports Medicine*, 32(7), 1688–1694.
- Schöffl, V., Hochholzer, T., & Karrer, A. (2003a). Fingerschäden jugendlicher Leistungskletterer-Vergleichende Analyse der deutschen Jugendnationalmannschaft sowie einer gleichaltrigen Vergleichsgruppe *Deutsche Zeitschrift Für Sportmedizin Jahrgang 54 Nr. 11 (2003)*
- Schöffl, V., Hochholzer, T., Winkelmann, H. P., & Strecker, W. (2003b). Pulley injuries in rock climbers. *Wem*, 14(2), 94–100.
- Schöffl, V., Morrison, A., Hefti, U., Ullrich, S., & Küpper, T. (2011). The UIAA Medical Commission injury classification for mountaineering and climbing sports. *Wilderness & Environmental Medicine*, 22(1), 46–51.

Tabellenverzeichnis

| | |
|---|----|
| Tabelle 1: Metric, UIAA, French und US-Amerikanische Schwierigkeitsskalen (V. Schöffl, Morrison, Hefti, Ullrich, & Küpper, 2011)..... | 11 |
| Tabelle 2: Protokoll zur radiologischen Auswertung nach V. Schöffl et al. (V. Schöffl, Hochholzer, & Imhoff, 2004a)..... | 13 |
| Tabelle 3: Probandenkollektiv: Anzahl (n) und Geschlechtsverteilung | 16 |
| Tabelle 4: Follow-Up des Probandenkollektives 2011/2012..... | 17 |
| Tabelle 5: Follow-up Zeitraum | 18 |
| Tabelle 6: Körpergröße des Probandenkollektives 1999 und 2011 | 18 |
| Tabelle 7: Körpergewicht des Probandenkollektives 1999 und 2011 | 19 |
| Tabelle 8: Biometrischer Datensatz der Studienkohorten I | 19 |
| Tabelle 9: Entwicklung der körperspezifischen Parameter Körpergröße und Körpergewicht 1999-2011 in der GJNT Kohorte (t-Test für gepaarte Variablen) | 20 |
| Tabelle 10: Entwicklung der körperspezifischen Parameter Körpergröße und Körpergewicht 1999-2011 in der RC Kohorte (t-Test für gepaarte Variablen) . | 20 |
| Tabelle 9: Vergleich der Biometrischen Daten: Körpergröße und Körpergewicht innerhalb der Kohorten | 21 |
| Tabelle 12: Handspezifische Parameter der beiden Studienkohorten im Vergleich..... | 23 |
| Tabelle 13: Entwicklung der handspezifischen Parameter Fingerlänge, -Breite und -Index 1999-2011 in der GJNT Kohorte (T- Test für gepaarte Differenzen) | 23 |
| Tabelle 14: Entwicklung der handspezifischen Parameter Fingerlänge, Fingerbreite und Finger Index 1999 - 2011 in der RC Kohorte (T-Test für gepaarte Differenzen) | 24 |
| Tabelle 15: Parameter: aktives Sportklettern 2011 | 24 |
| Tabelle 16: Durchschnittliche Klettertage pro Jahr für die letzten zwei Jahre (2010/2011) gemittelt. | 25 |
| Tabelle 17: Durchschnittliche Sportkletterjahre des Probandenkollektives | 25 |
| Tabelle 18: Zeitraum (in a) mit kletterspezifischem Training (Maximalkrafttraining) im Probandenkollektiv | 26 |

| | |
|--|----|
| Tabelle 19: Überblick über die Trainingsspezifischen Parameter des Probandenkollektives..... | 26 |
| Tabelle 20: Fingerspezifisches Training in der GJNT und RC Kohorte | 27 |
| Tabelle 21: Entwicklung der trainingsspezifischen Parameter 1999 - 2011 in der GJNT Kohorte (T- Test für gepaarte Variablen) | 28 |
| Tabelle 22: Entwicklung der trainingsspezifischen Parameter 1999 - 2011 in der RC Kohorte (T-Test für gepaarte Variablen)..... | 29 |
| Tabelle 23: Sportkletterleistung 2011 | 29 |
| Tabelle 24: Maximale Sportkletterleistung im Nachuntersuchungszeitraum 1999 - 2011 | 29 |
| Tabelle 25: Überlastungssyndrome und Verletzungshäufigkeiten 1999-2011 in der GJNT und RC Kohorte | 31 |
| Tabelle 26: symptomatische Fingerverletzungen und Bewegungseinschränkungen/Hypermobilität | 32 |
| Tabelle 27: Radiologische Ergebnisse der GJNT und RC Kohorte 1999 und 2011 | 35 |
| Tabelle 28: Mann-Whitney-U Rangsummentest für trainings-, kletter- und biometrische Parameter für das Auftreten von Stressreaktionen 2011 | 39 |
| Tabelle 29: Mann-Whitney-U Rangsummentest für Trainings-, Kletter- und biometrische Parameter für das Auftreten von arthrotischen Veränderungen 2011 | 40 |
| Tabelle 30: Vierfeldertafel für die Merkmale Radiologische Stresszeichen 1999 und arthrotische Veränderungen 2011 | 41 |
| Tabelle 31: Vierfeldertafel für die Merkmale radiologische Stresszeichen 2011 und aktives Klettern 2011 | 42 |
| Tabelle 32: Klinische Zeichen der Überlastung der Hand unter Angabe der Prozent und absoluten Zahlen..... | 47 |
| Tabelle 33: Radiologische Ergebnisse für Stressreaktionen und Arthrose 1999, 2004 und 2011 im Überblick | 48 |
| Tabelle 34: Mann-Whitney-U Rangsummentest für die Gruppenvariablen Stressreaktionen und Arthrose 2011 für kletterspezifische Parameter | 49 |
| Tabelle 35: Aufklärungsprogramm 1999 über die Klettertechnik und Trainingsmethodik zur Prävention von Verletzungen | 57 |

Abbildungsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Abbildung 1: Einteilung der Osteoarthritis nach Kellgren und Lawrence aus (Pop et al., n.d.)..... | 13 |
| Abbildung 2: Berechnungsgrundlage des Barnett-Nordin Index (Barnett & Nordin, 1960)..... | 14 |
| Abbildung 3: Normverteilung des Barnett-Nordin Index in der Normalbevölkerung nach Barnett et al (Barnett & Nordin, 1960) | 14 |
| Abbildung 4: Epiphysenfraktur PIP 1999 (links) und 2005, ausgeheilt (rechts)..... | 34 |
| Abbildung 5: beispielhafte Röntgenaufnahme Hand (AP Strahlengang) 2011 mit frühdegenerativen radiologischen Zeichen (Kellgren II) und Berechnungsskizze für den Barnett-Nordin Index | 36 |
| Abbildung 6: Dig. IV seitliche Aufnahme: Sichelförmige Kortikalisverdickung der proximalen und mittleren Phalanx..... | 37 |
| Abbildung 7: Seitliche Aufnahme Dig. IV mit Ansatzverkalkung der Profundus - sehne (Beispiel 1)..... | 37 |
| Abbildung 8: Beispiel 2 für eine Ansatzverkalkung der Profundussehne | 37 |
| Abbildung 9: Hand (AP Strahlengang) mit PIP Gelenkspaltverschmälerung, subchondraler Sklerosierung und beginnenden osteophytären Ausziehungen (Kellgren II) am PIP Dig. III Gelenk..... | 38 |
| Abbildung 10: Balkendiagramm: Prozentangaben der Stressreaktionen (dunkelgrau) und Arthrose (hellgrau) für GJNT und RC Kohorte | 48 |

Anhang:

Aufklärungsprogramm zur Verletzungsprävention 1999

Im Rahmen der Erstuntersuchung erfolgte die Aufklärung der Probanden über Klettertechniken und Trainingsmethodik zur Verletzungsprävention

| | | RC | GJNT |
|---|--------------------|----|------|
| | | n | n |
| Aufklärung durch | Freunde | 2 | 0 |
| | Trainer | 2 | 18 |
| | Lehrer | 10 | 0 |
| | Eltern | 3 | 0 |
| | keine Aufklärung | 1 | 1 |
| erhöhte Belastung durch Aufstellen der Finger beim Klettern | Aufklärung erfolgt | 11 | 16 |
| | keine Aufklärung | 7 | 3 |
| Dehnübungen zur Verletzungsprävention | Aufklärung erfolgt | 14 | 15 |
| | keine Aufklärung | 4 | 4 |
| Aufwärmen zur Verletzungsprävention | Aufklärung erfolgt | 16 | 18 |
| | keine Aufklärung | 2 | 1 |

Tabelle 35: Aufklärungsprogramm 1999 über die Klettertechnik und Trainingsmethodik zur Prävention von Verletzungen

Untersuchungsbogen

Priv.-Doz.Dr.med.Volker Schöffl (MHBA)
Dr.Thomas Hochholzer
Prof.Dr.Andreas Imhoff
Priv.Doiz.Dr.Stefan Hinterwimmer



Längsschnittstudie Sportkletterer – 10 Jahres- kontrolluntersuchung

| | | |
|-------------------|-------------------|-------------------|
| Name: | Geb.Datum: | Unt.Datum: |
| Anschrift: | | |
| Beruf: | Hausarzt: | |

Befund orientierend:

Allgemeinzustand: o.B.

Kopf und Hals: o.B.

Sinnesorgane: o.B.

Pulmo, Cor: o.B.

Abdomen: o.B.

Wirbelsäule: o.B.

Nervensystem: o.B.

Gliedmaßen: o.B.

Spezieller Untersuchungsbefund von:

Spezieller Untersuchungsbefund Finger/Hand:

Fingerlänge:

(Messung von volarer Beugefalte MCP-Gelenk aus, in mm)

re D4:

Handspanne (cm):

re =

Breite PIP-Gelenk (mm)(Schublehre):

re D4

Beweglichkeit Finger:

re
frei

li
frei

Einschränkung
(Gradangaben)

| | | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| D1 | D2 | D3 | D4 | D5 | D1 | D2 | D3 | D4 |
| D5 | | | | | | | | |

Hypermobilität: nein

re

li

| | | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| D1 | D2 | D3 | D4 | D5 | D1 | D2 | D3 | D4 |
| D5 | | | | | | | | |

Radiologischer Befund (re Hand ap, D4 seitl.):

re

keine Veränderungen: o.B.

Stresssymptome:

Kortikalisverdickung
Subchondrale Sklerosierung
Ansatzverkalkung SF/PF-Sehne
Gelenkbasisverbreiterung PIP
Gelenkbasisverbreiterung DIP

Arthrotische Veränderungen:

Osteophyten PIP
Osteophyten DIP
Gelenkspaltverschmälerungen

Gelenknahe Cysten/Entkalkungen

Epiphysenverletzungen
(Präarthrose)

Barnett-Nordin Index:
Kortikale Dicke (einseitig) zu Gesamtdicke (Mittelphalanx ap)

Fragebogen

Priv.-Doz.Dr.med.Volker Schöffl (MHBA)
Dr.Thomas Hochholzer
Prof.Dr.Andreas Imhoff
Priv.Doiz.Dr.Stefan Hinterwimmer



Fragebogen Sportkletterer – 10 Jahres- kontrolluntersuchung

1.Name.....
.....

Anschrift.....
.....

Alter.....Größe.....Gewicht.....
.....

2. Kletterst du noch aktiv?.....
falls nicht mehr wieso?.....

Kletterst Du Wettkämpfe nein ja

Hast Du einen Trainer? nein ja

Hast Du einen Trainingsplan? nein ja

Wieviel Stunden pro Woche trainierst

Du?.....

Wieviel Trainingseinheiten pro Woche hast

Du?.....

Welche anderen Sportarten betreibst Du
noch?.....

.....
.....

3. Wenn Du die letzten Jahre betrachtest hast du folgendes Kletterniveau erreicht (schwierigste Tour):

- Schwierigkeitniveau 1999: Rotpunkt.....
- Schwierigkeitniveau 2000: Rotpunkt.....
- Schwierigkeitniveau 2001: Rotpunkt.....
- Schwierigkeitniveau 2002: Rotpunkt.....
- Schwierigkeitniveau 2003: Rotpunkt.....
- Schwierigkeitniveau 2004: Rotpunkt.....
- Schwierigkeitniveau 2005: Rotpunkt.....
- Schwierigkeitniveau 2006: Rotpunkt.....
- Schwierigkeitniveau 2007: Rotpunkt.....
- Schwierigkeitniveau 2008: Rotpunkt.....
- Schwierigkeitniveau 2009: Rotpunkt.....

4. Klettertage pro Jahr (Kletter- und Trainingstage)(durchschnittlich)

| | |
|------|------|
| 1999 | 2004 |
| 2000 | 2005 |
| 2001 | 2006 |
| 2002 | 2007 |
| 2003 | 2008 |
| | 2009 |

- 4.
- Trainierst Du am Campusboard? nein
 - ja
 - Trainierst Du mit Zusatzgewichten? nein
 - ja

Wie lange wärmst Du Dich vor dem Klettern auf?.....

Machst Du Dehnübungen? nein ja

wenn ja - vor dem Klettern nach dem
Klettern

Führst Du ein regelmäßiges Konditions- oder Ausdauertraining
durch?

nein ja

5. Welche Verletzungen hast Du Dir beim Klettern in den
letzten 10 Jahren zugezogen?

Jahr.....Verletzung.....

Jahr.....Verletzung.....

Jahr.....Verletzung.....

Jahr.....Verletzung.....

Jahr.....Verletzung.....

Jahr.....Verletzung.....

Hast Du eine der folgenden Beschwerden bereits gehabt?

-Geschwollene Fingergelenke

-Sehnenscheidenentzündung

-Druckschmerz am Ellbogen

-Schmerzen an der Schulter

-Muskelzerrung

-Rückenschmerzen

- Hast Du einen Arzt aufgesucht? nein
 ja
- Hattest Du eine Therapie (zB. Krankengymnastik) nein
 ja

6. Wie ernährst Du Dich?
- normal mit Eltern und Geschwistern
- vegetarisch
- spezielle Diät
- Nimmst Du irgendwelche Zusatzprodukte? nein
ja
- Welche?.....
.....
- Nimmst Du regelmäßig Vitamine? nein
ja
- Welche?.....
.....

Danke für Deine Hilfe und Mitarbeit!