

Physiotherapeutisches Management von Fingerverletzungen im Sportklettern



Diplomarbeit
von René Mühlemann
Feusi Physiotherapieschule
Bern 2003

Physiotherapeutisches Management von Fingerverletzungen im Sportklettern



Diplomarbeit
von René Mühlemann
Feusi Physiotherapieschule
Bern 2003

Diplomarbeitsreferent: Dr. Lorenz Radlinger

Ko- Referentin: Beatrice Kobi Dipl. Physiotherapeutin

Danksagung

Ich bedanke mich bei den beiden Referenten Beatrice Kobi und Lorenz Radlinger für deren konstruktive Kritik und bei meiner Freundin Angelina und unserem Sohn Samuel für das Verständnis meiner vielen Absenzstunden, die ich für diese Arbeit benötigte.

Vorwort

Diese empirische Arbeit konzentriert sich speziell auf die im Sportklettern auftretenden Finger Hand und Ellbogenbeschwerden. Schulter- Nacken- Rücken- und Knieprobleme, sowie Fussdeformitäten kommen ebenfalls verbreitet vor, sind gesamthaft aber seltener als die in dieser Studie aufgeführten Verletzungen.

Diese Arbeit befasst sich mit der Schattenseite des Klettersports und legt nicht dar, welche unglaubliche Faszination und Vielfalt der Fels bietet und die Kletterer in so manche schöne, friedvolle, erholsame unzivilisierte Gegend führt.

Für jeden Kletterer ist das Motivierende, diesen Sport auszuüben etwas anderes.

Mich motiviert dieser Sport durch die ausgewogene Beanspruchung von Körper und Geist, die Grenzerfahrung im Leistungsbereich und die interessante Suche nach dem einfachsten Weg im Fels.

Inhaltsverzeichnis

1	Problemstellung	8
1.1	Persönliche Motivation	8
1.2	Häufungen von Fingerschmerzen beim Sportklettern	8
1.3	Belastungsfaktoren und Komplexität des Sportkletterns	8
1.4	Training und Erholung	9
1.5	Biomechanische Belastung	9
1.6	Diagnose, Therapie und Prävention	9
1.7	Zielformulierung	10
2	Zusammenfassung	11
3	Einleitung	12
4	Häufig vorkommende Klettergriffformen und Haltetechniken	13
4.1	Die aufgestellte Fingerposition	13
4.2	Die hängende Fingerposition	14
4.3	Der Lochgriff	14
5	Das Ringbandsystem der Hand und dessen Biomechanik	15
5.1	Die biomechanische Belastung der Hand beim Sportklettern	15
5.2	Das Ringbandsystem und seine Biomechanische Belastung beim Klettern	16
6	Die häufigsten Verletzungen, deren Mechanismen und Therapiemöglichkeiten	17
6.1	Unfallstatistik	17
6.2	Verletzungshäufigkeit und Lokalisation	17
6.3	Traumatische Verletzungen	19
6.3.1	Ringbandverletzung	19
6.3.2	Flexorsehnenverletzung	22
6.3.3	Gelenkkapsel und Seitenbandverletzungen der Finger	23
6.3.4	Das Lumbrikalshiftsyndrom	24
6.4	Überbelastungspathologien	25
6.4.1	Tendovaginitis	26
6.4.2	Kapsulitis, Arthritis	27
6.4.3	Arthrose	28
6.4.4	Tennisellbogen, Golferellbogen und "Climber- ellbow"	29
6.4.5	Epiphysenfugenverletzung	31
7	Verletzungsprophylaxe	33
7.1	Das Aufwärmen	33
7.1.1	Kälte und Leistung	33
7.2	Aufwärmen zum Klettern	34
7.3	Muskuläre Dysbalancen	34
7.4	Taping	35
8	Training	36
8.1	Trainingsprinzipien	36
8.2	Die motorischen Anforderungen des Sportkletterns	38

8.2.1	Der Zusammenhang von Kraft und Ausdauer	39
8.2.2	Die Bedeutung der anaeroben- laktaziden Glykolyse im Sportklettern	39
8.3	Angewandtes Ausdauertraining für Kletterer	40
8.4	Kraftraining	42
8.5	Koordination und Technik	43
8.6	Taktik	43
8.7	Beweglichkeitstraining und Dehnen	43
8.8	Der Jahresplan	45
8.8.1	Die Periodisierung	45
8.9	Die Regeneration	46
8.9.1	Aktive Massnahmen:	46
8.9.2	Passive Massnahmen:	46
8.10	Übertraining	47
9	Kinder und Jugendtraining	49
9.1	Ausdauertraining	49
9.2	Krafttraining	49
9.3	Koordination	49
9.4	Beweglichkeitstraining	50
	Anhang	51
	Spezifische Rehabilitation von Kapsel und Bandgewebe	51
	Spezifische Rehabilitation von Tendo- Ossärem Übergang	55
	Literaturverzeichnis	56
	Glossar	59
	Tabellarischer Lebenslauf	60

1 Problemstellung

1.1

1.2 Persönliche Motivation

Im Winter 1995 beendete ein Snowboardunfall mein bis dahin grosses Engagement im Snowboardrennsport. Während meiner Genesung begann ich mit Sportklettern. Dank meinem hohen allgemeinen Fitnessstand und sportlichen Ehrgeiz machte ich schnelle Fortschritte und erreichte nach nur drei Jahren bereits den französischen Grad 8a. Diese Leistungsspirale wurde dann jedoch jäh durch eine Schulterverletzung unterbrochen. Die Verletzung war so ausgeprägt, dass ein Wiedereinstieg in den Klettersport lange Zeit in Frage gestellt war. Nach einer langen Rehabilitation und Aufbauzeit kletterte ich wieder beschwerdefrei auf einem hohen Niveau und geniesse diesen Sport mehr denn je.

1.3 Häufungen von Fingerschmerzen beim Sportklettern

Hält man sich vermehrt in Sportklettergebieten auf, dann fällt auf, dass viele Kletterer einzelne Finger getapt haben. Viele, die diesen Sport ausüben haben bezüglich Schmerzen an den Finger oder anderen Körperpartien bereits Erfahrungen gemacht. Wird über Verletzungen diskutiert, dann berichten viele über Ringbandprobleme. Diverse veröffentlichte Studien zu diesem Thema haben die Sportkletterer diesbezüglich sensibilisiert. So ist zum Beispiel den meisten, die diesen Sport regelmässig ausführen klar, dass die aufgestellte Fingerposition die Ringbänder vermehrt belastet. Kaum ein Kletterer kennt aber weitere häufig auftretende Verletzungen im Klettersport. Deshalb stelle ich mir die Frage: „Welches sind die häufigsten Fingererletzungen und wie entstehen sie?“

1.4 Belastungsfaktoren und Komplexität des Sportkletterns

Es gibt wohl wenige Sportarten, die sich mit den sportphysiologischen und mentalen Anforderungen des Sportkletterns vergleichen lassen. Die psychische Belastung, hervorgerufen durch die ständige Gefahr eines Sturzes, lässt trotz Seil so manchem Kletterer das Blut in den Adern gefrieren, die Muskulatur verkrampfen und die Leistung schmälern.

Technische Herausforderung richtet sich nach der Variationsvielfalt des Felsens, dessen strukturelle Beschaffenheit, Oberflächenrauigkeit, Neigung, Griffart etc. ist unbegrenzt. Der Lösungsvorschlag, welchen das Gehirn für das jeweilige Felsproblem ausarbeitet, muss effizient sein und schnell zur Verfügung stehen. Denn während die Ermüdung des kletternden stetig zunimmt, verschlechtert sich dadurch die Koordination und Übersicht im selben Masse, wodurch die Gefahr eines Sturzes ins Seil ansteigt. Zudem

muss die technische Lösung des Problems mit der zur verfügbaren Kraftreserve übereinstimmen. Die richtige Taktik muss für die jeweilige Route entworfen werden. Wo sind Restmöglichkeiten? Klettert man dynamisch oder statisch? Wann ist man erholt und damit bereit für den nächsten Versuch? Technik, Taktik und Psyche haben viel mit Gewöhnung und Erfahrung zu tun. Dieses Thema ist so komplex, dass ich mich auf ein paar wenige Facetten beschränken muss, wie etwa zu der Beschaffenheit der Klettergriffe, Griffassungstechniken, Felssteilheit, Routenlänge, Routencharakter.

1.5 Training und Erholung

Wenn Kletterer ein misslungener Durchstiegsversuch einer Route analysieren, dann begründen sie dies meistens mit fehlender Ausdauer oder mit zu wenig Maximalkraft. Natürlich ist eine gewisse Ausprägung dieser beiden Leistungsfaktoren zum Begehen von schwierigen Routen unerlässlich, doch spielt auch die Technik, Taktik und Motivation eine grosse Rolle. Da aber die körperliche Fitness im leistungsorientierten Sportklettern dennoch die Grundvoraussetzung darstellt, wird diese auch am häufigsten trainiert. Aus Trainingswissenschaftlicher Sicht stellt sich daher die Frage: Welche Energiebereitstellungssysteme werden beim Sportklettern primär benötigt? Wie sollte in etwa der Trainingsplan einer Jahresperiode aussehen? Die Frage eines gesundheitlich vertretbaren Trainingsaufwandes, der Belastungsintensität und der Erholungszeit stellt sich auch hier und soll ebenfalls analysiert werden. Aus sportphysiologischer Sicht stellt sich mir die Frage: Wie viel an Ausdauer, Kraftausdauer, Maximalkraft, Schnellkraft, statisch und dynamische Kraft benötigt ein leistungsorientierter Kletterer? Wie sieht ein sinnvoller Trainingsplan über einen Jahreszyklus beim Sportklettern aus? Bei welchen Trainingstechniken besteht eine erhöhte Verletzungsgefahr?

1.6 Biomechanische Belastung

Die Hände und nicht zuletzt die Finger stellen beim Kletternden das Punktum Fixum und somit der Ort der Kraftübertragung dar. Die Felsstruktur stellt der menschlichen Hand eine Aufgabe, welche sie möglichst effizient zu lösen hat. Die auftretenden Kräfte, welche die anatomischen Strukturen der Finger belasten, sollen aufgezeigt werden um den Hergang von kletterspezifischen Pathologien zu Verstehen.

1.7 Diagnose, Therapie und Prävention

In der Physiotherapie wird die Arbeitshypothese mittels der Befunderhebung erstellt. Der klinische Denkprozess, den wir während der Anamnese und der Körperuntersuchung vollziehen gilt dem Erkennen des Ausmasses der Verletzung sowie der Differenzierung, welche anatomischen Strukturen betroffenen sind. Daraus ergibt sich die Arbeitshypothese und die zu treffenden Massnahmen und Behandlungstechniken. Oft sind die manuellen

Testungen (z.B. bei akuten schmerzhaften Traumen) nicht aussagekräftig oder gar kontraindiziert. Hier ist die vom Arzt gemachte bildgebende Diagnostik hilfreich. Aus Gründen des Umfangs dieser Themen wird sich diese Arbeit nur mit der für die Physiotherapie wichtigen Fragestellung der Anamnese, Ätiologie, Klinik, Therapie sowie der Unfallprophylaxe befassen.

1.8 Zielformulierung

Diese Arbeit soll Aufschluss geben über:

Die biomechanische Belastungsproblematik im Sportklettern, die häufigsten Verletzungen, wie sie entstehen und therapiert werden, wie Sportkletterer trainieren und vor allem, wie die Verletzungen vermindert oder vermieden werden können.

2 Zusammenfassung

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass der weitaus wichtigste Risikofaktor für Verletzungen, die sich beim Klettern ereignen, in der Höhe des Kletterniveau und zu kurz bemessenen Erholungszeiten manifestiert. Der Athlet muss sich bewusst sein, dass wenn man auf einem hohen Niveau klettert, sich einem hohen Verletzungsrisiko aussetzt, das sich auch durch Aufwärmen kaum verhindern lässt. Das oft betriebene Übertraining und das Auspowern am Schluss des Trainings, mit reaktiven- (plyometrisch) und maximal kräftigen Methoden, führt häufig zu Verletzungen. Generell kann gesagt werden, dass der grössere Teil der Verletzungen von schwerwiegender Natur ist, deren Heilung Monate bis Jahre dauert. Die Ursache hierfür ist bei der oftmals bagatellisierender Haltung der Sportler zu suchen, die häufig nach dem Ereignis weiter klettern, trotz Schmerzen weiter trainieren und erst nach längerem Leidensweg einen Arzt aufsuchen. Die verordneten, verletzungsbedingten Trainingspausen werden dann oft nicht eingehalten, was zu Rezidiven und zur Chronifizierung führt. 85%- 90% der Verletzungen betreffen den Oberkörper. Die am häufigsten beteiligte Griffart ist der Lochgriff, der zum Verkannten und Hängenbleiben der Finger neigt, gefolgt vom Leistengriff, der durch das Aufstellen der Finger verschiedene Verletzungen verursachen kann. Diese beiden Griffarten sind bereits für mehr als 50% der Verletzungen im Sportklettern verantwortlich. Es zeigt sich, dass ein rascher Leistungsanstieg zu einer erhöhten Verletzungsanfälligkeit führt, da Bänder und Sehnen mehrere Jahre benötigen, um sich an die gesteigerte Belastung anzupassen. Im Kinder und Jugendtraining sollte versucht werden, vor allem die Koordination und Bewegungsvielfalt mittels Spielformen an und neben der Kletterwand zu fördern. Krafttraining im eigentlichen Sinne sollte vermieden werden, da dies aus hormoneller Sicht keinen Sinn macht und die Epiphysenfugen zu sehr belastet. Funktionelle rumpfkräftigende Übungen sind dagegen indiziert. Hochlaktazide Trainingsformen entsprechen nicht den physiologischen und hormonellen Gegebenheiten des Kindes und macht somit wenig Sinn, dies zu trainieren. Wird an der Kletterwand trainiert, so sollten die Ruten mit ergonomischen Griffen ausgestattet sein, welche zum Halten keine aufgestellte Fingerposition erfordern. Generell sollte bei Kindern und Jugendlichen auf die aufgestellte Fingerposition bis zum absolvierten 16 Lebensjahr verzichtet werden. Die Trainer sollten bei Kindern, welche über Fingergelenksschmerzen klagen die progredient verlaufen, rasch eine fachärztliche Abklärung verlangen, um eventuelle Gesundheitsschädigende Spätfolgen zu vermeiden.

3 Einleitung

Das Klettern und Bergsteigen erlebte Anfang der 70er Jahre eine radikale Wende. Nicht der Gipfel war nun mehr das Ziel sondern der Weg als solcher wurde zur Herausforderung und somit zum zentralen Bestandteil der Kletterroute. Als weitere Steigerung wurde die Idee des freien Kletterns aus Amerika an die Felsen von Europa gebracht. Kurt Albert war einer der Ersten, der dies in Europa umsetzte. Er kletterte ohne Hilfsmittel. Seil und Hacken dienten nur zur Absicherung. Jede Route, die er ohne Sturz begehen konnte, markierte er mit einem roten Punkt. Der Rotpunktbegriff war geboren und wird noch heute als Inbegriff frei durchgestiegener Routen verwendet. Lange Zeit galt der damals magische 6. UIAA Grad als unübertreffbar. 1965 wurde die erste Route im 8. UIAA Grad geklettert. Erst zehn Jahre später wurde die erste 9er und 1983 durch Jerry Moffat die erste Route im 10. Grad eröffnet. Der Freiklettergedanke wurde von einigen Kletterern in den 70ern noch weiter verfolgt. So entstand eine neue Facette im Klettern, das Bouldern. Die Motivation entspringt der Idee, möglichst schwere Einzelstellen, ohne Seil und Hacken zu durchsteigen. Manche Kletterer verwendeten das Bouldern als Kraft- und Technikaufbautraining, um schwerere Routen begehen zu können. Andere widmeten sich fortan ausschliesslich dem Bouldern. Durch das leistungsorientierte Klettern entstanden 1985 erste Indoor Kletter- und Boulderanlagen, welche heute weit verbreitet sind und hohe Frequentierungszahlen aufweisen. Mittels solchen Trainingsanlagen konnte fortan das ganze Jahr trainiert werden. Eine weitere Leistungssteigerung war die Folge und der Name Klettern wurde zu Sportklettern umgewandelt. Erste professionelle Wettkämpfe wurden ausgetragen, Trainingspläne wurden ausgearbeitet zur weiteren Leistungsoptimierung. In den nachfolgenden Jahren sorgte vor allem ein Name in der Kletterwelt immer wieder für aufsehen und neue Rekorde im Schwierigkeitsklettern: Wolfgang Güllich. Mittels seiner fortschrittlichen Klettertechnik und neuartigen Krafttrainingsmethoden kletterte er 1987 die Route „Wallstreet“ UIAA Grad 11- und 1991 „Action Directe“ 11, welche noch heute als eine der schwersten Routen weltweit gilt. Bis heute gibt es lediglich ein gutes halbes Dutzend gekletterte Routen in diesem Schwierigkeitsgrad. Zwei Kletterer sind es heute, die eine gekletterte Route mit dem Grad 11+ vorschlagen. Seither wartet die Kletterwelt auf ihre Wiederholung und somit elf Jahre später auf die Bestätigung eines neuen höchsten Schwierigkeitsgrades oder auf eine allfällige Abwertung dieser Routen. Parallel zu dieser Entwicklung stiegen die Verletzungs- und Überbelastungsbeschwerden der Athleten. Ärzte und Physiotherapeuten wurden mit bis dahin unbekanntem Verletzungen konfrontiert. 1988 wurde durch die Studie von Bollen erstmals über Ringbandverletzungen bei Sportkletterern berichtet. Das Training hat sich wohl auch Dank zahlreichen Studien, in den letzten Jahren aus medizinischer Sicht deutlich zum Positiven gewandelt. Hochintensive, verletzungsträchtige Trainingsformen werden nur noch gezielt von Spitzensportlern eingesetzt. Die Kunstgriffe wurden zunehmend fingerschonender (ergonomischer) und an Indoor- Kletterwänden wurden Sicherheitsnormen eingeführt. (Hochholzer u. Schöffel 2001, 4f u. 28f; Glowacz u. Pohl 1989, 8f)

4 Häufig vorkommende Klettergriffformen und Haltetechniken

Das Ziel beim Halten eines Griffes ist, diesen mit möglichst wenig Kraftaufwand zu halten. Dabei spielt die Kontaktfläche und die Winkelstellung der Gelenke eine wichtige Rolle. Es wird einerseits versucht eine möglichst grosse Kontaktfläche der Haut zum Fels herzustellen, um so die Haftreibung optimal auszunützen. Der zweite wichtige Parameter ist die Winkelstellung der Fingergelenke. Es wird versucht die Position zu finden, bei der die Muskulatur mit der optimalsten Vorspannung am meisten Kraft entwickeln kann. Zwischen den beiden Grössen Haftreibung und Gelenkposition muss ein Kompromiss gefunden werden. Das ist die durch die Felsstruktur gestellte Aufgabe, welche die Eigenschaften und Fähigkeiten der menschlichen Hand zu lösen haben. Das halten eines Klettergriffes kann durch folgende Variablen beschrieben werden:

1. Die Anzahl der Finger, welche am Halten eines Griffes beteiligt sind, eingeteilt in Einfinger- Zweifinger- bis Ganzhandgriffe.
2. Die Anzahl der Fingerglieder, welche beim Halten eines Griffes beteiligt sind, eingeteilt in eingliedrige, zweigliedrige bis Ganzhandgriffe (Schweizer 1999, 52f).

4.1 Die aufgestellte Fingerposition

Laut Bollen (1988, 146) bevorzugen über 90% aller Kletterer die aufgestellte Fingerposition beim Halten kleiner Griffe. Zu den Gründen, warum denn so oft diese Griffposition gewählt wird zählen nebst den durch die Felsstruktur zwingend vorgegebene Position auch der Höhengewinn. Das Handgelenk ist bei der aufgestellten Grifffassung bis zu 8 cm höher als beim hängenden Grifftyp. So kann durch günstigere Hebelverhältnisse in der Schulter- und Armmuskulatur Kraft eingespart werden (Schweizer 1999, 59).



Abb. 1
Aufgestellte Fingerposition
(Hochholzer u. Schöffl 2001, 103)

Der aufgestellte Grifftyp, bei welchem die PIP Gelenke zwischen 60 und 120 Grad flektiert- und die DIP Gelenke hyperextendiert sind. Der Kontakt mit dem Fels besteht meist nur im Bereich der distalen Phalanx oder bis zum distalen Anteil der mittleren Phalanx (Schweizer 1999, 54).

4.2 Die hängende Fingerposition

Dieser Grifftyp wird ebenfalls sehr häufig verwendet. Das Einsatzgebiet liegt im wesentlichen bei Griffen, die eine grosse Hautkontaktfläche zulassen, oder sonst eine grosse Reibungskraft erzeugen wie Ganzhandgriffe oder scharfkantige Leisten.



Abb. 2 Hängender Grifftyp
(Schweizer 1999, 54)

Der hängende Grifftyp, bei welchem die beiden Interphalangealgelenke immer in ähnlichen Masse, insgesamt aber wenig flektiert sind (Schweizer 1999).

4.3 Der Lochgriff

Die Lochgrösse ist entscheidend, mit wie vielen Fingern es gehalten werden kann. Ob ein Loch mit hängender oder gestellter Fingerposition gehalten wird, hängt von dessen Beschaffenheit und der individuellen Vorliebe des Kletterers ab. Es wird in der Regel versucht, so viele Finger wie möglich in das jeweilige Loch zu platzieren. Dabei werden die Finger bei räumlich engen Platzverhältnissen sowohl neben wie auch übereinander gelegt. Es werden so möglichst viele Finger an der Haltearbeit beteiligt, welches die Belastung auf den jeweils einzelnen Finger senkt.



Abb. 3 Einfingerlochgriff
(Hochholzer u. Schöffl 2001, 104)

Wolfgang Güllich beschrieb einmal treffend: „Der einzige Vorteil vom halten von Einfingerlöchern besteht darin, dass die anderen Finger geschont werden (Hochholzer u. Schöffl 2001, 104).“

5 Das Ringbandsystem der Hand und dessen Biomechanik

Beim Sportklettern steigt die Fingerbelastung parallel zum Schwierigkeitsgrad. Im einfachen und geneigten Gelände, liegt der Schwerpunkt über der Unterstützungsfläche der Füße. Die Hände werden bloss zum Halten des Gleichgewichtes benötigt. Im überhängenden Gelände dagegen ist dies nicht mehr möglich und das Körpergewicht wird zunehmend von den Füßen auf die Hände verlagert. Dazu kommt, dass die Griffe kleiner und die Griffabstände grösser werden. Auch die Tritte nehmen Qualitativ und Quantitativ ab, was den Kletterer zwingt, mit mehr Anpressdruck ein abrutschen der Füße zu vermeiden. Dieser Anpressdruck wird erzeugt, indem der Kletterer eine Brückenstatik aufbaut. Wenn die Hüfte mittels Körperspannung in Richtung Fels gebracht wird, steigt der Druck unter den Füßen und der Griff kann mit weniger Kraftaufwand gehalten werden. Fehlt die Körperspannung, sackt die Hüfte ab und die Füße verlieren den Felskontakt. Die Finger werden nun zum alleinigen Punktum Fixum und die Kraft der Fingerflexoren ist nun entscheidend, ob der Sturz ins Seil noch vermieden werden kann. Ob so, wie hier beschrieben, oder bei einem Sprung an einen weit entfernten Griff, beide Male entstehen enorme Belastungen der oberen Extremitäten und speziell der Finger. Bei einem untersuchten Sprung an einen Griff wurde so 444 N für die Zughand des Kletterers berechnet (Köstermeyer, Tusker 1997, 45). Als biomechanisch relevant konnte beim Einklettern festgestellt werden, dass während den ersten 120 Kletterzügen die Exkursion der Beugesehnen oder das Bowstringing bei aufgestellter Fingerposition um 2- 4% im PIP Gelenk zunahm. Daraus resultiert eine physiologische Vergrösserung des Momentarmes. Griffe mit aufgestellter Fingerposition können so im aufgewärmten Zustand mit weniger Kraftaufwand als im unaufgewärmten Zustand gehalten werden (Schweizer 1999, 48, 81). Ein weiterer Aspekt, den es bei aufgestellter Fingerposition zu beachten gilt ist, dass das Handgelenk in einer Dorsalextension und einer physiologischen, ulnaren Abduktion steht. Beim aktiven An- und Durchziehen des aufgestellten Klettergriffes wird durch den starken M. biceps brachii der Unterarm in eine leichte Supinationsstellung gebracht. Dieser Supinationsbewegung muss der M. pronator teres entgegenwirken. Ist seine Kraft zu gering ergibt sich eine Supinationsbewegung und der Griff kann nicht mehr länger gehalten werden. Dieser Vorgang führt zu Belastungsspitzen an den Fingern, welches möglicherweise die Häufung von Ring- und Mittelfingerverletzungen erklärt (siehe Kap. 7.2). Der Zeigefinger wird nur selten verletzt, wohl durch den Schutz des Daumens. Dieser wird oft dicht neben oder über den Zeigefinger gelegt und sorgt so für zusätzliche Stabilität (Hochholzer u. Schöffl 2001, 50).

5.1 Das Ringbandsystem und seine biomechanische Kletterbelastung

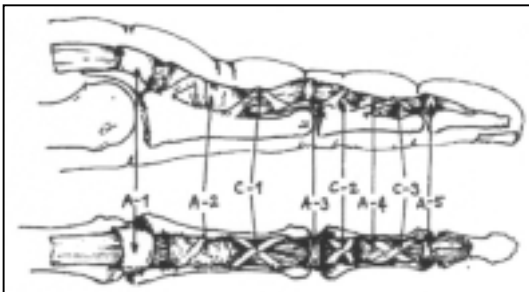
Die Beuge- und Streckmuskulatur der Finger, die ihren Ursprung am distalen Oberarm und am proximalen Unterarm hat, überspannt von Ursprung bis Ansatz viele Gelenke. Das ein solches Gebilde biomechanisch funktioniert bedarf eines ausgeklügelten, mechanischen Systems. Aus Gründen des Umfangs beschränke ich mich auf die Erläuterung der extrinsischen Fingermuskulatur und des Ringbandsystems.

Betrachtet man den Verlauf der Muskulatur der Extensoren, so stellt man fest, dass die Sehnen auf der dorsalen Seite der Phalangealknochen aufliegen. Bei flektierten Phalangealgelenken bilden die DIP, PIP und MCP Gelenke ossäre Hypomochleums, über die die Strecksehnen ähnlich wie bei einem Flaschenzug umgelenkt werden und so beim Anspannen der M. Extensoren die Phalangealgelenke wieder in die extensorische Ausgangsstellung gebracht werden. Auf der palmaren Seite der Phalangen verlaufen die beiden Beugeschienen der extrinsischen M. flexor digitorum profundus (FDP) und M. flexor digitorum superficialis (FDS). Diese beiden Sehnen liegen in einer Sehnenscheide und werden durch die Ringbänder (eng. Pulleys) am Knochen fixiert, welche ein ligamentäres Hypomochleum bilden. (Schweizer 1999, 33ff; Kapandji 1999, 190ff).

Das Ringbandsystem besteht aus der Palmaraponeurose, fünf ringförmigen- (A1- A5) und drei Pulleys (C1- C3). Die kreuzförmigen mechanische Belastung basiert hauptsächlich auf den ringförmigen Pulleys, wobei bei 90° Flexion im PIP Gelenk mit distalem Widerstand das A2 und A4 Pulley am meisten belastet werden. Der Grund dafür findet sich in der grossen Umlenkung der Sehnen im PIP Gelenk. In dieser Position hat durch die Bifurkation der FDS- Sehne nur die FDP- Sehne direkten Kontakt zu den A2 und A4 Pulleys und ist somit für dessen Belastung verantwortlich (Schweizer 1999, 45ff). Da die Reibung zwischen der FDP Sehne und dem A2 Pulley relativ hoch ist, kann dadurch bei statischer Haltefunktion der Finger

möglicherweise ein Teil der Kraft durch diesen hohen Reibungskoeffizienten übernommen werden (Wahlbeem et al. 1995 aus Schweizer 1999, 45). Bei 90° Flexion im PIP wurden auf das A2 Pulley Kräfte berechnet, die der etwa dreifachen distal einwirkenden Kraft entsprechen (Hume et al. 1995 aus Schweizer 1999, 46). Von Spitzenkletterern wurden so Pulleybelastungswerte von bis zu 80kg errechnet. Diese Werte liegen

Abb. 4
Das Ringbandsystem
(Schweizer 1999, 34)



somit über der Reisskraft, wie sie von anderen Untersuchungen (Manske et al. 1977; Lin et al. 1990 aus Schweizer 1999, 46; Warme u. Brooks 2000, 676) bestimmt wurden. Der jahrelange Trainingsaufbau dieser Kletterer führte wahrscheinlich zu einer strukturellen Anpassung, so dass deren Ringbänder deutlich stabiler sind als die der Durchschnittshand.

6 Die häufigsten Verletzungen, deren Mechanismen und Therapiemöglichkeiten

6.1 Unfallstatistik

Während in der Öffentlichkeit die Meinung vom Klettern als Risikosport verbreitet ist, geht aus einer Erhebung hervor, dass schwere Unfälle selten vorkommen (Schöffl u. Winkelmann 1999, 14f). Die statistische Untersuchung erfasste 25163 Trainingseinheiten in Indoor- Kletteranlagen. Als Unfall galt jene Verletzung, welche einen sofortigen Arztbesuch erforderte. Nach diesen Kriterien wurden lediglich 4 Fälle registriert, wovon 3 beim Bouldern und 1 beim Klettern erfolgte. Die Verletzungen waren alle relativ harmlos und keinesfalls lebensbedrohlich. Die Unfallwahrscheinlichkeit beziffern sie mit 0,016% pro Trainingseinheit. Die hier dargelegten Aussagen beziehen sich nur auf das Unfallrisiko und nicht auf das Verletzungsrisiko. Dies deckt sich mit einer englischen Untersuchung von 1,021 Millionen Trainingseinheiten. Sie ergab eine Unfallwahrscheinlichkeit von 0,6% pro Sportler und Jahr (Limb 1995 aus Schöffl u. Winkelmann 1999, 15). Diese Untersuchungen zeigen, dass Sportklettern keinesfalls als Risikosportart zu bezeichnen ist, da zum Beispiel nach einer Untersuchung die Unfallwahrscheinlichkeit im Schulsport bei 5% pro Schüler und Jahr liegt

(Klem et. al 1995, 285 aus Schöffl u. Winkelmann 1999, 15).

6.2 Verletzungshäufigkeit und Lokalisation

Bei Verletzungen und Überlastungen stehen Finger und Handläsionen im Vordergrund. Durch das überhängende Klettern werden die anatomischen Strukturen der Finger vermehrt belastet. Dies führt zu Anpassungserscheinungen aber auch zu vermehrten Verletzungen in dieser Region (Bollen 1988, 145). Wie wir aus Tab.1 entnehmen können, waren bei 604 verletzten Kletterern die oberen Extremitäten zu 74,3% betroffen (Schöffl et al. 2003, 39). Dies deckt sich in der Literatur mit Bollen 89% (1988, 146) Largiadér u. Oelz 90,3% (1993, 107) welche erklären: "Da beim Klettern in hohen Schwierigkeitsgraden die Maximalkraft und Kraftausdauer der oberen Extremitäten im Vordergrund steht, ist diese auch am meisten durch Überbelastungsverletzungen betroffen." In der Literatur werden die Überbelastungsverletzungen als häufiger vorkommend beschrieben, als die traumatische bedingten Verletzungen (Bollen 1988, 147; Krause et. al 1995, 32; Legiadér u. Oelz 1993, 111; Carmeli u. Wertstein 2001, 287).

Es zeigt sich weiter, je höher das Kletterniveau um so häufiger treten Beschwerden auf (Hochholzer u. Eisenhut 1993; U. Largiadér u. Oelz 1993, 111; Schäfer et. al 1998, 21; Schöffl et al. 2003,39).

In Tab. 2 betreffen drei der vier häufigsten Diagnosen die Finger. Diese Häufung von 41% deckt sich in der Literatur mit den Angaben Rooks 60% (1997, 264), Largiadér u. Oelz mit 58,5% (1993, 112), Bollen 50% (1988, 146) und

Krause et al. mit 70% (1995, 33). Bollen und Krause et al. sagen über dies aus, dass sich alle Verletzungen in einem etwa 2 cm grossen Areal in Höhe der PIP- Gelenke befinden.

Über die Verletzungsverteilung an den fünf Fingern Liegen nur unvollständige Ergebnisse vor. Die Angaben beziehen sich lediglich auf die am häufigsten verletzte Finger. So bezeichnet Schäfer et al. (1998, 22) den Ringfinger, als die am häufigsten verletzte Körperpartie überhaupt. Auch Andere Untersuchungen beschreiben eine mehrheitliche Verletzungskonzentration am Ringfinger (Bollen u. Gunson 1990, 17; Krause et al. 1995, 31; Schäfer et al. 1998, 22; Schöffel et al 2003, 40). Der Zeigefinger wird nur selten verletzt, wohl durch den Schutz des Daumens, der oft dicht neben oder über den Zeigefinger gelegt wird und so für zusätzliche Stabilität sorgt (Hochholzer u. Schöffl 2001, 50). Zur Verletzungsursache gaben Largiadér u. Oelz (1993, 111) an, dass die Kletterer die als Vorstiegsniveau den 9 UIAA-Grad und höher angaben 92% aller Verletzten der Untersuchungsgruppe ausmachten. Die Verletzten unterschieden sich von den Unverletzten nur in folgenden zwei Punkten: Kletterfrequenz (Häufigkeit) und folglich ein höheres Kletterniveau. Carmeli u. Wertheim (2001, 287) zeigten ihrerseits, dass mit zunehmendem Alter ebenfalls vermehrt Verletzungen auftraten, gaben aber als Hauptgrund für die Verletzungshäufung trainingsmethodische Fehler an. Diejenigen Kletterer, die 4-5 mal in der Woche intensiv trainierten, erlitten deutlich mehr Verletzungen als jene die weniger häufig trainierten. Schöffl et al. (2003) machten eine breit angelegte Studie über die Verletzungsverteilung. Sie untersuchten 604 verletzte Sportkletterer, deren Durchschnittsalter 28,3 Jahre betrug und im Mittel ein Rotpunktniveaus von 9- UIAA Grad angaben. Im Schnitt kletterten sie seit 7,3 Jahren.

Tab. 1 Verteilung der Verletzungen aus n=604 (Schöffel et al. 2003, 39)

Körperpartie	Anz.	%
Finger	247	41,0
Unterarm/Ellbogen	81	13,4
Fuss	55	9,1
Hand	47	7,8
Wirbelsäule/Rumpf	43	7,1
Haut	42	6,9
Schulter	30	5,0
Knie	22	3,6
Sonstige	37	6,1
Polytrauma	5	0,8

Die in Tab. 1 Erwähnten 0,8% Polytraumen sind zum Berechnen des Risikofaktors nicht valide, da in dieser Studie nur verletzte Probanden untersucht wurden. (Siehe dazu die Zahlen in Kapitel 4.1).

Tab.2 Differenzialdiagnosen der 41% Fingerbeschwerden aus n=604 (Schöffel et al. 2003, 39)

Körperpartie	Anz.	%
Ringbandruptur	74	12,3
Ringbandzerrung	48	7,9
Tendovaginitis	42	7,0
Kapselverletzung	37	6,1
Arthritis (akut)	12	2,0
Ganglion	11	1,8
Sehnenzerrung	7	1,2
Fraktur	7	1,2
Arthritis (chronisch)	5	0,8
M. Dupuytren	5	0,8
Quetschung	5	0,8
Sehnenteilruptur	4	0,7
Kollateralbandverletzung	3	0,5
Knöcherner Ausriss der Palmaraponeurose	2	0,3
Arthrose	2	0,3
Epiphysenfraktur	2	0,3
Lumbrikal Shift Syndrom	2	0,3
Phlegmone	1	0,1
Fingeramputation	1	0,1

6.3 Traumatische Verletzungen

Hierzu zählen jene Verletzungen, zu dessen traumatischer Entstehung eine Gewalteinwirkung mit in der Regel akuten Symptombeginn einhergeht. Legiadèr u. Oelz (1993, 110) beschreiben das Verhalten der Kletterer bei einem Unfallereignis wie folgt: 70% (N= 114) der Verletzten kletterten nach dem Unfallereignis weiter. 30% haben einen Arzt aufgesucht. 51% von ihnen benötigten eine Heilungszeit von Monaten bis Jahre. In 20% der Fälle wurde die Verletzung chronisch. Betroffen war zu 55% der Mittelfinger und zu 36% der Ringfinger, bei deren Verletzungshergang immer ein Seit- oder Untergriff beteiligt war.

Die folgende Darstellung soll Hilfe bei der Differenzialdiagnose unklarer Fingerschmerzen bei Sportkletterern geben und die einzelnen Verletzungsmuster darlegen.

6.3.1 Ringbandverletzung

Geschlossene Ringbandverletzungen treten fast ausschliesslich beim Sportklettern auf (Schöffl et al 2003, 40). Durch die aufgestellte Fingerposition kommt es zu hohen Druckbelastungen vor allem der A2-A4 Ringbänder. Diese Griffart wird in der Literatur einstimmig als die am meist verletzungsträchtigste deklariert (Bollen 1988, 145; Bollen u. Gunson 1990, 17; Bollen u. Wright 1994, 185; Legadièr u. Oelz 1993, 110 ,ect.). Bollen (1988) veröffentlichte als erster eine Studie über Ringbandverletzungen, die sich beim Sportklettern ereigneten. Er verzeichnete mehrheitlich A2 Pulleyrupturen am Mittelfinger. Zwei Jahre später, berichtet er in einer neuen Arbeit über mehrheitlich aufgetretne A2 Poulleyverletzungen am Ringfinger (Bollen u. Gunson 1990). Mit 26% war das die am häufigst, vorkommende Beschwerde. Auch Schäfer et al. (1998, 22), Hochholzer, Schöffl (2001, 50) und Schöffl et al. (2003, 40) kamen auf ähnliche Werte und bezeichnen ebenfalls den Ringfinger als den mehrheitlich betroffenen. Beim Greifen mit der ganzen Hand wird der Mittelfinger ausreichend durch Zeige- und Ringfinger stabilisiert. Verletzungen des Ringbandapparates am Mittelfinger finden sich vor allem beim Aufstellen sehr kleiner Griffe, welche nur mit Mittel- und Ringfinger gehalten werden (Hochholzer u. Schöffl 2001, 50) (siehe Kap. 5). Es richtig gestellt werden, dass die Ergebnisse von Schöffel et al (2003) sowie von Bollen u. Gunson (1990) von einem Klientel mit einem überdurchschnittlich hohen Kletterniveau stammen und somit ein gehäuftes Auftreten von Ringbandverletzungen wahrscheinlich ist. Durch technische Fortschritte wurde eine differenziertere Diagnose und eine Einteilung der Verletzungsschwere möglich. Die Differenzialdiagnose wird mittels Ultraschall im Wasserbad oder MRT gestellt (Schöffl et. al 2003, 39).

Abb. 5 Kernspintomogramm einer A2 Ringbandruptur

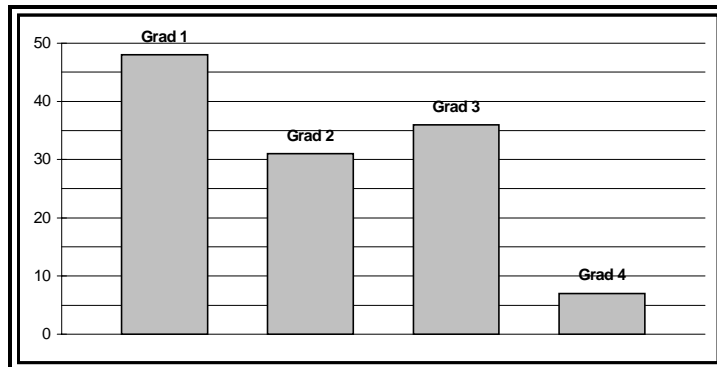


Normalerweise hat die Beugesehnen (schwarz) einen engen Verlauf am Knochen.

Der Pfeil markiert die A2 Pulleyruptur die Beugesehne ist

deutlich abgehoben, Blut (weiss dargestellt, weisser Pfeil) befindet sich im Bereich der Beugesehnenscheide (Hochholzer u. Schöffl 2001, 42).

Abb. 6 Verletzungsschwere bei 122 Ringbandverletzungen aus n=604 (Schöffl et al. 2003, 40)



Wie aus Tabelle 4 hervorgeht treten oft mehrere Verletzungen in Kombination auf.

Tab. 3 Pulley- Injury- Score (geschlossene Pulleyverletzung Schöffl et. al 2003, 39)

	Verletzung
Grad 1	Ringbandzerrung
Grad 2	Komplette Ruptur A4 oder Teilruptur A2 oder A3 Ringband
Grad 3	Komplette Ruptur A2 oder A3 Ringband
Grad 4	Multiple Rupturen, z. B. A2/A3, A2/A3/A4 oder singuläre Ruptur (A2 oder A3) in Kombination mit Verletzung der Mm. Lumbricales oder Kollateralbandruptur

Tabelle 4: Therapierichtlinien bei Ringbandverletzungen (Schöffl et. al 2003, 41)

	Grad 1	Grad 2	Grad 3	Grad 4
Therapie	konservativ	konservativ	konservativ	operativ
Immobilisation	nein	10 Tage	10-14 Tage	postoperativ 14 Tage
Funktionelle Therapie	2- 4 Wochen	2- 4 Wochen	4 Wochen	4 Wochen
Ringbandschutz	Tape	Tape	Thermoplastischer Ring	Thermoplastischer Ring
Leichte sportartspezifische Aktivität	nach 4 Wochen	nach 4 Wochen	nach 6- 8 Wochen	nach 4 Monaten
Volle sportart-spezifische Aktivität	nach 6 Wochen	nach 6- 8 Wochen	nach 3 Monaten	nach 6 Monaten
Taping während sportartspezifischer Aktivität	3 Monate	3 Monate	6 Monate	>12 Monate

Noyes (1977 aus Schweizer 1999, 79) beschrieb, dass eine 8 wöchige Immobilisation, zu einer Belastbarkeitsverminderung von 40% der Ligamente führte. Nach 5 Monaten Rehabilitation waren lediglich 80% und nach 12 Monaten 90% der ursprünglichen Stabilität wieder erreicht. Diese Werte unterstreichen die Indikation der heutzutage oft verordneten frühfunktionellen Physiotherapie.

Ätiologie der Ringbandruptur

- Fingerlochklettern.
- Leistenschnappen mit aufgestellten Fingern.
- Klettern an schmalen Leisten und plötzliches Abrutschen der Füße.
- Dynamisches Durchziehen von Griffen.
- Klettern in nicht aufgewärmten oder unterkühltem Zustand.
(Bollen 1988, 146; Schäfer et al. 1998, 22 ; Legiadèr u. Oelz 1993, 109; Hochholzer et. al 1993, 263; Hochholzer u. Schöffl 2001, 50).

Klinik der Ringbandruptur

- Schwellung mit nicht obligat sichtbarem Bluterguss.
- Schmerz oft nur bei Belastung.
- Bewegungseinschränkung.
- Tastbares Hervortreten der Sehnen (Bowstring nur bei vollständigem Riss).

Bollen u. Gunson (1990,17) benützten den Bowstringingpalpationstest als Ringbandrupturtest ebenso Hochholzer u. Schöffl (2001, 51) die noch ergänzen: „Bei einem Ringbandriss kann ein deutliches Schnalzen hörbar sein, das so laut ist, dass auch der mehrere Meter entfernte Sichernde dieses Geräusch noch hört.“

Abb. 7 Bowstringingtest
(Bollen u. Gunson 1990, 17)



Als sichtbares Zeichen einer Ringbandruptur nennt Bollen 1988 das „Bowstringing“ der Beugesehnen und vermutet zum Hergang eine mechanische Überbelastung der gerissenen Ringbänder durch die FDP- Sehne.

Therapie bei Ringbandruptur

- Operative Methode: Bevorzugt wird die Loop –and- a- half Technik nach Widstrom mittels einer Plastik der M. palmaris longus- Sehne (Schöffl et al. 2003, 40).
- Physiotherapeutisches Vorgehen, siehe hierzu unter Anhang: Spezifische Rehabilitation von Kapsel und Bandgewebe.

Prophylaxe der Ringbandruptur

- Ausgiebiges Aufwärmen (mindestens 120 Kletterzüge).
- Vermeiden von dynamischem Durchziehen, Schnappen oder Springen nach Griffen.
- Vermeiden von langem Klettern an der Leistungsgrenze. Die Finger bei Lochklettern so platzieren, dass sie beim unerwarteten Sturz aus diesem befreit werden können.
- Nie Maximalkraft am Ende des Trainings trainieren! (Campusboard, eventuell sogar mit Doppeldynamos).
(Hochholzer u. Schöffl 2001, 40, 51; Bollen 1988, 146, Schweizer 1999, 81).

6.3.2 Flexorsehnenverletzung

Dieses Verletzungsbild trifft man eher selten an. Legiadèr u. Oelz (1993, 110) geben die Häufigkeit mit 9,3% an. Hochholzer u. Schöffl (2003,41) gaben 1,16% an und meinen: Die Verletzung passierte vor allem bei hängender Fingerposition, wenn zusätzlich noch der Finger an der Kante eines kleinen, Griffes hängt. Die vergrößerte Haftreibung kann dann Kraftspitzen aufbauen, die beim plötzlichen Abrutschen der Füße zur direkten Sehnenzerrung führen kann. Die Differenzialdiagnose ist oft schwierig und wird mittels Sonographie oder MRT gemacht. Der Heilungsverlauf ist oft lang (3-4 Monate). Legiadèr u. Oelz (1993, 112) beschreiben ihrerseits, das Kletterniveau dieser Athleten war gemischt. Die grösste Gruppe kletterte <6 Grad und die Besten kletterten >9 Grad. 70% dieser Verletzungen geschahen beim Einüben eines schwierigen Einzelzuges, durchschnittlich im oberen 8 Grad. Die am Unfall beteiligte Griffart war zu 78% ein Lochgriff.

Ätiologie der Flexorsehnenverletzung

- Mehrfaches klettern eines schwierigen Einzelzuges.
- Halten eines Lochgriffes oder einer scharfkantigen Leiste unter plötzlichem Abrutschen der Füße.
- Vorbestehende Sehnenscheidenentzündung (schlechtere Ernährung und dadurch verminderte Belastbarkeit der Sehne).
(U. Legiadèr, O. Oelz 1993, 112; Th. Hochholzer, V. Schöffl 2003, 41)

Klinik der Flexorsehnenverletzung

- Schmerzen in der Hohlhand die über die Beugefalte am Handgelenk nach proximal ziehen.
- Bei der Untersuchung fällt ein deutlicher Funktions- und Belastungsschmerz am betroffenen Finger auf.

Therapie der Flexorsehnenverletzung

- Konservativ: Jod oder Wechselbäder, Ultraschall, Querfraktionen. Frühfunktionelle, schmerzfreie Fingergymnastik, sanfte Dehnungen (schmerzfrei) nach drei Wochen.
- Es sollte nie mit spürbaren Schmerzen trainiert werden.

Prophylaxe der Flexorsehnenverletzung

- Schwierig! Kein exzessives Ausbouldern an einer Einzelstelle. Keine utopischen Züge probieren. Nie mit Vorbestehenden Fingerschmerzen klettern.
(Th. Hochholzer, V. Schöffl 2001, 46)

6.3.3 Gelenkkapsel und Seitenbandverletzungen der Finger

Verletzungen der DIP- Gelenke

Legadiér u. Oelz (1993,112) geben die Häufigkeit dieser Verletzung mit 8,7% (n=112) an und geschahen meist in schwierigen Routen mit kleinen Griffen. Am Häufigsten war der Leistengriff und der Lochgriff mit geringer Tiefe beteiligt. Da solch kleine Griffe in aufgestellter Fingerposition mit hyperextendierten und maximal belasteten DIP- Gelenken gehalten werden, führt dies zu einer Überdehnung der volaren Kapselstrukturen. 89% dieser Verletzungen dauern Monate bis zur vollständigen Heilung. Oft rezidivieren sie mehrmals, weshalb diese Verletzung als schwerwiegend eingestuft werden muss.

Durch diese Überstreckung kann die Gelenkkapsel mit einem kleinen knöchernen Anteil (fibrocartilago volaris) ausbrechen. Diese Verletzungen werden häufig übersehen, es kann dann zu Streck- und Beugedefiziten mit langanhaltenden Schmerzen kommen (V. Schöffl et. al 2003, 38).

Verletzungen der PIP- Gelenke

Sie sind die am häufigsten verletzte Region überhaupt.

(Bollen u. Gunson 1990, 17; Bollen 1988,146 ; Krause et al. 1995, 33 etc.)

Beim verkanten in Fingerlöchern wird weniger der Bereich der Beugesehnen als viel mehr der Kapsel- Bandapparat betroffen. Der Verletzungshergang geschieht meist beim Durchziehen von Einfingerlöchern oder beim Rissklettern und geht häufig mit dem Ausrutschen der Füße und dem nicht rechtzeitigen Befreien der Finger einher. So kann es auch zu Fingerfrakturen oder in seltenen Fällen zu Amputationen kommen. Da die Seitenbänder eine seitliche Verstärkung der Gelenkkapsel darstellen und somit mit ihr verwachsen sind, sind diese differenzialdiagnostisch schwer auseinander zu halten (Th. Hochholzer, V. Schöffl 2001, 34, 44). (Siehe weitere PIP- Pathologien unter Kap. 6.4.2 und 6.4.3)

Verletzungen der MCP- Gelenke

Sind bei der Untersuchung von Legiadèr u. Oelz (1993, 112) nur bei zwei Probanden oder zu 1,9% festgestellt worden. Sie erklären sich die Diskrepanz zu Bollen (1988, 145) 18%, dass im englischen Sandstein wesentlich mehr Zangengriffe vorkommen als in der Schweiz oder in Deutschland und sehen somit den Hauptverletzungsgrund in diesen Griffarten. Da MCP Verletzungen in sonstiger Literatur kaum beschrieben werden, muss angenommen werden, dass sie in unseren Breitengraden eher selten vorkommen.

Ätiologie der Seitenbandverletzungen

- Verkanten in Fingerlöchern oder Rissen mit plötzlichem Ausrutschen der Füße. Überstrecken der Fingerendgelenke beim Durchziehen kleiner Leisten oder wenig tiefen Löchern.

Klinik der Seitenbandverletzungen

- Schmerzen beim passiven Testen sowie Palpationsdolenz.
- Eventuell sichtbarer Bluterguss.
(V. Schöffl et. al 2003, 41)

Therapie der Seitenbandverletzungen

- Je nach Resultat des klinischen Untersuches: Ruhigstellung mit Tape, Mittelgelenksschiene oder Gips.
- Bei einer Kollateralbandverletzung kann auch der betroffene Finger für die Stabilisierung mit dem benachbarten Finger zusammengetapt werden.
- Eine operative Therapie wird nur bei chronischen Kollateralbandinstabilitäten höheren Grades empfohlen.
(V. Schöffl et. al 2003, 41/ U. Neumann, D. Goddard 1995, 215f)

Prophylaxe der Seitenbandverletzungen

- Schwierig. Die Finger so platzieren, dass sie bei einem unerwarteten Sturz nicht hängen bleiben.
- Vermeiden von Routen mit fingerkräftiger Lockklettere.

6.3.4 Das Lumbrikalshiftsyndrom

Hierbei handelt es sich um eine seltene kletterspezifische Pathologie, die durch ein gezieltes, einfingeriges, Maximalkrafttraining entstehen kann, welches im Hochleistungssport zur Steigerung der Fingerkraft eingesetzt wird (G. Köstermeier, J. Weinek 1995). „Beim Einfingerlochtraining wird die belastete Profundussehne so stark gegen die unbelasteten benachbarten FDP Sehnen verschoben, dass die zwei gemeinsamen Ursprünge des 3. Mm. lumbricales an der 3. und 4. Profundussehne so stark voneinander gezogen werden und so Zerrungen oder Teilrupturen des M. lumbricales entstehen können“. Ebenfalls können nach dem gleichen Prinzip Verletzungen im M. flexor digitorum profundus auftreten. Während der zur belasteten Profundussehne gehörige Muskelbauch maximal statisch belastet wird, kontrahieren sich die drei übrigen Muskelbäuche, was zu starken Scherkräften im Übergangsbereich des gemeinsamen Muskelbauches führt (Schweizer 1999, 64f). Aus anatomischen Gegebenheiten kann das palmare Lumbrikalshiftsyndrom nur die Mm. lumbricales 3 und 4 betreffen, da nur sie einen gemeinsamen Muskelbauch besitzen (Netter 2000, 432). Schweizer beschreibt indessen nur die M. lumbricales 3 Verletzung. Es besteht diesbezüglich keine weitere Literatur.



Abb. 8 Lumbrikalshiftsyndrom
(Schweizer 1999, 65)

Der Ringfinger befindet sich für dessen Maximalkrafttraining in einer starren Bandschlinge. Hier wird bildlich veranschaulicht, wie sich die beiden Ursprünge des 3. Musculi lumbricales, die ihren Ursprung an der FDP- Sehnen des 3. und 4. Strahls haben, voneinander entfernen was zu einer Zerrung oder Riss im 3. M. lumbricales führt (Schweizer 1999, 65).

Ätiologie des Lumbrikalshiftsyndrom

- Durchblockieren eines Einfingerloches oder einfingeriges Maximalkrafttraining mit traumatischem Ereignis während der Belastung.

Klinik des Lumbrikalshiftsyndrom

- Schnappen oder reissähnliches Gefühl im palmaren Metakarpalbereich mit intensivem Schmerz.
- Einfingeriges Training kann für Wochen oder immer verunmöglicht sein, derweil kann, wenn der dritte und vierte Finger parallel in einem Zweifingerloch belastet wird vollständig schmerzlos maximal belastet werden.
(A. Schweizer, 1999, 64)

Therapie des Lumbrikalshiftsyndrom

- Die Therapie besteht aus lokalen Massnahmen: Zusammentapen der betroffenen Finger, spezielles Stretching der Mm. lumbricales (Schöffl et. al 2003, 42). (Extension der Fingergrundgelenke mit gestreckten Phalangen. Unfallhergang als schmerzfreie, passive oder aktive Dehnübung und bis zum Abklingen der Symptome ohne Widerstand anwenden.)

Prophylaxe des Lumbrikalshiftsyndrom

- Die Essenz aus einem einfingerigen Krafttraining ist gering und das Verletzungsrisiko gross. Ein solches Training ist dem Spitzenathleten vorbehalten und auch dieser sollte das Verletzungsrisiko abwägen. Dann gilt:
- Gutes allgemeines Aufwärmen und spezielles Aufwärmen an der Boulderwand. Mindestens 120 Züge mit progredienter Intensität. Die ersten Trainings sollten mit submaximaler Intensität ausgeführt werden, um die Belastungsverträglichkeit allmählich zu steigern (Köstermeier, Weineck 1995, 356; Schweizer 1999, 80) .

6.4 Überbelastungspathologien

„Überbelastungsbeschwerden kommen durch ein langandauerndes Missverhältnis zwischen Belastung und Belastbarkeit zustande (Hochholzer u. Schöffl 2001 49).“ Sie werden in der Literatur zahlreich als häufigste Beschwerden im Sportklettern beschrieben (Carmeli, Wertheim 2001, 286; Schäfer et. al 1998, 22;). Auch Legiadèr u. Oelz (1993,110f) stellten zu 65,4% Überbelastungsverletzungen fest, die zu 90,3% die oberen Extremitäten betrafen. In 53,6% der Fälle waren die Finger betroffen. Trotz schweren Verletzungen, die Heilungszeiten von Monate bis Jahre benötigten, suchten nur 30% der Betroffenen einen Arzt auf. Dies weist auf die verbreitete Art der Bagatellisierung hin, was oft zu einem schlechten Heilungsverlauf, oder gar zur Chronifizierung führt. Carmeli u. Wertheim (2001, 287) befand, dass langandauernde Trainingsphasen mit hoher Intensität und ohne ausreichende Regenerationsphasen (>3 Tr./ Wo.) der Häufigste Grund für Handverletzungen sei. Sie stellten eine enge Korrelation ($r= 0,86$) zwischen den Hand- Fingerverletzungen und der Trainingshäufigkeit fest. Schäfer et. al (1998,23) beschreibt, dass mit Zunahme des Leistungsniveaus die Verletzungshäufigkeit abnahm, die Häufigkeit von Überbelastungen jedoch zunahm. Sie erklären dies durch "sehr intensives, oft unadäquates Training."

6.4.1 Tendovaginitis

„Die Tendovaginitis einzelner Finger ist das häufigste Überlastungssyndrom beim Sportklettern (; Schöffl et. al 2003, 40).“ Die Sehne bildet zusammen mit der Sehnenscheide und dem Ringband eine funktionelle Einheit. Durch das Aufstellen der Finger entstehen grosse mechanische Reibungskräfte auf die, zwischen den Sehnen und den Ringbänder liegende Sehnenscheide, welche sich bei einer Überbeanspruchung mit einer Entzündung äussert (Hochholzer u. Schöffl 2001, 49).

Ätiologie der Tendovaginitis

- Häufiger Beginn während in den Wintermonaten als Folge intensiven Trainingsphasen an der Boulderwand durch aufstellen der Finger.
- Häufig repetierte, einseitige Belastung z.B. Campusboard- Training
- Zu kurze Erholungszeiten während des Trainings und Klettern in ermüdetem Zustand.
(Hochholzer u. Schöffl 2001 49- 52)

Klinik der Tendovaginitis

- Oft zeigt sich ein palmarer Druckschmerz und eine Schwellung auf Höhe des A2 Ringbandes meistens am Mittel- oder Ringfinger.
- Anamnestisch kann auch bei akutem Beginn kein echtes Trauma (Sturz, Hängenbleiben mit dem Finger, Peitschenknall usw.) festgestellt werden.
- Die Beweglichkeit kann infolge Schmerzen eingeschränkt sein. Typisch sind stechende oder ziehende Schmerzen bei Belastung, die häufig entlang der Sehne ausstrahlen. Im Sonographiebild zeigt sich ein Halophänomen (Vermehrung der Synovia in der Sehnenscheide).
(Schöffl et. al 2003, 40; Hochholzer u. Schöffl 2001 49- 52)

Therapie der Tendovaginitis

- Ruhigstellen mittels Schiene über eine Woche und anschliessender Schonung über weitere ein bis zwei Wochen.
- Tape kann die Schmerzen reduzieren.
- Eisabreibungen, Bürstenmassagen und Schwefelbäder können helfen.
- Einnahme von Antiflogistikum.
- In chronischen Fällen kann eine Corticoidinjektion zum Erfolg führen.
(Schöffl et. al 2003, 41)

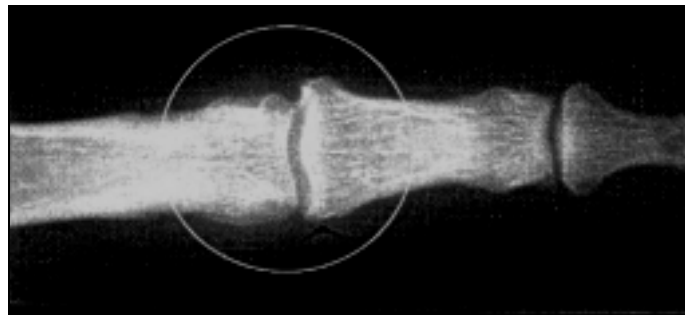
Prophylaxe der Tendovaginitis

- Vermeiden von aufgestellten Fingern. Keine sprunghaften sondern allmähliche Belastungssteigerungen im Trainingsaufbau mit ausreichender Regenerationszeit.
- Schmerz respektieren= Schonung und Trainingspausen (verhindert Chronifizierung)
- Vermeiden von hochbelastenden, monotonen Trainingsserien (Campusboard).
(Hochholzer u. Schöffl 2001 49- 52)

6.4.2 Kapsulitis, Arthritis

Schwellungen der Fingergelenke sind bei den Sportkletterern häufig vorkommend, sie zeigen sich häufig am Mittel- und Endgelenk des Mittel- und Ringfingers. Zum einen handelt es sich um Anpassungsvorgänge, wie kräftige Seitenbänder, zu einem grossen Teil sind es aber Überbelastungserscheinungen. Durch das Aufstellen der Finger wird das Fingermittelgelenk (PIP) fast maximal gebeugt und das Endgelenk überstreckt. Bei dieser isometrisch belasteten Gelenkstellung wird der Gelenksknorpel nicht mehr gleichmässig durchgewalkt, sondern punktuell belastet, was bei hohem Druck zur Ausschwemmung der im Knorpel gelagerten Enzyme führt. Diese Knorpelenzyme reizen die Fascia Synovialis, eine Sinovitis (Synovia Überproduktion, Gelenkschwellung) ist die Folge. Es entsteht ein Teufelskreis aus: Überbelastung- Erguss- Schleimhautschwellung- vermehrte Bildung von Gelenkflüssigkeit usw. Verwunderlich ist, dass Kletterer mit jahrelang bestehenden Gelenkschwellungen über keinerlei Schmerzen klagen. Ob sich hier eine Druckschädigung der Nervenendigungen in den Gelenkkapseln oder eine höhere Schmerztoleranz entwickelt hat, ist noch nicht geklärt (Hochholzer u. Schöffl 2001, 56- 58; Schöffl et. al 2003, 41). Bollen u. Gunson (1990, 17) stellten bei jedem vierten Wettkampfkletterer Schwellungen und Bewegungseinschränkungen mehrheitlich am 3 und 4 Finger fest. Sie deuteten diese aber als Restbeschwerden von alten, traumatischen Verletzungen. Hochholzer et. al (1993, 264) sahen bei 40% Gelenksverdickungen, welche die häufigst gestellte Diagnose in dieser Studie war.

Abb. 9
Osteophytäre Verbreiterungen der Gelenke finden sich bei vielen langjährigen Kletterern (Hochholzer u. Schöffl 2001, 60).



Ebenso knöcherne Verbreiterungen im Bereich des A2 Ringbandes (links ausserhalb vom Kreis) (Bollen u. Wright 1994, 186).

Abb. 10
Kortikalisverdickung und ossäre Ausziehungen an der Insertion der FDS und FDP Sehne (Krause et. al 1995, 31)



Ätiologie von Kapsulitis, Arthritis

- Hohe statische Belastungen mit immer wiederkehrenden kleinen Gelenksverletzungen.
- Klettern mit aufgestellten Fingern.
(Krause et. al 1995, 32 ; Hochholzer u. Schöffl 2001, 60)

Klinik von Kapsulitis, Arthritis

- Die Gelenksschwellung äussert sich mit: Abnahme des Bewegungsumfanges der betroffenen Gelenke.
- Verschlechterung der Feinmotorik.
- Morgensteifigkeit der Fingergelenke, welche sich nach einigen Bewegungsübungen verbessert.
- PIP- Gelenke sind häufiger betroffen als die DIP- Gelenke.
- Schmerzen häufig erst nach der Belastung.
- Bei starker Entzündung Ruhe- und Nachtschmerz.
(Hochholzer et. al 1993, 266 ; Hochholzer u. Schöffl 2001, 58)

Therapie von Kapsulitis, Arthritis

- Akutphase: Kurzfristige Ruhigstellung, Eisabreibungen
- Subakutphase: Wärme, Bewegung ohne Belastung (Softbälle, Knetmassen, Qi-Gong- Kugeln), oszillierende Traktionen.
- Chronische Phase: Schwefelbäder, bei Misserfolg Kortikoidinjektion.
- Ergänzend siehe Anhang: Spezifische Rehabilitation von Kapsel und Bandgewebe.
(Krause et. al 1995, 32 ; Hochholzer u. Schöffl 2001, 59)

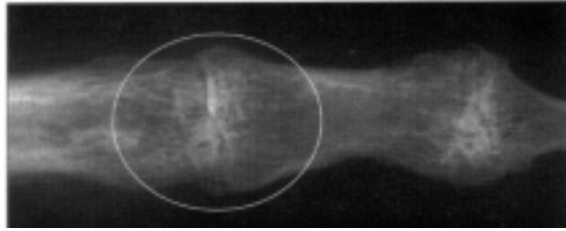
Prophylaxe von Kapsulitis, Arthritis

- Gleiche Prophylaxe wie bei Kap. 6.4.1

6.4.3 Arthrose

Die Frage, ob langjähriges Klettern zu einer frühzeitigen Arthrose der Fingergelenke führt, ist noch nicht geklärt und bedarf zur Beantwortung die Resultate laufender Langzeitstudien. Es gibt jedoch einige Anhaltspunkte: Es scheint, dass Männer eher gefährdet sind als Frauen. Es sind eher genetisch schlecht bewegliche Personen betroffen und Kletterer mit ungünstigen Hebelverhältnissen (lange, dünne Finger) und Kletterer mit vielen schlecht ausgeheilten Verletzungen. Interessanterweise gibt es auch Röntgenaufnahmen von langjährigen Spitzenkletterern mit keinerlei Verschleisserscheinungen. Also muss die Entwicklung der Arthrose nicht zwangsläufig mit dem Klettern beginnen (Hochholzer u. Schöffl 2001, 59-62). Krause et. al (1995, 33) stellten bei der Untersuchung von 49 fingerverletzten Kletterern lediglich 2 Mal eine Fingerarthrose und 10 Mal einen Gelenkserguss fest. Bollen u. Wright machten (1994, 186) von 36 Elite Sportkletterern (Alter 20- 50J.) radiologische Aufnahmen der Hände. Es zeigte sich eine signifikante ($P > 0,01$) Verdickung der Cortikalis der Os Phalangealknochen sowie Schaftverbreiterungen im Bereich der Ringbänder. Subchondrale Zysten waren bei 17 und osteophytäre Ausziehungen (Gelenksverbreiterungen) bei 14 Kletterern festgestellt worden. Bei der nicht kletternden Kontrollgruppe waren bei lediglich zwei Fällen subchondrale Zysten und keine osteophytäre Anzeichen entdeckt worden. Bei zwei Kletterer über 40 Jahre zeigten sich Bewegungseinschränkungen der Fingergelenke und Schmerzen bei kalten Witterungsverhältnissen. Alle anderen waren ohne Beschwerden.

Abb. 11
Schwere Arthrose (48-jähriger Kletterer. Trotzdem besteht lediglich eine leichte Bewegungseinschränkung. Er verspürt kaum Schmerzen! (Hochholzer u. Schöffl 2001, 61)



Ätiologie der Arthrose

- Genetische Prädisposition.
- Chronisch, wiederholte Mikrotraumata und Gelenkentzündungen
- Trainingsmethodische Fehler (zu hohe Belastungen und zu schnelle Steigerung der Belastung).
(Hochholzer u. Schöffl 2001, 62)

Klinik der Arthrose

- Anfänglich Belastungsschmerz, später auch Ruhe- und Nachtschmerz.
- Gelenkerguss und Bewegungseinschränkung.
- Radiologisch zeigt sich das typische Bild der Arthrose mit Gelenkspaltverschmälerung, Osteophyten und Sklerosierung der Gelenkspartner.
(Krause et. al 1995, 32 ; Hochholzer u. Schöffl 2001, 62)

Therapie der Arthrose

- (Siehe im Anhang: Spezifische Rehabilitation von Kapsel und Bandgewebe.)

Prophylaxe der Arthrose

- Längere Phasen mit verminderter Belastung sind einzuplanen z.B. 1 Monat Trainingspause vor der Winteraufbauphase. Langsam angepasster Trainingsaufbau über Jahre.
- Warnsymptome beachten und handeln.
- Fingergymnastik nach dem Training (siehe Therapie 5.4.2).
- Belastende Trainingsformen und Griffarten vermeiden (Keine Doppeldynamos am Campusboard etc. und aufstellen der Finger).
(Krause et. al 1995, 32 ; Hochholzer u. Schöffl 2001, 62)

6.4.4 Tennisellbogen, Golferellbogen und "Climber- elbow"

In der Verbindung Muskel- Sehne- Knochen stellt die Sehne das schwächste Glied dar und wird am Übergang Sehne- Knochen infolge grossen mechanischen Elastizitätsunterschiede häufig überlastet. Ebenso entscheidend ist, dass aus dem langsameren Zellumsatz der Sehne eine längere Regenerationszeit resultiert (Hochholzer u. Schöffl 2002, 46). (Weitere Erläuterung hierzu unter Anhang: Spezifische Rehabilitation von Tendo- Ossärem Übergang).

Ellbogenbeschwerden beklagen viele Kletterer. Im Bereich des Ellbogengelenkes überwiegen die Insertionstendinosen infolge von Überbelastungen und Mikrotraumata. Die Häufigkeit dieser Problematik beziffert Bollen mit 22% (1988, 145f), Largiadèr u. Oelz 14,2% (1993, 110), Krause et al. 13% (1995, 33), Rooks 20% (1997, 264) und Schäfer et. al mit

33% (1998, 23) welche bei ihrer Untersuchung als die Häufigste Überbelastungsbeschwerde deklariert wurde.

Bollen (1988, 146) beschreibt erstmals den "climbers elbow" als anterioren und häufigster Ellbogenschmerz an, welchen er als eine Ansatzendinopathie des M. brachialis diagnostizierte, hervorgerufen durch die, im Klettern typische flektierte und pronierte Stellung im Ellbogen und Unterarm. Weiter bezeichnet er den lateralen Ellbogen (Tennisellbogen) als häufiger Verletzt, als der Mediale (Golferellbogen). Andere Resultate wies Schäfer et. al (1998, 23) vor bei ihnen überwogen die Medialen gefolgt von den Anterioren Elbogenbeschwerden. Krause et. al (1995, 31) berichteten über mehrheitlich mediale, als laterale Beschwerden und befanden keine anteriore Beschwerden. Hochholzer u. Schöffl (2001, 64-67; 2002, 46f) beschreiben den anterioren Ellbogenschmerz als Überlastung der Bicepssehne und bei antero- medialer Problematik handle es sich dann aber eher um eine Ansatzüberbelastung des M. pronator teres. Das häufige Auftreten von Beschwerden am lateralen Epikondylus lässt aber darauf schliessen, dass die Finger und Handgelenksstrecker beim Klettern ebenso beansprucht werden, wie die Beuger. Die Fingerbeuger können ihre maximale Kraft nur entfalten, wenn die Fingerstrecker das Handgelenk stabilisieren. Weiter führt ein muskuläres Ungleichgewicht zur Überbelastung der schwächeren Muskelgruppe. Die Therapie gestaltet sich schwierig. Largiadèr u. Oelz (1993, 112) beschreiben den Krankheitsverlauf bei Ellbogenbeschwerden, mit einer Rezidivhäufigkeit von 63% und diese mit durchschnittlich fünf Mal. Die Zahlen zeigen die oft chronisch bestehende Problematik auf.

Interessant ist der kontroverse Therapievorschlag zwischen Largiadèr u. Oelz (1993, 114) die als generelle Verletzungsprophylaxe den Verzicht von Kraftübungen mit proniertem Vorderarm befürworten und statt dessen ein Krafttraining aus 0° Pro/Supination vorschlagen. Hochholzer u. Schöffl (2001, 67) dagegen schlagen vor, nach Abklingen der Symptome ein gezieltes Training der überbelasteten Struktur mit prinzipiell pronierten Unterarm vorschlagen, mit der Begründung, das Kraftdefizit des M. pronator gegenüber den supinierenden Muskeln auszugleichen. Beim ziehen an einem Klettergriff entstehe durch den starken Supinator (M. biceps brachii) ein Drehmoment, welches den relativ schwachen M. pronatoren entgegenwirke. Erbringen die Pronatoren zu wenig Kraft, so mache die Hand eine Supinationsbewegung und der Griff könne nicht mehr gehalten werden. Dieser Vorgang begünstige eine Überbelastung des Sehnenansatzes am medialen Epikondylus.

Aus therapeutischer Sicht bin ich ebenfalls der Meinung, dass für ein ambitioniertes Klettern funktionelle, kräftige M. pronatoren äusserst wichtig sind.

Ätiologie der Epikondylophatie

- Eine Epikondylophatie kann entstehen, wenn Maximalbelastungen mit hoher Wiederholungszahl durchgeführt werden.
- Einseitiges Training wie z.B. wiederholtes Ausbaldern einer Kletterstelle, Steckbrett und Klimmzugpyramiden, intensives Blockieren, exzentrische und reaktive Trainingseinheiten (Sprünge an Griffe).
- Klettern im ermüdeten Zustand.
- Zu kurze Regenerationszeiten zwischen den Trainingseinheiten.
- Muskulären Dysbalancen und Muskelverkürzungen und (selten) Blockade im Radio-Ulnargelenk.

- Häufige Wiederholung der Mantletechnik (Durchstosstechnik am Ausstieg eines Boulders, wenn auf einem Felsblock ausgestiegen wird.)
(Th. Hochholzer, V. Schöffl, 2001, 67/ 2002, 46f; J. Schäfer et. al 1998, 23)

Klinik der Epikondylopathie

- Es zeigt sich eine Druckdolenz am jeweiligen Sehnenursprung, sowie Schmerz bei Dehnung und bei isometrischer Belastung der betroffenen Muskelgruppe.
(Winkel et. al 1987, 240ff)

Therapie der Epikondylopathie

- Bei Überbelastungsbeschwerden sollte so lange pausiert werden, bis die Schmerzen vollständig abgeklungen sind.
- Die Therapiemaßnahmen umfassen: Vorübergehende Kletterpause. Nach Abklingen der Beschwerden, Beginn eines gezielten Aufbautrainings der überbelasteten Muskelgruppen.
- Veränderung der Klettertechnik, vielseitigere Trainingsübungen und Methoden.
(Siehe weiter unter Anhang: Spezifische Rehabilitation von Tendo- Ossärem Übergang.)
(Hochholzer u. Schöffl, 2001, 67; Winkel et. al 1987, 240-259)

Prophylaxe der Epikondylopathie

- Klimmzüge sollten nur in Pronationsstellung durchgeführt werden.
- Beim Training Griffart und Griffbreite ständig variieren.
- Die Klimmzüge sollten nicht aus kompletter Hängstellung heraus gemacht werden, weil es dabei zu extremen Kraftspitzen am Sehnenansatz kommt.
- Die Handextension und Pronation sollte gezielt Dynamisch gegen Widerstand trainiert werden. Vor dem Training sollte ein Aufwärmen und nach dem Training ein Dehnen aller Unterarmmuskeln stattfinden (siehe hierzu Kap. 8.7).
(Hochholzer u. Schöffl, 2001, 64-67)

6.4.5 Epiphysenfugenverletzung

Heutzutage klettern Jugendliche Routen die vor 10 Jahren absoluten Spitzenkünstlern vorbehalten waren. Unterstützt werden jugendliche Kletterer dabei durch ihr relativ geringes Gewicht, was eine hohe Relativkraft ermöglicht. Das Klettern in schwierigen Routen belastet hauptsächlich das Fingermittelgelenk (PIP) und die benachbarten anatomischen Strukturen, wie Ringbänder und Sehnencheiden (siehe Kap. 5.1 und 6.2). Die Wachstumsfugen weisen aufgrund ihrer hohen Teilungsrate eine hohe Gefährdung gegenüber allen starken Druck- und Scherkräften auf. Dies gilt in besonderem Maße für den pubertären Wachstumsschub. Beim männlichen Geschlecht führt der Anstieg des Testosteronhormons dazu, dass der Anteil der Muskelmasse von 27% auf 40% zunimmt. Die Zunahme der daraus resultierenden Kraft und Gewichtes birgt deshalb eine zusätzliche Gefährdung einer Epiphysenfugenverletzung (Buhl 1980, 33 aus Weineck, 2002, 107f, 110). Verletzungen der Wachstumsfugen können einen frühzeitigen Verschluss (Wachstumsstop) zur Folge haben oder zu vermehrtem Wachstum führen und Verformungen nach sich ziehen. Geht die Verletzung durch die Wachstumsfuge mitten in das Gelenk, führt dies meist zu erheblichen Deformitäten und ein Dauerschaden wird unvermeidlich. Der Untersuch von 22 Verletzten ergab, dass alle mit aufgestellten Fingern kletterten und ihr

Training in den letzten Monaten vor der Verletzung intensivierten. Viele führten ein Maximalkrafttraining an Leisten oder am Campusboard durch (Hochholzer u. Schöffl 2001, 50ff).

Ätiologie der Epyphysenfugenverletzung

- Die vermehrte Testosteronausschüttung führt zum pubertären Wachstumsschub. Die vermehrte Zellteilung der Wachstumsfuge vermindert deren Belastbarkeit, bei gleichzeitiger Körpergewichts-, Muskelmasse- und Kraftzunahme.
- Hochbelastende Trainingsformen verschärfen die Gefahr einer Verletzung.

Klinik der Epyphysenfugenverletzung

- Verletzungshäufig im Alter von 14-16 Jahren.
- Beginn meist ohne Trauma, langsam zunehmende Beschwerden.
- Meistens ist der Ringfinger betroffen.
- Häufig keine Verdickung des betroffenen Gelenks feststellbar.
- Palpationsschmerz häufig nur punktuell.
- Ruhe und Belastungsschmerz sowie ein Streck- und Beugedefizit.

Therapie der Epyphysenfugenverletzung

- Eine Beschwerdefreiheit kann nur bei einer frühen Erkennung und bei eingehaltener Entlastung erreicht werden. Mindestens drei bis sechs Monate striktes Kletterverbot.

Prophylaxe der Epyphysenfugenverletzung

- Finger nie aufstellen, keine Maximal- und Reaktivkrafttrainings solange das Wachstum nicht abgeschlossen ist. (Sinnvoller Aufbau, siehe Kap. 9 Kinder und Jugendtraining).
- Gezielte Auswahl von ergonomischen Kunstgriffen an der Boulder- und Kletterwand. (Th. Hochholzer, V. Schöffl 2001, 50ff)

7 Verletzungsprophylaxe

7.1 Das Aufwärmen

„Eine hohe Bewegungsfrequenz und Kraftentwicklung setzt einen optimalen Erwärmungszustand voraus. Bei einem Temperaturoptimum laufen die biochemischen Reaktionen bis zu 20% schneller ab. Ein ausreichendes Aufwärmen ist deshalb zum Erreichen der Maximalleistung unabdingbar. Zudem wird durch das Aufwärmen die innere Reibung herabgesetzt, die Dehnfähigkeit und Elastizität erhöht, andererseits nimmt auch die Leitgeschwindigkeit des Nervensystems zu, womit die Reaktionsfähigkeit sowie die Steuerungsprozesse optimiert werden. Je älter der Sportler, um so bedeutsamer und länger hat das Aufwärmen zu erfolgen“. Kinder erreichen nach einem fünfminütigen Aufwärmen bereits einen 50% Aufwärmeeffekt. Das Optimum liegt bei jüngeren bei etwa 10 Minuten und kann bei älteren Personen bis zu 60 Minuten dauern. „Tests zeigen, dass die motorische Leistungsfähigkeit während des ganzen Tages zunimmt.“ Dies bedeutet folglich, dass am Morgen ein längeres Aufwärmen nötig ist als am Abend. Generell sind beim Einwärmen hohe Laktatwerte unbedingt zu vermeiden, weil dadurch die muskuläre Leistungsfähigkeit beeinträchtigt wird (Weineck 2002, 416, 649ff).

Laut Schweizer (1999, 80f) der das Verhalten des A2 Pulley beim Aufwärmen untersuchte, beschreibt, dass die einzig Wirksame Aufwärmethode in Bezug auf das Pulleysystem das langsam steigende Einklettern darstellte. Er stellte fest, dass erst nach 100- 120 Kletterzügen der Bowstringeffekt der Fingerbeugesehnen nicht mehr weiter zunahm und somit das A2 Ringband seine Kollagenfaserausrichtung vollzogen und die optimale Reisskraft erreicht hat. Bei keiner anderen Aufwärmethode konnte er diese Veränderung der Sehnenabhebung beobachten.

7.1.1 Kälte und Leistung

Betrachtet man den Effekt des Aufwärmens nicht vom verletzungsprophylaktischen, sondern vom Leistungsaspekt aus, so müsste nach dem physiologischen Aufwärmmodell von Weineck (2002, 416, 649ff) bei einer Kühlung gegenteilige, leistungsmindernde Effekte zu beobachten sein.

Joch et al. (2002, 11-15) testeten an einer regelmässig sportausübender Studentengruppe das körperliche Leistungsverhalten bei Kälteanwendung und nicht aufgewärmten Zustand. Untersucht wurde das Verhalten der isometrischen Maximalkraft (Beine), maximale Tretkurbelfrequenz auf den Fahrradergometer und die Handballwurfgeschwindigkeit. Gekühlt wurde mittels Ganzkörperanwendung während 2-3 Minuten bei -110 C° . Resultat: In der Maximalkraft wiesen die Frauen mit +5% gegenüber den Männern mit +2,5% eine höhere Maximalkraft aus. Lediglich eine der 10 Testpersonen verschlechterte sich im gekühlten Zustand um $-2,5\%$, alle anderen verbesserten sich mit bis zu 10,5%. Beim Tretfrequenztest wurde eine um 4,5% bessere Leistung bei gekühlten Probanden festgestellt. Die Handballwurfgeschwindigkeit war unmittelbar nach der Kühlung schlechter,

als im unaufgewärmten Zustand. 20 Minuten später waren dann aber alle Werte deutlich besser. Der Vergleich zum Aufgewärmten Zustand kann nicht gemacht werden, da dies nicht untersucht wurde. Joch et al. (2002, 11,15) verweisen auf die Untersuchungen von Brück (1987) und Schuh (1991) die besonders in der Ausdauerleistung eine Leistungssteigerung durch Kälteanwendungen aufzeigen konnten. Die Frage vom Einfluss von Kälte auf die sportliche Leistung ist noch nicht klar zu beantworten, hierzu bedarf es weiteren, Untersuchungen.

7.2 Aufwärmen zum Klettern

Das Aufwärmen hat von einem globalen, in dem der gesamte Organismus mit einbezogen ist zu einem spezifisches Aufwärmen über zu gehen, in dem zunehmend sportartbezogene Bewegungen (Klettern) mit steigenden Belastungen erfolgen (Köstermeyer 2001, 72).

Allgemeines Aufwärmen:

- Laufen oder Anstieg zum Fels
- Sanftes dynamisches Dehnprogramm für Unterarme, Arme, Schulter, Bein und Hüfte (Wiemann, A. Klee 2000, 8). (Dehnen siehe Kap. 9.7)

Spezielles Aufwärmen:

- Ball oder Ring kneten
- Routen Klettern oder Bouldern (100- 120 Kletterzüge) mit langsamer Steigerung der Schwierigkeit und Griffgrösse.

Rouenlänge und Neigung sollte der Zielroute entsprechen.

In den Kletterpausen sollte durch entsprechende Bekleidung ein Abfall der Körpertemperatur verhindert werden. (Köstermeyer 2001, 73; Schweizer 1999, 80).

7.3 Muskuläre Dysbalancen

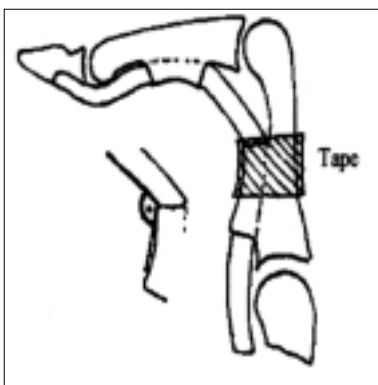
Die meisten Sportarten haben trotz ihrer scheinbaren Vielfältigkeit eine sehr einseitige Belastungsstruktur und führen zu einer einseitigen Kraftentwicklung. Die immer ausgeprägter werdende Diskrepanz zwischen Agonist der zur Verkürzung neigt und des Antagonisten der abgeschwächt ist, kann langfristig zu Leistungseinbussen, Verletzungen oder Beschwerden führen. „Störungen in der Muskulatur bedingen Störungen im Gelenk und umgekehrt.“ Eine gut ausgeglichene Muskulatur bildet den besten Schutz des Bewegungsapparates (Weineck 2002, 246,336f,490). Ein häufig verwendetes Bewegungsmuster beim überhängenden Sportklettern ähnelt dem PNF-Armuster ASTE: ABD/ EXT/ AR ESTE: ADD/ EXT/ IR.

Als Ausgleichstraining müsste also die Gegenrichtung trainiert werden.

7.4 Taping

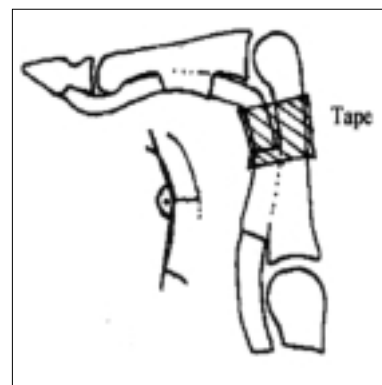
Schmerzende Finger oder Ringbandrupturen werden in der Regel von den Kletterern mittels zirkulärem Taping selbständig behandelt. Die Athleten haben diese Therapieform selbständig entwickelt und wenden sie häufig an (Bollen 1990, 18). Die Idee ist, das überbelastete oder verletzte Ringband mittels einem mehrfach zirkulär um den Phalanx angebrachten Tape zu entlasten. Ich stütze mich hierzu auf die Arbeit von Schweizer (1999), der die Biomechanik des A2 Pulleys und die Effektivität des Tapings untersuchte. Er kam zum Schluss, dass ein Taping direkt über dem A2 Pulley eine nur sehr geringe Kraft aufnehmen kann und je stärker der Kletterer ist, je weniger nützt das Tape, so dass bei sehr starken Athleten bloss 5% an Kraft durch das Tape aufgenommen wird und sich somit ein Tape über dem Ringband als wenig effektiv herausstellt. Bei weiteren Testungen stellte sich eine Tapingmethode als deutlich wirksamer heraus. Das Tape wird dabei nicht über dem A2 Pulley sondern direkt proximal des PIP Gelenkes (proximale, palmare Hautfalte) zirkulär um den Phalanx angelegt. Das Tape bildet so ein künstliches Pulley und übernimmt so die Aufgabe der Umlenkung für die FDP Sehne. Da die Sehnenabhebung in diesem Bereich grösser ist als über dem Pulley kann hier auch eine um 13% bessere Kraftaufnahme des Tapes gemessen werden. Als bedeutend wichtiger, als die verbesserte Kraftaufnahme, wird das um 22% reduzierte Bowstringing der Sehnen gegenüber 4% der konservativen und allgemein verbreiteten Tapingmethode angesehen. Warme u. Brooks (2000, 676) untersuchten die Effektivität des Tapings an den Händen von Leichen. Auch sie stellten eine nicht signifikante aber tendenziell grössere Belastbarkeit fest, wenn ein Tape verwendet wurde.

Abb. 12 Konventionelles Tape
Schweizer 1999, 74



Tape, wie es allgemein bei Kletterern angewendet wird. Direkt über dem A2 Ringband. 5% Kraftaufnahme und 4% verminderte Bowstringing Exkursion (Schweizer 1999, 74).

Abb. 13 Neue Tapingmethode
Schweizer 1999, 74



Tape proximal des PIP- Gelenkes. 18% Kraftaufnahme und 22% verminderte Bowstringing Exkursion (Schweizer 1999, 74).

8 Training

8.1 Trainingsprinzipien

„Die Trainingsprinzipien stellen übergeordnete Handlungsanweisungen für den Trainingsprozess dar“ (Köstermeyer 2001, 8). Das Prinzip des richtigen Trainingsaufbaus ist nicht nur für die Leistungsoptimierung wichtig, sondern birgt bei prinzipiellen Fehlern eine grosse Verletzungsgefahr. So zitieren Carmeli, Wertheim (2001, 287) : Langandauernde Trainingsphasen mit hoher Intensität, ohne ausreichende Regenerationsphasen (>3 Training/ Woche) als den häufigsten Grund für Handverletzungen und Schäfer et. al (1998, 23) beschreiben, dass mit Zunahme des Leistungsniveaus die Überbelastungsverletzungen zunahm als Folge sehr intensiven, oft unadäquaten Training.

Tab. 5 Therapieprinzipien (Köstermeyer 2001, 9)

Bedeutung	Trainingsprinzip des
Auslösung der Anpassung	wirksamen Belastungsreizes der progressiven Belastungssteigerung der Variation der Belastung
Sicherung der Anpassung	der optimalen Gestaltung von Belastung und Erholung der Wiederholung und Kontinuität der Periodisierung und Zyklisierung
Steuerung der Anpassung	der Individualität und Altersgemässheit der Regulierenden Wechselwirkung einzelner Trainingselemente

Prinzip des wirksamen Belastungsreizes

Dieses Prinzip beinhaltet die Forderung der Mindestintensität des Trainingsreizes um eine Anpassung auszulösen. So ist z. B. beim Krafttraining von Untrainierten eine Mindestreizstärke von 30% der isometrischen Maximalkraft schon Anpassungen auslösen kann, während Trainierte Reize von 70% und mehr benötigen (Weineck 2002, 28).

Prinzip der progressiven Belastungssteigerung

Wird mit einer gleichbleibenden Trainingsbelastung über lang Zeit trainiert, findet eine Gewöhnung statt. Der Trainingsreiz wird unterschwellig und das Training ineffizient. Um dieser Anpassung entgegen zu wirken, wird die Intensität allmählich oder sprunghaft gesteigert. Sprunghafte Steigerung sind immer mit einer grösseren Verletzungsgefahr verbunden (Radlinger et. al. 1998, 60). Die Belastungssteigerung findet nach folgender Regel statt.

Tab.6 Prinzip der progressiven Belastungssteigerung (Radlinger et al. 1998, 60)

Progredienz	Praktische Umsetzungsbeispiele
1. Intensität	Erhöhung des Kraftaufwandes durch höhere Gewichte.
2. Häufigkeit	von 2 auf 3 Trainingseinheiten pro Woche steigern.
3. Umfang	Serienzahl erhöhen.
4. Dichte	Verkürzung der Serienpausen.
5. Intensität	Wechsel zur nächst intensiveren Belastungsform. Von der allgemeiner Kraftentwicklung, zur spezifischen (sportartorientiert), zu Muskelaufbau, Maximalkraft, Schnellkraft und Reaktivkraft.

Werden die fünf Anfangsbuchstaben als Abkürzung geschrieben, so entsteht das Wort **IHUDI** als Eselsbrücke (Radlinger et. al. 1998, 56ff).

Prinzip der Variation der Trainingsbelastung

Die Variation erfolgt über Veränderung der Bewegungsgeschwindigkeit, Übungsauswahl, Pausenlänge und der Methoden. Sie ist nötig um die Gewöhnung und die daraus resultierende Plateauphase zu vermeiden.

Prinzip der optimalen Relation von Belastung und Erholung

Der Prozess der Entwicklung wird in Phasen unterteilt, man unterscheidet: Die Belastungsphase und die Erholungsphase inklusive der Superkompensation. Mit einer kohlenhydratreichen Ernährung, Dehnen und Auslaufen kann die Wiederherstellungszeit verkürzt werden. Wird die Erholungsphase mehrmals zu kurz bemessen, besteht die Gefahr des Übertrainings, was zur Formverlust und Abnahme der sportlichen Leistungsfähigkeit führt (Weineck 2002, 34f).

Prinzip der Wiederholung und Kontinuität

Nur ein regelmässiges Training führt zu einer fortlaufenden Leistungssteigerung und zu einer Belastungsverträglichkeit (Radlinger et. al. 1998, 67).

Prinzip der richtigen Belastungsfolge

Sollen mehrere Leistungskomponenten in derselben Trainingseinheit geschult werden, stehen am Anfang Übungen, für dessen Effektivität eine vollständige Erholung nötig ist. So wird die Koordination vor Schnelligkeit, Schnellkraft oder Maximalkraft absolviert. Es folgen Übungen die einer unvollständigen Erholung bedürfen. Zum Beispiel: Muskelaufbau und Kraftausdauer. Am Ende stehen Übungen, die der Schulung der Ausdauer dienen (Weinek 2002, 31). Im Klettern bedeutet dies: 1. Aufwärmen: lockeres einklettern 2. Technik: Klettern im sicheren Onsigth- Bereich. 3. Kraft: Bouldern. 4. Rotpunktversuche (Kletterroute am Leistungslimit). 5. Ausdauer (aerobes- anaerobes Schwellentraining) und 5. Abwärmen (aktive Erholung, Laktatabbau) (Kunz 1996, 79).

Prinzip der Periodisierung und Zyklisierung

„Die Unterteilung der langfristigen Zyklen erfolgt in Vorbereitungs- Wettkampf- und Übergangsperioden. Das Wintertraining dient beim Klettern im Normalfall der Vorbereitung auf die Wettkampf- oder Leistungsperiode im Frühjahr und Sommer“ (Köstermeyer 2001, 13). (Siehe Periodisierung Kap.8.8.1)

Prinzip der Individualität und Altersgemässheit

Verschiedene Athleten benötigen auch verschiedene Trainingsprogramme. Ebenso die verschiedenen Altersstufen, wie bei Kindern, Jugendlichen und Senioren. Dies muss bei der Trainingsplanung berücksichtigt werden.

Regulierende Wechselwirkung der Trainingselemente

Jede Sportart hat ihr eigenes Anforderungsprofil. Im Training wird darauf geachtet, dass Teilaspekte wie Koordination, Technik, Kraft etc. so miteinander kombiniert werden, dass eine optimale Leistungsverbesserung erreicht wird. Für den Kletterer stehen Technik, Kraft und Kraftausdauertraining an erster Stelle. Die Grundlagenausdauer ist als untergeordnet zu betrachten. Ein übergeordnetes Grundlagenausdauertraining kann die anderen Faktoren negativ beeinflussen und zu einem Leistungsverlust führen (Köstermeyer 2001, 13).

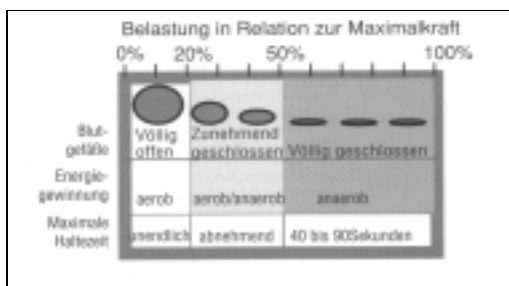
8.2 Die motorischen Anforderungen des Sportkletterns

Eine Untersuchung der Sportschule Köln zeigt, dass die allgemeine körperliche Ausdauer (aerobe Kreislaufbelastung) nicht zu den Leistungsimitierenden Faktoren beim Sportklettern zählt (Neumann u. Goddard 1995, 151f). Anders die lokale Kraftausdauer der Fingerbeugemuskelatur. Sie wird in der Literatur häufig als leistungslimitierend beschrieben. Da selbst beim Bouldern Belastungszeiten von 30 Sekunden und mehr erreicht werden, ist auch hier die Kraftausdauer von entscheidender Bedeutung (Köstermeyer 2001, 44).

8.2.1 Der Zusammenhang von Kraft und Ausdauer

Die Kontraktion des Muskels führt ebenso zu einer Kompression der Blutgefäße im Muskelinnern und erschwert oder verunmöglicht so die lokale Muskeldurchblutung und somit den Stoffwechselfaustausch. Liegt der Krafteinsatz unter 15% der isom. Maximalkraft erfolgt die Energiebereitstellung auf aerobem Weg. Zwischen 15% und 50% erfolgt sie aerob/anaerob und bei über 50% der isom. Maximalkraft erfolgt sie rein anaerob (Weinek 2002,143). Mit zunehmender Intensität wird also immer mehr Laktat gebildet. Der Kletterer spürt dies an dem sogenannten „aufblasen, oder dick

Abb 14 Belastung in Relation zur Maximalkraft (Neumann u. Goddard 1995. 131)



werden der Unterarme“. Dieses subjektive Empfinden ist wichtig, um die körperliche Belastung bewusst steuern zu können. Im Grundbereich sollten sich die Unterarme nur ganz leicht, oder gar nicht aufgeblasen anfühlen. Im Entwicklungsbereich sollten sie sich aufgeblasen aber nicht hart anfühlen. Das hartaufgeblasene Gefühl wird im Grenzbereich erwünscht (Köstemeyer 1999, 78f). (siehe Kap. 8.3)

8.2.2 Die Bedeutung der anaeroben-laktaziden Glykolyse im Sportklettern

Unter dem Aspekt des Anteils der leistungsbeteiligter Muskulatur unterscheidet man die allgemeine und lokale Ausdauer, unter dem Aspekt der muskulären Energiebereitstellung und unter Beizug der zeitlichen Belastung wird die Energie anaerob, anaerob/aerob und aerob bereitgestellt. Die meisten Sportarten benötigen eine Mischform in der Energiebereitstellung und es sollten somit auch die benötigten Ausdauerformen trainiert werden. Der Klettersport darf wohl zu den Spportsportarten gezählt werden, bei denen typischerweise die Energiebereitstellung häufig von aerob zu anaerob wechselt und die allgemeine Ausdauer eine untergeordnete Rolle spielt. Durch die ständige Entleerung und Wiederauffüllung, des im Muskel gelagerten Glykogens, erfolgt die superkompensatorische Anpassung der Energiespeicher und kann bis zu einer 100%igen Erhöhung der Glykogeneinlagerung in der Muskelzelle führen. Diese intrazellulären Glykogenvorräte sind wiederum wichtig für die anaerobe Glykolyse und bewirken eine gesteigerte anaerobe Leistung (Weineck 2002,141, 147f, 185, 202). Viele Kletterer kennen das Gefühl der Ermüdung am Ende eines intensiven Klettertages, wenn Klettergriffe, an denen zu beginn noch mit wenig Kraftaufwand geklettert wurde, plötzlich bloss noch 1-2 sec. gehalten werden können und trotz Belastungszeiten von über 30 sec. keine Übersäuerung mehr stattfindet. Dieses Phänomen tritt auf, wenn die intrazellulären Glykogenvorräte sich dem Ende zu neigen und dadurch eine sehr beschränkte anaerobe Glykolyse stattfindet, welche bloss noch eine kleine Laktatproduktion zulassen. Dieser Zustand der kompletten

Glykogenspeicherentleerung wird mit dem Intensiven Kraftausdauertraining verfolgt mit dem Ziel der anachfolgenden, intrazellulären Glykogensuperkompensation. (Siehe Kap. 8.3 Kreiseln)

8.3 Angewandtes Ausdauertraining für Kletterer

„Unter Ausdauer wird allgemein die psychophysische Ermüdungswiderstandsfähigkeit des Sportlers verstanden. Die Ausdauer beim Kletterer bewirkt, dass er sich länger an einem Griff festhalten kann. Die Ausdauer wird je nach Belastungszeit in drei Kategorien unterteilt: Die Kurzzeitdauer KZA (Typischer Kraftausdauerbereich) 45 sec.- 2 Minuten, die Mittelzeitdauer MZA 2-8 Minuten und die Langzeitdauer LZA 8-90 Minuten (Weinek 2002,141).

Tab. 7 Ausdauerform und Energiebereitstellung (Köstermeier 1999, 77)

Abgrenzungskriterium	Kurzzeitdauer	Mittelzeitdauer
Belastungsdauer	35s – 2 min.	2 min - 10 min.
Energiebereitstellung	Anaerob - .alaktazid anaerob - laktazid	Anaerob - laktazid aerob
Routencharakteristik	Langer boulder Boulderquergang	Route, Wettkampfroute

Im Klettern werden drei Stoffwechselsysteme beansprucht. Der anaerob-alaktazide, der für kurze Zeit viel Energie liefert; der dominant anaerob-laktazide der relativ viel Energie liefert und für einige Zeit ausreicht (KZA) und der dominant aerobe Stoffwechsel, der wenig Energie liefert, diese aber über einen langen Zeitraum bereitstellt (MZA, LZA). Beim Klettern treten sowohl intensive (Boulderpassagen), wie auch extensive (Ruhepositionen) Bereiche auf. Es sollten also alle drei Stoffwechselsysteme trainiert werden. Man unterscheidet im Training daher drei bereiche voneinander. der Grundbereich, der Entwicklungsbereich und der Grenzbereich.

Tab. 8 Bereiche und Ziele im Ausdauertraining (Köstermeier 1999, 77)

Trainingsbereich	Belastungsintensität	sub. Empfinden	Trainingsmethode
Grundbereich	ca. 75 – 85% der Rotpunktbestleistung	leicht dicke Arme	extensive Intervallmethode
Entwicklungsbereich	ca. 85 – 95% Rotpunktbestleistung	mittelmässig dicke Arme	intensive Intervallmethode
Grenzbereich	95 – 100% Rotpunktbestleistung	extrem dicke Arme	Wiederholungsmethode

Im Klettertraining kommen hauptsächlich die extensive (umfangbetonte) und intensive (intensitätsbetonte) Intervallmethode sowie die Wiederholungsmethode zur Anwendung (Weinek 2002, 176ff) . Die Berechnung der Belastungsintensität im Routentraining erfolgt durch Umrechnung des UIAA-Grades. Beispiel: Ein Kletterer mit einer Bestleistung von 8+ Rotpunkt klettert den metrischen Grad 8,3 der entsprechende Grundbereich liegt bei 75- 85%

Tab. 9 Umrechnungstabelle
(Köstermeyer 1999, 78)

UIAA- Grad	Metrischer Wert
7	7,0
7+	7,3
8-	7,6
8	8,0

davon = 6,2- 7,1; was einem UIAA-Schwierigkeitsbereich von 6+ bis 7 entspricht. Den Einbezug des subjektiven Empfindens (siehe Kap. 8.2.1) ist wichtig, da dieser Aspekt von der Tagesform abhängt. Die Durchführung des Trainings im Grundbereich erfolgt durch Klettern im senkrecht bis leicht überhängenden Gelände. Die anderen Bereiche werden in 10- 35° überhängend trainiert (Köstermeyer 1999, 78).

Das Spulen (Aerobes intensives lokales Ausdauertraining)

Unter Spulen wird die Dauermethode verstanden. Routen oder Boulders werden möglichst ohne Pausen 20-30 Minuten ohne zu übersäuern geklettert. Dieses Training an der anaeroben Schwelle entleert rasch die lokalen Glykogenspeicher vor allem der Unterarmmuskulatur. Ein solches Training darf höchsten dreimal pro Woche durchgeführt werden, da sonst die Zeit zur Wiederauffüllung zu kurz ist (Köstermeyer 1999, 79).
Negativerscheinung: Ein zu ausgeprägtes Ausdauertraining führt zu einer Abnahme der Kraft und Schnellkraft (Weinek 2001, 146, 171, 213).

Boulder verbinden (Ausdauertraining)

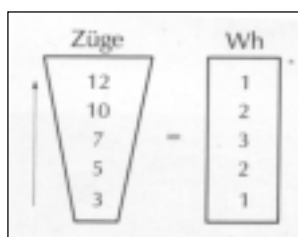
Ein Boulder wird im Kreis geklettert, am Ausgangspunkt wird eine Ruheposition eingenommen. Anschliessend wird der Gleiche oder ein anderer Turnus gebouldert bis erneut der gleiche Ruhepunkt wieder erreicht wird (Köstermeyer 1999, 80). Tempowechsel stellen eine wirksame Methode zur Verbesserung der aeroben und anaeroben Kapazität dar (Michailov 1972, 1014 aus Weineck 2002, 184).

Kreiseln (Intensives lokales Kraftausdauertraining, KZA)

An einer Boulderwand wird ein Kreis von Griffen ausgesucht, an denen bis zum Abfallen geklettert wird. Es sollten nicht mehr als 30 Züge möglich sein.

Boulderpyramide (KZA)

Abb. 15 Boulderpyramide
(Köstermeyer 1999, 80)



Hier werden möglichst homogene Boulders von 3- 15 Zügen geklettert, wobei die Anzahl der Boulders und der Züge immer mehr vergrössert werden. Bei diesem Training werden alle Stoffwechselsysteme nacheinander beansprucht. Wie in jedem Training besteht auch hier die Gefahr der Gewöhnung. Daher sollten die Trainingsmethoden und Intensität häufig geändert werden (Köstermeyer 1999, 80).

8.4 Krafteraining

Kraft ist die Fähigkeit des Nerven- Muskelsystems durch Innervations- und Stoffwechselprozesse, mittels Muskelkontraktionen Widerstände zu halten, zu überwinden oder ihnen nachzugeben. Die Grösse der Kraft wird durch folgende Faktoren beeinflusst:

- **Energiebereitstellung:** Zur Kontraktion benötigt der Muskel ATP (Adenosintriphosphat), das aus dem Kreatinphosphat, welches wiederum aus dem Zitronensäurezyklus aus Fett, Kohlenhydraten und Eiweissen gewonnen wird.
- **Muskelmasse:** Entscheidend ist der Muskelquerschnitt.
- **Intramuskuläre Koordination: (Maximalkraft)** Sie findet innerhalb eines Muskels statt. Die Kraft hängt wesentlich davon ab, wie viele Muskelfasern gleichzeitig neural innerviert werden können. Diese Fähigkeit wird in der Literatur auch maximale Rekrutierung genannt. (Radlinger et. al. 1998, 22ff, 95ff).
- **Fasertyp:** Die Art und Verteilung der verschiedenen Muskelfasern basieren auf genetischer Veranlagung. Wir unterscheiden grob die roten, ausdauernden Muskelfasern des Typ- 1 Fasern, deren Energiebereitstellung im allgemeinen aerob erfolgt und die schnellzuckenden, kräftigen weissen Muskelfasern des Typ- 2 deren Energiebereitstellung einen hohen anaeroben Umsatz aufweisen. Es wird uns also in die Wiege gelegt, ob man ein guter Boulderer wird, oder besser lange Routen klettert (Radlinger et. al. 1998, 109ff; Köstermeyer 2001, 15).
- **Intermuskuläre Koordination:** Sie beschreibt die Qualität der Zusammenarbeit von der, an der Bewegung beteiligten Muskeln und ermöglicht kontrollierte zielgerichtete Bewegungen (Weineck 2002, 96).

Je nach Trainingsmethode kann entweder die Muskelmasse (Hypertrophie-training 8- 12 Wh. in 10- 20"), die Kraftentwicklung der Muskulatur verbessert (Intramuskuläre Koordination 1-5 Wh. langsam bis zügig), das Zusammenspiel der Muskeln (Intermuskuläre Koordination) bzw. die Geschwindigkeit der Kraftentwicklung erhöht werden (Radlinger et. al. 1998, 64ff; Köstermeyer 2001, 15). Eine solide Maximalkraft ist zum Durchsteigen von schweren Kletterrouten unabdingbar und kann z.B. mittels Boulderpyramiden (siehe kap. 8.3) trainiert werden (Köstermeyer 1999, 80. Üblicherweise absolviert man in einem solchen Training mit mehreren Serien (bis zu 10 Serien), mindestens aber 15 Wh. oder 30 Sekunden Gesamtbelastungszeit zum Erreichen einer muskulären Anpassung (Radlinger et. al 1998 b, 73).

8.5 Koordination und Technik

„Die Koordination befähigt den Sportler, motorische Aktionen in vorhersehbaren (Stereotyp) und unvorhersehbaren (Anpassung) Situationen sicher und ökonomisch zu beherrschen (Frey 1977, 356 aus Weineck 2002, 537). Eine hochgradige Entwicklung der Gewandtheit ist nur über eine ständige Variation und Kombination der Übungsmethode und Inhalte zu erreichen. Die Koordination sollte nur in erholtem Zustand trainiert werden (Weineck 2002 554). Der Kletterer trainiert die Technik in der Könnerstufe, das heisst in dem Schwierigkeitsgrad, der perfekt beherrscht wird und ohne dicke Arme zu bekommen möglich ist. Es sollten möglichst viele on sight Begehungen gemacht werden um variierende Bewegungsabfolgen beliebig verbinden zu können. Kann ein Kletterer die Technik auch unter erschwerten Umständen umsetzen z. B. bei starker Ermüdung oder Stressbelastung bei schwierigem Vorstiegsgelände, spricht man von einem relativen Könner. Erreicht ein Kletterer die Könnerstufe in den höchsten Schwierigkeitsgraden nennt man dies einen absoluten Könner (Glowacz u. Pohl 1989, 48).

8.6 Taktik

Unter Taktik versteht man das Planmässige, auf die eigene und genetische Leistungsfähigkeit und auf die äusseren Umstände abgestelltes Verhalten (Weineck 2002, 605). Die Taktik beim Klettern lässt sich untergliedern in:

- Handlungsplan vor dem Klettern: Optische Inspektion, einschätzen der zu erwartenden Schwierigkeit, sich motivieren.
- Handlungsplan während des Kletterns: Schnell klettern oder rasten? Schnell klettern (dynamisch) bringt vor allem in überhängenden Felspassagen ein energetischer Vorteil und der dynamische- somit dem statischen Stil vorzuziehen ist (Knecht et. al 1996, 50).
- Handlungsplan nach dem Klettern: Wie lange Pausen zwischen den Kletterversuchen, Pausengestaltung, Planung der weiteren Klettertage und Ruhetage (Glowacz u. Pohl 1989, 64f).

8.7 Beweglichkeitstraining und Dehnen

Das Beweglichkeitstraining wird in aktive und passive Dehntechniken unterteilt, wovon vor allem die passiven Techniken (statisch und dynamisches Dehnen) unter Sportwissenschaftlern angeregt kontrovers vertreten werden. Die Notwendigkeit von Dehnmassnahmen wurde so von Tidow (1997) anhand von Tierbeispielen (Hunde und Katzen) die ein spontanes Dehnen vollziehen untermauert. Hunde und Katzen dehnen sich jedoch nicht vor einer Anstrengung, sondern nach einer längeren Ruhephase und dann höchstens ein bis zwei Mal während 1-2 Sekunden (Wiemann u. Klee 2000, 5). Anders als bei der Indikation (ausgenommen sind pathologische Verkürzungen) herrscht über die Wirkung des Dehnens weitgehende Einigkeit. Beim Kurzzeitdehnen können Steigerungsraten von bis zu 8% und

mehr erzielt werden (Wydra1991; Wiemann 1994b). Trotz vielfacher Beteuerung unterscheidet sich die Wirksamkeit von dynamischem Dehnen nicht von der, des statischen Dehnens (Stretching) oder ist in Einzelfällen sogar höher (Wydra 1991; Wiemann 1997). Der Beweglichkeitsgewinn findet dabei vor allem in den ersten 3- 5 dynamischen Wiederholungen statt (Wiemann 1994; Wydra 2000). Smith et. al (1993) stellten fest, dass durch Dehnen alleine schon Muskelkater erzeugt werden kann und dies bei statischem- eher als beim dynamischen Dehnen. Wiemann (1995) liess eine Testgruppe ein exzentrisches Krafttraining ausführen und zwischen den Serien wurde jeweils nur eine Körperseite statisch gedehnt. Zwei Tage nach der Belastung war der Muskelkater auf der gedehnten Seite signifikant höher. Statisches Dehnen scheint somit die Myofibrillen in ähnlicher Weise zu belasten wie Krafttraining und somit Mikrotraumen innerhalb der Muskelfaser zu fördern. Somit erscheint insbesondere das statische Dehnen als Mittel der Verletzungsprophylaxe in der Aufwärmphase als ungeeignet. Ebenso konnte festgestellt werden, dass die Schnellkraftleistung nach statischem Dehnen ebenfalls abnahm und noch 30 Minuten später anhielt (Wiemann, Klee 1994; Henning et. al 1994; Wiemann u. Klee 2000, 8). (Der oben stehende Text basiert vollständig aus der Studie von Wiemann u. Klee (2000, 5-9). Die zitierten Studien sind somit als Sekundärstudien zu betrachten.)

Ist eine verbesserte Beweglichkeit erwünscht, sollte Folgendes beachtet werden: Als optimal erweist sich ein täglich zweimal durchgeführtes Beweglichkeitstraining (Harre1976, 174 aus Weineck 2002, 491).

Das Beweglichkeitstraining sollte nie bei muskulärer Ermüdung durchgeführt werden, da der zu dehnende Muskel mit einer frühzeitigen Dehnungshemmung reagiert und so keine Beweglichkeitsverbesserung zulässt. Das Selbe geschieht beim Auftreten von Dehnungsschmerz wenn zu stark gedehnt wird. Das Dehnen nach muskulärer Ermüdung ist jedoch trotzdem sinnvoll, wenn auch nicht unter dem Aspekt der Beweglichkeitsverbesserung so doch zur Tonussenkung, welche eine schnellere Regeneration fördert. Bislang liegen keine Untersuchungen vor, welche eindeutig die Überlegenheit von einer bestimmten Dehntechnik beweisen (Weineck 2002, 34, 492f, 508).

Eine gute Beweglichkeit führt zu einer hohen Elastizität, Dehnbarkeit und Entspannungsfähigkeit der beteiligten Muskeln, Sehnen und Bänder und leistet damit einen wichtigen Beitrag für eine gute Belastungsverträglichkeit (Frey 1977, 352 aus Weineck 2002, 488). Eine ausreichende passive Beweglichkeit ist wichtig, weil sich durch eine genügende Bewegungsreserve der Dehnungswiderstand der antagonistischen Muskeln vermindert. Damit erniedrigt sich die Arbeit der Agonisten welches so deren Leistung optimiert (Weineck 2002, 488,490).

„Um eine optimale Griff- und besonders der Trittmöglichkeit beim klettern zu gewährleisten, ist eine gut entwickelte Beweglichkeit speziell der Beine und der Hüfte notwendig“. Der aktiven Beweglichkeit gilt in dieser Hinsicht beim Klettern ein spezielles Augenmerk, sie wird benötigt, wenn ein Fuss gegen die Schwerkraft auf einen weit entfernten Tritt platziert wird (Köstermeyer 2001, 54f).

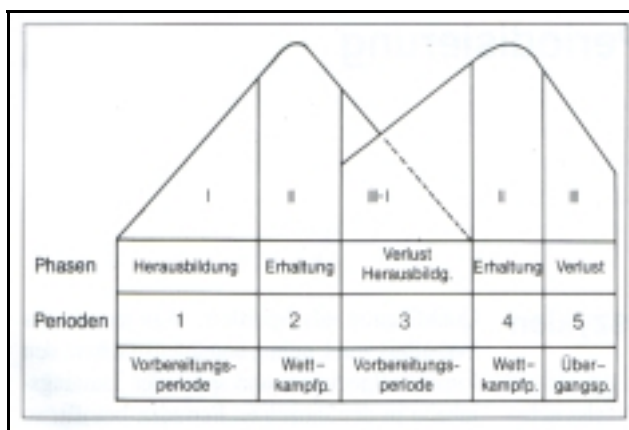
8.8 Der Jahresplan

Der Jahrestrainingsplan gibt Auskunft darüber, wie der jährliche Trainingsprozess des Sportlers aussieht. Er konkretisiert den Mehrjahresplan für das jeweilige Trainingsjahr und beinhaltet die verschiedenen Trainingsziele und Schwerpunkte sowie die Belastungsplanung (Periodisierung) im Jahresverlauf. Mittelfristig wird der **Makrozyklusplan** angewendet. Dieser dient der Planung eines mehrwöchigen Abschnitts mit dem Ziel der Bildung von spezifischen Ausprägungen (wie Ausdauer, Kraft etc.) mittels der vorwiegenden Wahl der Methoden, (Intensive Ausdauer, Muskel Aufbau etc.) um so die Topform zu erreichen. Der **Mikrozyklus** umschreibt den wöchentlichen Trainingsplan und die **Trainingseinheit** ist ein Teil von diesem und stellt die kleinste Einheit in dieser Struktur dar. Sie umschreibt den genauen Ablauf des jeweiligen Trainings (Weineck 2002, 43ff). Ein Maximalkrafttraining ist zur Ausprägung einer optimalen Kraft 7-10 Tage vor dem Wettkampf abzusetzen, damit die Superkompensation auch sicher genutzt werden kann (Schlumberger u. Schmidtbleicher 1998, 33).

8.8.1 Die Periodisierung

Im Sportklettern hat sich eine Doppelperiodisierung mit zwei Leistungsgipfeln durchgesetzt. Diese Form der Periodisierung erlaubt das Erreichen von Leistungshöhepunkten zu Jahreszeiten, in denen auch aufgrund der klimatischen Bedingungen optimale Kletterleistungen erbracht werden können und es ermöglicht ausreichend lange Regenerationsphasen einzubauen. Der erste Leistungshöhepunkt wird nach einer etwa dreimonatigen Vorbereitungsperiode (VP1 Januar bis April) im Mai und Juni erreicht, bevor die zweite, kürzere nach einer etwa sechswöchigen Vorbereitungsperiode im August beginnt. Der zweite Leistungsgipfel wird Mitte September erreicht. Im November und Dezember wird eine längere Übergangsperiode geplant, die der allgemeinen Regeneration dient. Die Trainingsinhalte in den Vorbereitungsperioden richten sich nach den, in der Leistungsdiagnostik festgestellten Defiziten des Athleten (Köstermeyer 2001, 86f).

Abb. 16 Doppelperiodisierung
(Weineck 2002, 62)



Vorbereitungsperiode: Vom Anfänger bis zum mittleren Leistungsbereich

wird die Vorbereitungsperiode unterteilt in VP1, wo die allgemeine konditionelle Vorbereitung im Vordergrund steht und der VP2, in der zunehmend sportspezifischer trainiert, der Umfang vermindert und die Intensität erhöht wird, bis schliesslich die Topform erreicht wird. Im Spitzensport hingegen dominiert die Belastungsintensität, die Wettkampf-

spezifische Belastung in der gesamten Vorbereitungsperiode (Tschiene 1976, 12f aus Weineck 2002, 61). Der Unterschied erklärt sich durch das bereits sehr hohe Ausgangsniveau des Spitzensportlers, der zur Auslösung von weiteren physischen Anpassungen einen wesentlich höheren Reiz benötigt. Sie trainieren mit 4-6 wöchigen Makrozyklen und in den Wettkampfperioden mit 2-4 wöchigen Zyklen (Weineck 2002, 61ff).

Kritik an der Periodisierung im Leistungssport

(Aus der Arbeit von Verchoshanskij 1998, 14-19)

Die in den 50iger Jahren entstandene Entwicklung der Periodisierung im Spitzensport wird von der Sportwissenschaft heute sehr kontrovers diskutiert. Die Periodisierung wie sie Matveev auch heute noch propagiert, wird von den Kritikern als überholt bezeichnet und kritisieren weiter: Die Sportler können ihre Topform nicht über die ganze Wettkampfsaison aufbauen und halten. Die vorgeschlagenen Trainingszyklen basieren auf Empfehlungen und nicht auf wissenschaftlichen Daten. Die Vielzahl von Trainingsprinzipien bilden einen unverständlichen Dschungel von Ausdrücken. Die Idee von Matveev, wonach eine Aneinanderreihung von einzeln trainierten basis- motorischen Eigenschaften eine gesteigerte sportspezifische Leistung erbringt, ist unlogisch, da der Körper sich physiologisch dauernd im Umbau für die neu verlangten Eigenschaften befindet und so kein höheres spezifisches Leistungsniveau erreicht werden kann. Ebenso wird durch ein so zeit und energieaufwendiges Training, das Training der eigentlichen Sportart vernachlässigt. Folgt man der Theorie der Adaptation, so besteht die Hauptaufgabe der Wettkampfsaison, im Auslösen der körperlichen Adaptation an die gestiegene Belastung und die Anzupassung auf diesem neuen, höheren Niveau zu Festigen.

8.9 Die Regeneration

Ruhetage sind als Teil des Trainings anzusehen und zu planen. Erst durch die Erholung wird eine Leistungssteigerung (Superkompensation) überhaupt möglich (Weineck 2002, 34).

8.9.1 Aktive Massnahmen:

Ausklettern bewirkt einen schnelleren Abtransport von Stoffwechsellacken wie Laktat. Es ist wichtig, dass zum Ausklettern 2-3 Routen geklettert werden, die als sehr leicht empfunden werden. Auch das Kneten eines Gummiring, Softballs oder Knetmasse dient demselben Zweck.

(Köstermeyer 2001, 74).

8.9.2 Passive Massnahmen:

Die Massage und das Dehnen dient der Tonusregulation, was zu einer verbesserten Durchblutung und zu einer schnelleren Regeneration führt. Auch die Sauna führt zu einer Entspannung und zusätzlich zur Stärkung des

Immunsystems. Als besonders wichtig gilt es die Ernährung zu beachten. Je länger die Belastung dauert, um so umfassender werden die Energiespeicher geleert und um so ausgeprägter muss das entstandene Energiedefizit wieder hergestellt werden. Nach kompletter Ausschöpfung dauert die Wiederauffüllung bei gemischter Kost drei Tage, bei Kohlenhydratreicher Kost jedoch nur 24 Stunden, bis das Ausgangsniveau wieder erreicht wird und liegt nach 48- 72 Stunden deutlich über dem Ausgangswert (Superkompensation). Da direkt nach der sportlichen Leistung die Kohlenhydratresynthese am effektivsten, das Hungergefühl meistens aber noch ausstehend ist, sollten kohlenhydratreiche Getränke zugefügt werden. Auch Vitamine, besonders das B1, das zum Kohlenhydratabbau benötigt wird und Vitamin C, das eine Schutzwirkung auf verschiedene Vitamine ausübt sowie die Eisenresorption erhöht, sind wichtige Zusatzstoffe (Weineck 2002, 656ff).

8.10 Übertraining

Bereits nach zwei bis drei Wochen ungenügender Beachtung der Belastung und Entlastung kann es zu chronischen Ermüdungszuständen mit Leistungsabfall kommen. Dessen Behebung erfordert dann Entlastungstage bzw. Wochen. Als Symptome und Zeichen unterschiedlicher

Zeichen eines Übertrainings sind:

- Leichte Ermüdbarkeit
- Nervosität
- Schlafstörung
- Appetitlosigkeit
- Körpergewichtsabnahme
- Neigung zum Schwitzen
- Ruhepuls beschleunigt
- Tremor (Zittern)
- Leicht erhöhte Körpertemp.
- Lärmempfindlichkeit

Massnahmen zur Behandlung des Übertrainings:

- Erhebliche Reduktion der Belastung
- Ausgewogene Ernährung Vitaminreich (Vit. A, B, C)
- Grundlagenausdauer mit extensiver Intensität
- Aktive Erholung
- Milde Saunaanwendung

(Israel 1976, 2,8 aus Weineck 2002, 662ff)

Durch eine regelmässige Pulskontrolle am Morgen, vor dem Aufstehen, kann ein Belastungsverträglichkeitsprofil erstellt werden. Wer dies regelmässig durchführt, wird nach einiger Zeit feststellen, dass nach harten Trainingseinheiten am nächsten Morgen der Ruhepuls höher ist als nach Ruhetagen. "Bei einer deutlichen Abweichung nach oben sollte man das Training reduzieren". Dieses Belastungsverträglichkeitsprofil kann als zusätzliches Mittel zur Trainingssteuerung genutzt werden (Köstermeyer 2001, 76). Nicht nur durch falsche Erholungsplanung, sondern auch durch Fehler im Training selbst können Übertrainingsymptome entstehen.

Als Ursachen im sportlichen Training kommen gelten:

- Zu schnelle Steigerung der Trainingsquantität bzw. Intensität.
- Übermäßig forcierte technische Schulung schwieriger Bewegungsabläufe (Koordination).
- Monotone Trainingsmethode und Inhalte.
- Wettkampfmassierung mit unzureichenden Erholungsintervallen.
(Weineck 2002, 662f)

9 Kinder und Jugendtraining

Das Kinder und Jugendtraining ist kein reduziertes Erwachsenentraining! Ein zu intensives Training kann zu Wachstumsstörungen führen. Die Gefahr von strukturellen Schädigungen ist um ein vielfaches höher als bei einem Erwachsenen (siehe Kap. 6.4.5). Auf ausreichende Erholungszeit ist daher besonders zu achten (Weineck 2002, 100,107).

9.1 Ausdauertraining

Das Ausdauertrainingsziel für Kinder sollte die globale Ausdauer und nicht die lokale spezifische Ausdauer sein, da sie mit ihrem geringen Gewicht eine bereits hohe Relativ-Kraft und somit bereits einen hohen Ermüdungswiderstand aufweisen. Das Training sollte nicht zielorientiert, sondern zeitorientiert sein. Beginn mit 5- 10- 15 Minuten Läufen als Dauer- oder extensive Intervallmethode. Es sollten ärobe Belastungen mit geringer bis mittlerer Intensität, sowie Kurzzeitbelastungen von 3-5 Sekunden gewählt werden. Das hochlaktazide Stehvermögen bei Kindern zu trainieren macht keinen Sinn, da beim Kind die hormonellen- enzymatischen Voraussetzungen noch nicht vorliegen. Erst mit dem Erreichen der Pubertät sollte mit einem Kraftausdauertraining begonnen werden (Weineck 2002 218, 213).

9.2 Krafttraining

Die Tatsache der geminderten Leistungsdisposition des kindlichen-jugendlichen Organismus im Bereich des Haltungs- und Bewegungsapparates spricht jedoch nicht gegen, sondern für die Notwendigkeit einer Kräftigung (Jonath 1974,136 aus Weineck 2002, 378). Die Kräftigung sollte global, koordinativ anspruchsvoll und die Belastung dem Alter angepasst sein. Didaktisch sollten Spielformen gewählt werden, wie zum Beispiel Sitzfußball, Vierfüßlerrennen etc. Das Krafttraining sollte mittels dynamischer Kräftigung durchgeführt werden. Der so entstehenden Dehnungsreiz führt zu einer Muskellängenzunahme, durch die das Kraftpotential erhöht wird. Eine isometrische Methode wäre auch wegen der ungünstigen anaeroben Kapazität ungünstig. In erster Linie sollte jedoch die Schnellkraft geschult werden (Weineck. 2002, 380- 393).

9.3 Koordination

Die Koordination sollte das Hauptziel des Kindertrainings darstellen. Auf die Entwicklung eines umfassenden Bewegungsschatzes ist grössten Wert zu legen, da so spätere, gezielte Bewegungen schnell und effizient umgesetzt werden können. Das Prinzip der Vielfältigkeit sollte zu einer Steigerung der Motivation der Kinder mittels Spielen verfolgt werden. „Die koordinative Grundlage zu späteren Höchstleistungen, wird im frühen, und späten Schulkindalter gelegt“. In dieser wichtigen Phase sollte genau darauf

geachtet werden, dass keine falschen Bewegungen automatisiert werden um späteres Umlernen zu vermeiden. Der Grad der Körperbeherrschung steigt im Alter von zehn bis elf Jahren durch die schubartige, morphologische Ausreifung des Vestibularapparates und erreicht bereits beinahe Erwachsenenwerte (Weineck 2002, 114f, 559).

9.4 Beweglichkeitstraining

Erst nach dem 10 Lebensjahr ist mit Beweglichkeitstraining zu beginnen, da die Beweglichkeit bis zu diesem Alter ohnehin sehr ausgeprägt ist. Danach dient ein allgemeines Beweglichkeitstraining dem Ziel, des Beweglichkeitserhaltes (Weineck 2002, 533) .

Anhang

Spezifische Rehabilitation von Kapsel und Bandgewebe

Physiotherapeutisches Management

Bei traumatischen Verletzungen von Kapsel und Bandgewebe kommt es durch die Einwirkung von mechanischen Kräften zu einer Zerstörung des kollagenen Netzes und der darin enthaltenen Blutgefäße. Diese Gefäßverletzung führt direkt zu einem Hämatom, bei Kapselverletzungen zu einem Hämarthros. Zur Beurteilung der beteiligten Struktur kann die Entwicklungsgeschwindigkeit dieses Gelenkergusses von grosser Bedeutung sein. Entsteht die Schwellung direkt nach dem Trauma, so kann von einer blutigen Verletzung der Gelenkstruktur ausgegangen werden. Entwickelt sich die Gelenkschwellung erst nach einiger Zeit (über Stunden), so wird eher von einem Reizerguss durch Irritation der Gelenkkapsel ohne Beteiligung von Blutgefässen gesprochen.

Vaskuläre Phase

Erste Priorität bei einer blutigen Verletzung der Kapsel und Bandstrukturen hat die Abdichtung der Blutgefäße. Alle gewählten Therapiemassnahmen sollten dieses Ziel verfolgen. Es sind dies: Mechanische Entlastung und Hochlagerung (intravasaler Druck wird erniedrigt). In den ersten 15- 20 Min. erscheint der Einsatz von Eis (5°-15°C) auf Grund des vasokonstriktischen Charakters sinnvoll. Danach wirkt sich diese Vasokonstriktion eher negativ auf den Entzündungsverlauf aus.

Als unterstützende, sekundäre Therapie sollte die Senkung der sympathischen Reflexaktivität verfolgt werden mittels:

Schmerzfrees Bewegungen (Gate- Controll- Theorie) und sanfte Techniken im entsprechenden sympathischen Segmentbereich der Wirbelsäule.

Zelluläre Phase

Mit Beendigung der vaskulären Phase beginnt die zelluläre Phase, die sich durch die allgemein bekannten Entzündungsanzeichen manifestiert. Bei regelrechtem Verlauf, ohne weitere Störung der Wundheilung (Bagatellisierung, unphysiologische Reize usw.), klingen die Entzündungszeichen nach 72 Std. langsam ab. Um eine Bagatellisierung und weitere Traumatisierung zu vermeiden, sollte das betroffene Gelenk mittels Schiene mechanisch entlastet und immobilisiert werden. Hochlagerung und seichte Kompression begrenzen die physiologische Schwellneigung. Der Hämarthros stellt für die intrakapsulären Gelenksstrukturen eine destruierende Noxe dar, der Gelenkknorpel verliert an Belastbarkeit und droht nachhaltig geschädigt zu werden (Sekundärarthrose). Dies bewegt die Ärzte zu einer Gelenkpunktion. Die verletzte, entzündete Membrana Synovialis (Synovitis) ist ebenfalls massgeblich verantwortlich für die

momentan gestörte Gelenktrophik. Eine Functio laesa dieser Membrana wirkt sich in einer gestörten Synthese der Gelenkflüssigkeit aus. Qualität und Quantität dieser wichtigen Lösung verändern sich erheblich. Die Menge nimmt zu, die Adhäsionskräfte und der physiologische Unterdruck des Gelenks nehmen ab, was zu einem Stabilitätsverlust führt. Eine ganz essenzielle Zielsetzung in der Behandlung der Arthritis ist daher eine rasche Normalisierung der Membrana Synovialis zu erreichen. Es eignen sich hierzu frühzeitige, schmerzfreie Bewegungen und oszillierende Kapseltechniken im Matrixbelastungsbereich. Durch die dickafferente Schmerzhemmung der Mechanorezeptoren, die gesteigerte Matrixsynthese (Piezoelektrischer Effekt) und die erhöhte Durchblutung normalisieren sich die Bedingungen im gestörten Kapselgewebe.

Proliferationsphase 3/5 Tage- 6 Wochen

In dieser Phase steigt der Bedarf einer gesteigerten Durchblutungs- und Stoffwechselsituation. Es stehen neben den beschriebenen Gelenktechniken und schmerzfreien Übungen auch Massagetechniken zur Verfügung. Gute Wirkung zeigen auch eingesetzte Therapieformen im dazugehörigen vegetativen Segment des Grenzstranges. Die Übergänge sind fließend und lassen sich zuordnen zu:

C8 - TH4 = HWS/ Nackenbereich
TH4 - TH8 = Schulter/ Armbereich
TH10 - L2 = LWS/ ISG / Hüfte / Bein

Sehr gut hat sich in dieser frühen Phase auch der Einsatz der manuellen Lymphdrainage. Einerseits wirkt diese Technik durch die taktile Stimulation der Rezeptorsysteme sehr stark über die reflektorische Inhibition, und andererseits bewirkt die entstauende Wirkung oft eine beeindruckend, entspannte Gelenksituation. Auch die gezielte Thermo- und Elektrotherapie kann zur Stoffwechselanregung und Schmerzhemmung bzw. Sympathikusdämmung eingesetzt werden. Zu Beginn der Proliferationsphase empfiehlt sich eine Anwendung in den beschriebenen sympathischen Kerngebieten. Nach der vegetativen Normoregulation erscheint eine lokale Applikation im Wundgebiet sinnvoller zu sein.

Eis sollte lediglich mittels Cryocinetic- Technik eingesetzt werden. Sie zeichnet sich aus durch kurzfristige Eisabreibungen (ca. 20“) und therapeutische Bewegungsübungen (ca. 2`). Dieser Wechsel wird dann insgesamt 3-4 x wiederholt. Laut Kneight (1985 aus van den Berg et al. 2002, 153) wird so eine lokale Hyperämie erzeugt. Andere Kälteanwendungen wären wegen ihren vasokonstriktiven Eigenschaften eher kontraindiziert. Damit sich das kollagene Gerüst funktionell ausgerichtet aufbaut, braucht es funktionelle, schmerzfreie Bewegungsreize (z.B. PNF, FBL, MTT, Brüggertherapie usw.).

Hervorragend haben sich zyklische, funktionelle Bewegungen bewährt, wie etwa Aquajogging, Oberkörperergometer bzw. Fahrradergometer. Die Wiederherstellung der propriozeptiven Funktion ist gerade bei Gelenkstraumen eine zentrale Zielsetzung und sollte so früh wie möglich, schon im Stadium der Ent- und Teilbelastung mit angepassten Trainingsreizen verfolgt werden. Die koordinativen und neuromuskulären

Fähigkeiten der einfachen Fortbewegung und des Alltags sollten so schnell als möglich wiedererlangt werden. Übungsformen in geschlossener Kette eignen sich hierzu hervorragend. Sie sollten schmerzfrei und im Matrixbelastungsbereich ablaufen. Innerhalb der ersten 4-6 Wochen eines normalen Wundheilungsverlaufs liegen in der Regel keine strukturellen Einschränkungen vor. Meist kommt es durch mangelnde Bewegung zu einer Bildung von wasserlöslichen Crosslinks, die durch einfache Techniken der Durchblutungsverbesserung und intermittierende Bewegungsübungen erfolgreich behandelt werden. Manualtherapeutisch eignen sich intermittierende, oszillierende Gelenktechniken innerhalb des Slacks (Matrixbelastung).

Da es bei Gelenkstraumen immer zu einem veränderten Milieu des Gelenksinnenraums kommt, sollte eine schnelle Harmonisierung der kapsulären Funktion angestrebt werden, da Belastbarkeit, Mobilität und die weitere Regeneration des Arthrons direkt von der Leistungsfähigkeit des kapsulären Systems abhängen. Bei einem operativen Eingriff ins Gelenk wird die Synovia ausgespült. Die Synthese beträgt 7-14 Tage. Während dieser Zeit fehlt es für eine gute Heilung an wichtigen Nähr und Baustoffen. Gerade in den ersten 14 Tagen sollten deshalb diese veränderte Situation bedacht und die Belastungsreize angepasst werden.

Umbauphase ab der 6. Woche

Dominieren in der Proliferationsphase noch die zellulären Aktivitäten der Gewebsneubildung, so überwiegen jetzt zunehmend die Umbau- und Konsolidierungsarbeiten. Vergleicht man das Proliferationsgewebe mit einem Rohbau, so folgt jetzt die Fertigstellung nach den Wünschen des Bauherrn. Diese baulichen Wünsche werden durch die Zielbelastung und deren Belastungsstruktur definiert. Je höher die Zielleistung angesiedelt ist, desto spezifischer und komplexer müssen die therapeutischen Reize gestaltet werden (Regel nach Roux). Bleiben diese spezifischen Reize aus, so bildet sich ein unfunktionelles Kapsel-Bandgewebe mit veränderten Eigenschaften und geringer Belastbarkeit. Im Zentrum stehen daher immer mehr die aktive Therapie- und Trainingsformen. Die Übungen sollten weiterhin schmerzfrei ausgeführt werden können. Zur Sicherung einer guten zellulären Situation können nach Bedarf weiterhin durchblutungsfördernde Massnahmen angewendet werden. Die Belastung wird gesteigert von allgemeinen, eher leichten Aufträgen zu vielfältig-zielgerichteten, von komplexen zu hochintensiven Übungsformen- zu spezifischen Trainingsreizen der individuellen Zielbelastung. Die propriozeptive, neuromuskuläre Rehabilitation ist erst abgeschlossen, wenn eine harmonische Gelenksteuerung unter Vollbelastung möglich ist. Die konditionellen Fähigkeiten gelangen nun in den Vordergrund: Kraft, Schnelligkeit, Ausdauer und Flexibilität. Auch in dieser späten Therapiephase finden wir häufig noch eine eingeschränkte Gelenkbeweglichkeit, die nun meist strukturelle Veränderungen als Ursache hat. Die therapeutische Massnahme ändert sich nun zu intermittierenden, endgradig gehaltenen oder oszillierenden Gelenktechniken im kollagenen Belastungsbereich. Patient und Therapeut müssen sich nun auf eine langsame Beweglichkeitsverbesserung einstellen. (Turn over von Kollagen 300- 500 Tage.) (Van den Berg et al. 2000, 150-158).

**Tab. 10 Therapie in den einzelnen Phasen der Kapsel- Band- Wundheilung
(Van den Berg 2002, 158)**

Physiologische Reaktion	Zeit	Physiotherapeutisches Management
Sympathikotonus ↑ Katecholamine ↑ Schmerzmediatoren ↑ O ₂ ↓ Durchblutung ↓	0 – 48 Stunden	Erstversorgung kein Schmerzblock Vegetative Therapie
Sympathikotonus ↑ Entzündungsmediatoren ↑ Zellpopulation ↑ Entzündungszeichen ↑ Mobilität ↓	2. bis 5. Tag	Vegetative Therapie Durchblutungsverbesserung Analgesie Piezoelektrischer- Effekt Matrixbelastung Schmerzabhängiges Bewegen
Proliferation ↑ Syntheseaktivität ↑ Sauerstoffbedarf ↑ Baustoffbedarf ↑ Mobilität ↓	5. Tag bis 6. Woche	Durchblutungsverbesserung Piezoelektrischer- Effekt Bewegen mit zunehmender Belastung Mobilisation Koordination/ Propriozeption Trainingstherapie
Syntheseaktivität ↑ Umbauaktivität ↑ Gewebestabilität ↑	ab der 6. Woche	Mobilisation Spezifische Belastung Forcierte Trainingstherapie Sportspezifisches Training

Spezifische Rehabilitation von Tendo-Ossärem Übergang

Störungen und Verletzungen der Sehnen- Knochen- Verbindungen sind im Sport eine häufige Ursache für Schmerzen, Leistungsminderung und Trainingspausen. Die Muskulatur entwickelt oft extreme Kraftspitzen und stellt an die meist kleinen Ansatzstellen konstruktiv höchste Ansprüche. Zwei extrem unterschiedliche Gewebearten müssen miteinander belastungsstabil verbunden werden. Das weiche, elastische Sehngewebe trifft auf den starren Knochen.

Man differenziert zwischen direktem Knochen- Sehnenübergang (z.B. Tuberositas Tibia/ Patellarsehne) und indirekter Insertion (z.B. pes anserinus profundus), welche aufgrund der flächigen und knorpellosen Insertion eine gute Durchblutung aufweisen, deshalb seltener verletzt werden und eine bessere Heilungspotenz aufweisen als die der direkten Insertion. Die Heilung entspricht der klassischen Rehabilitation von Kapsel und Bandgewebe. Zu beachten ist, dass nur über die Funktion der verletzten Struktur die Information funktionell umgesetzt wird und so die Belastbarkeit allmählich zunimmt.

Die direkte Insertion ist deutlich kompakter und in einigen Fällen sogar punktuell angelegt (z.B. M. extensor carpi radialis brevis). Reagiert die indirekte Insertion mit einer Vergrößerung der Haftstelle, so verdichtet die direkte Insertion die knöchernen Verbindungszone und wird dicker. Die avaskuläre Versorgung in der direkten Sehnen- Knochenübergangszone stellt bei Verletzungen das eigentliche Problem dar. Der Stofftransport wird mittels Druckprinzip, Osmose und Diffusion bewerkstelligt. Viele der typischen direkten Ansatzprobleme gelten daher als sehr therapieresistent.

Im Mittelpunkt der Therapie steht die Erhöhung der Stoffwechsellage in Muskel, Sehne und dem umgebenden Gewebe mittels angepassten physiologischen Belastungsreizen. Der Wechsel zwischen Zug und Entlastung und der daraus resultierende Druck und die Entlastung sind hier die notwendigen physiologischen Stimuli. Verantwortlich für den schleichenden Verlauf dieser Problematik ist die reduzierte Innervation in der verletzten Übergangszone Sehne- Knochen. Dies erklärt auch die Tendenz zur Bagatellisierung und Chronifizierung der direkten Insertionstendopathien. Aus diesem Grund sollte man auf eine Angemessene Dosierung der Therapie ein besonderes Augenmerk legen. Obwohl aufgrund der avaskulären Situation sich eine echte Entzündungsphase mit dem bekannten Zeichen mit Ausnahme des Schmerzes nicht abzeichnet und dadurch ein Phasenverlauf nicht eindeutig abgegrenzt werden kann, sollte dennoch ein Vorgehen nach dem Phasenmodell der Heilung von Kapsel und Bandgewebe gewählt werden. Mit Ausnahme der Lymphdrainage eignen sich auch die bereits beschriebenen Techniken (siehe Spez. Reha. von Kapsel und Bandgewebe) sowie die sehr effiziente Friktionsmassage.

(Van den Berg et al. 2000, 173-176)

Literaturverzeichnis

Bollen S. R. : Soft tissue injury in extreme rock climbers; Br. J. of Sports Med. Vol 22, No. 4, Dezember 1988 145- 147

Bollen S. R., Gunson C. K. : Hand injuries in competition climbers; Br. J. of Sports Med. Vol 24 No.1 1990, 16-18

Bollen S. R., V. Wright: Radiographic changes in the hands of rock climbers; Brj. Journal Sport. Med. 28 (3) 1994, 185- 186

Van den Berg F., Cabri J., Elvey B., Gosselink R., Haas H., Heesen G., Horst R., van Kampen M., Ottmeier R., Reybrouck T., Schötter T., Sinz H., Slater H., Steverding M., Thacker M., Watson T., Wilke M. : Angewante Physiologie/ 3 Therapie, Training, Tests ; Thime Verlag 2000, 150-158 u. 173-176

Carmeli E., Wertstein M. : Handverletzungen bei jugendlichen und erwachsenen Sportkletterern; Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin 52 Nr.10 2001, 285- 288

Glowacz S. , Pohl W.: Richtig Freiklettern; BLV Verlagsgesellschaft mbH München 1989

Hochholzer Th., Eisenhut A. : Verletzungen- Prophylaxe- Training; Lochner Verlag, 1 Auflage 1993

Hochholzer Th., Heuck A., Krause R., Glas K. : Verletzungen und Überbelastungsbeschwerden beim Sportklettern: Zwei Fallbeispiele ; Therapeutische Umschau Band 50, Heft 4. 1993, 263- 266

Hochholzer Th., Schöffel V.: Soweit die Hände greifen; Sportklettern, ein medizinischer Ratgeber Lochner Verlag 2001

Hochholzer Th., Schöffel V.: Schmerz lass nach. Teil 1: Ringbandriss und Sehnenscheideentzündung; Klettern Juli 2001, 50- 53

Hochholzer Th., Schöffel V.: Wachstumsfugenverletzungen. Teil 2: Früh übt sich? ; Klettern August 2001, 50-53

Hochholzer Th., Schöffel V.: Schwellung der Fingergelenke und Arthrose. Teil 3: Wenn die Scharniere rosten. Klettern Oktober 2001, 46-48

Hochholzer Th., Schöffel V.: Müde Gelenke, Teil 4: Überbelastungsschäden an Ellbogen und Schulter; Klettern Februar 2002, 46-49

Kapandji I. A. : Funktionelle Anatomie der Gelenke, Band1 1999; Verlag Hippokrates

Knecht B., Reinert N., Steiner A. : Dynamisches und statisches Klettern im Vergleich (nicht veröffentlicht) Eidgenössische Technische Hochschule Zürich.

Krause R., Hochholzer Th., Glas K. : Verletzungen von Sportkletterern in der Sportambulanz; Sportverl. Sportschaden 9 1995 30- 33

Largiadér U., Oelz O. : Analyse von Überbelastungsschäden beim Klettern; Schweizer Zeitschr. Sportmed. 41/ 1993, 107- 114

Neumann U., Goddard D.: Lizenz zum Klettern 1995

Netter F. H. : Atlas der Anatomie des Menschen; Novartis AG Schweiz: Georg Thieme Verlag Studgard 2000

Peter J., Jebson L., Steyers C. M. : Hand Injuries in Rock Climbing: Reaching the Right Traeatmend; The Physician and Sportmedicine Vol 25 NO. 5/ 1997

Rooks M. D. : Rock Climbing Injuries; Stport Med. Apr. 23 (4) 1997, 260- 270

Schäfer J., Gaulrapp H., Pförringer W. :Verletzungen und Überbelastungen beim Sportklettern; Sportverl. Sportschaden 12, 1998, 21-25

Schöffel V., Hochholzer Th., Winkelmann H., Strecker W. : Differenzialdiagnose von Fingerschmerzen bei Sportkletterern; Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin Jahrg. 54, Nr. 2, 2003, 38- 43

Schöffl V., Winkelmann H. P. :Unfallstatistik an Indoor-Kletteranlagen; Sportverl. Sportschad. 13,1999, 14- 16

Schweizer A.: Biomechanik und Effektivität des Taping des A2 Pulley in Bezug auf das Sportklettern. Dissertation Anatomisches Institut der Universität Bern 1999

Verchoshanskij J. V. : Das Ende der Periodisierung des sportlichen Trainings im Spitzensport; Leistungssport 5/ 1998, 14-19

Warme W.J. , Brooks D. : The Effect of Circumferential Taping on Flexor Tendon Pulley Failor in Rock Climbers. The American Journal of Sports Medicin, Vol 28, No. 5, 674- 678

Winkel, Vleeming, Fischer, Meijer, Vroege; Nichtoperative Orthopädie der Weichteile des Bewegungsapparates: Teil3: Therapie der Extremitäten.
Gustaf Fischer
Verlag Stuttgart, New York 1987

Trainingslehr

Joch W., Fricke R., Ückert S.: Zum Einfluss von Kälte auf die sportliche Leistung; Leistungssport 2/2002, 11-15

Köstermeyer G., Weineck J.: Notwendigkeit des einfingerigen Trainings der Fingerbeugemuskulatur zur Leistungssteigerung im Sportklettern. Vergleich der Kraftentwicklung bei ein- und vierfingeriger Maximalkraftkontraktion. Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin. 7/8, 1995, 356-362

Köstermeyer G.: Teil 2 Ausdauertraining; Fit in die Saison : Klettern 2/ 1999, 76- 80

Köstermeyer G.: Peak Performance, Klettertraining von A-Z; Lüma Verlag 3/2001.

Köstermeyer G. und Tusker V.: Kinematische Analyse einer dynamischen Klettertechnik: Leistungssport 2/1997, 43- 46

Kunz W.: Trainingslehre; Rotpunkt 3/1996, 78- 79

Radlinger L., Bachmann W., Homburg J., Leuenberger U., Thaddey G.: Rehabilitative Trainingslehre ; Georg Thieme Verlag Stuttgart 1998 a

Radlinger L., Bachmann W., Homburg J., Leuenberger U., Thaddey G.: Rehabilitatives Krafttraining; Georg Thieme Verlag Stuttgart 1998 b

Schlumberger A., Schmidtbleicher D. : Zeitlich verzögerte Effekte beim Krafttraining ; Leistungssport 3/1998, 33- 38

Weineck J.: Optimales Training; Leistungsphysiologische Trainingslehre unter besonderer Berücksichtigung des Kinder- und Jugendtrainings. 12 Auflage 2002 Spitta Verlag Germany.

Wiemann K., Klee A. : Die Bedeutung von Dehnen und Stretching in der Aufwärmphase vor Höchstleistung. Leistungssport 4/2000, 5- 9

Titelbild:

René Mühlemann, Rotpunktversuch in Misko 8a+, Harder Interlaken.
Foto: Jürg von Känel / Schweiz Extrem Band 1 2003, 67

Glossar

Anaerob	=	Ohne Sauerstoff
Aerob	=	Mit Sauerstoff
Alaktazid	=	Ohne Bildung von Laktat (Milchsäure)
Bowstring	=	Bogenförmige Sehnenabhebung
Blockieren	=	Isometrische einarmige Halteposition zum weitergreifen beim Klettern
Campusboard	=	Holzbrett mit Holzleisten, an welchem freihängend die Fingerkraft trainiert wird (Campusboard=)
Dynamo oder dynamisch klettern	=	Nicht reversibler Kletterzug, Schnappen oder Anspringen eines Griffes
Doppeldynamos	=	Beidhändiges, gleichzeitiges schnappen oder anspringen eines Griffes
Kryotherapie	=	Kältetherapie (Eis oder Kältespray)
Laktazid	=	Mit Bildung von Laktat
N=	=	Anzahl der untersuchten Personen
On Sight	=	Erfolgreicher, sturzfreier Durchstieg, ohne jeglicher Vorkenntnis der Kletterroute
Rotpunkt	=	Sturzfreier Durchstieg einer bekannten Kletterroute
Statisch klettern	=	Die Züge sind kontrolliert und reversibel
Vestibularapparat	=	Gleichgewichtsorgan

Tabellarischer Lebenslauf

René Mühlemann

1970 geboren in Bönigen (BE)

1977- 1986 Primarschule Bönigen

1986- 1989 Dachdeckerlehre

1989- 1994 Dachdecker

1993- 1996 Snowboardrennfahrer an der ISF- World pro Tour

1994- 2000 Hilfsbodenleger/ Snowboardlehrer

2000- 2004 Ausbildung in der Physiotherapieschule Feusi Bern