## Originalia Cervikale Belastung beim Klettern

R. Kittel, F. Bittmann, G. Badtke, W. Bernstädt

# Sportartspezifische Belastungen der Halswirbelsäule bei Kletterern

Specific strains of the cervical spine in freeclimbing

Institut für Sportmedizin und Prävention, Universität Potsdam

## Zusammenfassung

Problemstellung: Freiklettern (Freeclimbing) entwickelte sich in den letzten Jahren zu einer Trendsportart. Jede Sportart ist aber mit gewissen Risikofaktoren bezüglich Verletzungen oder Störungen des Muskel-Skelett-Systems behaftet. Bevor effiziente Kompensations- bzw. Interventionsmaßnahmen entwickelt werden können, müssen die sportartspezifischen Belastungen objektiviert werden. Insbesondere die ungünstige und monotone Körperhaltung beim Sichern kann den Bereich des Schultergürtels und der Halswirbelsäule überbeanspruchen. Methodik: Unter Verwendung des 3-D-Bewegungsanalysesystems CMS 70 (Fa. Zebris) wurden von 24 Sportkletterern (5,4 ± 2,0 Kletterstunden/Woche) zyklische Bewegungen der Halswirbelsäule (Ante-/Retroflexion, Rotation und Lateralflexion) unmittelbar vor und nach einer definierten Sicherungsbelastung aufgezeichnet. Die Auswertung erfolgte durch ein am Institut für Sportmedizin und Prävention der Universität Potsdam entwickelten Auswertealgorithmus (18). Ergebnisse: Dabei konnten hoch signifikante Änderungen der Bewegungsausführung infolge der Belastung objektiviert werden. So verringerte sich der Bewegungsumfang für alle Bewegungsrichtungen (Ante-/Retroflexion: -13,6° p=0.007; Rotation: -9,2° p<0.000; Lateralflexion: -6,2° p=0.004). Außerdem zeigten sich signifikante Veränderungen der Bewegungsvariabilität und der Beschleunigungs- und Abbremsvorgänge. Diskussion: Es konnten akute Unterschiede für die Bewegungsreichweite und -ausführung vor und nach dem Sichern nachgewiesen werden. Insbesondere die modifizierten Bewegungsausführungen deuten auf eine veränderte zentrale Verarbeitung der HWS-Steuerung basierend auf modifizierten Propriozeptionen und eventuell produzierte Nozizeption hin. Damit ist nicht auszuschließen, dass ein unmittelbar anschließendes Klettern risikobehaftet sein kann. Kompensationsübungen könnten hier

Schlüsselwörter: Klettern, Halswirbelsäule, Bewegungsanalyse, Bewegungsmuster, Bewegungsumfang

## Einleitung und Problemstellung

Frei- oder Sportklettern (Freeclimbing) hat sich in den letzten Jahren zu einer Trendsportart entwickelt. Das lässt sich aus der stetig steigenden Mitgliederzahl des Deutschen Alpenvereins (DAV) und den vielen neuentstandenen Kletterhallen ablesen. Beim Sportklettern ist der Kletterer auf eine

## Summary

Problems: Freeclimbing is one of the sports that has developed explosively in the last years. However, every sport has a special risk in terms of injuries or dysfunction of muscles and joints. Before efficient arrangements of compensation and intervention can be developed it is necessary to analyse the specific strain of that sport. Particularly the area of shoulder girdle and cervical spine are overused because of the unfavourable and monotonous posture during belaying.

Methods: Cyclical motions of cervical spine were measured (using the 3-D-motion recording system CMS 70 (Zebris, Isny)) in 24 freeclimbers (5.4  $\pm$  2.0 climbing hours/week) immediately before and after defined belaying. The data was analysed by an algorithm developed in our institute (18).

Results: Due to the strain significant modifications of the motion performance were objectified. The range of motion decreased in all directions of motion (flexion/extension:  $-13.6^{\circ}$  p=0.007; axial rotation:  $-9.2^{\circ}$  p<0.000; lateral bending:  $-6.2^{\circ}$  p=0.004). Significant changes in the variability of motion and in the proceeding of acceleration and decelaration were detectable, too.

Discussion: Acute modifications of Range of motion and motion pattern are proved. Nociceptive and modified proprioceptive influences and their central processing that develop due to belaying, can change the control of cervical spine. Thus it can not be excluded that subsequent climbing can be more risky. Exercises to compensate may have a preventive effect.

Key words: climbing, cervical spine, motion analysis, pattern of motion, range of motion

Seilsicherung durch einen Partner angewiesen. Diese Gemeinschaft aus Kletterer und Sicherndem – die Seilschaft – ist eine Vertrauensgemeinschaft, die der Verringerung des Verletzungsrisikos dient. Um bei plötzlichen Gefahrensituationen schnell und angemessen reagieren zu können, ist der ständige Blickkontakt vom Sichernden zum Kletterer die bewährteste Methode (Abb. 4 links).

präventiv wirken.

Durch die Einführung von wissenschaftlichen Erkenntnissen in den Trainingsprozess vollzog sich in den letzten Jahren eine Leistungsexplosion. Damit können wesentlich anspruchsvollere Routen geklettert werden, die u.a. einen hohen Steilheitsgrad mit längeren Überhängen aufweisen. Durch verbessertes Sicherheitsequipment wird zunehmend an der Leistungsgrenze geklettert. Somit wird vom Sichernden höhere Aufmerksamkeit gefordert. In Abhängigkeit von der Schwierigkeit und der Länge der Kletterroute dauert der Vorgang des Sicherns immer länger. Ununterbrochenes Sichern von über 20 Minuten ist dabei keine Seltenheit. Problematisch ist dabei die Körperhaltung des Sichernden. Der Kopf ist maximal rekliniert und die Halswirbelsäule maximal retroflektiert. Nach einiger Zeit sind zusätzlich Haltungsabweichungen, wie vorgefallene Schultern und eine Hyperkyphosierung der Brustwirbelsäule zu beobachten. Im Anschluss an den Sicherungsvorgang klagen fast alle Sportler über "Schmerzen im Nacken" (2). In diesem Kontext muss die überdurchschnittlich hohe Propriozeptorendichte der Nackenmuskeln und deren unterstützende Wirkung auf den Gleichgewichtssinn beachtet werden (10,13,32). Problembehaftet ist somit der übliche Aufgabenwechsel. Unmittelbar nach dem Sichern steigt der Sportler ebenfalls in die Wand ein.

Gerade beim Klettern sind koordinative Fähigkeiten insbesondere die Kinästhetik - gefordert. Störungen dieser Funktion setzen hier die Fertigkeit des schnellen und exakten Antretens herab. Ein ungenauer bzw. zeitlich verzögerter Fußeinsatz muss durch einen verstärkten Krafteinsatz des Oberkörpers und der oberen Extremitäten kompensiert werden. Somit ist nach Hoffmann (15) ein Grundprinzip einer ökonomischen Klettertechnik vernachlässigt. Die mehrbelasteten Muskeln ermüden schneller, die maximale Leistungsfähigkeit verringert sich und die Verletzungsgefahr z.B. durch einen Sturz steigt. So kann durch Sicherungsbelastungen nicht nur eine temporäre Muskeldysbalance produziert, sondern auch die anschließende Kletterleistung beeinträchtigt werden.

Welche Auswirkungen das Sichern auf die arthromuskuläre Funktionsfähigkeit im Bereich der Halswirbelsäule hat, wurde bislang nicht hinreichend betrachtet. In der sportmedizinischen Literatur finden sich in erster Linie Überlastungserscheinungen der Hand- und Unterarmmuskulatur bzw. Beschwerdebilder nach Stürzen (5,12,14,19,24,25, 28,29).

Im Interesse der Erhaltung von Gesundheit und Leistungsfähigkeit der Sportkletterer ist es erforderlich die Auswirkungen dieser sportartspezifischen Belastung näher zu untersuchen. Die vorliegende Studie analysiert zu diesem Zweck mit der Hilfe eines biomechanischen Verfahrens die Bewegungsfunktion der Halswirbelsäule bei Kletterern vor und nach dem Sichern (16,17,18).

## Probanden und Methoden

#### Probanden

Der Probandenpool setzte sich aus 24 leistungsorientierten Kletterern (17 Männer, 7 Frauen; 26,0 ± 7,2 Jahre alt) eines

Berliner Sportkletterclubs zusammen. Die durchschnittliche Trainingsbelastung betrug 5,4 ± 2,0 Stunden pro Woche. Der überwiegende Teil der Probanden nimmt regelmäßig an Kletter-Contests teil. Alle Probanden fühlten sich zum Zeitpunkt der Untersuchungen gesund und waren nicht in ärztlicher Behandlung. Die Kletterer wurden vor der Untersuchung über alle Details des Untersuchungsgangs informiert und gaben ihre schriftliche Einverständniserklärung.

#### Untersuchungsdesign

Vor der apparativen Aufzeichnung der cervicalen Bewegungsmuster erfolgte eine Inspektion der Körperstatik, um mögliche Haltungsabweichungen zu erfassen (9).

Zur cervicalen Bewegungsaufzeichnung wurde das ultraschallgestützte 3-D-Bewegungsanalyssystem CMS70 (Fa. Zebris Medizintechnik GmbH, Isny) genutzt. Bezüglich der Gütekriterien dieses Messverfahrens verweisen wir auf die Studien von Natalis/König und Castro et al (6,23).

Der Proband stand in habitueller Grundhaltung. Es wurde auf eine horizontale Blickrichtung, gestreckte Kniegelenke und standardisierte Fußstellung (10 cm Abstand der medialen Malleoli) geachtet. Um Kompensationsbewegungen auszuschließen, wurden die Schultern fixiert.

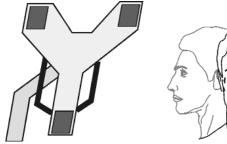




Abbildung 1: Darstellung der Bewegungsaufzeichnung am Beispiel der Rotation. Die Ortung der Ultraschallmarker am Kopf erfolgt über Triangulation der Laufzeiten zu den Messmikrofonen.

Nach der standardisierten Einweisung rotierte der Proband den Kopf mit mittlerer Geschwindigkeit um die Körperlängsachse aktiv aus der Neutralstellung bis zum linken Bewegungsende. Ohne Pause wurde der Kopf sodann endgradig nach rechts bewegt und wieder zur Neutralstellung zurück, worauf sich der nächste Bewegungszyklus anschloss (Abb. 1). Eine Aufzeichnung setzte sich aus sechs ununterbrochenen vollständigen Rotationszyklen zusammen. Nach diesem Schema wurden ebenfalls die Ante-/Retro- und Lateralflexion bestehend aus sechs vollständigen Bewegungszyklen aufgezeichnet. Bei nicht exakter Einhaltung der Bewegungsebenen wurde die Aufzeichnung einmalig wiederholt. Die Bewegungsaufzeichnung erfolgte unmittelbar vor und nach einer standardisierten Sicherungsbelastung von zehn Minuten. Durch einen am Institut entwickelten Auswertealgorithmus wurden die Bewegungsabläufe ausgewertet.

Als Rohdaten standen die Winkel des Kopfes im Raum über die Zeit für die Bewegungsrichtungen zur Verfügung. Aus den vier mittleren Bewegungszyklen wurde ein Bewegungszyklogramm errechnet (Abb. 2), welches der Darstellung Winkelgeschwindigkeit-Winkel entspricht. Neben der

## Originalia Cervikale Belastung beim Klettern

Erfassung des maximalen aktiven Bewegungsumfangs und der Links-Rechts-Symmetrie für die Rotation und Lateralflexion beschreiben Parameter der Bewegungsausführung das Bewegungsmuster (16,17,18). Durch den Parameter "Standardabweichung der Bewegungsumkehrpunkte" wurde die Variabilität der zyklischen Bewegungsumfänge erhoben (Abb. 2). Um einen Eindruck über die Beschleunigungs- und Abbremsbewegungen zu erhalten, wurden anhand des Mittelwertzyklogramms an sechs definierten Positionen Bewegungsgeschwindigkeiten errechnet und zur individuellen Maximalgeschwindigkeit relativiert. Dabei ist das Bewegungszyklogramm einer ungestörten Halswirbelsäule durch eine hohe Beschleunigungskomponente aus den Bewegungsumkehrpunkten, eine Bewegungsphase ohne große Beschleunigungen mit einer geringen Geschwindigkeitsabnahme und nicht lineares Abbremsen am Bewegungsende gekennzeichnet (16,17,18).

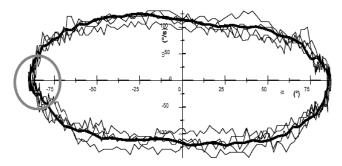


Abbildung 2: Beispielhaftes Bewegungszyklogramms der zyklischen Rotation einer funktionell ungestörten Halswirbelsäule. Die Standardabweichung der Bewegungsumkehrpunkte – eingekreist linkes Bewegungsende – kennzeichnet die Variabilität der Bewegungsausführung. (Abszisse: Rotationswinkel, Ordinate: Winkelgeschwindigkeit fett: Mittelwertzyklogramm)

#### Statistik

Die Daten wurden mit SPPS 10.0.7 (SPSS Inc. Chicago, Illinois) ausgewertet. Zur beschreibenden Statistik dienten arithmetische Mittel  $(\overline{x})$  und Standardabweichungen  $(\pm S)$ . Die Signifikanzprüfung bezog sich auf den Mittelwertvergleich der Parameter vor und nach dem Sichern. Bei normalverteilten Parametern wurde der T-Test (Levene-Test) und bei nichtnormalverteilten der Wilcoxon-Test genutzt. Folgende Signifikanzschranken wurden festgelegt:

 $p \le 0.05 = \text{signifikant}$  (\*) und  $p \le 0.01 = \text{hochsignifikant}$  (\*\*).

## Ergebnisse

### Maximaler aktiver Bewegungsumfang

Die Tabelle 1 fasst für die Probandengruppe die durchschnittlichen Bewegungsumfänge aller Bewegungsrichtungen vor und nach dem Sichern zusammen. Nach der Trainingsbelastung "Sichern" zeigte sich eine hoch signifikante Abnahme der cervicalen Beweglichkeit in allen Bewegungsebenen. Geschlechtspezifische Besonderheiten wurden dabei nicht beobachtet. Die Beweglichkeit reduzierte sich in der hauptbelasteten Bewegung – Ante-/Retroflexion – absolut im Mittel um 13.6° am stärksten ohne Unterschiede in den

Tabelle 1: Aktive cervicale Bewegungsumfänge (RoM) für Ante-/Retroflexion (AR), Anteflexion (AF), Retroflexion (RF), Gesamtrotation (RO), Rotation nach links (RL), Rotation nach rechts (RR), Gesamtlateralflexion (LF), Lateralflexion nach rechts (LR) vor und nach dem Sichern in Winkelgraden (\* p<0.05;\*\* p<0.01)

RoM	Vor dem Sichern $\bar{x}$ ( $\pm$ S) in Grad	Nach dem Sichern $\bar{x}$ (± S) in Grad	Abs. Diff.	P- Value
AR	119,2 ± 19,7	105,6 ± 20,2	-13,6	p = 0.007 (**)
AF	59,7 ± 13,1	52,6 ± 12,9	-7,1	p = 0.043 (*)
RF	59,5 ± 13,2	53,0 ± 13,8	-6,5	p = 0.005 (**)
RO	139,2 ± 14,3	130,2 ± 17,6	-9,0	p = 0.000 (**)
RL	$71,7 \pm 7,4$	67,9 ± 9,5	-3,8	p = 0.028 (*)
RR	$67,5 \pm 8,6$	$62,3 \pm 9,9$	-5,2	p = 0.000 (**)
LF	77,5 ± 12,6	71,2 ± 13,6	-6,3	p = 0.004 (**)
LL	$39,2 \pm 6,8$	$36,6 \pm 6,9$	-2,6	p = 0.148
LR	$38,3 \pm 8,0$	$34,6 \pm 8,1$	-3,7	p = 0.010 (*)

Bewegungsrichtungen (Tab. 1). Dies bedeutet eine relative Bewegungsverringerung von durchschnittlich 11,4%. Die Lateralflexion verminderte sich absolut um 6,3° (relativ: 8,1%), die Rotation um 9,0° (relativ: 6,5%). Dabei war nur die Beweglichkeitsabnahme der Lateralflexion zur linken Seite um durchschnittlich 2,6° nicht signifikant.

Signifikante bilaterale Unterschiede der Bewegungsminderung nach dem Sichern konnten nicht festgestellt werden.

### Variabilität der Bewegungsumkehrpunkte (V<sub>BUP</sub>)

Die Qualität der Bewegungsausführung unterlag ebenso Veränderungen wie die cervicale Beweglichkeit. Wie der Abbildung 3 entnommen werden kann, zeichnen sich außer in der Anteflexion die Umkehrpunkte nach dem Sichern durch eine höhere Variabilität aus. Insbesondere in der Hauptbelastungsrichtung – der Retroflexion – erhöht sich die Variabilität am deutlichsten. Diese Änderung ist mit p=0,006 hochsignifikant. Nach der Belastung variieren auch die Bewegungsumkehrpunkte der Rotation signifikant stärker. Dabei erhöht sich besonders die V<sub>BUP</sub> der linken Seite nach dem Sichern und gleicht die vor dem Sichern bestehende Links-Rechts-Asymmetrie aus. Auch in der Lateralflexion ist eine geringe nicht signifikante Variabilitätserhöhung in den Bewegungsumkehrpunkten feststellbar.

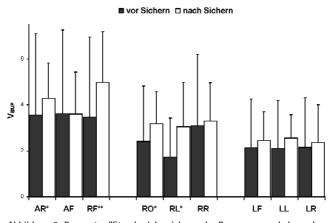


Abbildung 3: Parameter "Standardabweichung der Bewegungsumkehrpunkte" für Ante-/Retroflexion (AR), Anteflexion (AF), Retroflexion (RF), Gesamtrotation (RO), Rotation nach links (RL), Rotation nach rechts (RR), Gesamtlateralflexion (LF), Lateralflexion nach links (LL), Lateralflexion nach rechts (LR) vor und nach dem Sichern (\* p<0.05;\*\* p<0.01)

### Geschwindigkeitsparameter

Die Ergebnisse der Geschwindigkeitsparameter sind in Tabelle 2 dargestellt. Nach dem Sichern konnten für die Bewegungen aus den Bewegungsumkehrpunkten zur Neutralstellung bei einigen Bewegungsrichtungen signifikant höhere

Geschwindigkeiten in Relation zur individuellen Maximalgeschwindigkeit festgestellt werden (Tab. 2). Für die Rotation und Lateralflexion als symmetrische Bewegungen existieren vor dem Sichern keine signifikanten Unterschiede zwischen den entgegengesetzten Bewegungsrichtungen.

Durch die Sicherungsintervention entwickelten sich für die Rotation aber bilaterale Asymmetrien in der relativen Bewegungsgeschwindigkeit. Die Abbremsbewegung bei der Linksrotation wurde nach dem Sichern deutlich später als auf der rechten Seite durchgeführt (links: 54,7%; rechts: 49,1% p=0,022). Ebenso wurde auch eine Asym-Geschwindigkeit der beim Durchqueren der Nullposition festgestellt. Nach dem Sichern wurde die Rechtsrotation durchschnittlich 84,9% mit einer signifikant geringeren Geschwindigkeit absolviert (Links-

rotation: 94,20%; p<0,000). Vor der Intervention wurden keine bilateralen Differenzen ermittelt (Rechtsrotation: 89,1%; Linksrotation: 87,0%; p=0,456).

## Diskussion

In den aktuellen Studien zum Freiklettern werden besonders die Verletzungen bzw. Überlastungssyndrome der oberen Extremitäten insbesondere der Hand untersucht. Diese kann der Sportler bei der direkten Kletterbelastung erleiden (5,12,19,24,25,28,29). Analysen zur Belastung des Sicherns - als einem integralen Bestandteil des Freikletterns - sind in den aktuellen Quellen nicht dargestellt.

Die Ergebnisse unserer Studie weisen darauf hin, dass sich auch durch die Sicherungstätigkeit beim Klettern die arthromuskuläre Funktionsfähigkeit der Halswirbelsäule modifiziert. Beeinträchtigungen der Leistungsfähigkeit sind dabei nicht auszuschließen.

In allen drei Bewegungsrichtungen war ein hochsignifikanter Effekt auf die cervicale Beweglichkeit gegeben. Durchschnittlich verringerte sich der Bewegungsumfang zwischen 6,3° für die Lateralflexion und 13,6° für die Ante-/Retroflexion. Dabei entsprachen die ermittelten interindividuellen Varianzen der Bewegungsumfänge den aus der Literatur bekannten Werten (6,7,30). Diese akuten Beweglichkeitsverminderungen müssen funktionell sein, da strukturelle Umbauprozesse einen wesentlich längeren Zeitraum beanspruchen (6,7,8,20,30). Eine mögliche Erklärung kann in der Skelettmuskulaturdifferenzierung (phasische/tonische Muskeln)

Tabelle 2: Geschwindigkeitsparameter der Ante-/Retroflexion (AR), Anteflexion (AF), Retroflexion (RF), Gesamtrotation (RO), Rotation nach links (RL), Rotation nach rechts (RR), Gesamtlateralflexion (LF), Lateralflexion nach links (LL), Lateralflexion nach rechts (LR) vor und nach dem Sichern relativiert zur individuellen Maximalgeschwindigkeit (\* p<0.05;\*\* p<0.01)

	nach 25% der Bewegung vom BUP zur Neutralstellung $\overline{x}~(\pm~S)$ in Prozent		nach 50% der Bewegung vom BUP zur Neutralstellung $\bar{x}$ ( $\pm$ S) in Prozent		
	Vor dem Sichern	Nach dem Sichern	Vor dem Sichern	Nach dem Sichern	
AR	76,2 ± 9,2	$80.0 \pm 8.3  p = 0.049(*)$	88,3 ± 6,8	90,4 ± 5,4	
AF	77,4 ± 11,7	80,8 ± 12,8	$90,1 \pm 9,4$	91,2 ± 8,9	
RF	75,0 ± 14,6	$79.3 \pm 11.8  p = 0.046(*)$	86,6 ± 9,9	89,6 $\pm$ 7,4 p = 0,032(*)	
RO	79,1 ± 9,2	81,0 ± 8,1	$90,4 \pm 6,4$	91,7 ± 5,5	
RL	79,6 ± 12,0	80,0 ± 10,9	$89,9 \pm 9,2$	$92.3 \pm 8.2  p = 0.022(*)$	
RR	78,4 <u>+</u> 9,2	$82,1 \pm 10,2  p = 0,048(*)$	$90,9 \pm 7,2$	91,1 <u>+</u> 6,5	
LF	68,1 ± 17,5	75,9 ± 15,6	78,0 ± 18,6	88,7 ± 4,5	
LL	67,4 ± 17,6	72,9 ± 18,6	$75,4 \pm 25,6$	87,6 ± 6,3	
LR	68,9 ± 17,1	$78.9 \pm 12.6$ p = $0.023(*)$	81,8 ± 16,6	89,5 ± 4,1	
	nach 75% der Bewegung von der Neutralstellung zum BUP $\bar{x}$ ( $\pm$ S) in Prozent		Beim Durchqueren der Neutralstellung $\overline{x}$ ( $\pm$ S) in Prozent		
	Vor dem Sichern	Nach dem Sichern	Vor dem Sichern	Nach dem Sichern	
AR	52,4 ± 9,8	53,8 + 10,1	90,4 + 7,2	89,5 + 6,3	
AF	53,2 ± 10,9	52,9 ± 12,1	91,8 ± 5,7	$91.3 \pm 8.1$	
RF	51,7 ± 12,8	54,7 ± 14,5	88,9 ± 11,8	$87.6 \pm 8.1  p = 0.032(*)$	
RO	51,7 ± 8,9	51,9 + 9,0	89,4 ± 7,4	89,6 + 9,3	
RL	53,4 ± 10,5	54,7 ± 11,3	89,9 ± 9,2	$94.2 \pm 9.7$ p = $0.014(*)$	
RR	FO 1 . 10 0	49,1 ± 9,6	90.9 + 7.2	84,9 + 11,7	
	50,1 ± 10,8	43,1 ± 3,0	30,3 <u>1</u> 7,2	0.110 ± 1.17	
LF	50,1 ± 10,8 52,2 ± 10,9	57,5 ± 9,8	83,7 ± 7,9		
LF LL	· - ·				

gesehen werden. Dabei sind die phasischen Muskeln für dynamische und die tonischen Muskeln für statische Belastungen ausgelegt. Alle Muskeln der Kopfgelenke, sowie die Halsflexoren werden nicht durch die Rami dorsales innerviert und gehören somit nicht zu den tonischen Muskeln (9). Somit erscheint aus neurophysiologischer Sicht gerade die statische Dauerbelastung des Sicherns in maximaler Retroflexion problematisch. Minutenlang sind die tiefen Nackenstrecker - insbesondere im Kopfgelenksbereich (Mm. rectus capitis et obliquii capitis) - maximal verkürzt. Anfangs durch isometrische Kontraktion - nach einiger Zeit wird der Kopf passiv in den Nacken gelegt. Gleichzeitig verbleiben die Antagonisten (infrahyale Muskeln, Mm. scaleni, prävertebrale Muskeln) in maximaler Dehnposition. Neurophysiologische Studien zeigen propriozeptive Modifikationen und deren Reflexe durch passiv-statische Belastungen (1,11,22).

Die Halsextensoren unterliegen einer Tonuserhöhung, während die Halsflexoren relaxiert werden. Zusätzlich können durch Affektionen passiver Strukturen z.B. Gelenkendstellungen, maximale Anspannung des Lig. longitudinale ant. und Kapselspannungen Nozizeptionen hervorgerufen werden (21). Die sich daraus ergebende Nozireaktion kennzeichnet sich nach Wolff (32) durch verspannte Nackenmuskeln sowie deren ischämische Stoffwechselsituation. Diese

## Originalia Zervikale Belastung beim Klettern

verspannten subokzipitalen Muskeln hemmen, wie schon Sachse et al. (26) berichten, die Anteflexion in den Kopfgelenken. Parallel wird auch die Rotation limitiert. Diese Erkenntnis der Bewegungseinschränkung nach dem Sichern durch verspannte Nackenmuskeln, wurde durch Befragungen der Kletterer bestätigt. Alle Probanden gaben nach dem Sichern Beschwerden in der Nackenmuskulatur an.

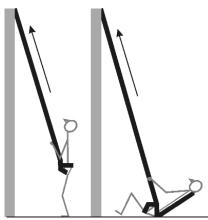


Abbildung 4: Belastung der Halswirbelsäule bei verschiedenen Sicherungspositionen (schwarz: Wirkung des Seilzuges auf die Lendenwirbelsäule)

Außerdem zeigten sich signifikan-Veränderungen in den Bewegungsmustern. Die Bewegungsvariabilität der Bewegungsumkehrpunkte erhöhte sich signifikant. Ebenso zeigten sich Unterschiede in verschiedenen Geschwindigkeitsparametern. Hier wurden über die biomechanische Bewegungsanalyse

motorische Funk-

tionen der Halswirbelsäule aufgezeichnet und ausgewertet. Ausgehend von der Tatsache, dass die Propriozeptoren an allen Aufgaben der Motorik beteiligt sind (27), müssen sich die veränderten propriozeptiven Reflexe in der Bewegungsanalyse niederschlagen. Auch *Kittel et al.* (16,17) konnten in Bewegungsanalysen Einflüsse von Nozizeptionen und Propriozeptionsänderungen nachweisen.

Nach Normalisierung der Propriozeption müssten diese geänderten Bewegungsmuster wieder verschwinden. Aus organisatorischen Gründen war eine Nachuntersuchung nicht möglich, so dass die zeitliche Dynamik einer möglichen Harmonisierung der Bewegungsfunktion nicht überprüft werden konnte. In weiteren Studien unseres Instituts soll daher die Nachhaltigkeit dieser Veränderungen kontrolliert werden.

In der Praxis ergibt sich zudem das Problem, dass der Sichernde unmittelbar nach dieser Sicherungsbelastung ebenfalls in die Wand einsteigt. Sportkletterer benötigen für ihre Sportart hohe kinästhetische Wahrnehmungsfähigkeiten. Die Trittmöglichkeiten der Füße werden in einer Ruheposition visualisiert und in der anschließenden Kletterbewegung meist aus dem Gedächtnis heraus angetreten. Gerade die Nackenpropriozeption besitzt eine enorme Bedeutung für die Kopf- und Körperstabilität aber auch für die Körperbalance. In erster Linie müssen hierbei die Haltungs- und Lagereflexe beachtet werden, die z.B. in der Krankengymnastik nach Bobath und Vojta (1,4,31) seit langem genutzt werden. Unbestritten ist ebenfalls die hohe Bedeutung der Nackenpropriozeptoren für das Gleichgewicht (1,10,32). Wird durch sportartspezifische Belastungen die Propriozeption verändert, werden diese Fehlinformationen verrechnet und können bis zu Gleichgewichtsproblemen oder Schwindel führen (32). Damit kann die momentane Leistungsfähigkeit beeinträchtigt werden. Unsere vorliegenden Ergebnisse kennzeichnen einen unmittelbar veränderten dynamisch-motorischen Bewegungsstereotyp durch das Sichern. Somit sind auch Koordinationsdefizite zu vermuten.

Nach Hoffmann (15) kennzeichnet eine ökonomische Klettertechnik, dass die Füße schnell und sicher gegen die Wand angetreten werden. Dass nach unmittelbar vorausgegangener Sicherungsarbeit diese Fähigkeit temporär herabgesetzt sein kann, wird in der Praxis von Kletterern bestätigt. Kompensatorisch muss der Einsatz der Hand-, Arm- und Schultergürtelmuskulatur verstärkt werden. Da meist die Einsatzfähigkeit der Hand- und Unterarmmuskeln leistungslimitierend ist, leidet durch deren schnellere Ermüdung die Leistungsfähigkeit. Gleichzeitig steigt so beim Klettern im Leistungsgrenzbereich die Gefahr eines Sturzes.

Um die Leistungsfähigkeit zu erhalten bzw. damit diese temporären Muskeldysbalancen nicht persistieren und sich daraus langfristig cervicale Symptomatiken entwickeln, sollten Kompensationsmechanismen erarbeitet werden.

### Ausblick

Der Kletterer sollte sich zuerst bewusst sein, dass er möglicherweise direkt nach dem Sichern nicht voll leistungsfähig ist. Des weiteren muss die momentane Sicherungshaltung überdacht werden.

In der Praxis ist manchmal bei langen Sicherungszeiten eine Sitz-Liege-Position beobachtbar (Abb. 4 rechts). Dabei sollte aber auf eine Kopfstützung geachtet werden. Diese Entlastung der Halswirbelsäule bringt aber andere Probleme mit sich. Die Reaktionsmöglichkeiten des Sichernden sind nicht optimal. Bei einem Sturz des Kletterers kann der Sichernde sich nicht zur Wand hin oder von der Wand wegbewegen, um die Sturzbelastung so gering wie möglich zu halten. Gleichzeitig sind die handelsüblichen Klettergurte nicht für diese Sicherungsform konzipiert. So ergeben sich bei einem Sturz enorme Belastungen für die Lendenwirbelsäule in Richtung verstärkter Lordose. Aber nicht alle Kletterrouten sind homogen schwer. So besteht die Möglichkeit, dass in einfacheren Passagen die Sitz-Liege-Position (Abb. 4 rechts) zur Sicherung genutzt werden kann. An den Schlüsselstellen nimmt der Sichernde dann einen stabilen Stand mit extendierter Halswirbelsäule ein, um bei möglichen Stürzen optimal reagieren zu können (Abb. 4 links).

Eine weitere Möglichkeit wäre der Einsatz einer Kopfstütze zur Entlastung der Halswirbelsäule. Dabei wird der Kopf passiv in Retroflexion abgelegt. Inaktive Muskeln und Endstellungen der passiven Strukturen würden verbleiben, die ihrerseits neurophysiologische Einflüsse aufweisen könnten. In weiteren Studien sollen die Effekte dieses Lösungsansatzes überprüft werden.

Sporttherapeutische Übungen stellen derzeit die einzige Kompensationsmöglichkeit dar, um die temporäre Leistungsminderung zu bewältigen. Langfristig müssen sich in der Kletterszene Übungen durchsetzen, welche sowohl die Bewegungseinschränkungen als auch die Propriozeptionsveränderungen beheben. An unserem Institut konnten in einer

## Cervikale Belastung beim Klettern Uriginalia

Pilotstudie erste Erfolge durch eine Kombination aus Relaxationstechniken und Funktionsbewegungen mit niedriger Intensität verbucht werden. Bevor aber die Effizienz eines Kompensationstrainings überprüft wird, werden Nachhaltigkeitstests der gezeigten Effekte durchgeführt.

In weiteren Studien soll der direkte Einfluss des Kletterns auf die cervicalen Bewegungsmuster überprüft werden, obgleich eine geringere Auswirkung auf Grund vielfältiger dynamischer Kopfbewegungen erwartet wird.

### Literatur

- 1. Atwood HL, MacKay WA: Neurophysiologie. Schattauer Verlag, Stuttgart - New York, 1994, 306-320.
- 2. Bernstädt W: Zervikale Bewegungsmuster bei Sportkletterern. Unveröffentlichte Diplomarbeit zur Erlangung des Diplom-Sportwissenschaftlers, Institut für Sportmedizin und Prävention der Universität Potsdam, 2002.
- 3. Bittmann F (Hrsq.): Körperschule. Rowohlt, Reinbek, 1995, 35-40.
- 4. Bobath K: A neurophysiological basis of treatment of cervival palsy. JB Lippincott Comp, Philadelphia, 1980.
- Carmeli, M, Wertheim E: Handverletzungen bei jugendlichen und erwachsenen Sportkletterern. Dtsch Z Sportmed 52 (2001) 285-288.
- 6. Castro WH, Sautmann A, Schilgen M, Sautmann M: Noninvasive threedimensional Analysis of Cervical spine motion in normal subjects in relation to age and sex. Spine 25 (2000) 443-449.
- 7. Dvorak J, Antinnes JA, Panjabi M, Loustalot D, Bonomo M: Age and gender related normal motion of the cervical spine. Spine 17 (1992) 393-
- 8. Eder M, Tilscher H: Chirotherapie. Vom Befund zur Behandlung. Hippokrates Verlag, Stuttgart, 1995, 26-45.
- Frisch H: Programmierte Untersuchung des Bewegungsapparates. Springer Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, 1991, 40-72.
- Gleditsch J: Das stomatognathe System in seiner Beziehung zur Halswirbelsäule. Ganzheitliche Zahnmedizin 2 (2001) 12-15.
- 11. Guissard N, Duchateau J, Hainaut K: Muscle stretching and motoneuron excitability. Eur J Appl Phys 58 (1988) 47-52.
- 12. Haas JC, Meyers MC: Rock climbing injuries. Sports Med 20 (1995) 199-
- Hassenstein B: Der Kopfgelenkbereich im Funktionsgefüge der Raumorientierung: systemtheoretische bzw. biokybernetische Gesichtspunkte, in: Wolff HD (Hrsg) Die Sonderstellung des Kopfbereichs. Springer-Verlag, Berlin . 1988
- 14. Hochholzer T, Eisenhut A: Sportklettern. Verletzungen-Prophylaxe-Training, Lochner Verlag, München, 1993, 21-60.
- 15. Hoffmann M: Sportklettern. Odyssee-Alpinverlag, 1990, 82-98.
- 16. Kittel R, Badtke G: Objektivierte Beurteilung der aktiven zyklischen Halswirbelsäulenrotation bei Funktionsstörungen. Man Med 40 (2002) 262-266
- 17. Kittel R, Bittmann F, Badtke G, Luther S: Blockierungen der Halswirbelsäule in den Segmenten C3 bis C5 – Aktive zyklische Rotationen vor und nach manualmedizinischer Intervention. Man Med 40 (2002) 320-325.

- 18. Kittel R: Objektive Bestimmung der aktiven zyklischen Halswirbelsäulenrotation: Entwicklung von Referenzwerten des Bewegungsmusters. Dissertation der Math-Nat-Fakultät der Universität Potsdam, 2002.
- 19. Klauser A, Frauscher F, Bodner G, Halpern EJ, Schocke MF, Springer P, Gabl M, Judmaier W, Nedeen zur D: Finger pulley in extreme rock climbers: depiction with dynamic US. Radiology 222 (2002) 755-761.
- 20. Kuhlman KA: Cervical Range of Motion in the Elderly. Arch Phys Med Rehabil 74 (1993) 1071-1079.
- 21. Lewit K: Manuelle Medizin. Johann Ambrosius Barth Verlag, Leipzig-Heidelberg, 1992, 49-63.
- 22. Nashner LM: Adapting reflexes controlling the human posture. Exp Brain Res 26 (1976) 62-65.
- 23. Natalis M, König A: Nichtinvasive, akkurate und reliable Messung der Halswirbelsäulenbeweglichkeit mittels ultraschallgestützter 3D-Echtzeit-Bewegungsanalyse. Ultraschall in der Medizin 20 (1999) 74-77.
- Peters P: Nerve compression syndromes in sport climbers. Int J Sports Med 22 (2001) 611-617.
- 25. Rouhbough JT, Mudge MK, Schilling RC: Overuse injuries in the elite rock climber. Med Sci Sports Exerc 32 (2000) 1369-1372.
- Sachse J, Schildt-Rudloff K: Wirbelsäule Manuelle Untersuchung und Mobilisationsbehandlung. Urban & Fischer Verlag, München-Jena, 2000,
- 27. Schmidt RF, Thews G: Physiologie des Menschen. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, 1993.
- Schöffler V, Winklemann HP: Accident statistics at indoor climbing walls. Sportverl Sportschad 13 (1999) 14-16.
- 29. Straub G: Musculoskeletal problems in rock climbing. Wien Med Woch 150 (2000) 186-190.
- 30. Trott PH, Pearcy MJ, Ruston SA, Fulton I, Brien C: Three-dimensional analysis of active cervical motion: The effect of age and gender. Clin Biomech 11 (1996) 201-207.
- Vojta V: Das Vojta-Prinzip: Muskelspiele in Reflexfortbewegung und motorischer Ontogenese. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York,
- 32. Wolff HD: Neurophysiologische Aspekte des Bewegungssystems. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, 1996.

Korrespondenzadresse: Dr. rer. nat. René Kittel Institut für Sportmedizin und Prävention Universität Potsdam Am Neuen Palais 10 14469 Potsdam

e-mail: kittel@rz.uni-potsdam.de