

T. Hilberg, M. Herbsleb, C. Puta, H.H.W. Gabriel, W. Schramm*

Körperliches Training steigert die isometrische Muskelkraft und sensomotorische Fähigkeiten bei hämophilen Personen

Physical training increases isometric muscular strength and sensorimotor abilities in haemophilic subjects

Lehrstuhl für Sportmedizin, Friedrich-Schiller-Universität Jena

*Abteilung für Hämostaseologie und Transfusionsmedizin, Medizinische Klinik Innenstadt, Ludwig-Maximilians-Universität München

Zusammenfassung

Eine gut entwickelte Muskelkraft und koordinative Fähigkeiten verringern das Risiko eines Gelenkschadens, beide sind bei hämophilen Personen in ihrer Ausprägung bzw. Funktion deutlich vermindert. Das Ziel der Studie war die Untersuchung von sensomotorischen Leistungen und isometrischer Muskelkraft vor und nach einem speziellen Trainingsprogramm bei hämophilen Personen. Neun Probanden mit schwerer Hämophilie A (H, 32 ± 9 Jahre) und acht 'aktive' Kontrollprobanden (AK, 34 ± 8 Jahre) ohne Hämophilie nahmen an einem sechsmonatigen Trainingsprogramm (2 x 120 min/Woche) teil, elf weitere Probanden ohne Hämophilie dienten als 'passive' Kontrollgruppe (PK, 36 ± 9 Jahre). Vor und nach dem Trainingsprogramm wurden die sensomotorische Leistung und die isometrische Muskelkraft bestimmt. Die maximale isometrische Muskelkraft der Beine, beidseits gemessen am Beinstrecker (und der Beinpresse) nahm nach dem Training um 34% (29%) in H und um 20% (28%) in AK zu (jeweils, $P < 0,05$) und blieb in PK unverändert. Die Leistung beim Einbeinstand-Test verbesserte sich nach dem Training in der H und in der AK Gruppe ($P < 0,05$). Eine Verbesserung der Winkelreproduktion zeigte sich nur bei 20° und 40° ($P < 0,05$) in der H Gruppe verglichen mit der PK-Gruppe. Der sensorische Test mit der Stimmgabel belegte eine Zunahme ($P < 0,05$) der Leistungsfähigkeit in beiden aktiven (H und AK) Gruppen. Eine spezielle Sporttherapie mit einer koordinativ/propriozeptiven Ausrichtung, begleitet von einem „sanften“ Krafttraining (geringe Widerstände, 20-25 Wiederholungen) über 2 x 120 min/Woche ist in der Lage, sensomotorische Fähigkeiten und die statische Muskelkraft mit geringster Gelenkbelastung zu verbessern. Es wird deshalb empfohlen, die spezielle Sporttherapie als Bestandteil in ein umfassendes Behandlungskonzept hämophiler Patienten zu integrieren.

Schlüsselwörter: Hämophilie, Muskelkraft, Propriozeption, sensomotorische Fähigkeiten, Training

Summary

Sufficient muscular strength and proprioception lessen the risk of joint damage, however, both are impaired in haemophilic subjects. The aim of the study was to investigate proprioceptive performance and isometric muscular strength before and after a specialized training in haemophilic subjects (H) compared with two groups of control subjects (C). Nine subjects with severe haemophilia A, and eight 'active' C (AC) without haemophilia took part in a physical training programme over a 6-month period. Eleven 'passive' C (PC) without haemophilia were requested to avoid any additional training during this period. Sensorimotor performance and isometric strength were determined before and after the training programme. The maximal isometric muscular strength in the legs, bilaterally measured by knee extensor (and leg press) was increased ($P < 0.05$) by 34% (29%) after training in the H and by 20% (28%) in the AC groups while remaining unchanged in the PC group. The performance in one-leg-stand tests after training was increased ($P < 0.05$) in the H and AC groups. An improvement of angle reproduction of 20° and 40° ($P < 0.05$) in the H compared with the PC groups was seen in the tests. Quantitative sensory testing by the tuning fork showed an increase ($P < 0.05$) in performance of both H and AC groups. The results of the present study confirm that specific sports therapy (2 x 120 min/week) focused on proprioceptive function and accompanied by gentle strength training with low resistance and 20–25 repetitions is able to increase proprioceptive performance and muscular strength with minimal stress to the joints. It is strongly recommended that specialized sports therapy should be included as an integral component of the complete treatment regimen of haemophilic subjects.

Key words: haemophilia, muscular strength, proprioception, sensorimotor abilities, training.

Einleitung

Um das Auftreten intraartikulärer und intramuskulärer Blutungen zu vermeiden wurde hämophilen Personen bis zu den frühen 70er Jahren fast vollständig verboten, sich sportlich zu betätigen (22). Mit den Möglichkeiten einer verbesserten Sub-

stitutionstherapie mit Faktor VIII- oder IX-Präparaten und dem Wissen über die Notwendigkeit der körperlichen Bewegung auch für Hämophile, änderte sich diese Meinung in den 70er Jahren. Heute wird hämophilen Patienten häufig geraten, aktiv am Sport teilzunehmen (7). Trotzdem ist eine deutlich reduzierte körperliche Leistungsfähigkeit häufig charak-

teristisch für hämophile Personen. Koch *et al.* konnten in ihrer Studie zeigen, dass die allgemeine körperliche Leistungsfähigkeit schon bei hämophilen Kindern deutlich reduziert war (11). Zusätzlich konnte eine eingeschränkte anaerobe Leistungsfähigkeit, wie auch eine Einschränkung der Muskelkraft bei hämophilen Kindern nachgewiesen werden (4). Diese Studienergebnisse stimmen überein mit den Ergebnissen von Pietri *et al.*, die zeigen konnten, dass bei Kindern mit einseitiger Hämarthrose der Kniegelenke eine eingeschränkte Muskelfunktion vorliegt. Die Ergebnisse von Pietri *et al.* führten zu der Empfehlung mit einem entsprechenden Krafttraining zu beginnen (18). Eine ausreichende Muskelkraft ist

Tabelle 1: Anthropometrische Daten; Hämophiliegruppe (H), aktive Kontrollgruppe (AK), passive Kontrollgruppe (PK); Mittelwert \pm Standardabweichung (Spannweite)

	H (N=9)	AK (N=8)	PK (N=11)
Alter (Jahre)	32 \pm 9 (17 – 44)	34 \pm 8 (16 – 44)	36 \pm 9 (16 – 44)
Größe (cm)	179 \pm 6 (164 – 186)	179 \pm 9 (164 – 192)	182 \pm 5 (174 – 191)
Gewicht (kg)	73 \pm 11 (55 – 88)	80 \pm 17 (60 – 120)	86 \pm 15 (71 – 108)

aber nicht nur notwendig für die Bewegung, sondern hilft bei der Kontrolle des Gelenks und zusätzlich bei der Absorption von Energie. Beispielhaft werden vor allem durch den Kniestrecker Kräfte absorbiert, die bei Gewichtsbelastungen in alltäglichen Situationen auftreten (6). Aber nicht nur die Kraftfähigkeit ist bei Hämophilen reduziert. Hilberg *et al.* konnten weiterführend zeigen, dass zusätzlich zur reduzierten Muskelkraft auch sensomotorische Fähigkeiten bei hämophilen Personen deutlich beeinträchtigt sind (8). Eine Beeinträchtigung dieser Fähigkeiten ist nicht nur Folge von Traumata sondern kann Verletzungen im Weiteren induzieren (8). Daher sollte versucht werden sowohl die Muskelkraft, als auch sensomotorische Fähigkeiten bei Hämophilen mit Hilfe einer sporttherapeutischen Intervention zu verbessern.

Ziel dieser Studie war den möglichen Nutzen einer spezifischen Sporttherapie zu objektivieren und den Therapieerfolg in Bezug auf Veränderungen bei der isometrischen Muskelkraft und verschiedener sensomotorischer Fähigkeiten bei hämophilen Personen zu untersuchen.

Material und Methoden

Probanden

Die Studiengruppe H bestand zu Beginn der Studie aus elf Probanden mit schwerer Hämophilie A (H, Faktor VIII:C \leq 1%), Studiengruppe AK aus elf Probanden ohne Hämophilie (AK, aktive Kontrollgruppe), welche über 6 Monate am gleichen Trainingsprogramm teilnahmen und elf Probanden ohne Hämophilie (PK, passive Kontrollgruppe) welche gebeten wurden, jegliches zusätzliches Training zu vermeiden. Ein H-

Proband beendete das Trainingsprogramm vorzeitig wegen einer chirurgischen Intervention unabhängig vom Trainingsprogramm. Ein H-Proband und drei AK-Personen nahmen aus persönlichen Gründen nicht weiter am Trainingsprogramm teil, weshalb am Ende der Studie 9 (H), 8 (AK) und 11 (PK) Probanden in den einzelnen Gruppen ausgewertet werden konnten. Alle eingeschlossenen Kontrollprobanden waren gesund und betrieben einschließlich der hämophilen Probanden weniger als 1h Sport pro Woche. Eine prophylaktische Substitutionstherapie für die hämophilen Probanden war individuell möglich, wurde aber nicht generell empfohlen. Die anthropometrischen Daten zeigt die Tabelle 1; diese Daten waren im Gruppenvergleich statistisch nicht unterschiedlich. Vor Beginn der Studie wurde eine schriftliche Zustimmung von allen Teilnehmern eingeholt und die Studie wurde in Abstimmung mit der Ethikkommission der Technischen Universität München durchgeführt. In der H-Gruppe waren die Knie- und Sprunggelenke die am stärksten betroffenen Gelenke. Bei vier Personen waren beide Sprunggelenke schwer betroffen, bei drei moderat (zwei rechts > links) und bei zwei Personen waren die Sprunggelenke entweder milde oder nicht betroffen. Bei einem Teilnehmer waren die Kniegelenke schwer betroffen, bei zwei mittel und bei 6 leicht oder nicht betroffen. Das Bewegungsausmaß (von maximaler Streckung bis maximale Beugung) der Kniegelenke (H) lag zwischen 71 – 144° (0/1°/72° – 6°/0/138°) für das rechte und 69 – 147° für das linke Knie (0/10°/79° – 8°/0/139°). Die Häufigkeit der Gelenkblutungen vor dem Trainingsprogramm lag bei 1-2mal pro Monat, in direkter Verbindung mit dem Trainingsprogramm traten keine Blutungen auf. Ein H-Proband verspürte Schmerzen während des Posturomed®-Provokationstests.

Sensomotorische und Kraftfähigkeiten

Sensomotorische Fähigkeiten und isometrische Muskelkraft wurden zu Beginn (Februar / März 2000) und am Ende (Oktober 2000) des 6monatigen Trainingsprogramms getestet, wie in einer früheren Veröffentlichung beschrieben (8).

Einbeinstand-Test

Der Einbeinstand-Test (auf harten Linoleumboden [ESH] und weichem Untergrund [ESW] auf einer Leichtturnmatte (Dicke 8 cm, Sport-Thieme, Grasleben Deutschland)) mit offenen [ESO] und geschlossenen [ESG] Augen erfolgte barfuß und diente der Untersuchung des globalen statischen Gleichgewichts. Die Testdauer betrug 1 min, Bewertungskriterien waren: die Anzahl der Bodenkontakte mit dem Spielbein oder Hüpfen mit dem Standbein, Festhalten mit den Händen an den Handgriffen, sowie Öffnen der Augen (bei Versuch mit geschlossenen Augen) waren jeweils ein Fehler, bei maximal 20 möglichen Fehlern. Der Proband wurde aufgefordert, das rechte oder linke Bein durch Hüftflexion 45° anzuheben. Die Arme sollten locker am Körper, die Kopfstellung neutral gehalten werden. Alle Tests wurden nach standardisierter Anweisung ausgeführt, um andere Effekte zu minimieren.

Posturomed®-Provokationstest

Nach Instruktion der Probanden wurden diese gebeten, sich beidbeinig, hüftbreit und barfuß auf die arretierte Plattform des Posturomed® (Firma Haider Bioswing, Pullenreuth Deutschland) zu stellen. Nach einer definierten Auslenkung der Plattform von 2 cm in lateromedialer Richtung wurde die Wiedereinschwingzeit (in s) gemessen. Die "resetting time" ist die Zeitspanne vom Beginn der Auslenkung der beweglichen Plattform bis zum Wiedererreichen einer definierten Schwingungsamplitude (Variationskoeffizient (VK) <6%).

Winkelreproduktionstest

Das linke (WRL) und rechte (WRR) Bein wurden randomisiert bei Winkelvorgaben von 20°, 40°, und 60° Beugung getestet. Der randomisierte Winkel wurde passiv eingestellt und der Proband wurde gebeten, diesen Winkel zu reproduzieren. Die Differenz in Grad des durch den Untersucher passiv eingestellten und durch den Probanden aktiv reproduzierten Winkels wurde mit Hilfe eines Elektrogoniometers gemessen. Die Messungen des zu reproduzierenden Winkels erfolgten randomisiert sowohl aus maximaler Flexions- als auch maximaler Extensionsstellung in sitzender Position mit nahezu senkrechtem Rücken. Die Ergebnisse dieser beiden Messungen wurden jeweils gemittelt. Bei jedem Test wurde die auditive und visuelle Kontrolle vollständig eliminiert.

Stimmgabel-Test

Das Vibrationsempfinden wurde quantitativ (VK<4%) mit einer Stimmgabel (64 Hz; Rydel-Seiffer, Tuttlingen Deutschland) beidseitig sowohl an der oberen Extremität an der Streckerseite des Os metacarpale II, als auch an der unteren Extremität am Os metatarsale I (rechts [STR], links [SGL], obere Extremitäten [SGO] und untere Extremitäten [SGU]) getestet.

Der Zeitpunkt, zu dem der Proband angab, keine Vibrationen mehr wahrzunehmen, wurde bestimmt. Dazu wurde der nächstliegende Wert zur scheinbaren Kreuzung der virtuellen Gradenigo-Dreiecke (Skala 0-8) an den zwei Schenkeln der Stimmgabel bestimmt und diente als Messwert. Drei Messwerte wurden zur Neutralisierung von Ausreißern gemittelt.

Kraft-Tests

Zur Messung der isometrischen Maximalkraft (rechts, links und beide Beine, jeweils getrennte Messung) wurde der Beinstrecker (Schnell® Peutenhausen, Deutschland) und eine Beinpresse (Eigenbau, TU-München) verwendet. Der Test am Beinstrecker wurde in sitzender Position mit einem Kniewinkel von 70° durchgeführt. Beim Test an der Beinpresse wurde der gleiche Kniewinkel, ebenfalls in sitzender Position eingestellt.

Trainingsprogramm

Das Training erfolgte über einen Zeitraum von 6 Monaten zweimal/Woche jeweils zwei Stunden. Das Programm begann mit dem Training der Muskulatur des lokalen Systems der Wirbelsäule. Die segmentale lokale Stabilisation der Wir-

belsäule ist die Voraussetzung für das Training der Muskulatur des globalen Systems (ein- und mehrgelenkig) der Wirbelsäule und der Extremitäten (2,20). Anschließend erfolgte das Training der globalen Muskulatur des Fußes und des Sprunggelenkes („kurzer Fuß“ nach Janda), um die Koordination und Muskelkraft von Bewegungen zu erhöhen (10). Zusätzlich kam die postisometrische Relaxation (PiR) zur Anwendung, um die muskulären Verspannungen der mehrgelenkigen globalen Muskulatur zu vermindern und die Flexibilität dieser zu erhöhen (13). Mit zunehmender Trainingserfahrung wurden die Knie- und Hüftgelenke und die peripheren Gelenke der oberen Extremitäten sowie die globale ein- und mehrgelenkige Wirbelsäulen- und Schultergürtelmuskulatur in das Training integriert. Das Training wurde zuerst auf harten, überwiegend horizontal instabilen Oberflächen (z.B. verschiedene Gymnastikmatten, Posturomed®) durchgeführt. Am Ende des Trainingsprogramms konnten auch vertikal instabile Untergründe gut stabilisiert werden. So war der freie Stand mit zusätzlichen Extremitätenbewegungen auf dem Aero-Step (Togu®; Prien-Bachham Deutschland) oder auf einem Minitrampolin möglich. Begleitet wurde dieses primär sensomotorisch orientierte Training von einem sanften Krafttraining mit dem Thera-Band® (Thera-Band GmbH, Hadamar Deutschland). Dieses Training wurde mit geringen Widerständen (weißes, gelbes, rotes Band) und Wiederholungszahlen von 20-25 durchgeführt. Es traten keine Blutungen in Verbindung mit dem Trainingsprogramm auf.

Statistik

Alle Daten sind als Mittelwert ± Standardabweichung dargestellt. Zur Überprüfung der Verteilung wurde der Kolmogorov-Smirnov-Test angewendet. Entsprechend der Verteilung erfolgte der Gruppenvergleich der anthropometrischen Daten mit Hilfe des Student's t-Test für ungepaarte Stichproben. Zum Vergleich der unabhängigen Variablen der Gruppen vor und nach dem Training wurde der Mann-Whitney U-Test, für den Vergleich (z.B. Differenzen der sensomotorischen Quantitäten) vor und nach dem Training wurde der

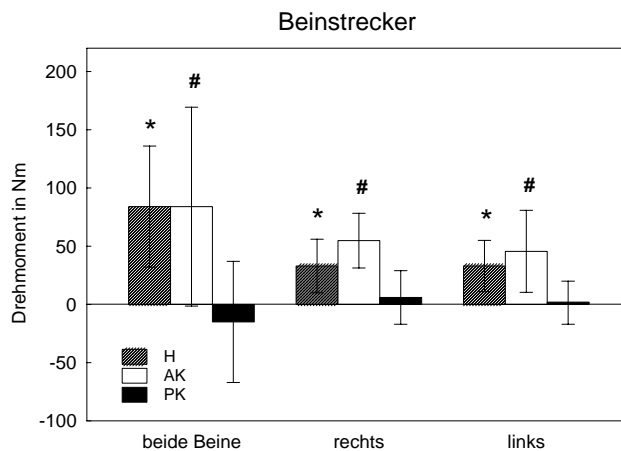


Abbildung 1: Beinstrecker; Vergleich der Veränderungen (vor und nach Training) des maximalen Drehmoments in Newtonmeter (Nm). H: Hämophiliegruppe; AK: aktive Kontrollgruppe; PK: passive Kontrollgruppe; * signifikant (p<0,05) H zu PK; # signifikant (p<0,05) AK zu PK; MW ± Stabw.

Tabelle 2: Ausgangsdaten vor Training; Hämophiliegruppe (H), aktive Kontrollgruppe (AK), passive Kontrollgruppe (PK); Mittelwert ± Standardabweichung (Spannweite)

	H (N=9)	AK (N=8)	PK (N=11)
Beinstrecker (Nm) beide Beine	250 ± 114 [§] (89 – 379)	411 ± 121 (266 – 566)	368 ± 94 (272 – 456)
Beinstrecker (Nm) rechts	140 ± 75 (30 – 228)	209 ± 55 (147 – 287)	202 ± 42 (126 – 269)
Beinstrecker (Nm) links	159 ± 60* (79 – 248)	212 ± 65 (130 – 299)	214 ± 40 (166 – 282)
Beinpresse (N) beide Beine	1737 ± 558* (1106 – 2496)	2147 ± 605 (1112 – 3126)	2545 ± 652 (1809 – 3642)
Beinpresse (N) rechts	990 ± 338* (415 – 1376)	1059 ± 429 (585 – 1855)	1337 ± 334 (640 – 1751)
Beinpresse (N) links	1013 ± 342 [§] (574 – 1458)	1304 ± 372 (661 – 1785)	1387 ± 315 (988 – 1857)
Einbeinstandtest (Fehler) ESO	3,5 ± 4,4 [§] (0 – 13,0)	0,3 ± 0,5 (0 – 1,8)	0,5 ± 0,9 (0 – 3,0)
Einbeinstandtest (Fehler) ESG	15,3 ± 4,2* (10,3 – 20,0)	10,4 ± 4,9 (4,3 – 19,0)	9,2 ± 4,2 (3,8 – 18,8)
Einbeinstandtest (Fehler) ESH	9,2 ± 4,3 [§] (3,8 – 17,0)	4,6 ± 2,5 (1,0 – 9,3)	4,3 ± 2,6 (1,8 – 10,3)
Einbeinstandtest (Fehler) ESW	9,6 ± 3,7* (5,0 – 16,0)	6,1 ± 2,9 (1,5 – 10,3)	5,4 ± 2,5 (2,0 – 9,5)
Winkelreproduktionstest (Grad) 20° re	9,5 ± 3,4* (4,0 – 14,0)	6,0 ± 4,0 (2,0 – 12,5)	6,3 ± 5,5 (0,5 – 20,5)
Winkelreproduktionstest (Grad) 20° li	9,1 ± 3,2 (4,0 – 13,0)	9,1 ± 4,5 (5,0 – 19,0)	7,0 ± 3,6 (2,5 – 14,5)
Winkelreproduktionstest (Grad) 40° re	6,0 ± 3,4 (0,5 – 10,0)	4,5 ± 1,8 (2,0 – 7,0)	4,2 ± 2,2 (1,0 – 8,5)
Winkelreproduktionstest (Grad) 40° li	8,2 ± 5,8 (3,5 – 22,5)	7,2 ± 3,4 (3,0 – 13,0)	5,5 ± 3,2 (0,5 – 10,0)
Winkelreproduktionstest (Grad) 60° re	5,2 ± 2,0 (3,0 – 8,5)	6,6 ± 2,5 (4,0 – 11,0)	6,6 ± 4,5 (1,5 – 17,0)
Winkelreproduktionstest (Grad) 60° li	5,9 ± 5,0 (0,5 – 15,5)	5,1 ± 2,6 [#] (1,5 – 11,0)	6,9 ± 2,8 (3,5 – 13,0)
Stimmgabel (Einheiten) SGO	6,4 ± 0,6 (5,5 – 7,1)	6,4 ± 0,6 (5,0 – 7,1)	6,7 ± 0,4 (6,0 – 7,3)
Stimmgabel (Einheiten) SGU	6,4 ± 0,9 (5,3 – 7,7)	6,5 ± 0,7 [#] (5,2 – 7,3)	7,1 ± 0,5 (6,2 – 7,5)
Stimmgabel (Einheiten) SGR	6,4 ± 0,7 (5,2 – 7,5)	6,4 ± 0,6 [#] (5,4 – 7,0)	6,9 ± 0,5 (6,1 – 7,7)
Stimmgabel (Einheiten) SGL	6,4 ± 0,7* (5,3 – 7,3)	6,5 ± 0,6 [#] (5,3 – 7,2)	6,9 ± 0,3 (6,2 – 7,5)

ESO: Einbeinstand mit offenen Augen; ESG: Einbeinstand mit geschlossenen Augen; ESH: Einbeinstand auf hartem Untergrund; ESW: Einbeinstand auf weichem Untergrund; SGO: Stimmgabel obere Extremität; SGU: Stimmgabel untere Extremität; SGR: Stimmgabel rechts; SGL: Stimmgabel links; * signifikant (p<0,05) H zu PK; # signifikant (p<0,05) AK zu PK; § signifikant (p<0,05) H zu AK

Wilcoxon-Rank-Test verwendet. Diese Prüfverfahren berücksichtigen auch die unterschiedlichen Ausgangslagen der Daten in den Gruppen. Das Signifikanzniveau wurde auf P<0,05 festgelegt. Zur Auswertung der Daten diente die Software SPSS 10.0.

Ergebnisse

Muskelkraft

Die maximale isometrische Muskelkraft beider Beine erhöhte sich nach dem Training um 34% in der Hämophiliegruppe und um 20% (beide P<0,05) in der aktiven Kontrollgruppe bei niedrigerem Ausgangsniveau in der Hämophiliegruppe

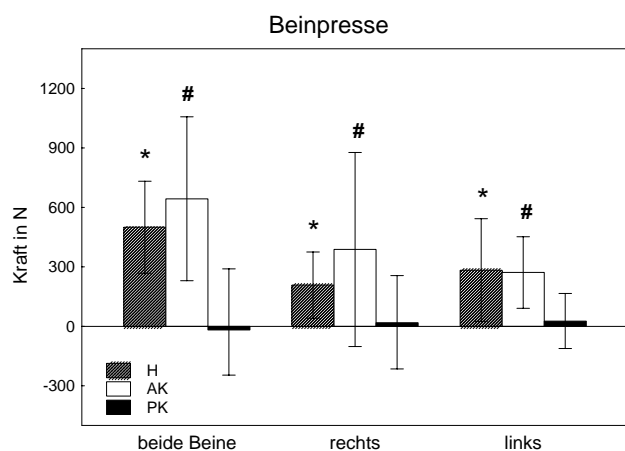


Abbildung 2: Beinpresse: Vergleich der Veränderungen (vor zu nach Training) der maximalen isometrischen Muskelkraft in Newton (N). H: Hämophiliegruppe; AK: aktive Kontrollgruppe; PK: passive Kontrollgruppe; * signifikant (p<0,05) H zu PK; # signifikant (p<0,05) AK zu PK; MW ± Stabw.

(P<0,05 zu AK) und blieb unverändert in der passiven Kontrollgruppe. (Tab. 2, Abb. 1). Die Messungen mit der Beinpresse bestätigen den Trainingseffekt. Nach dem Training konnte

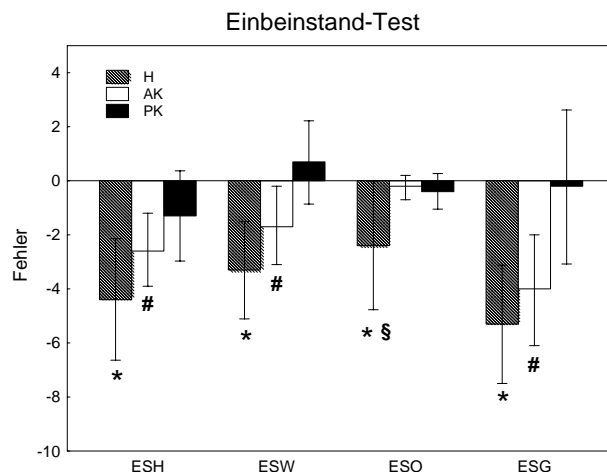


Abbildung 3: Einbeinstand-Test: Vergleich der Veränderungen (vor zu nach Training) in Fehlern. H: Hämophiliegruppe; AK: aktive Kontrollgruppe; PK: passive Kontrollgruppe; ESH: Einbeinstand auf hartem Untergrund; ESW: auf weichem Untergrund; ESO: mit offenen Augen; ESG: mit geschlossenen Augen; * signifikant (p<0,05) H zu PK; # signifikant (p<0,05) AK zu PK; § signifikant (p<0,05) H zu AK; MW ± Stabw.

eine beidseitige Zunahme der maximalen isometrischen Muskelkraft an der Beinpresse von 29% bei den hämophilen Personen sowie 28% bei den aktiven Kontrollpersonen nachgewiesen werden. Auch diese Unterschiede waren im Vergleich zur passiven Kontrollgruppe statistisch (P<0,05) signifikant (Abb. 2).

Sensomotorische Fähigkeiten

Die Leistungen im Einbeinstand-Test (ESH, ESW, ESO, ESG) wiesen sowohl in der Hämophiliegruppe, als auch in der aktiven Kontrollgruppe eine signifikante Verbesserung (geringere Fehlerzahl) gegenüber der passiven Kontrollgruppe nach dem Training auf (Abb. 3); wiederum bei schlechterem Ausgangsniveau in der Hämophiliegruppe (Tab. 2).

Beim Posturomed®-Provokationstest verringerte sich die gemessene Wiedereinschwingzeit von $1,65 \pm 0,43s$ vor dem Training auf $1,21 \pm 0,17s$ nach dem Training in der Hämophiliegruppe. Die Differenz erreichte aber nicht das festgesetzte Signifikanzniveau im Vergleich mit der passiven Kontrollgruppe ($1,41 \pm 0,30$ zu $1,23 \pm 0,32s$). Im Gegensatz dazu zeigten sich signifikante Veränderungen in der aktiven Kontrollgruppe im Vergleich zur passiven Kontrollgruppe ($1,46 \pm 0,32$ zu $1,04 \pm 0,20s$; $P < 0,05$).

Der Winkelreproduktionstest erbrachte unterschiedliche Ergebnisse. Lediglich bei den Winklereinstellungen von 20° und 40° zeigten sich sowohl in der Hämophiliegruppe als auch in der aktiven Kontrollgruppe statistisch signifikante

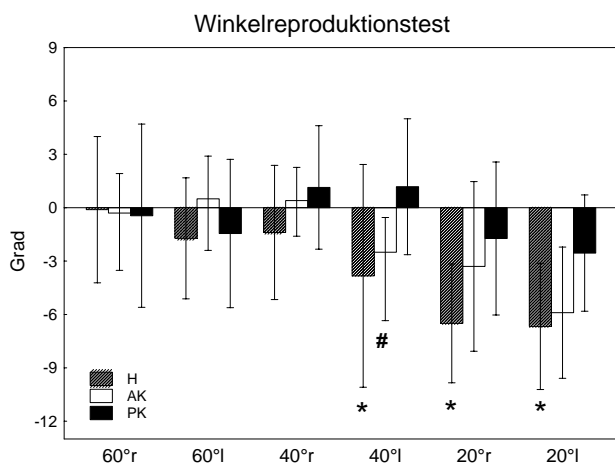


Abbildung 4: Winkelreproduktionstest; Vergleich der Veränderungen (vor zu nach Training) in Grad. H: Hämophiliegruppe; AK: aktive Kontrollgruppe; PK: passive Kontrollgruppe; l=links, r= rechts; * signifikant ($p < 0,05$) H zu PK; # signifikant ($p < 0,05$) AK zu PK; MW \pm Stabw.

($P < 0,05$) Verbesserungen der Reproduktionsfähigkeit im Vergleich zur passiven Kontrollgruppe (Abb. 4). Die semiquantitative Testung der Pallästhesie mittels Stimmgabel ergab bei allen Messungen (SGR, SGL, SGO, SGU) eine signifikante ($P < 0,05$) Zunahme des Vibrationsempfindens, sowohl in der Hämophiliegruppe als auch in der aktiven Kontrollgruppe (Abb. 5).

Diskussion

Muskelkraft bei hämophilen Personen

Nach intramuskulären und intraartikulären Blutungen ist in der Regel eine sofortige Immobilisation absolut notwendig. Erfolgt aber nach der akuten Phase eine zu lange andauernde Immobilisation führt dies häufig zu einer Muskelatrophie mit schädigenden Effekten auf die Funktion des Gelenks (6,17). Da aber die muskuläre Funktion sowohl für die dyna-

mische, als auch für die statische Kontrolle des Gelenks verantwortlich ist, kann eine Atrophie schwere Fehlfunktionen des Gelenks fördern und damit die Entwicklung von Traumen begünstigen (6). Eine gut entwickelte Muskulatur absorbiert Energie, die möglicherweise sonst Gelenkstrukturen schädigen kann. Studien, die statische Kraft-Tests benutzten, konnten zeigen, dass z.B. eine hinreichende Muskelkraft des M. quadriceps eine Belastung der Kollateralbänder deutlich mindern kann (5). Dass die Muskelkraft bei hämophilen Personen im Vergleich zu Kontrollpersonen eingeschränkt ist, konnten mehrere Autoren belegen (4,8).

Sensomotorische Fähigkeiten bei hämophilen Personen

Eine zusätzliche Funktion der Muskulatur ist der afferente Input zum ZNS (1). Diese afferente Information ist ein Anteil der Propriozeption, welche von Buzzard als der 6. Sinn beschrieben wurde (3). Eine ausreichende propriozeptive Fähigkeit ist für die Kontrolle von Gelenkbewegungen notwendig, wird aber durch Schmerzen negativ beeinflusst. 1965 entwarfen *Melzack und Wall* eine spezielle Theorie über Schmerzmechanismen. Sie erklärten, dass ein Gate-Control-System den sensorischen Input aus dem Gewebe moduliert, bevor er eine Schmerzwahrnehmung und -antwort hervorruft und dass Schmerzereignisse die Afferenzen zum ZNS beeinflussen (14,15). Die Tatsache, dass die afferenten Stimuli

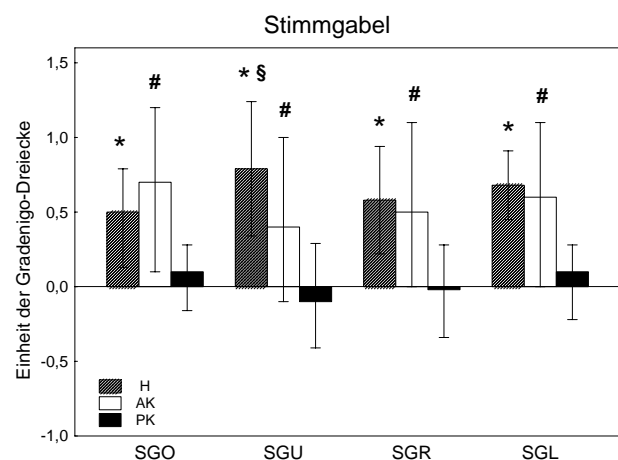


Abbildung 5: Stimmgabeltest; Vergleich der Veränderungen (vor zu nach Training) in Einheiten. H: Hämophiliegruppe; AK: aktive Kontrollgruppe; PK: passive Kontrollgruppe; SGR: Stimmgabeltest rechts; SGL: links, SGO: obere Extremität; SGU: untere Extremität; * signifikant ($p < 0,05$) H zu PK; # signifikant ($p < 0,05$) AK zu PK; § signifikant ($p < 0,05$) H zu AK; MW \pm Stabw.

durch bestehende Schmerzen beeinflusst werden, konnte auch durch andere Studien gezeigt werden (19,21). Die hämophile Arthropathie ruft Schmerzen in hämophilen Gelenken hervor, hierüber wird die propriozeptive Fähigkeit moduliert. Zusätzlich konnten Studien zeigen, dass die Propriozeption nicht nur nach einem Trauma, sondern auch in Verbindung mit einem Erguss oder einer Entzündung beeinträchtigt ist (12). Diese Veränderungen, wie z.B. eine Synovitis, liegen häufig beim Hämophilen vor. Als logische Konsequenz konnte nachgewiesen werden, dass bestimmte sensorische Qualitäten bei Hämophilen eingeschränkt sind (8).

Krafttraining und Training sensomotorischer Funktionen bei hämophilen Personen

Dass ein Krafttraining geeignet ist, die Muskelkraft auch bei hämophilen Personen zu steigern, konnte bereits von *Greene und Strickler* belegt werden (6). Sie führten ein spezielles Muskel-Kräftigungsprogramm (15min/Tag über 6 Monate) durch und konnten eine signifikante Erhöhung der Muskelkraft nach dem Training bei hämophilen Personen (Alter 7-51 Jahre) nachweisen. Dieses Ergebnis wurde durch eine Einzelfallstudie von *Pelletier et al.* (17) bestätigt, welche ein isometrisches Krafttrainingsprogramm mit einem 12jährigen Jungen mit Faktor VIII-Mangel durchführten. Die Studie zeigte, dass sich die Kraft der ischiocruralen Muskulatur und des M. quadriceps nach dem Training um 40-70% erhöhte.

Das Trainingsprogramm der hier vorgestellten Studie konzentrierte sich auf eine Beeinflussung afferenter Informationssysteme (vor allem propriozeptiv, exterozeptiv, nozizeptiv), begleitet von einem sanften Krafttraining (z.B. Thera-Band®). Nach dem Training konnte eine deutliche Zunahme der maximalen isometrischen Muskelkraft in der Hämophiliegruppe im Vergleich zu der PK-Gruppe ohne Training beobachtet werden (Abb. 1+2). Der Kraftzuwachs der H-Gruppe war fast identisch mit den Veränderungen der AK-Gruppe, was den Erfolg des Trainingsprogramms in beiden aktiven Gruppen unterstreicht.

Trotz der deutlich divergenten Trainingsregimes in der vorhandenen Literatur führen alle Studien zu dem gleichen Ergebnis. Eine Verbesserung der Muskelkraft durch Krafttraining ist auch bei Hämophilen ohne Blutungskomplikationen möglich. Aufgrund der spezifischen Trainingsinhalte in der vorliegenden Studie kann die Zunahme der Muskelkraft aber nicht alleine als Ergebnis des sanften Krafttrainings interpretiert werden, weil auch ein spezielles sensomotorisches Training zu einer Zunahme der Kraft über eine Verbesserung der intra- und intermuskulären Koordination führt. Da gerade in diesem Bereich der Trainingsschwerpunkt lag, ist der Kraftzuwachs vermutlich vor allem auf eine Verbesserung im koordinativen Bereich zurückzuführen. Neben den beschriebenen Effekten der Kraftzunahme kam es auch zu Veränderungen verschiedener sensomotorischer Qualitäten nach dem Training.

Der Einbeinstand stellt einen globalen Test für das statische, teilweise auch dynamische Gleichgewicht unter Belastung dar (8,12). Damit sollte die Gesamtleistung basierend auf subsummierenden Afferenzen aus der Peripherie überprüft werden. Die beobachtete Fehlerzahl beim Einbeinstand-Test reduzierte sich in der H-Gruppe im Vergleich zur PK-Gruppe bei allen durchgeführten Tests (ESH, ESW, ESO, ESG) (Abb. 3). Die gleichen Ergebnisse zeigte auch die AK im Vergleich zur PK. Nur die Ergebnisse des Tests mit offenen Augen waren nicht signifikant. Der Einbeinstand ist eine notwendige Funktion im täglichen Leben.

Der Posturomed®-Provokationstest mit einer standardisierten Auslenkung einer beweglichen Plattform testet auf Dysfunktionen der Gleichgewichtsregulation bei externer Störung. Die Ergebnisse des Posturomed®-Provokationstests zeigten lediglich Unterschiede ($P < 0,05$) zwischen AK- und

PK-Gruppe. Die hämophilen Patienten wiesen zwar im Mittel geringere Wiedereinschwingzeiten nach dem Training auf, die hohe Standardabweichung verhinderte aber ein statistisch signifikantes Ergebnis. Die Ergebnisse des Winkelreproduktionsstests zeigten nur signifikante Unterschiede bei den niedrigen Winkelgraden (Abb. 4). Der Test wurde durchgeführt, um Informationen über das lokale Stellungempfinden und damit über die lokalen Afferenzen des mit am meisten betroffenen Gelenkes zu erhalten. Weshalb lediglich bei niedrigen Winkeln Unterschiede zwischen der H-Gruppe und der PK-Gruppe auftraten, ist nicht direkt verständlich. Möglicherweise sind diese Ergebnisse aber über Spannungsunterschiede des Kapsel-Bandapparates bei unterschiedlichen Winkelstellungen des Gelenkes zu erklären. Zusätzlich wurde das Vibrationsempfinden mit dem semiquantitativen Stimmgabeltest erfasst; Reliabilität und Validität dieses Tests wurden bereits in verschiedenen Studien belegt (9,16). Bei der quantitativen Messung der Pallästhesie konnten signifikante Differenzen bei allen Tests (SGR, SGL, SGO, SGU) sowohl in der H-Gruppe, als auch in der AK-Gruppe im Vergleich zur PK-Gruppe nach Training aufgezeigt werden (Abb. 5).

Ein Vergleich dieser Daten mit der Literatur ist nicht möglich, da keine vergleichbaren Studienergebnisse vorliegen.

Limitierend für einzelne Studienergebnisse aber nicht für die Gesamtaussage ist die Tatsache, dass aufgrund der geringen Probandenzahlen insbesondere bei den Hämophilen eine passive Kontrollgruppe fehlte, welche aber in einem optimalen Studiendesign wünschenswert gewesen wäre.

Eine spezielle Sporttherapie für hämophile Personen kann die statische Muskelkraft und verschiedene sensomotorische Fähigkeiten (Vibrationsempfinden, statisches Gleichgewicht) verbessern, ohne die Gelenke stärker zu belasten. Aus diesen Gründen sollte eine gezielte Sporttherapie mit vermehrt koordinativen Inhalten verbunden mit einem „sanften Krafttraining“ in ein umfassendes Behandlungskonzept der Hämophilie integriert werden. Ein Trainingsumfang von 2 x 120 min/Woche kann dabei empfohlen werden.

Ob durch eine Verbesserung der sensomotorischen Leistung und der Muskelkraft bei Hämophilen eine Reduktion der prophylaktischen Faktor VIII oder IX Substitution möglich ist, muss in zukünftigen Studien untersucht werden.

Danksagung

Die Studie wurde unterstützt durch die Hämophilie-Stiftung. Unser Dank gilt *Herrn Univ.-Prof. Dr. D. Jeschke, Frau M. Besold, Frau A. Habermeier, Herrn Univ.-Prof. Dr. Dr. M. Grosser, Herr Dr. F. Tuska, Herrn A. Huber* für die Unterstützung und Mithilfe bei den Untersuchungen. Des weiteren gilt unser Dank den Firmen Togu (Prien-Bachham, Deutschland) und Haider-Bioschwing (Pullenreuth, Deutschland) für deren Unterstützung mit Trainingsgeräten.

Literatur

1. Beeton K, Cornwell J, Alltree J: Muscle rehabilitation in haemophilia. *Haemophilia* 4 (1998) 532-537.
2. Bergmark A: Stability of the lumbar spine. A study in mechanical engineering. *Acta Orthop Scand Suppl* 230 (1989) 1-54.

3. Buzzard BM: Proprioceptive training in haemophilia. *Haemophilia* 4 (1998) 528–531.
4. Falk B, Portal S, Tiktinsky R, Weinstein Y, Constantini N, Martinowitz U: Anaerobic power and muscle strength in young hemophilia patients. *Med Sci Sports Exerc* 32 (2000) 52–57.
5. Goldfuss AJ, Morehouse CA, LeVeau BF: Effect of muscular tension on knee stability. *Med Sci Sports* 5 (1973) 267–271.
6. Greene WB, Strickler EM: A modified isokinetic strengthening program for patients with severe hemophilia. *Dev Med Child Neurol* 25 (1983) 189–196.
7. Heijnen L, Mauser-Bunschoten EP, Roosendaal G: Participation in sports by dutch persons with haemophilia. *Haemophilia* 6 (2000) 537–546.
8. Hilberg T, Herbsleb M, Gabriel HH, Jeschke D, Schramm W: Proprioception and isometric muscular strength in haemophilic subjects. *Haemophilia* 7 (2001) 582–588.
9. Hilz MJ, Axelrod FB, Hermann K, Haertl U, Duetsch M, Neundorfer B: Normative values of vibratory perception in 530 children, juveniles and adults aged 3–79 years. *J Neurol Sci* 159 (1998) 219–225.
10. Janda V, Vavrova M: Sensory motor stimulation. In: Liebensohn C, (Hrsg): *Rehabilitation of the Spine, a Practitioner's Manual*. Williams & Wilkins, Baltimore, 1996, 319–328.
11. Koch B, Galioto FM Jr, Kelleher J, Goldstein D: Physical fitness in children with hemophilia. *Arch Phys Med Rehabil* 65 (1984) 324–326.
12. Laskowski ER, Newcomer-Aney K, Smith J: Proprioception. *Phys Med Rehabil Clin N Am* 11 (2000) 323–340 vi.
13. Lewit K, Simons DG: Myofascial pain: relief by postisometric relaxation. *Arch Phys Med Rehabil* 65 (1984) 452–456.
14. Melzack R: From the gate to the neuromatrix. *Pain Suppl* 6 (1999) S121–126.
15. Melzack R, Wall PD: Pain mechanisms: a new theory. *Science* 150 (1965) 971–979.
16. Merkies IS, Schmitz PI, van der Meche FG, van Doorn PA: Reliability and responsiveness of a graduated tuning fork in immune mediated polyneuropathies. The Inflammatory Neuropathy Cause and Treatment (INCAT) Group. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 68 (2000) 669–671.
17. Pelletier JR, Findley TW, Gemma SA: Isometric exercise for an individual with hemophilic arthropathy. *Phys Ther* 67 (1987) 1359–1364.
18. Pietri MM, Frontera WR, Pratts IS, Suarez EL: Skeletal muscle function in patients with hemophilia A and unilateral hemarthrosis of the knee. *Arch Phys Med Rehabil* 73 (1992) 22–28.
19. Reichling DB, Levine JD: The primary afferent nociceptor as pattern generator. *Pain Suppl* 6 (1999) S103–109.
20. Richardson C, Jull G, Hodges P, Hides J: *Therapeutic Exercise for Spinal Segmental Stabilisation in Low Back Pain*. Churchill Livingstone, Edinburgh, 1999.
21. Ro JY, Capra NF: Modulation of jaw muscle spindle afferent activity following intramuscular injections with hypertonic saline. *Pain* 92 (2001) 117–127.
22. Weigel N, Carlson BR: Physical activity and the hemophiliac: yes or no? *Am Correct Ther J* 29 (1975) 197–205.

Vollständig veröffentlicht in:
Haemophilia 9 (2003) 86–93

Korrespondenzadresse:
 Dr. med. Dr. phil. Thomas Hilberg
 Lehrstuhl für Sportmedizin der
 Friedrich-Schiller-Universität Jena
 Wöllnitzerstr. 42
 07749 Jena
 Fax: 03641-945652
 e-mail: thomas.hilberg@uni-jena.de

ERRATUM

In der Abbildung 2 des Artikels „Zirolì S, Döring W: Adipositas – kein Thema an Grundschulen mit Sportprofil? Gewichtsstatus von Schülerinnen und Schülern an Grundschulen mit täglichem Sportunterricht (Dtsch Z Sportmed 54 (2003) S. 251)“ wurde versehentlich kurz vor Drucklegung die Definition der Balken vertauscht. Richtig ist, dass die schwarzen Balken (li. Bildhälfte) den Anteil übergewichtiger Kinder aus nicht sportbetonten Schulen darstellen und die grauen Balken (re. Bildhälfte) die Kinder sportbetonter Schulen. Wir bitten, dieses Versehen zu entschuldigen.