

A. Schmid, A. Berg

Behindertensport und Sportmedizin: Internistische Aspekte

Handicapped sports and sports medicine: aspects of internal medicine

Abt. Rehabilitative und Präventive Sportmedizin, Medizinische Universitätsklinik Freiburg

Zusammenfassung

Menschen mit einer Behinderung infolge einer chronischen Erkrankung oder einer körperlichen Behinderung weisen eine ausgeprägte körperliche Inaktivität auf. Dies ist, insbesondere bei Menschen mit einer Querschnittslähmung, verbunden mit einer Einschränkung der körperlichen Leistungsfähigkeit, einem ungünstigen Lipidprofil, einer peripheren Insulinresistenz mit erhöhter Inzidenz an Diabetes mellitus Typ II und erhöhter Inzidenz an koronarer Herzkrankheit. Deshalb gewinnt die körperliche Aktivität gerade auch für Menschen mit einer Behinderung im Rahmen der Rehabilitation und Prävention eine besondere Bedeutung. Die vorliegenden Untersuchungen, z.B. bei Menschen mit Querschnittslähmung, zeigen, dass durch körperliche Aktivität vergleichbare Effekte auf kardiovaskuläre und metabolische Risikofaktoren wie bei nicht-behinderten Menschen zu erreichen sind. Dabei werden besonders der ausdauerorientierten körperlichen Betätigung mit dem Ziel der Erhöhung des Energieumsatzes und der Verbesserung der Fitness positive Effekte zugeschrieben. Wie bei der Medikation einer pharmakologischen Substanz müssen für die körperliche Aktivität die Funktionsstörungen durch die Behinderung, die Art der Belastung, die Dosierung, Indikationsstellung und Kontraindikationen bei Menschen mit Querschnittslähmung in der Prävention und Rehabilitation bis hin zum Leistungssport beachtet werden.

Schlüsselwörter: Querschnittslähmung, kardiovaskuläre und metabolische Risikofaktoren, Prävention, Aktivität

Einleitung

Körperliche Inaktivität und Fehlernährung zählen unverändert zu den in der Bevölkerung verbreitetsten, gesundheitlichen Fehlverhalten (1). Dies ist u.a. verbunden mit peripherer Insulinresistenz, erhöhter Inzidenz an pathologischer Glukosetoleranz, Diabetes mellitus, Fettstoffwechselstörungen, Hyperkoagulabilität, Übergewicht und geringer körperlicher Leistungsfähigkeit (6,13,16,41). Menschen mit einer Behinderung infolge einer chronischen Erkrankung oder einer körperlichen Behinderung weisen eine ausgeprägte körperliche Inaktivität auf. Deshalb gewinnt die körperliche Aktivität auch für Menschen mit einer Behinderung im Rahmen der Rehabilitation und Prävention eine besondere Bedeutung (7).

Summary

People with a disability due to chronic illness or physical handicap exhibit pronounced physical inactivity. This is associated with an unfavorable lipid profile, peripheral insulin resistance with higher risk of diabetes mellitus type II, restriction of physical capacity and higher risk of coronary heart disease, especially in persons with spinal cord injury (SCI). Therefore, physical activity is important in rehabilitation and prevention, particularly in the handicapped. The data available show that comparable effects on cardiovascular and metabolic risk factors can be achieved in SCI patients, for example, as in non-disabled subjects. Positive effects are particularly attributed to endurance training with the goal of increasing daily activity and physical fitness. As in therapy with pharmaceuticals, the malfunctions attendant on the handicap, the kind, intensity, dosage, indications and contraindications of physical activity for SCI patients must be taken into consideration in prevention and rehabilitation and even beyond.

Key words: spinal cord injured persons, cardiovascular and metabolic risk factors, prevention, physical activity

Menschen mit Querschnittslähmung unterliegen in Abhängigkeit von der Lähmungshöhe einer Hypomobilität, einer Einschränkung der körperlichen Leistungsfähigkeit, einem ungünstigen Lipidprofil, einer peripheren Insulinresistenz mit erhöhter Inzidenz an Diabetes mellitus Typ II und erhöhter Inzidenz an koronarer Herzkrankheit (3,4,5,14,26,27,28,30,31,38,43). Ausdauerorientierte körperliche Aktivität hat entscheidende Effekte nicht nur für die motorische Kompetenz und Lebensqualität im Alltag, sondern auch für die Inzidenz und den Manifestationszeitpunkt von Dyslipoproteinämien wie auch der metabolischen Risikofaktoren: Periphere Insulinresistenz, Hyperinsulinismus, verminderte periphere Ansprechbarkeit auf Katecholamine und Androgene, erhöhter Anteil an atherogenen Low Density Lipoprotein Partikeln, vermehrte Lipidperoxidation (2, 6, 17, 29, 34).

Die vorliegenden Untersuchungen bei Menschen mit Querschnittslähmung zeigen, dass durch körperliche Aktivität vergleichbare Effekte wie bei nichtbehinderten Menschen zu erreichen sind (Tab. 1) (8, 9, 10, 11, 12, 15, 24, 32, 33, 35, 42).

Tabelle 1: Glukose- und Insulinkonzentrationen von ausdauerstreibenden (SP) und nichtaktiven (NSP) Tetraplegikern (TP) und Paraplegikern (PP) in nüchternem Zustand in Ruhe (35).

		Glukose [mg·dl ⁻¹]	Insulin [μU·ml ⁻¹]
TP	SP	91,0 ± 7,0	13,3 ± 9,6
	NSP	102,7 ± 12,5	23,3 ± 22,2
PP	SP	87,3 ± 8,7 ²	8,2 ± 5,3 ²
	NSP	99,8 ± 14,3 ¹	15,7 ± 9,2 ¹

Signifikant unterschiedlich mit ¹ SP, ² NSP.

Im Folgenden sollen unterschiedliche Aspekte des therapeutischen bzw. rehabilitativen Einsatzes der körperlichen Aktivität bei Menschen mit einer Behinderung am Beispiel der Querschnittslähmung dargestellt werden.

Wie bei der Medikation einer pharmakologischen Substanz müssen für die körperliche Aktivität die Funktionsstörungen durch die Behinderung, die Art der Belastung, die Dosierung, Indikationsstellung und Kontraindikationen in der Prävention und Rehabilitation bis hin zum Leistungssport beachtet werden (1,2).

Behinderungsbedingte Funktionsstörungen bei körperlicher Belastung

Die Unterbrechung des Rückenmarks führt nicht nur zu motorischen und sensorischen Ausfällen, sondern auch zur Schädigung vegetativer Bahnen. Efferente sympathische Bahnen zu den Zervikal- und oberen Thorakalganglien, die u.a. das Herz innervieren, verlassen das Rückenmark zwischen Th1 und Th4, die präganglionären Neurone zu den abdominalen Ganglien und dem Nebennierenmark überwiegend zwischen Th5 und Th9. Die Schädigung des zervikalen Rückenmarks führt zu einer Unterbrechung praktisch aller präsynaptischen sympathischen Fasern noch vor Austritt aus dem Rückenmark unter anderem mit Störung der sympathischen kardialen Innervation und des Nebennierenmarks und Ausfall des belastungsinduzierten Anstiegs der Katecholamine. Dies hat eine Vielzahl an Veränderungen der kardiozirkulatorischen, metabolischen und hormonellen Belastungsreaktion zur Folge. Paraplegiker erreichen eine bei alleiniger Armarbeit mit Kontrollpersonen vergleichbare Belastungsreaktion. Tetraplegiker dagegen zeigen eine nicht allein durch die geringere funktionelle Muskelmasse erklärbare, ausgeprägte Einschränkung der körperlichen Leistungsfähigkeit bei einer Regulationsstarre der Herzfrequenz (Tab. 2). Die kardiale Adaptation erfolgt überwiegend durch Reduktion der vagalen Aktivität und durch hormonelle Einflüsse (18, 19, 36). Hochgelähmte Paraplegiker mit einer Lähmungshöhe zwischen T1 und T4 weisen im Vergleich zu Kontrollpersonen bei gleicher VO_{2max} eine höhere Herzfrequenz als Ausdruck eines verminderten kardialen Schlagvo-

lumens auf. Dies ist Folge eines verminderten venösen Rückflusses und einer geringeren kardialen Vorlast durch venöses Blutpooling in den Beinen und dem Splanchnikusgebiet bei fehlender Muskelpumpaktivität und gestörter sympathischer Innervation. Allerdings scheint bei hochgelähmten Paraplegikern das kardiovaskuläre System nicht leistungslimitierend zu sein, da die teilweise intakte sympathische Innervation ausreichende Kompensationsmöglichkeiten bietet (36).

Diese behinderungsbedingten Veränderungen müssen bei der Planung, Durchführung und Beurteilung des Effektes der körperlichen Aktivität berücksichtigt werden.

Intensität der körperlichen Aktivität

Regelmäßige körperliche Belastung als ausdauerorientiertes Training nimmt entscheidend Einfluss auf den muskulären Energiestoffwechsel. Fähigkeit und Auswahl der muskulären Substratoxidation werden zu Gunsten aerober Prozesse und in Richtung auf eine begünstigte Lipidutilisation verschoben (2, 6, 17). Die Aktivierung des aeroben Stoffwechsels und der damit verbundene Mehrumsatz an Sauerstoff sind die entscheidenden Parameter des Gesundheitssports. Zur Umstellung des Stoffwechselprofils und Reduktion der metabolischen Risikofaktoren werden moderate Intensitäten im Bereich der aeroben Schwelle in Übereinstimmung mit den in der Sportmedizin benutzten Intensitäts- und Schwellenkonzepten bevorzugt eingesetzt (2). Vor Beginn der sportlichen Aktivität sollte deshalb zum Ausschluss einer klinischen Erkrankung, zur Feststellung des körperlichen Leistungsstandes und zur Festlegung der Intensitätsbereiche eine definierte, standardisierte Belastungsuntersuchung erfolgen. Die Belastung findet bei sportartspezifischen Untersuchungen auf dem Rollstuhlgometer oder Laufband im entsprechenden Sportrollstuhl, bei klinischen Fragestellungen oder zur Ermittlung von orientierenden Trainingsbereichen meist in Form einer Handkurbelergometrie, statt. Routinemäßig durch-

Tabelle 2: Kardiozirkulatorische und metabolische Parameter von Tetraplegikern (TP, Lähmungshöhe höher als Th1), hohen Paraplegikern (HPP, Lähmungshöhe zwischen Th1 und Th5), tiefen Paraplegikern (TPP, Lähmungshöhe tiefer als Th5) und Kontrollpersonen (KG) in Ruhe und während Rollstuhlgometrie (39).

		Leistung [Watt]	Herzfrequenz [1/min]	VO_2 [ml/kg/min]	Laktat [mmol/l]
TP	Ruhe		67,7 ± 11,6	2,80 ± 0,56	1,3 ± 0,2
	Max	33,12 ± 9,30	110,2 ± 16,7	13,74 ± 3,20	4,58 ± 1,78
HPP	Ruhe		73,4 ± 12,0	3,27 ± 0,55	1,4 ± 0,3
	Max	66,86 ± 26,97	172,1 ± 12,6	25,14 ± 5,71	7,50 ± 2,77
TPP	Ruhe		77,3 ± 16,2	3,50 ± 0,39	1,6 ± 0,3
	Max	75,44 ± 25,84	178,9 ± 18,9	29,90 ± 8,37	8,94 ± 3,21
KG	Ruhe		71,4 ± 11,2	4,09 ± 0,96	1,6 ± 0,3
	Max	62,65 ± 13,71	168,9 ± 20,6	28,92 ± 4,88	9,99 ± 2,73

geführt wird vor allem der Stufentest mit Bestimmung von Herzfrequenz aus dem EKG, Blutdruck, Laktat und spirometrischen Daten in Ruhe und am Ende der jeweiligen Belastungsstufen (39). Allerdings können die Intensitäts- und Schwellenkonzepte von nichtbehinderten Menschen nicht

ohne Weiteres auf den Rollstuhlsport übertragen werden. Die Bestimmung des Beginns des Laktatanstieges (LT), des Minimums des Laktatäquivalents oder der ventilatorischen Schwelle aus dem Quotienten VCO_2/VO_2 (VT) scheint unabhängig von der Art der Behinderung möglich zu sein und ist für die Festlegung der Belastungsintensitäten im Training nutzbar. Für die Ermittlung der Dauerleistungsgrenze bzw. der individuellen anaeroben Schwelle liegen für Tetraplegiker bisher keine Informationen vor. Aufgrund des Laktat- und Herzfrequenzverlaufes bei stufenweise ansteigender Belastung ist davon auszugehen, dass die bekannten Laktat-schwellen nicht zur Anwendung kommen können. Die Dauerleistungsgrenze für Menschen mit Paraplegie oder anderen Behinderungen kann im Bereich von 4 mmol/l Laktat angenommen werden. Andere Konzepte wie die individuelle anaerobe Schwelle über eine Laktatkonstante ausgehend vom Laktat der aeroben Schwelle, die Deflektion der Herzfrequenz nach *Conconi* oder der Quotient aus VE/VO_2 werden derzeit geprüft (39). Aufgrund des vergleichbaren Herzfrequenz- und Laktatverhaltens von Paraplegikern und Kontrollpersonen unter körperlicher Belastung kann die Trainingsintensität anhand der Herzfrequenz festgelegt werden. Bisher nicht eindeutig geklärt ist, inwieweit das Training für Tetraplegiker mittels Herzfrequenz oder anderen Parametern, z.B. Laktat, gesteuert werden kann.

Art der körperlichen Belastung

Neben der exakten Festlegung der Trainingsbereiche bzw. -intensität kommt der Auswahl der Belastungsart bei Menschen mit Behinderung, insbesondere einer Querschnittslähmungen, eine besondere Bedeutung zu. Fahren im Rollstuhl bzw. Rennrollstuhl, Hand-Bike oder Schwimmen stellen bei korrekter Einhaltung der Trainingsintensitäten Sportarten mit hoher Ausdauerkomponente dar. Allerdings ist die physiologische Belastungsreaktion als Grundlage für die Beurteilung des möglichen therapeutischen Effektes oder des möglichen gesundheitlichen Risikos bisher nur für einige Sportarten, wie z.B. dem Rollstuhl-Basketball, ausreichend dokumentiert. Während des wettkampfmäßigen Basketball-

spiels lag die durchschnittliche Herzfrequenz bei 151 Schlägen/min und einer mittleren Laktatkonzentration von 2,2 mmol/l (Abb. 1). Die Spielstärke der Sportlerinnen korrelierte positiv mit der im Stufentest ermittelten aeroben Kapazität. Somit stellt Rollstuhl-Basketball eine Sportart mit hoher aerober Energiegewinnung mit den entsprechenden positiven Auswirkungen auf Rehabilitation und Prävention dar. Im Gegensatz zur anaerob-laktaziden Kapazität spielt die anaerob-laktazide Energiegewinnung im Rollstuhl-Basketball nur eine untergeordnete Rolle (37).

Umfang der körperlichen Aktivität

Menschen mit einer Behinderung, insbesondere einer Querschnittslähmung, zeigen eine verminderte körperliche Leistungsfähigkeit. Besonders bei Menschen mit einer Halsmarkschädigung ist die aerobe und anaerob-laktazide Energiebereitstellung entscheidend herabgesetzt. Um Auswirkungen auf die verschiedenen Organsysteme zu erreichen, muss das Ausdauertraining mit ausreichender Intensität, Dauer und Anzahl der Belastungsreize betrieben werden (12,21,23).

Durch körperliche Aktivität können positive Effekte auf die körperliche Leistungsfähigkeit und Muskelenzyme, das kardiovaskuläre Risikoprofil und das Herz-Kreislaufsystem auch bei querschnittgelähmten Menschen unterschiedlicher Läsionshöhe erzielt werden (8, 9, 11, 15, 22, 24, 32, 33, 42). Bisher nicht ausreichend festgelegt sind die bei alleiniger Armarbeit im Rollstuhl notwendigen Trainingsumfänge.

Bei nichtbehinderten Menschen findet sich eine Korrelation zwischen dem Umfang der körperlichen Aktivität und der körperlichen Leistungsfähigkeit mit den bekannten kardiovaskulären Risikofaktoren (6, 7). In der multivariaten Analyse hatte der Energieumsatz im Vergleich zur körperlichen Fitness einen größeren Einfluss auf das Risikoprofil (41). Zur Reduzierung der Inzidenz der koronaren Herzkrankheit und Verbesserung der Lebenserwartung durch körperliche Aktivität wird in der Regel ein wöchentlicher Aktivitätsumsatz von mehr als 2.000 kcal angestrebt (34). Zur Verbesserung der metabolischen Fitness und Verbesserung eines ungünstigen Stoffwechselprofils wird ein regelmäßiger Energiemehrumsatz von etwa 1000 kcal/Woche vorgeschlagen (2).

Unter Berücksichtigung der vergleichbaren Literatur sollte für querschnittgelähmte Menschen mit einer aus der Behinderung resultierenden limitierten und eingeschränkten Leistungsfähigkeit aus therapeutischer Sicht neben der Steigerung der körperlichen Fitness vor allem die Zunahme der körperlichen Aktivität über die Erhöhung des Freizeit-Energieumsatzes im Vordergrund stehen (23,29). Berücksichtigt man die vorliegende Literatur, kann davon ausgegangen werden, dass für Paraplegiker mit Nichtbehinderten vergleichbare Trainingsumfänge im Ausdauerbereich, z.B. 3-4 x 30-60 Minuten wöchentlich, positive Adaptationen hervorrufen können. Aufgrund der Schädigung des sympathischen Systems und der geringeren aktiven Muskelmasse mit extrem eingeschränkter körperlicher Leistungsfähigkeit werden signifikant höhere Trainingsumfänge bei Menschen mit Tetraplegie benötigt, um diese Anpassungen zu erreichen (20, 40).

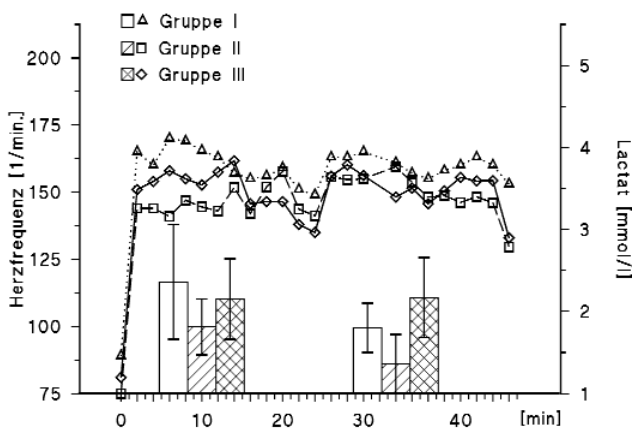


Abbildung 1: Durchschnittliche Herzfrequenz und Laktatkonzentration von Rollstuhl-Basketball Spielerinnen (Gruppe I: Lähmungshöhe zwischen T1 und T10, Gruppe II: Lähmungshöhe tiefer als T10, Gruppe III: Beinamputation oder Poliomyelitis) während eines Rollstuhl-Basketball Spiels (37).

Da Menschen mit einer körperlichen Behinderung häufig einer deutlich höheren Inaktivität mit einer Vielzahl negativer Folgen unterliegen, spielt die körperliche Aktivität im Rahmen der Rehabilitation und Prävention eine zunehmend wichtige Rolle. Bei therapeutischem Einsatz der sportlichen Betätigung sollte neben den Auswirkungen der Behinderung auf die Belastungsreaktion die Intensität, Art und Umfang des Trainings berücksichtigt werden. Dabei werden besonders der ausdauerorientierten körperlichen Betätigung mit dem Ziel der Erhöhung des Energieumsatzes und der Verbesserung der Fitness positiven Effekte zugeschrieben.

Literatur

1. Clinical reality of coronary prevention guidelines: a comparison of EUROASPIRE I and II in nine countries. EUROASPIRE I and II Group. European Action on Secondary Prevention by Intervention to Reduce Events. *Lancet* 357 (2001) 995-1001.
2. American College of Sports Medicine. The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness in healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 22 (1990) 265-274.
3. Bauman WA, Adkins RH, Spungen AM, Kemp BJ, Waters RL: The effect of residual neurological deficit on serum lipoproteins in individuals with chronic spinal cord injury. *Spinal Cord* 36 (1998) 13-17.
4. Bauman WA, Adkins RH, Spungen AM, Waters RL: The effect of residual neurological deficit on oral glucose tolerance in persons with chronic spinal cord injury. *Spinal Cord* 37 (1999) 765-771.
5. Bauman WA, Kahn NN, Grimm DR, Spungen AM: Risk factors for atherogenesis and cardiovascular autonomic function in persons with spinal cord injury. *Spinal Cord* 37 (1999) 601-616.
6. Berg A, Halle M, Franz I, Keul J: Physical activity and lipoprotein metabolism: Epidemiological evidence and clinical trials. *Eur J Med Res* 2 (1997) 259-264.
7. Berg A: Lebensstilveränderung und Prävention - ein sportmedizinischer Wunschtraum? *Dtsch Z Sportmed* 50 (1999) 108.
8. Brenes G, Dearwater S, Shaper R, LaPorte RE, Collins E: High density lipoprotein cholesterol concentrations in physically active and sedentary spinal cord injured patients. *Arch Phys Med Rehabil* 67 (1986) 445-450.
9. Chilibeck PD, Bell G, Jeon J, Weiss CB, Murdoch G, MacLean I, Ryan E, Burnham R: Functional electrical stimulation exercise increases GLUT-1 and GLUT-4 in paralyzed skeletal muscle. *Metabolism* 48 (1999) 1409-1413.
10. Dallmeijer AJ, Hopman MT, van As HH, van der Woude LH: Physical capacity and physical strain in persons with tetraplegia; the role of sport activity. *Spinal cord* 34 (1996) 729-735.
11. Dallmeijer AJ, Hopman MT, van der Woude LH: Lipid, lipoprotein, and apolipoprotein profiles in active and sedentary men with tetraplegia. *Arch Phys Med Rehabil* 78 (1997) 1173-1176.
12. Dallmeijer AJ, van der Woude LH, Hollander AP, van As HH: Physical performance during rehabilitation in persons with spinal cord injuries. *Med Sci Sports Exerc* 31 (1999) 1330-1335.
13. DeFronzo RA, Ferranini E: Insulin resistance. A multifaceted syndrome responsible for NIDDM, obesity, hypertension, dyslipidemia, and atherosclerotic cardiovascular disease. *Diabetes Care* 14 (1991) 173-194.
14. Demirel S, Demirel G, Tukek T, Erk O, Yilmaz H: Risk factors for coronary heart disease in patients with spinal cord injury in Turkey. *Spinal Cord* 39 (2001) 134-138.
15. Eriksson P, Löfström L, Ekblom B: Aerobic power during maximal exercise in untrained and well-trained persons with quadriplegia and paraplegia. *Scand J Rehab Med* 20 (1998) 141-147.
16. Halle M, Berg A, Frey I, Koenig D, Keul J, Baumstark MW: Relationship of obesity with concentration and composition of LDL subfraction particles in normoinsulinemic men. *Metabolism* 44 (1995) 1384-1390.
17. Halle M, Berg A, Garwers U, Baumstark MW, Knisel W, Grathwohl D, Keul J: Influence of 4 weeks' intervention by exercise and diet on low-density lipoprotein subfractions in obese men with type 2 diabetes. *Metabolism* 48 (1999) 641-644.
18. Hopman MTE, Pistorius M, Kamerbeek IC, Binkhorst RA: Cardiac output in paraplegic subjects at high exercise intensities. *Eur. J. Appl. Physiol.* 66 (1993) 531-535.
19. Hopman MTE: Circulatory responses during arm exercise in individuals with paraplegia. *Int. J.Sports Med* 15 (1994) 126-131.
20. Hopman MT, Dallmeijer AJ, Snoek G, Van der Woude LH: The effect of training on cardiovascular responses to arm exercise in individuals with tetraplegia. *Eur. J. Appl. Physiol.* 74 (1996) 172-179.
21. Hicks AL, Martin KA, Ditor DS, Latimer AE, Craven C, Bugaresti J, McCartney N: Long-term exercise training in persons with spinal cord injury effects on strength, arm ergometry, performance and psychological well-being. *Spinal Cord* 41 (2003) 34-43.
22. Hjeltnes N, Aksnes AK, Birkeland KI, Johansen J, Lannem A, Wallberg-Henriksson H: Improved body composition after 8 wk of electrically stimulated leg cycling in tetraplegic patients. *Am J Physiol* 273 (1997) 1072-1079.
23. Hooker SP, Wells CL: Effects of low- and moderate-intensity training in spinal cord-injured persons. *Med Sci Sports Exerc* 21 (1989) 18-22.
24. Huonker M, Schmid A, Sorichter S, Schmidt-Trucksäb A, König D, Mrosek P, Keul J: Cardiovascular differences between sedentary and wheelchair-trained subjects with paraplegia. *Med Sci Sports Exerc* 30 (1998) 609-613.
25. Jacobs PL, Nash MS, Klose KJ, Guest RS, Needham-Shropshire BM, Green BA: Evaluation of a training program for persons with SCI paraplegia using the Parastep 1 ambulation system: part 2. Effects on physiological responses to peak arm ergometry. *Arch Phys Med Rehabil* 78 (1997) 794-798.
26. Janssen TWJ, van Oers CAJM, van der Woude LHV, Hollander AP: Physical strain in daily life of wheelchair users with spinal cord injuries. *Med Sci Sports Exerc* 26 (1994) 661-670.
27. Janssen TW, van Oers CA, van Kamp GJ, TenVoorde BJ, van der Woude LH, Hollander AP: Coronary heart disease risk indicators, aerobic power, and physical activity in men with spinal cord injuries. *Arch Phys Med Rehabil* 78 (1997) 697-705.
28. Kocina P: Body composition of spinal cord injured adults. *Sports Med.* 23 (1997) 48-60.
29. Kriketos AD, Sharp TA, Seagle HM, Peters JC, Hill JO: Effects of aerobic fitness on fat oxidation and body fatness. *Med Sci Sports Exerc* 32 (2000) 805-811.
30. Maki KC, Briones ER, Langbein WE, Inman-Felton A, Nemchausky B, Welch M, Burton J: Associations between serum lipids and indicators of adiposity in men with spinal cord injury. *Paraplegia* 33 (1995) 102-109.
31. Mollinger LA, Spurr GB, El Ghati AZ, Barboriak JJ, Rooney CB, Davidoff DD, Bongard ED: Daily energy expenditure and basal metabolic rates of patients with spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil* 66 (1985) 420-426.
32. Nash MS, Bilsker S, Marcillo AE, Isaac SM, Botelho LA, Klose KJ, Shea JD: Reversal of adaptive left ventricular atrophy following electrically-stimulated exercise training in human paraplegics. *Paraplegia* 29 (1991) 590-599.
33. Nash MS, Jacobs PL, Mendez AJ, Goldberg RB: Circuit resistance training improves the atherogenic lipid profiles of persons with chronic paraplegia. *J Spinal Cord Med* 24 (2001) 2-9.
34. Paffenbarger RS, Jr., Hyde RT, Wing AL, Lee IM, Jung DL, Kampert JB: The association of changes in physical activity level and other lifestyle characteristics with mortality among men. *N Engl J Med* 328 (1993) 538-545.
35. Schmid A, Lehmann M, Barturen JM, Huonker M, Löhlein A, Petersen HG, Dimeo F, Keul J: Verhalten von ausgewählten Hormonen bei ausdauertrainierten und nichttrainierten Paraplegikern und nichtbehinderten Kontrollpersonen, in: Liesen H (Hrsg): Regulations- u. Repairmechanismen. Dtsch Ärzteverlag, Köln, 1994, 564-567.
36. Schmid A, Huonker M, Barturen JM, Stahl F, Schmidt-Trucksäb A, König D, Grathwohl D, Lehmann M, Keul J: Catecholamines, heart rate and oxygen uptake in spinal cord injured persons during wheelchair exercise. *J Appl Physiol* 85 (1998) 635-641.
37. Schmid A, Huonker M, Stober P, Barturen JM, Schmidt-Trucksäb A, Dürr H, Völpelel HJ, Keul J: Physical performance and cardiovascular and metabolic adaptation of elite female wheelchair basketball players in wheelchair ergometry and in competition. *Am J Phys Med Rehab* 77 (1998) 527-533.
38. Schmid A, Halle M, Stützel C, König D, Baumstark MW, Storch MJ, Lehmann M, Berg A, Keul J: Lipoproteins and free plasma catecholamines in

- spinal cord injured men with different injury levels. *Clin Physiol* 20 (2000) 304-310.
39. *Schmid A*: Standards der Sportmedizin: Rollstuhlgometrie. *Dtsch Z Sportmed* 5 (2002) 153-154, 2002.
40. *Ujil SG, Houtman S, Folgering HAT, Hopman MT*: Training of the respiratory muscles in individuals with tetraplegia. *Spinal cord* 37 (1999) 575-579.
41. *Wareham NJ, Wong MY, Day NE*: Glucose intolerance and physical inactivity: the relative importance of low habitual energy expenditure and cardiorespiratory fitness. *Am J Epidemiol* 152 (2000) 132-139.
42. *Washburn RA, Figoni SF*: High density lipoprotein cholesterol in individuals with spinal cord injury: the potential role of physical activity. *Spinal Cord* 37 (1999) 685-695.
43. *Zhong YG, Levy E, Bauman WA*: The relationships among uric acid, plasma insulin, and serum lipoprotein levels in subjects with spinal cord injury. *Horm Metab Res* 27 (1995) 283-286.

Korrespondenzadresse:
PD Dr. Andreas Schmid
Medizinische Universitätsklinik Freiburg
Abt. Rehabilitative und Präventive Sportmedizin
Hugstetterstr. 55
79106 Freiburg
Fax 0761 2707470
e-mail: andi@msm1.ukl.uni-freiburg.de