

Kardiovaskuläre und metabolische Beanspruchung während stochastischer Resonanztherapie bei Schlaganfallpatienten

Cardiovascular and Metabolic Strain during Stochastic Resonance Therapy in Stroke Patients

Autoren

K. Herren¹, C. Holz Mangartner¹, A. Oberli¹, L. Kadlinger²

Institute

¹ Forschung Physiotherapie Neurologie, Universitätsspital Bern, CH-Bern
² Berner Fachhochschule, Fachbereich Gesundheit, CH-Bern

Schlüsselwörter

- stochastische Resonanztherapie
- Beanspruchung
- Schlaganfall
- Herzfrequenz
- Blutdruck
- Laktat

Key words

- stochastic resonance therapy
- strain
- stroke
- heart rate
- blood pressure
- lactate

Zusammenfassung

Hintergrund: Chronischer Bluthochdruck als einer der Risikofaktoren für einen Schlaganfall trägt zu einer Gefäßschädigung bei. Daher sollten bei diesen Patienten Trainingsmethoden vermieden werden, die einen sehr hohen Blutdruck verursachen.

Ziel: Mittels Stochastischer Resonanztherapie (SRT) – einer speziellen Form von Ganzkörpervibration – können Kraft und Gleichgewicht verbessert werden. Das Ziel dieser Studie war, die körperliche Beanspruchung von Schlaganfallpatienten während der SRT zu untersuchen.

Methode: In einer Querschnittstudie absolvierten 20 Patienten in der Frühphase nach Schlaganfall eine SRT mit einer individuellen submaximalen Vibrationsfrequenz. Das Training bestand aus 5 Serien à 1 Minute mit jeweils 1 Minute Pause. Die Blutdruck-, Herzfrequenz- und Laktatwerte wurden vor (Ruhewert) und während des Trainings gemessen.

Ergebnisse: Die Herzfrequenz variierte zufällig zwischen 93 und 101 Schlägen pro Minute. Der mittlere Blutdruck stieg von einem Ruhewert (131/90 mmHg) signifikant auf den Wert nach der 1. Serie an (140/98 mmHg) und schwankte in diesem Bereich während der 5 Serien zufällig. Das Laktat bewegte sich zwischen 1,8 und 1,9 mmol/l.

Schlussfolgerung: Die kardiovaskuläre und metabolische Beanspruchung während einer SRT bewegt sich im Bereich zwischen Ruhewerten und der aeroben Schwelle.

Einleitung

20% aller Schlaganfallpatienten sind bis zu 3 Monate nach dem Ereignis auf den Rollstuhl angewiesen, 70% zeigen nach dieser Zeit eine eingeschränkte Gehfähigkeit (Gangtempo, maximale

Abstract

Background: Hypertension as one of the established risk factors for stroke can damage vessels. Therefore training with strenuous exercises that might cause very high blood pressure should be avoided in patients with stroke.

Objective: Treatment with Stochastic Resonance Therapy (SRT) as a special form of whole-body-vibration can increase force and balance. The aim of this study was to investigate the physical strain for patients with stroke during SRT.

Methods: In a cross-sectional study 20 patients with a recent stroke performed a SRT with an individual sub-maximum vibration-frequency. Training consisted of 5 series of 1 minute each with 1 minute rest in-between. Blood pressure, heart rate and lactate were measured before (at rest) and during SRT.

Results: The heart rate varied randomly between 93 and 101 beats/minute. Mean blood pressure at rest (131/90 mm Hg) rose slightly up to the value after the first series (140/98 mmHg) and fluctuated randomly on this level during the 5 series. The lactate varied between 1.8–1.9 mmol/l over all series.

Conclusion: Strain caused by SRT is comparable to cardiovascular and metabolic strain between values during rest and the aerobic threshold.

le Gehstrecke) und zwei Drittel dieser Patienten weisen selbst nach 1 Jahr noch eine Gangstörung auf [24, 25]. Als mögliche Ursachen der Gangstörung werden in der Literatur Paresen der Beinmuskulatur mit Umbau der betroffenen Muskulatur in Richtung tonischer Muskelfasern,

eingereicht 19.2.2008
angenommen 22.9.2008

Bibliografie

DOI 10.1007/s0020-1109140
 physioscience 2009; 5: 13–17
 © Georg Thieme Verlag KG
 Stuttgart · New York ·
 ISSN 1860-3092

Korrespondenzadresse

Kaspar Herren,
 PT, MSc, Physiotherapie Neurologie, Universitätsspital Bern
 3010 Bern
 Schweiz
 kaspar.herren@insel.ch

Gleichgewichtsprobleme, veränderte propriozeptive Wahrnehmung, verminderte Selektivität der Bewegungen und Spastik genannt [5, 17, 24].

Die Parese des Beines bei Schlaganfallpatienten kann auch in der Frühphase – in Kombination mit anderen Therapieansätzen – ergänzend mit einem konventionellen Gerätekrafttraining therapiert werden [1, 3, 16, 21]. Es ist jedoch bekannt, dass Schlaganfallpatienten – unter anderem bedingt durch zu hohen Blutdruck – häufig vorgeschädigte Gefäße haben [9, 32]. Lindenauer et al. [18] erhoben bei 154 Schlaganfallpatienten einen durchschnittlichen behandlungsbedürftigen hypertonen Blutdruckwert von 160/80 mmHg (Interquartile range: 140, 183/68, 92). Der Zielwert einer medikamentösen Behandlung der Hypertonie liegt im Bereich von <140/90 mmHg [7]). Durch ein Gerätekrafttraining kann dieser Zielwert massiv überschritten werden. Bei intensiver Trainingsbelastung wurden Blutdruckspitzen von bis zu 240 mmHg und höher nachgewiesen [4, 11, 12, 19, 31]. Es ist naheliegend, dass bei derart hohen Werten die Gefahr einer zusätzlichen Läsion der vorgeschädigten Gefäße besteht. Im Zusammenhang mit Gerätekrafttraining wurden Fälle von Aortendissektionen, intrazerebralen Blutungen und Subduralhämatomen beschrieben [2, 10, 14, 20, 30].

Einer erhöhten Gefahr für eine intrazerebrale Blutung im Rahmen eines Krafttrainings sind mit Blutverdünner behandelte Patienten ausgesetzt. Besonders groß scheint dabei das Risiko für Patienten zu sein, die regelmäßig an Nasenbluten leiden [30].

Es gibt Hinweise, dass untrainierte oder ältere Gesunde auch mittels einer Ganzkörpervibrationsplatte eine Verbesserung der Beinkraft erreichen [8, 26]. In diesem Zusammenhang ist erwähnenswert, dass sich die Vibrationsgeräte bezüglich der Vibrationseigenschaften unterscheiden. Einige Geräte generieren sinusförmige Schwingungen und ein System appliziert stochastische (ungeordnete) Vibrationen. Das Training auf letzterem Vibrationssystem wird als stochastische Resonanztherapie (SRT) bezeichnet. Das Funktionsprinzip dabei ist, dass afferente Signale (sensible, propriozeptive) durch die stochastischen Vibrationen verstärkt und dadurch das efferente motorische System (z.B. posturale Kontrolle) optimiert werden [13]. Ein Vibrationstraining mittels sinusförmiger Schwingungen scheint Gesunde und Patienten körperlich nur gering zu beanspruchen [6, 15, 27, 29]. Nun stellt sich die Frage, ob eine SRT eine vergleichbar tiefe Beanspruchung provoziert und somit auch für Schlaganfallpatienten interessant sein könnte. Bis heute ist auch unklar, ob sich eine SRT bei dieser Patientengruppe positiv auf motorische Leistungen wie Kraft, Gleichgewicht, Gehen oder Treppensteigen auswirkt. Bei sinusförmiger Vibration gibt es bereits erste Hinweise in diese Richtung [23, 33].

Das Ziel der aktuellen Studie war daher zunächst zu klären, zu welcher kardiovaskulären, metabolischen und subjektiven Beanspruchung eine SRT bei Patienten nach Schlaganfall führt. Da diese in der Regel an einem vorgeschädigten kardiovaskulären System (z.B. Hypertonie, Arteriosklerose) leiden, ist eine nicht allzu hohe Beanspruchung in der Therapie jenseits der oben genannten Grenzwerte eine wesentliche Voraussetzung für den möglichen Einsatz einer Belastungsform [10, 20].

Methoden

Studiendesign

In einer experimentellen prospektiven Querschnittstudie wurde eine Gruppe von Schlaganfallpatienten hinsichtlich ihrer

Beanspruchung während der SRT untersucht. Die Bewilligung der Kantonalen Ethikkommission des Kantons Bern lag vor (EK: 46/04).

Patienten

An dieser Untersuchung nahmen 20 Patienten (15 Männer, 5 Frauen, Alter: 57,0±11,3 Jahre, Körpergröße: 1,73±0,7 m, Gewicht: 77,1±13,7 kg, BMI: 25,6±4,1) in der Frühphase nach Schlaganfall (3 Wochen–3 Monate) teil. Die wesentlichen Einschlusskriterien waren: Männer und Frauen im Alter von 40–80 Jahren mit einer mentalen und körperlichen Mindestbelastbarkeit von etwa 30 Minuten und der Fähigkeit, ohne Hilfeleistung den Vibrationstest stehend zu absolvieren. Ausgeschlossen waren Alkoholiker, Patienten mit schweren Sprach- oder kognitiven Störungen, nicht korrigierten Sehstörungen, Prothesen oder jeglichen Implantaten.

Verfahren

Das Ganzkörpervibrationstraining wurde auf einem Zeptor med (Idiag AG, CH-Fehraltdorf) durchgeführt, der als typische Eigenschaft stochastische Vibrationen erzeugt. Die Patienten standen dabei beidbeinig mit leicht gebeugten Knien und möglichst symmetrischer Gewichtsverteilung auf den beiden Fußplatten. Mittels Stufentest wurde die individuelle Vibrationsfrequenz ermittelt, die beim Belastungstest verwendet werden sollte. Die Vibration startete computergesteuert bei 2.0 Hz und wurde alle 2 Sekunden um 0,1 Hz gesteigert. Wenn die Versuchspersonen bei höheren Frequenzen koordinativ nicht mehr in der Lage waren, den Bewegungen der Fußplatten zu folgen (Kopplungsfähigkeit), begannen diese zu klopfen, da sie kurzzeitig von den Exzenterollen, auf denen sie aufliegen, abgehoben wurden. Das beginnende Klopfgeräusch markierte die Grenzfrequenz. Die Frequenz der individuellen Vibrationsbelastung wurde 0,5–1,0 Hz unterhalb dieser Grenzfrequenz festgesetzt. Die Vibrationsbelastung erfolgte über 5 Serien mit 1 Minute Belastungsdauer und je 1 Minute Serienpause.

Die Herzfrequenz (HF) wurde kontinuierlich gemittelt über jeweils 5 Sekunden mit einem Polar Heart Rate Monitor 610 (LMT, CH-Wallisellen) und der Blutdruck (BD) mit einem Armschichtenmessgerät (Disytest Welch Allyn, Speidel+Keller, D-Jungingen) gemessen. Das Laktat wurde mit Akkusport (Roche Schweiz AG, CH-Rotkreuz) und die subjektive Beanspruchung der Patienten mittels Fragebogen erhoben. Gemessen wurde in Ruhe vor der Vibrationsbelastung (HF, BD, Laktat), während (HF) bzw. unmittelbar nach der Vibrationsbelastung (BD, Laktat) in den Serienpausen. Die Befragung fand nach der letzten Serienpause statt.

(Anmerkung: Die aussagekräftigere kontinuierliche (Beat-to-beat) BD- und HF-Messung während der SRT war aufgrund der Empfindlichkeit der vorhandenen Messgeräte nicht möglich, da durch die Vibrationen starke Messartefakte auftraten.)

Statistik

Zur statistischen Auswertung kam SPSS (Version 13.0) zur Anwendung: Beschreibende Statistik für alle Parameter zu jedem Zeitpunkt, Fehlerbalkendiagramm mit arithmetischem Mittelwert und 95%-Konfidenzintervall (KI), nonparametrische Mittelwertsvergleiche für jeden Parameter von Ruhe bis nach der 1. Serie (Wilcoxon-Test mit Bonferroni-Korrektur) bzw. über alle 5 Serien (Friedman-Test). Es galt das übliche Signifikanzniveau mit $p \leq 0,05$ mit Ausnahme der jeweils notwendigen Bonferroni-Korrektur (α/n).

Ergebnisse

Die individuelle Vibrationsfrequenz während der 5 Serien betrug im Durchschnitt $5,0 \pm 1,1$ Hertz.

Die HF zeigte im Mittel keine signifikante Veränderungen von Ruhe zur 1. Serie ($p = 0,533$). Ebenso fanden sich über die 5 Serien nur zufällige Variationen ($p = 0,131$) zwischen 93 bis 95 Schlägen/Minute (○ Abb. 1).

Der diastolische BD stieg signifikant von Ruhe bis nach der 1. Serie von 90 auf 98 mmHg ($p = 0,002$), ebenso wie der systolische BD zwischen diesen Messzeitpunkten von 131 auf 140 mmHg signifikant an ($p = 0,004$). Über die 5 Serien fanden sich für den diastolischen (92–98 mmHg; $p = 0,488$) wie für den systolischen BD (136–142 mmHg; $p = 0,172$) keine weiteren Anstiege, sondern nur zufällige Schwankungen (○ Abb. 2).

Das Laktat erreichte keinen signifikanten Anstieg von Ruhe bis nach der 1. Serie ($p = 0,264$). Auch über die 5 Serien zeigte sich kein signifikanter Anstieg ($p = 0,521$). Die Laktatwerte lagen im Mittel zwischen bei 1,8–1,9 mmol/l (○ Abb. 3).

Im Fragebogen gaben 16 von 20 Patienten subjektiv keine Symptome während der Vibrationsbelastung an. Die verbleibenden 4 Patienten beschrieben Glücksgefühle, Freude, Leichtigkeit, Lockerheit, leichtes Kitzeln oder eine vermehrte Belastung auf dem paretischen Bein.

Diskussion

Herzfrequenz

Ausgehend von einer mittleren HF in Ruhe von 101 Schlägen sank die kontinuierlich gemessene HF pro Minute über die 5 Serien leicht, aber nicht signifikant auf Werte von 93–95. Während der Serien blieb sie also ziemlich konstant und variierte kaum (○ Abb. 4).

Kessler und Schor [15] fanden bei Gesunden während 5 Hz SRT (Stand mit leicht flektierten Knien) Herzfrequenzen von 92–105. Erst mit der tiefen Kniebeuge (Oberschenkel parallel zur Fußplatte) erhöhten sie sich auf 121–139. Diese Resultate decken sich mit den Erkenntnissen von Rittweger et al. [27], die bei gesunden Versuchspersonen während eines Trainings auf

einer Galileo-Vibrationsplatte (26 Hz, sinusförmige Schwingungen) eine maximale HF von 128 Schlägen pro Minute ermittelten. Hierbei ist zu erwähnen, dass die Versuchspersonen in dieser Studie während des Vibrationstrainings einen Gewichtsgurt trugen (40% Körpergewicht) und gleichzeitig bis zur subjektiven Erschöpfung Squat-Übungen durchführten.

Für Patienten nach einer Herztransplantation stieg die HF während eines Vibrationstrainings (26 Hz, sinusförmig) auf maximal 121 Schläge pro Minute an [6]. Hingegen erhöhte sie sich bei einem beidbeinigen Hypertrophietraining auf einer Leg press bei gesunden untrainierten Versuchspersonen ausge-

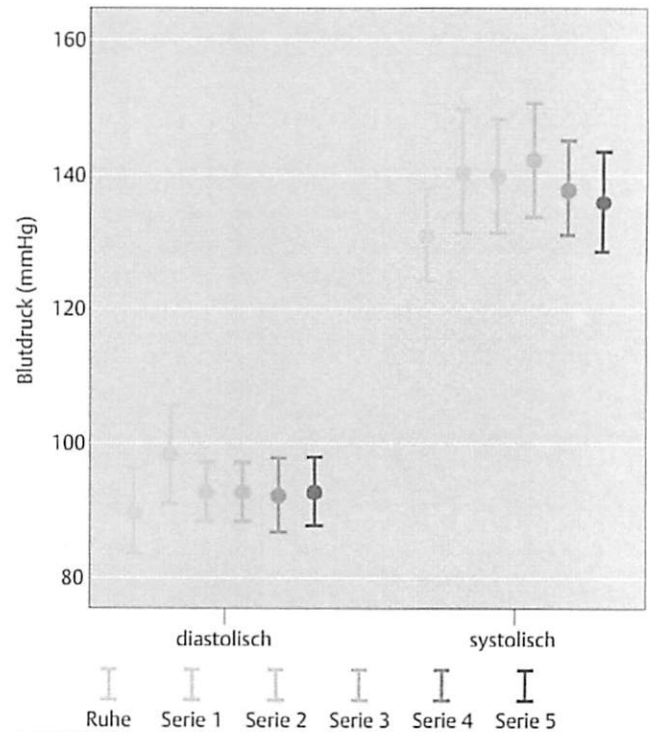


Abb. 2 Diastolischer und systolischer Blutdruck (Mittelwerte \pm 95% KI) in Ruhe und während 5 Serien SRT.

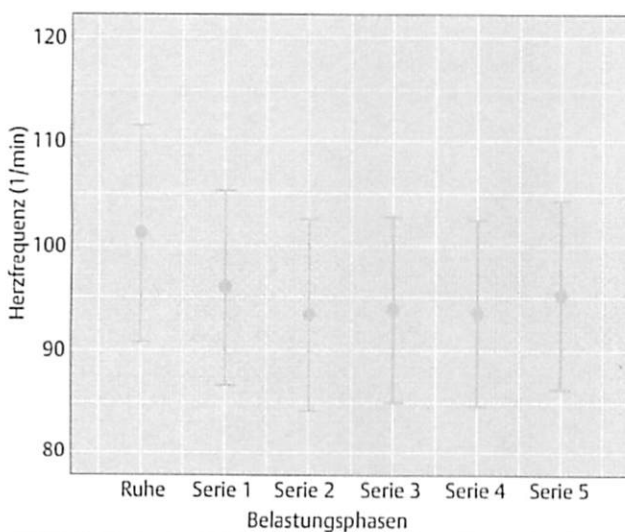


Abb. 1 Herzfrequenz (Mittelwerte \pm 95% KI) in Ruhe und während 5 Serien SRT.

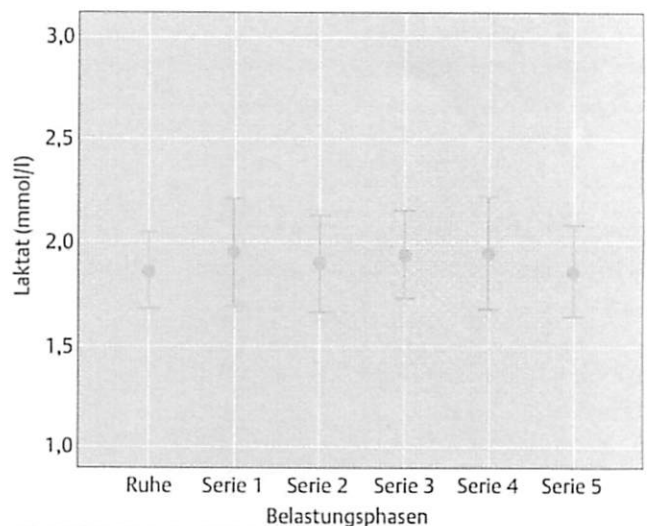


Abb. 3 Laktat (Mittelwerte \pm 95% KI) in Ruhe und während 5 Serien SRT.

hend von einem Ruhewert im Bereich von 80 auf bis zu 151 Schläge pro Minuten nach 5 Serien [4]. Demnach scheint das Training auf einer Vibrationsplatte einen geringeren Anstieg der HF zu verursachen als ein Krafttraining auf der Leg press.

Blutdruck

In der vorliegenden aktuellen Untersuchung stiegen während der SRT sowohl der systolische als auch der diastolische BD nur geringfügig über den Ruhewert. Die Resultate decken sich mit den Ergebnissen von Kessler und Schor [15], die bei gesunden Probanden das Blutdruckverhalten während SRT (im Stand mit leicht flektierten Knien und in der tiefen Kniebeuge) ermittelten. Auch sie maßen kaum über den Ruhewerten liegende BD-Werte (systolisch: 144–126 mmHg, diastolisch: 77–95 mmHg).

Zu vergleichbaren Resultaten (mittlerer BD: 132/52 mmHg) kamen Rittweger et al. [27], die gesunde Versuchspersonen Squat-Übungen mit Zusatzgewichten auf einer Vibrationsplatte (26 Hz, sinusförmig) ausführen ließen. Auch bei Patienten nach einer Herztransplantation scheint die körperliche Beanspruchung während Vibrationstraining (26 Hz, sinusförmig) in Bezug auf HF, BD und Laktat in etwa einem leichten aeroben Ausdauertraining auf einem Fahrradergometer zu entsprechen [6].

Demgegenüber steht der sehr hohe akute Anstieg des BD während eines Krafttrainings mit Gewichten. Mac Dougall et al. [19] erzielten bei Bodybuildern beim Hypertrophietraining einen akuten Anstieg des mittleren BD von 130/80 mmHg auf bis zu 320/250 mmHg. Vergleichbar hohe Zahlen fanden auch Bartholdi et al. [4] bei gesunden Untrainierten. Bei derart hohen Werten steigt selbst bei jungen Gesunden das Risiko für einen Schlaganfall [22]. Daher ist leicht nachvollziehbar, dass ein Krafttraining, das akut solche extremen Blutdruckspitzen provoziert, für Schlaganfallpatienten mit häufig vorgeschädigten Gefäßen potenziell gefährlich sein kann [9, 14].

Laktat

Die erreichten Laktatwerte während SRT lagen im Mittel knapp unter 2 mmol/l und damit etwa im Bereich der aeroben

Schwelle. Somit kam es während der Belastungen und Pausen zu keiner wesentlichen Laktatbildung bzw. -akkumulation. Nur unwesentlich geringere Laktatwerte (1,4–1,5 mmol/l) fanden Kessler u. Schor [15] bei Gesunden, die mit leicht gebeugten Knien eine SRT absolvierten, während bei der tiefen Kniebeuge das Laktat signifikant im Mittel bis auf 4,2 mmol/l anstieg.

Crevenna et al. [6] ermittelten bei Herztransplantierten während eines Vibrationstrainings (26 Hz, sinusförmig) Laktatwerte bis 3,5 mmol/l. Dieselben niedrigen Werte stellten Rittweger et al. [27] bei gesunden Versuchspersonen fest, die mit einer Frequenz von 26 Hz (sinusförmig) vibriert wurden.

Fragebogen

Subjektiv wurde die SRT gut vertragen. Kein Patient brach die Belastung ab oder äußerte sich negativ hinsichtlich der verlangten Beanspruchung während der SRT. Die offensichtlich geringe kardiovaskuläre und metabolische Beanspruchung beim Training mit leicht flektierten Knien wurde auch subjektiv als gering empfunden. Damit stellt die SRT für Schlaganfallpatienten kein Beanspruchungsproblem dar.

Auch gesunde Probanden beschrieben auf einer visuellen Analogskala (0 = keine Anstrengung, 10 = maximale Anstrengung) die SRT (Stand mit leicht flektierten Knien) mit 1–1,5 (Mediane) als nur gering beanspruchend. Hingegen führte die tiefe Kniebeuge bei der SRT zur systematischen lokalen Ausbelastung, und die Beanspruchung stieg signifikant bis auf 9 (Median) in der 5. Serie. [15].

Limitationen der Studie

Wie bereits erwähnt, musste der BD aufgrund von Messartefakten während der Vibration unmittelbar nach der Belastung in den Serienpausen gemessen werden. Das Blutdruckverhalten während der SRT ließ sich also nicht direkt erfassen. Es kann jedoch angenommen werden, dass keine Blutdruckspitzen erreicht wurden, da die HF während der Vibration nur wenig variierte (○ Abb. 4).

Die in die Studie eingeschlossenen Patienten erhielten größtenteils Antihypertensiva. Der Einfluss dieser Medikamente oder auch eventuell vorhandener Störungen des autonomen

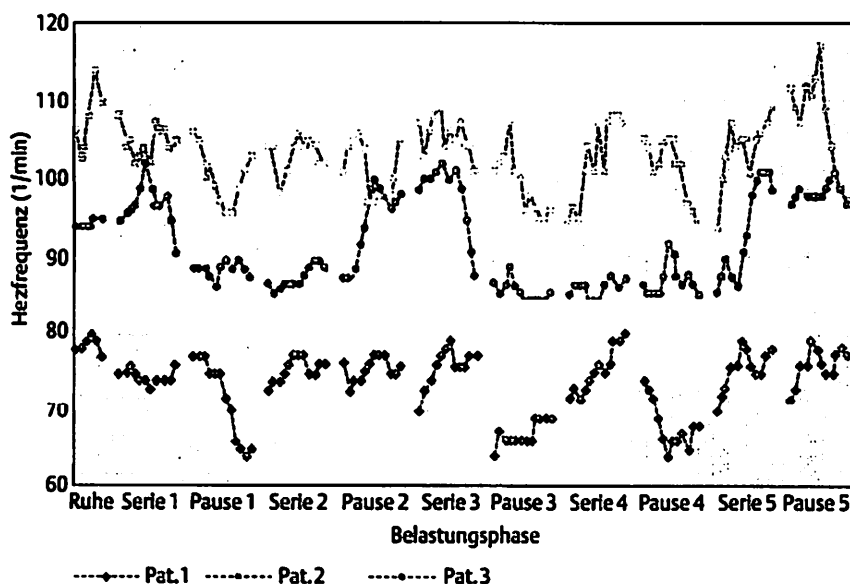


Abb. 4 Exemplarische Verläufe der Herzfrequenz von 3 Patienten während Ruhe (vor der SRT), der 5 Serien und 5 Pausen. Die 5 Belastungsphasen mit SRT (Serien 1–5) sind blau unterlegt.

Nervensystems (z.B. bei Diabetikern) auf Blutdruck und Herzfrequenz während der SRT kann nicht beurteilt werden.

Schlussfolgerungen



Die kardiovaskuläre, metabolische und subjektive Beanspruchung der Schlaganfallpatienten während einer SRT im beidbeinigen Stand mit leicht flektierten Knien ist gering. Sie liegt für HF, BD und Laktat im Bereich der physiologischen Ruhewerte und ist damit in der Anwendung relativ unproblematisch. Damit sind günstige Voraussetzungen für zukünftige Interventionsstudien mit SRT bei Schlaganfallpatienten zur Verbesserung motorischer Leistungen wie Kraft, Gleichgewicht und Gang gegeben. Erst diese Studien werden zeigen, ob die SRT bei Schlaganfallpatienten zukünftig eine Bedeutung in der Physiotherapie erlangen könnte.

Quintessenz

Die Beanspruchung während eines Ganzkörpervibrationstrainings mit Stochastischer Resonanztherapie (SRT) ist für Schlaganfallpatienten gering. Mit Rücksicht auf häufig vorgeschädigten Gefäße und die reduzierte Leistungsfähigkeit dieser Patientengruppe kann die SRT somit relativ gefahrlos durchgeführt werden.

Literatur

- 1 Ada L, Dorsch S, Canning CG. Strengthening interventions increase strength and immune activity after stroke: a systematic review. *Am J Physiother* 2006; 52: 241-248
- 2 Alaraj AM, Chamoun RB, Dahdaleh NS et al. Spontaneous subdural haematoma in anabolic steroids dependent weight lifters: reports of two cases and review of literature. *Acta Neurochir (Wien)* 2005; 147: 85-87; discussion: 87-88
- 3 Badics E, Wittmann A, Rupp M et al. Systematic muscle building exercises in the rehabilitation of stroke patients. *NeuroRehabilitation* 2002; 17: 211-214
- 4 Bartholdi E, Schranz B. Akute kardiovaskuläre und metabolische Beanspruchung im Muskelaufbaustraining. Eine empirische Untersuchung bei maximaler, submaximaler und mittlerer Ausbelastung am Beispiel der Leg press. *Physiotherapie* 2001; 8: 4-11 (Teil 1); 9: 4-10 (Teil 2)
- 5 Bohannon RW. Muscle strength and muscle training after stroke. *J Rehabil Med* 2007; 39: 14-20
- 6 Crevenna R, Fialka-Moser V, Rödler S et al. Safety whole-body vibration exercise for heart transplant recipients. *Phys Rehab Kur Med* 2003; 13: 286-290
- 7 Dahlof B. Prevention of stroke in patients with hypertension. *Am J Cardiol* 2007; 100: 17j-24j
- 8 Delecluse C, Roelants M, Verschueren S. Strength increase after whole-body vibration compared with resistance training. *Med Sci Sports Exerc* 2003; 35: 1033-1041
- 9 Dijk JM, van der Graaf Y, Grobbee DE et al. Increased arterial stiffness is independently related to cerebrovascular disease and aneurysms of the abdominal aorta: the Second Manifestations of Arterial Disease (SMART) Study. *Stroke* 2004; 35: 1642-1646
- 10 Eleftheriades JA, Hatzaras I, Tranquilli MA et al. Weight lifting and rupture of silent aortic aneurysms. *Jama* 2003; 290: 2803
- 11 Fleck SJ. Cardiovascular adaptations to resistance training. *Med Sci Sports Exerc* 1988; 20: S146-S151
- 12 Furrer S, Gasser C. Theoretische und empirische Untersuchung einer intermittierenden Krafttrainingsmethode in Bezug auf akute kardiovaskuläre und metabolische Belastung [Diplomarbeit]. Bern: Berner Fachhochschule, Fachbereich Gesundheit, 2002 (unveröffentl.)
- 13 Haas C, Turbanski S, Markitz S et al. Stochastische Resonanz in der Therapie von Bewegungsstörungen. *Bewegungstherapie und Gesundheitssport* 2006; 22: 58-61
- 14 Hatzaras I, Tranquilli M, Coady M et al. Weight lifting and aortic dissection: more evidence for a connection. *Cardiology* 2007; 107: 103-106
- 15 Kessler J, Schor S. Die kardiovaskuläre und metabolische Beanspruchung auf dem Zepter [Diplomarbeit]. Bern: Berner Fachhochschule, Fachbereich Gesundheit, 2005 (unveröffentl.)
- 16 Kim CM, Eng JJ, MacIntyre DL et al. Effects of isokinetic strength training on walking in persons with stroke: a double-blind controlled pilot study. *J Stroke Cerebrovasc Dis* 2001; 10: 265-273
- 17 Lamontagne A, Stephenson JL, Fung J. Physiological evaluation of gait disturbances post stroke. *Clin Neurophysiol* 2007; 118: 1717-1729
- 18 Lindenauer PK, Mathew MC, Ntuli TS et al. Use of antihypertensive agents in the management of patients with acute ischemic stroke. *Neurology* 2004; 63: 318-323
- 19 MacDougall J, Moroz D, Sale D et al. Arterial blood pressure response to heavy resistance exercise. *J Appl Physiol (U.S.)* 1985; 58: 785-790
- 20 Miyachi M, Kawano H, Sugawara J et al. Unfavorable effects of resistance training on central arterial compliance: a randomized intervention study. *Circulation* 2004; 110: 2858-2863
- 21 Moreland JD, Goldsmith CH, Huijibregts MP et al. Progressive resistance strengthening exercises after stroke: a single-blind randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil* 2003; 84: 1433-1440
- 22 Narloch JA, Brandstater ME. Influence of breathing technique on arterial blood pressure during heavy weight lifting. *Arch Phys Med Rehabil* 1995; 76: 457-462
- 23 Van Nes IJ, Geurts AC, Hendricks HT et al. Short-term effects of whole-body vibration on postural control in unilateral chronic stroke patients: preliminary evidence. *Am J Phys Med Rehabil* 2004; 83: 867-873
- 24 Olney SJ, Griffin MP, McBride ID. Temporal, kinematic, and kinetic variables related to gait speed in subjects with hemiplegia: a regression approach. *Phys Ther* 1994; 74: 872-885
- 25 Pohl M, Werner C, Holzgrafe M et al. Repetitive locomotor training and physiotherapy improve walking and basic activities of daily living after stroke: a single-blind, randomized multicentre trial (Deutsche Gangtrainer Studie, DEGAS). *Clin Rehabil* 2007; 21: 17-27
- 26 Rehn B, Lidström J, Skoglund J et al. Effects on leg muscular performance from whole-body vibration exercise: a systematic review. *Scand J Med Sci Sports* 2007; 17: 2-11
- 27 Rittweger J, Beller G, Felsenberg D. Acute physiological effects of exhaustive whole-body vibration exercise in man. *Clin Physiol* 2000; 20: 134-142
- 28 Rittweger J, Schiessl H, Reisinger U. Oxygen uptake during whole-body vibration exercise: comparison with squatting as a slow voluntary movement. *Eur J Appl Physiol* 2001; 86: 169-173
- 29 Rittweger J, Ehrig J, Just K et al. Oxygen uptake in whole-body vibration exercise: influence of vibration frequency, amplitude, and external load. *Int J Sports Med* 2002; 23: 428-432
- 30 Saloheimo P, Juvela S, Hillbom M. Use of aspirin, epistaxis, and untreated hypertension as risk factors for primary intracerebral hemorrhage in middle-aged and elderly people. *Stroke* 2001; 32: 399-404
- 31 Stone M, Fleck S, Triplett N et al. Physiological adaptations to resistance training exercise. *Sports Medicine* 1991; 11: 210-231
- 32 Sugiyama K, Hozumi T, Sciaccia RR et al. Impact of aortic stiffness on balance and gait in elderly patients. *Stroke* 2002; 33: 2077-2081
- 33 Tihanyi TK, Horvath M, Fazekas G et al. One session of whole body vibration increases voluntary muscle strength transiently in patients with stroke. *Clin Rehabil* 2007; 21: 782-793