

Breuer H-WM

Leistungsphysiologische Kenngrößen professioneller Balletttänzer (Görlitzer Ballettstudie)

Cardiorespiratory markers of professional ballet dancers (Görlitz Ballet Study)

Abteilung für Innere Medizin, Malteser Krankenhaus St. Carolus, Görlitz

Zusammenfassung

In der Görlitzer Ballettstudie wurden 15 Balletttänzerinnen und Tänzer im Alter von 18 bis 35 Jahren und einer durchschnittlichen Ballettzeit von $15,8 \pm 5$ Jahren untersucht.

Bei allen Tänzern wurden eine erschöpfungslimitierte Spiroergometrie, Farbdopplerechokardiographie, Bodyplethysmographie, die Bestimmung des CO-Transfers und der inspiratorischen Munddrücke neben einer klinischen Untersuchung durchgeführt. VO_{2peak} lag bei 53 ± 7 $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$, der nach der Vslope-Methode bestimmte aerob/anaerobe Übergang bei $39,8 \pm 6,8$ $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ und die $4mmol \cdot l^{-1}$ -Laktatschwelle bei $36,6 \pm 6,2$ $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$. Die echokardiographischen Messwerte waren in der Regel normal. Ebenfalls fanden sich normale Werte der umfangreichen Lungenfunktionsdiagnostik, wobei auffällig war, dass bei den acht Rauchern der Studie im Mittel eine niedrigere Vital- und Totalkapazität, ein niedrigerer Transferkoeffizient für CO, niedrigere Flüsse bei 25 und 75 % der Vitalkapazität und ein reduzierter Tiffeneau-Index vorlagen. Da alle Balletttänzer die erschöpfungslimitierte Belastung wegen peripherer Ermüdung mit Angabe von Schmerzen in den Beinen (überwiegend in der medialen Muskelgruppe der Oberschenkel) abbrachen, könnte das Training durch Übungen zur muskulären Stabilität gezielt optimiert werden.

Schlüsselwörter: Ballett, kardiopulmonale Funktionsdiagnostik, Lungenfunktionsdiagnostik, Echokardiographie, Sauerstoffaufnahme, Rauchen

Einleitung

Die physischen Anforderungen an professionelle Balletttänzer sind hoch. Nicht nur extreme Beanspruchungen des muskuloskelettären Systems mit extensiven Dehnungen, isometrischen und isotonischen Extremlastungen charakterisieren den klassischen Balletttanz, sondern auch hohe Anforderungen an Schnellkraft und Wechsel von Phasen maximaler kardiopulmonaler Beanspruchung mit hoher anaerober Komponente und Phasen mit überwiegend aerober Belastung. Der Wettbewerb für die Aufnahme in professionelle Kompanien ist groß. Professionelle Balletttänzer beginnen bereits in der Kindheit mit dem Training, wobei sowohl genetische Faktoren als auch intensives Training zur Selektion führen. Das von der Gesellschaft geforderte und

Summary

15 male and female ballet dancers in the age of 18 to 35 years and a dancing period of 15.8 ± 5 years were studied in the Görlitz ballet study.

An exhaustion limited cardiopulmonary cycling exercise test, colour-coded Doppler echocardiography, bodyplethysmography, assessment of CO-transfer, assessment of inspiratory mouth pressures, and a clinical examination were performed. VO_{2peak} was 53 ± 7 $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$, the aerobic anaerobic transient assessed by the Vslope-method was 39.8 ± 6.8 $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$, and the 4 $mmol \cdot l^{-1}$ lactate threshold was 36.6 ± 6.2 $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$. The echocardiographic measurements were normal in the mean. There were also normal values concerning the comprehensive lung function tests. The eight smokers exhibited lower vital capacity, total capacity, respiratory flows at 25 and at 75 % of the vital capacity, CO transfer coefficient, and Tiffeneau-index.

All the studied ballet dancers stopped the exhaustion limited exercise test because of peripheral fatigue with complaining of pains in the medial muscles of the thigh. Thus it might be expected that training can be improved by targeting an increased muscle strength and optimised muscle function.

Keywords: Ballet, cardiopulmonary exercise test, lung function, echocardiography, oxygen consumption, smoking

durch den Ballett-Direktor bei der Aufnahme in die Kompanie bestimmte ästhetische Erscheinungsbild der Tänzerin/des Tänzers und das geringe Körpergewicht sind Komponenten des professionellen Balletttanzes. Insbesondere sind die negativen Auswirkungen eines in der Kindheit beginnenden, immer professioneller werdenden Trainings für jene kritisch, die zwar den Wunsch haben, Balletttänzer zu werden, aber seitens ihrer Veranlagung und der Körperstruktur besonders intensive Maßnahmen ergreifen müssen, um kompetitiv zu bleiben (10).

Es gibt nur wenige Untersuchungen mit kleinen Fallzahlen bezüglich der kardiopulmonalen Leistungsfähigkeit von Balletttänzern, und es gibt keine Untersuchung zu kardiopulmonalen Funktionsanalysen, Lungenfunktionsdiagnostik und kardialer Diagnostik im gleichen Kollektiv. Die Görlitzer

Ballettstudie ist nicht nur eine der größten bisher durchgeführten Untersuchungen an Balletttänzern, sondern stellt erstmals eine Analyse aller relevanten kardiopulmonalen Funktionsparameter unter sportmedizinischen, pneumologischen und kardiologischen Aspekten dar. Ziel der Görlitzer Ballettstudie war es herauszufinden, wo eventuell Schwächen in der Leistungsfähigkeit vorliegen, um diese dann gezielt in Kooperation mit einem ambulanten Rehabilitationszentrums/Fitness-Studio abzustellen.

Material und Methodik

Das „Görlitzballett“ unter der Leitung des Ballett-Direktors Franz Hujer setzt sich aus professionellen Balletttänzern zusammen, die alle ausgebildete Solisten sind. Das tägliche Training des Görlitzballetts dauert in der Regel 7 Stunden an 6 bis 7 Tagen der Woche, hinzu kommen noch circa 15 Auführungen pro Monat, die zwischen 2 und 3,5 Stunden dauern. Alle Balletttänzer nahmen nach Aufklärung und schriftlicher Einverständniserklärung an der Görlitzer Ballettstudie teil. Nach klinischer Untersuchung der Tänzer erfolgten eine Bodyplethysmographie einschließlich Bestimmung der Flussvolumenkurve, die Bestimmung des CO-Transfers und eine Analyse der inspiratorischen Munddrücke (7). Hieran anschließend wurde bei allen Teilnehmern eine Farbdopplerechokardiographie durchgeführt, wobei die Qualitätsleitlinien in der Echokardiographie der Deutschen Gesellschaft für Kardiologie zu Grunde gelegt wurden (8). Die Bestimmung der linksventrikulären Muskelmasse erfolgte nach Devereux (9). Der Hypertrophie-Index nach Urhausen wurde zudem bestimmt (12, 20). Zur Überprüfung einer physiologischen Relation zwischen dem linksventrikulären Massenindex und VO_{2peak} wurde der lineare Korrelationskoeffizient errechnet.

Tabelle 1: Anthropometrische und Leistungsdaten bei sieben Balletttänzern und acht Balletttänzerinnen des Görlitzballetts (Angabe des Medians)

Parameter	Männer (n=7, Ballettzeit 15 Jahre)	Frauen (n=8, Ballettzeit 16 Jahre)
Alter (Jahre)	26	24
Größe (cm)	178	166
Gewicht (kg)	75	52
BMI ($kg \cdot m^{-2}$)	23	19
Watt	250	150
$PO_{1/plmax}$ (%)	2,7	3,3
Herzfrequenz-Ruhe (min^{-1})	69	76
Herzfrequenz-Bel. (min^{-1})	182	179
Blutdruck-Ruhe (mmHg)	131/89	112/84
Blutdruck-Bel. (mmHg)	233/85	187/95
VO_{2peak} ($l \cdot min^{-1}$)	4,59	2,51
VO_{2peak} /kg ($l \cdot min^{-1} \cdot kg^{-1}$)	59,5	48,7

Die Spiroergometrie wurde mit dem Oxycon Alpha erschöpfungslimitiert in halbbliegender Position durchgeführt und die Messwerte wurden nach Mittelung über acht Atemzüge bestimmt. Bei den Balletttänzern wurde als Ausgangsbelastung 75 W gewählt, bei den Tänzerinnen 50 W. Die Belastungssteigerung erfolgte entsprechend dem in unserem Labor üblichen Belastungsprotokoll in 2-minütigem Abstand um 25 W (21). Am Ende einer jeden Belastungsstufe wurde der Blutdruck automatisiert nach Riva-Rocci gemessen, die Flussvolumenkurve nach einem inspira-

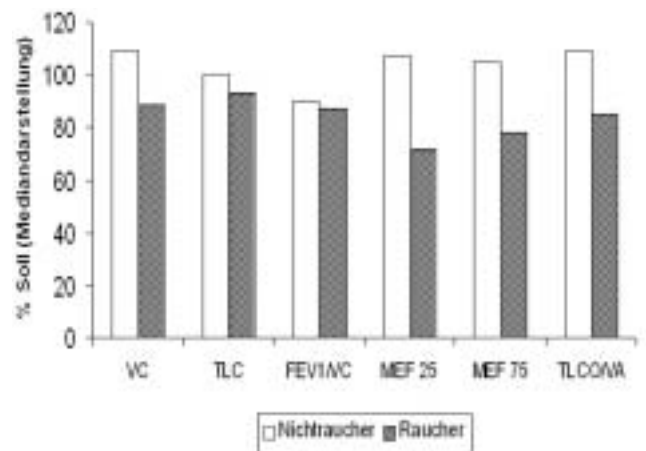


Abbildung 1: Lungenfunktionsdaten (Median), bezogen auf den prozentualen Sollwert von sieben Nichtrauchern und acht Rauchern des Görlitzballetts. Der Tiffeneau-Index wird als „absoluter Prozentwert“ angegeben (normal: > 70 %). VC: Vitalkapazität. TLC: totale Lungkapazität. FEV1/VC: Tiffeneau-Index. MEF 25 und MEF 75: maximale expiratorische Flüsse bei 25 bzw. 75 % der Vitalkapazität. TLC/COVA: Spezifische Lungendiffusionskapazität

torischen Kapazitätsmanöver bestimmt und eine Blutgasanalyse aus dem Blut des hyperämisierten Ohrläppchens durchgeführt. Aus der gleichen Blutprobe wurde Laktat bestimmt. Der Laktatverlauf wurde von der Spiroergometrie-Software automatisiert einer Exponentialfunktion angepasst. Vor und nach der Spiroergometrie wurde ein 12-Kanal-EKG, während der Spiroergometrie ein 3-Kanal-EKG registriert.

Es erfolgt eine deskriptive Darstellung der Messwerte. In Anbetracht der kleinen Fallzahl wird der Median angegeben, lediglich in Einzelfällen erfolgte zur besseren Vergleichbarkeit mit anderen Kollektiven eine Angabe des Mittelwertes \pm Standardabweichung.

Ergebnisse

Bei drei Tänzern war vor Belastung eine arterielle Hypertonie (153/102, 132/91, 131/90 mmHg) gemessen worden, bei maximaler Belastung lagen die Werte bei 241/85, 215/93 und 233/86 mmHg. Bei diesen Tänzern war der nach Devereux bestimmte linksventrikuläre Muskelmassenindex (9) oberhalb des von der Deutschen Gesellschaft für Kardiologie (8) definierten Grenzwertes $132 g \cdot m^{-2}$ ($137, 166, 160 g \cdot m^{-2}$). Fünf weitere Tänzer wiesen nach den Kriterien des JNC 7-Report eine Prähypertonie auf (4). Der linksventrikuläre Massenindex war bei ihnen normal. Der Hypertrophie-Index (12, 20) lag bei den Balletttänzern zwischen 34 und 45 % (Median 37 %) und bei den Tänzerinnen zwischen 31 und 41 % (Median 33 %). Zwischen VO_{2peak} und dem linksventrikulären Massenindex fand sich ein linearer Korrelationskoeffizient von 0,91.

Die wesentlichen anthropometrischen Lungenfunktions- und Leistungsdaten sind in Tabelle 1 und Abbildung 1 aufgeführt. Der Mittelwert des Body-Mass-Index (BMI) war bei den Balletttänzerinnen mit einer Spannweite von 17-21 $kg \cdot m^{-2}$ niedriger als bei den Balletttänzern 21-24 $kg \cdot m^{-2}$. Die Kenngrößen der kardiopulmonalen Belastung zeigten eine normale Belastungsregulation (Tab. 1).

Acht der Balletttänzer waren Raucher. Bei keinem dieser Raucher zeigte die Lungenfunktionsdiagnostik pathologische Werte. Die Rauchergruppe wies jedoch im Mittel trotz des relativ kurz dauernden Nikotinkonsums ungünstigere Lungenfunktionswerte als die Nichtraucher auf (Abb. 1). Die Absolutwerte der wesentlichen Lungenfunktionsparameter und der echokardiographischen Messgrößen sind in Tabelle 2 aufgeführt. Eine Gegenüberstellung der bisher publizierten kardiopulmonalen Leistungsdaten bei Balletttänzern und den in der Görlitzer Ballettstudie erhobenen Daten findet sich in Tabelle 3. Die je nach Messmethode unterschiedlichen „Schwellen“ sind bezogen auf die prozentual erreichte VO_{2peak} und die hierbei vorliegende Herzfrequenz in Abbildung 2 dargestellt. Der lineare Korrelationskoeffizient zwischen der 4mmol/l Laktatschwelle und der nach der Vslope-Methode bestimmten Schwelle beträgt 0,79 (Abb. 3).

Diskussion

Der hohe Anteil von Rauchern (53 %) im Gesamtkollektiv ist auffallend. Im Vergleich zu den Balletttänzern findet sich in einer altersentsprechenden Vergleichsgruppe eine Prävalenz von 34 % (18). Bei der Einzelbeurteilung der differenzierten Lungenfunktionsdiagnostik, z.B. im Rahmen eines Checkups, würde bei keinem Tänzer ein pathologischer Befund diagnostiziert werden.

Tabelle 2: Echokardiographische und Lungenfunktionsparameter in der Görlitzer Ballettstudie (Angabe des Medians). LVD/BSA: linksventrikulärer enddiastolischer Durchmesser bezogen auf die Körperoberfläche; RVD/BSA: rechtsventrikulärer enddiastolischer Durchmesser bezogen auf die Körperoberfläche. LVMI: nach Devereux bestimmter linksventrikulärer Massenindex. IVSD: diastolische Septumdicke. LVPWD: diastolische Hinterwanddicke. E/A: Relation der maximalen frühdiastolischen zur spätdiastolischen Einflussgeschwindigkeit in den linken Ventrikel. FEV1: forciertes 1-Sekundenvolumen. Rtot: Atemwegswiderstand. p0,1: inspiratorischer Munddruck der Ruheatmung. P1max: inspiratorischer Munddruck bei maximaler Inspiration. Weitere Abkürzungen siehe Abbildung 1.

Echokardiographie-Parameter						
	LVD/BSA	RVD/BSA	LVMI	IVSD	LVPWD	E/A
	(cm·m ⁻²)	(cm·m ⁻²)	(g·m ⁻²)	(cm)	(cm)	
Männer:	2,65	1,24	129	1,02	1,02	2,54
Frauen:	2,88	1,10	85,5	0,78	0,81	2,17

Lungenfunktions-Parameter								
	TLC	VC	RV	FEV1	Rtot	p0,1	p1max	TLC/VA
	(l)	(l)	(l)	(l·s ⁻¹)	(kPa·s·l ⁻¹)	(kPa)	(kPa)	(mmol·min ⁻¹ ·kPa ⁻¹ ·l ⁻¹)
Männer:	6,4	5,1	1,4	4,5	0,20	0,14	11,5	1,80
Frauen:	5,3	3,4	1,4	2,9	0,25	0,14	5,82	1,51

Vergleicht man allerdings das Kollektiv der Raucher mit dem Kollektiv der Nichtraucher (vgl. Abb. 1) finden sich eine niedrigere Vitalkapazität und Totalkapazität, ein niedrigerer Transferkoeffizient für CO, niedrigere Flüsse bei 25 und 75 % der Vitalkapazität und ein reduzierter Tiffeneau-

Index. Obwohl die Raucher nur 14 ± 6 Zigaretten pro Tag und erst wenige Jahre rauchten, lag im Vergleich zu den Nichtrauchern bereits eine deutliche Einschränkung der Lungenfunktion vor. Bei fehlenden Ausgangswerten kann aufgrund der Daten nicht entschieden werden, ob bereits a priori Unterschiede zwischen den beiden Gruppen vorlagen. Auf der anderen Seite sind die Veränderungen, insbesondere in den kleinsten Atemwegen MEF 25 und MEF 50, typisch für nikotinbedingte Veränderungen der ventilatorischen Funktion.

Die absoluten Kenngrößen der Lungenfunktion und der Echokardiographie sind in Tabelle 2 aufgeführt. Bezüglich der Echokardiographie ergaben sich im Median Normwerte. Auffällig sind die oberhalb des Normwertes liegenden Werte des linksventrikulären Massenindex bei 3 Tänzern. Diese 3 Tänzer wiesen hypertone Blutdruckwerte vor Belastung auf. Kein Tänzer überschritt jedoch die Grenzwerte des Hypertrophie-Index nach Urhausen (12, 20). In keinem Fall lag, bezogen auf die Körperoberfläche, eine pathologische Vergrößerung des linksventrikulären enddiastolischen oder rechtsventrikulären enddiastolischen Durchmessers vor (8). Die Tänzerinnen hatten im Mittel eine linksventrikuläre Muskelmasse von $78 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ und damit weit unter dem Grenzwert einer linksventrikulären Hypertrophie. Die hohe Korrelation zwischen der Muskelmasse und VO_{2peak} kann zudem als Kriterium für eine physiologische linksventrikuläre Muskelmassenentwicklung herangezogen werden (19). Die Validität der unterschiedlichen Verfahren zur Bestimmung der linksventrikulären Muskelmasse bei Ausdauersportlern und Untrainierten wurde kritisch von Scharhag et al. (17) analysiert. Eine signifikante Überschätzung der linksventrikulären Muskelmasse erfolgte durch das von uns angewandte Devereux-Verfahren. Da als Bezugsgröße jedoch ein akzeptierter echokardiographischer Grenzwert verwandt wurde (8), ist eine Einordnung der Messgrößen in „pathologisch“ und „normal“ sicher möglich, auch wenn die tatsächliche, mit der Magnetresonanztomographie bestimmte Muskelmasse niedriger ist. Es ergaben sich bei keinem Tänzer Einschränkungen der systolischen und diastolischen Funktion.

Bei dem Vergleich der kardiopulmonalen Leistungsfähigkeit der Tänzer und Tänzerinnen des Görlitzballetts mit den wenigen in der Literatur publizierten Daten (2, 5, 6, 13, 14, 16) ist zu berücksichtigen, dass in der Regel bei der Fahrradergometrie im Vergleich zur Laufbandergometrie eine um 10 % niedrigere maximale Sauerstoffaufnahme erzielbar ist. Unter Berücksichtigung dieser Differenz sind die Görlitzer Balletttänzer exzellent in ihrer maximalen Leistungsfähigkeit.

Des Weiteren muss einschränkend herausgestellt werden, dass die halbliegende Belastung am Fahrradergometer einen Kompromiss zwischen den tatsächlich während des Balletts anfallenden Belastungsformen (6) darstellt. Es fällt auf, dass die maximal erreichte Herzfrequenz niedriger als in allen

Vergleichskollektiven ist. Sie war jedoch bei der Spiroergometrie gleich hoch mit der im Rahmen von Feldtests im Görlitzballett bei einem tänzerisch äußerst anspruchsvollen Tanzstück gemessenen Herzfrequenz (6).

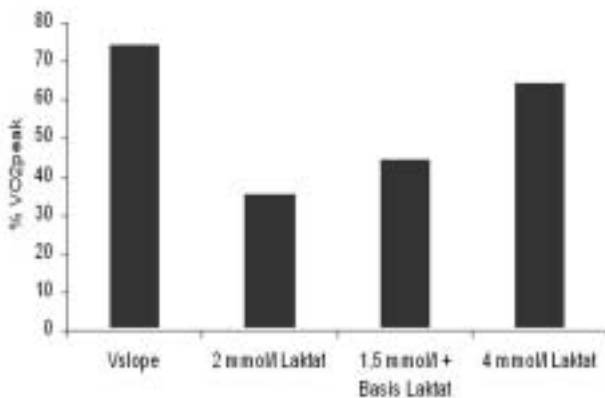


Abbildung 2: Vergleich verschiedener Schwellenbestimmungen, jeweils bezogen auf den prozentualen Wert der erreichten Sauerstoffaufnahme (VO_{2peak} bzw. Vergleich der Herzfrequenzen zum Zeitpunkt der jeweiligen Schwelle)

Die erschöpfungslimitierte Belastung wurde bei allen Tänzern durch periphere Ermüdung mit Angabe von Schmerzen in den Beinen, hier insbesondere in der medialen Oberschenkelmuskulatur, abgebrochen. Dieses Abbruchkriterium ist im Gegensatz zur Angabe von Dyspnoe, Thoraxschmerz oder allgemeiner Erschöpfung rein muskulär, so dass prinzipiell nicht von einer kardiopulmonalen Ausbelastung der untersuchten Tänzer ausgegangen werden darf. Inwieweit diese muskuläre Limitation relevant für die Berufsausübung ist oder wird, bleibt offen. Die aus den Daten der Studie resultierenden Änderungen des Trainingsprogramms unter Einbeziehung eines Fitness-Studios berücksichtigen gezielt die festgestellte Limitierung.

Die maximale Leistungsfähigkeit gemessen mit VO_{2peak} liegt im Bereich von Nationalfußballern (z.B. Saudi Arabien 56,8 ml•kg⁻¹•min⁻¹; 1), jedoch weit unter den bei Amateur- und Profiradfahrern bestimmten Werten (67,5 bzw. 75,3 ml•kg⁻¹•min⁻¹; 15).

Es gibt sowohl in der Sportmedizin als auch in der Pneumologie unterschiedliche Definitionen von Schwellenwerten. Eine einzige, exakt definierbare Schwelle als Indikator für den Beginn des Zeitpunkts, zu dem der laktazide Stoffwechsel den Energiebedarf partiell deckt, gibt es physiologisch nicht. Es gibt hingegen einen weiten Übergang zwischen überwiegend aerober und überwiegend anaerober Energiebereitstellung, der je nach verwandter Bestimmungsmethodik in eigenen Untersuchungen an Gesunden bei circa 40 % VO_{2peak} begann und bei etwa 75 % VO_{2peak} mit Überschreiten von 4mmol•l⁻¹-Laktat endete (10). Die Bestimmung der nichtinvasiven, ventilatorischen Schwelle nach der Vslope-Methode (3), wie sie in unserer Abteilung bei entsprechenden Belastungsprotokoll üblich ist, zeigt die geringste Abweichung zur 4mmol-Laktatschwelle (Abb. 2) und eine für bio-

logische Messgrößen gute Korrelation. Eine Substitution der Laktatbestimmung, sofern die anaerobe 4mmol/l-Schwelle ermittelt werden soll, durch die nichtinvasive ventilatorische Schwellenbestimmung mit der V-Methode erscheint bei Anwendung eines Belastungsprotokolls wie in der vorliegenden Studie möglich.

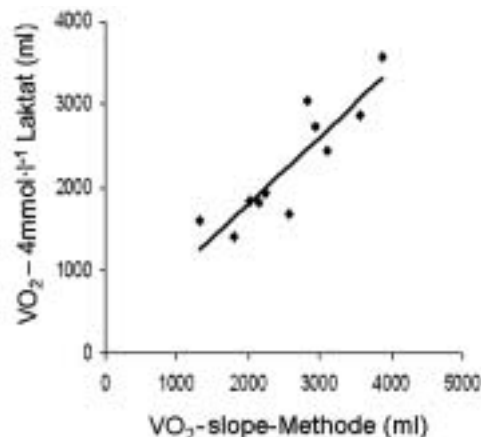


Abbildung 3: Lineare Korrelation zwischen der 4mmol•l⁻¹-Laktatschwelle und der nach der Vslope-Methode bestimmten ventilatorischen Schwelle. $y = 0,8109x + 169,62$. $R^2 = 0,7859$

Zusammenfassend erlaubt die aktuelle Analyse Empfehlungen zur Optimierung des Trainings der untersuchten Balletttänzer. Auch in großen Tanzgruppen ist die physiotherapeutische Betreuung der Balletttänzer aus personellen Gründen bei weitem nicht entsprechend den hohen physischen Anforderungen an die Tänzer. Dennoch scheint gerade hier nach Analyse der individuellen „Schwachstellen“ eine Optimierungsmöglichkeit der Belastbarkeit mit einem zu erwartenden präventiven Verletzungsschutz gegeben. Die Einbeziehung gut ausgestatteter Fitness-Studios mit professionell ausgebildetem Personal kann – wie in unserem Konzept – eine Option zur Realisierung einer nahezu zu jeder Zeit erreichbaren physiotherapeutischen Betreuung darstellen.

	Görlitz Ballett, Beyer 2003; m: 5, w: 8; Fahrrad	Italy: Academy of Dance, Baldoni 2001; w: 4; Laufband	Mitschenzeta local companies, Clarkson 1985; 13 w; Laufband	Royal Swedish Ballet, Schantz 1984; m: 6, w: 7; Fahrrad	Ohio Ballet Company Missouri, 1983; m: 5; W: 11; Laufband	American Ballet Theatre, Cohen 1981; m: 4, w: 4; Laufband	College Ducoon, Savol; 1978; w: 12; Laufband
VO ₂ , kg, m w (ml • min ⁻¹ • kg ⁻¹)	58,5 48,7	47,5	48,9	57 51	59,3 48,6	48,2 43,7	41,5
HF max, m w (min ⁻¹)	181 176	195	201		200 188	193 185	185
VE max, m w (min ⁻¹)	143 84				143 95		
4mmol/Laktat, w HF max (min ⁻¹), w	140	164					
4mmol/Laktat %VO ₂ max, w	78	67					

Tabelle 3: Vergleich von in der Literatur mitgeteilten kardiopulmonalen Kenndaten mit den Daten des Görlitzballetts. Angabe von Mittelwerten und Standardabweichungen. m=männlich, w= weiblich

Eine Indikation zur gezielten Optimierung der kardiopulmonalen Leistungsfähigkeit durch Trainingsänderung ergab sich aufgrund der erhobenen Daten nicht.

Des Weiteren zeigt die Studie in erschreckendem Ausmaß die bereits bei jungen Balletttänzern vorliegenden Unterschiede in der Lungenfunktion zwischen Rauchern und Nichtrauchern. Unabhängig von dieser Problematik sind die Faktoren, die zu einer überproportional erhöhten Raucherprävalenz in dieser Berufsgruppe führen, kritisch zu analysieren. Eine abwechslungsreiche Pausengestaltung und somit die Vermeidung von „Rauchen aus Langeweile“ zwischen den Tanz- und Übungssequenzen sowie die Anwendung von Verfahren zur Stressbewältigung sind denkbare Wege zur Reduktion der Raucherprävalenz im Görlitzballett.

Danksagung

Der Firma Radiometer danke ich für die kostenlose Bereitstellung des Blutgas- und Laktatanalysegerätes ABL 725. Frau Andrea Göpp danke ich für die organisatorische und redaktionelle Unterstützung, Frau Angelika Günzel und Frau Bettina Wildner für die Unterstützung bei Durchführung der umfangreichen Untersuchungen. Herrn Ballett-Direktor Franz Hujer sowie Herrn A. Weißig von Hoy Reha Görlitz und allen Balletttänzern des Görlitzballetts danke ich für die Mithilfe bei der Realisierung der Studie.

Literatur

1. *Al Hazzaa HM*: Echocardiographic dimensions and maximal oxygen uptake in elite soccer players. *Saudi Medical Journal* 22 (2001) 320-325.
2. *Baldari C, Guidetti L*: $\dot{V}O_{2\max}$, ventilatory and anaerobic thresholds in rhythmic gymnasts and young female dancers. *J Sports Med Phys Fitness* 41 (2001) 177-182.
3. *Beaver WL, Wassermann K, Whipp BJ*: A new method for detecting the anaerobic threshold by gas exchange. *J Appl Physiol* 60 (1986) 2020-2027.
4. *Chobanian AV, Bakris GL, Black HR, Cushman WC, Green LA, Izzo JL, Jones DW, Materson BJ, Oparil S, Wright JT, Rocella EJ*: The JNC 7 Report: The seventh report of the joint national committee on prevention, detection, evaluation, and treatment of high blood pressure. *JAMA* 294 (2005) 2560-2572.
5. *Clarkson PM, Freedson PS, Keller B, Carney D, Skrinar M*: Maximal oxygen uptake, nutritional patterns and body composition of adolescent female ballet dancers. *Res Quart Exerc Sport* 56 (1985) 180-184.
6. *Cohen JL, Segal KR, Witriol I, McArdle WD*: Cardiorespiratory responses to ballet exercise and the $\dot{V}O_{2\max}$ of elite ballet dancers. *Med Sci Sports Exerc* 14 (1982) 212-217.
7. *Criée CP*: Empfehlungen der Deutschen Atemwegsliga zur Messung der inspiratorischen Muskelfunktion. *Pneumologie* 57 (2003) 98-100.
8. *Deutsche Gesellschaft für Kardiologie*: Qualitätsleitlinien in der Echokardiographie. *Z Kardiol* 86 (1997) 387-403.
9. *Devereux R, Alonso D, Lutus E, Gottlieb G, Campo E, Sachs I*: Echocardiographic assessment of left ventricular hypertrophy. Comparison to necropsy findings. *Am Cardiol* 57 (1986) 450-458.
10. *Groeben H, Breuer H-WM, Worth H, Strauer BE*: Respiratory and metabolic „decompensation“ during exercise. *Eur Resp J* 89 (1989) 6495.
11. *Haight HJ*: Morphologic, physiologic, and functional interactions in elite female ballet dancers. *Med Problems Performing Artists* 13 (1998) 4-13.
12. *Kindermann W*: Das Sporthert. *Dtsch Z Sportmed* 51 (2000) 307-308.
13. *Mostardi RA, Porterfield JA, Greenberg B, Goldberg D, Lea H*: Musculoskeletal and cardiopulmonary characteristics of the professional ballet dancers. *Physician Sportsmed* 11 (1983) 53-61.
14. *Novak LP, Magill LA, Schutte JE*: Maximal oxygen intake and body composition of female dancers. *Eur J Appl Physiol* 39 (1978) 277-282.
15. *Pérez-Landaluce J, Fernandez-Garcia B, Rodriguez-Alonso M, Garcia-Herrero F, Garcia-Zapico P, Patterson AM, Terrados N*: Physiological differences and rating of perceived exertion (RPE) in professional, amateur and young cyclists. *J Sports Med Phys Fitness* 42 (2002) 389-395.
16. *Schantz PG, Astrand PO*: Physiological characteristics of classical ballet. *Med Sci Sports Exerc* 5 (1984) 472-476.
17. *Scharhag J, Urhausen A, Schneider G, Rochette V, Kramann B, Kindermann W*: Vergleich echokardiographischer Methoden zur linksventrikulären Muskelmassenbestimmung mit der MRT bei Ausdauerathleten mit Sportlerherz und Untrainierten. *Z Kardiol* 92 (2003) 309-318.
18. *Thefeld W*: Verbreitung der Herz-Kreislauf-Risikofaktoren Hypercholesterinämie, Übergewicht, Hypertonie und Rauchen in der Bevölkerung. *Bundesgesundheitsbl - Gesundheitsforsch - Gesundheitsschutz* 43 (2000) 415-423.
19. *Urhausen A, Kindermann W*: Echocardiographic findings in strength- and endurance-trained athletes. *Sports Med* 13 (1992) 270-284.
20. *Urhausen A, Monz T, Kindermann W*: Echocardiographic criteria of physiological left ventricular hypertrophy in combined strength- and endurance athletes. *Int J Cardiac Image* 13 (1997) 43-52.
21. *Worth H, Breuer H-WM*: Deutsche Gesellschaft für Pneumologie: Empfehlungen zur Durchführung und Bewertung von Belastungsuntersuchungen in der Pneumologie. *Pneumologie* 52 (1998) 225-231.

Korrespondenzadresse:

Prof. Dr. med. habil. Hans-Willi M. Breuer
Abteilung für Innere Medizin
Malteser Krankenhaus St. Carolus
Carolusstr. 212
02827 Görlitz
E-mail: breuer@carolus-goerlitz.de