
Dimensionen und Funktionen des Herzens und des arteriellen Gefäßsystems bei Querschnittgelähmten sowie Gliedmaßenamputierten im Vergleich zu untrainierten Nichtbehinderten sowie zu nichtbehinderten Leistungssportlern

M. Huonker (Projektleiter), A. Schmidt-Trucksäß, Th. Schütz, J. Keul
Med. Universitätsklinik Freiburg
Abt. Prävention, Rehabilitation und SportMedizin
VF 0407/07/04/98

1 Problem

In dem vom BISP mehrjährig geförderten Forschungsprojekt wurden bei nichtbehinderten und behinderten Hochleistungsathleten die Dimensionen und Funktionen des linken Herzens sowie des arteriellen Gefäßsystems mittels der 2-D-Echokardiographie und der Duplexsonographie beurteilt und den entsprechenden Befunden von untrainierten Herzkreislaufgesunden gegenübergestellt. Hierzu wurden folgende Teilabschnitte des Herzkreislaufsystems untersucht:

1. Linker Ventrikel bei physiologisch hypertrophierten Sporthertzen
2. Linker Ventrikel bei untrainierten und trainierten Körperbehinderten
3. Zentrale und periphere arterielle GefäÙe bei Untrainierten und bei hochtrainierten Athleten.
4. Zentrale und periphere arterielle GefäÙe bei untrainierten und trainierten Körperbehinderten

2 Methode

Insgesamt kamen die Befunde von 177 nichtbehinderten Hochleistungsathleten, 90 untrainierten und trainierten Körperbehinderten (Querschnittgelähmte, Amputierte) und 32 untrainierten gesunden Kontrollpersonen zur Auswertung.

Die Ultraschalldiagnostik wurde nach einem standardisierten Untersuchungsprotokoll mit einem elektronischen Farbdopplerscanner (Fa. ALOKA, SSD 830, Tokyo, Japan) durchgeführt. 2-D-Echokardiographisch wurden folgende kardiale Parameter bestimmt:

- Enddiastolischer linksventrikulärer Innendurchmesser (LVEDD)
- Enddiastolische Wanddicken des interventrikulären Septums (STD) und der Hinterwand (PWTD). Die linksventrikuläre Muskelmasse (LVMM) und der Massevolumenquotient (MVQ) wurden nach den Empfehlungen der Amerikanischen

Gesellschaft für Echokardiographie berechnet. Duplexsonographisch wurde der innere Gefäßdiameter (D) der Arteria subclavia, des Aortenbogens, der Aorta abdominalis und der Aorta femoralis communis bestimmt und hieraus der Querschnittsflächen-Index (QS-Index): $QS\text{-Index} = 3,14 * (D/2)^2 / KOF$ ermittelt.

3 Ergebnisse

Der linksventrikuläre enddiastolische Durchmesser (LVEDD: Max: 19 %, Straßenradfahrer, $P < 0.01$; Min: 7 %, Gewichtheber, $P < 0.05$), die enddiastolische Septumdicke (STD: Max: 22 %, Bodybuilder, $P < 0.01$; Min: 9 %, Tennisspieler, $P < 0.01$) und Hinterwanddicke (PWTD: Max: 22 %, Bodybuilder, $P < 0.01$; Min: 8 %, Tennisspieler, $P < 0.01$) sind bei allen nichtbehinderten Athleten größer als bei den Untrainierten. Bei allen Hochleistungsathleten liegt die Muskelmasse (LVMM: Max: 55 %, Skilangläufer, $P < 0.01$; Min: 27 %, Gewichtheber, $P < 0.01$) des linken Ventrikels höher. Der Massevolumen-Quotient ist bei den nichtbehinderten Athleten gegenüber den Untrainierten nicht signifikant unterschiedlich.

Bei den untrainierten und trainierten Körperbehinderten sind die enddiastolischen Wanddicken des interventrikulären Septums und der linksventrikulären Hinterwand ausgenommen den untrainierten Tetraplegikern (STD: -12 %, PWTD: -15 %; $P < 0.05$) gegenüber den nichtbehinderten Untrainierten nicht signifikant unterschiedlich. Der enddiastolische Durchmesser des linken Ventrikels ist bei den untrainierten Tetraplegikern (LVEDD: 7 %, $P < 0.05$) kleiner und bei den armamputierten Athleten (LVEDD: 10 %, $P < 0.05$) größer. Die untrainierten Tetraplegiker weisen eine geringere (20 %, $P < 0.05$), die armamputierten Athleten eine größere (31 %, $P < 0.05$) linksventrikuläre Muskelmasse auf. Der Massevolumen-Quotient (MVQ) ist bei den Körperbehinderten gegenüber den nichtbehinderten Untrainierten nicht signifikant verändert.

Bei den Hochleistungsathleten ist der QS-Index der zentralen Arterien ausgenommen der Aortenwurzel bei den Straßenradfahrern (9 %, $P < 0.05$) und den Triathleten (9 %, $P < 0.05$) gegenüber den Untrainierten nicht signifikant unterschiedlich (Abb. 1/2). Die Zehnkämpfer (25 %, $P < 0.01$), die Triathleten (43 %, $P < 0.01$) und die Skilangläufer (39 %, $P < 0.01$) weisen größere QS-Indices der A. subclavia auf. Bei den Triathleten (40 %, $P < 0.01$) und den Skilangläufern (55 %, $P < 0.05$) finden sich größere QS-Indices der A. brachialis. Bei den Tennisspielern ist der QS-Index der A. subclavia und der A. brachialis des Schlagarmes im Vergleich zum kontralateralen Arm (Sub: 41 %, $P < 0.01$; Bra: 41 %, $P < 0.01$) und gegenüber den Untrainierten (Sub: 38 %, $P < 0.01$; Bra: 39 %, $P < 0.01$) größer (Abb. 1).

Die Ausdauertrainierten weisen einen höheren QS-Index der A. femoralis comm. (Max: 50 %, Triathleten/Straßenradfahrer, $P < 0.01$; Min: 30 %, Bahnradfahrer, $P < 0.01$) und der

A. poplitea (Max: 40 %, Skilangläufer, $P < 0.01$; Min: 23 %, Bahnradfahrer, $P < 0.01$) auf (Abb. 2).

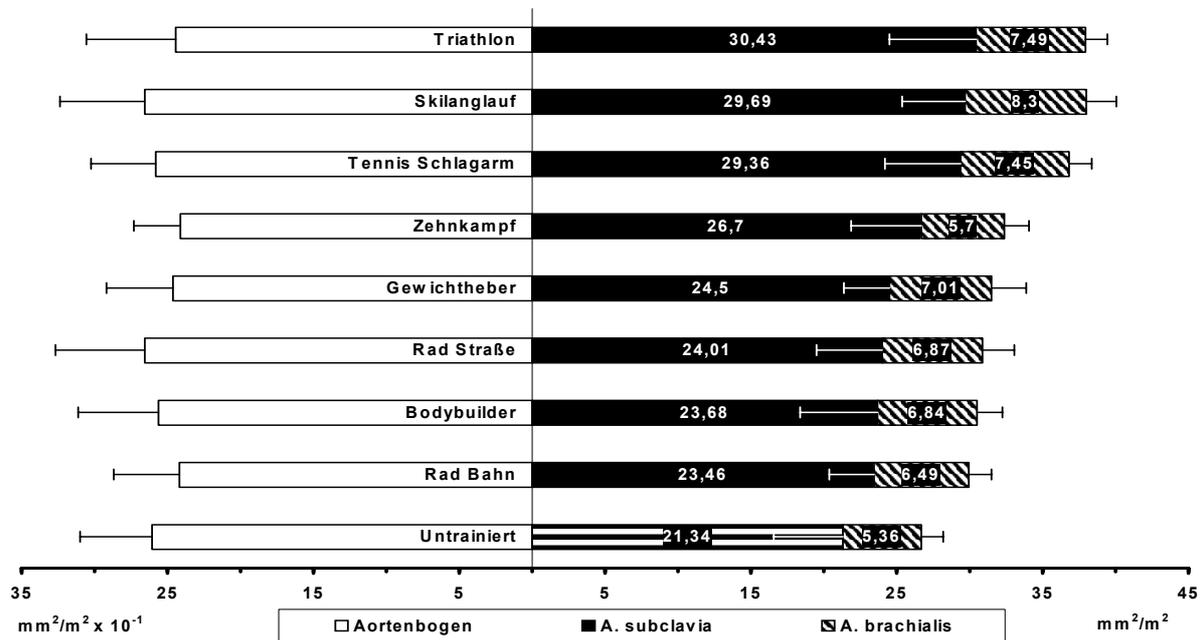


Abb. 1: QS-Index supradiaphragmaler Arterien von Hochleistungsathleten

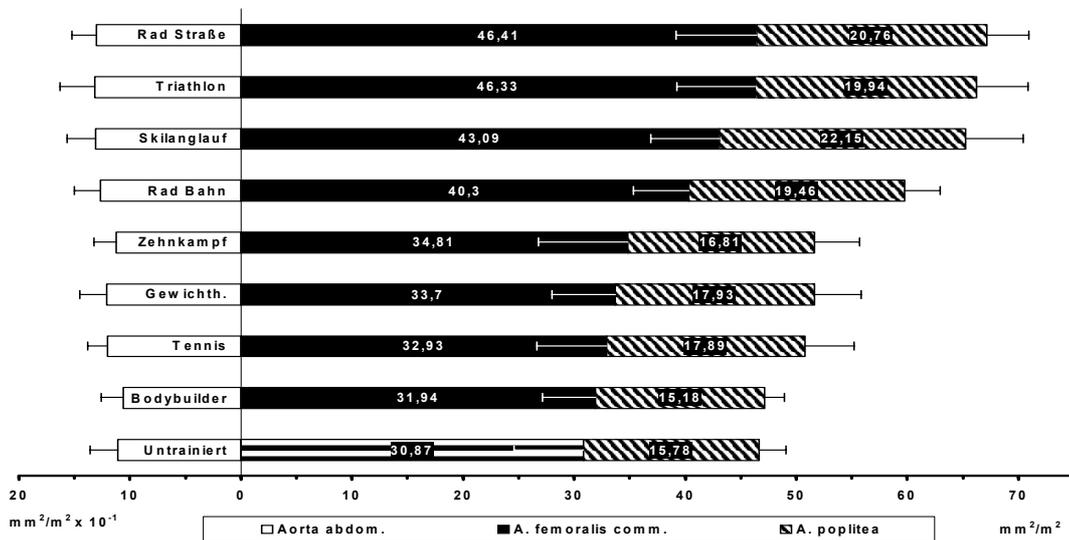


Abb. 2: QS-Index infradiaphragmaler Arterien von Hochleistungsathleten

Bei den Untrainierten ergeben sich keine signifikanten Seitenunterschiede des QS-Index der peripheren Arterien. Die untrainierten und trainierten Körperbehinderten weisen gegenüber den nichtbehinderten Untrainierten keinen signifikant veränderten QS-Index der zentralen Arterien auf. Im Vergleich dazu ist der QS-Index der A. subclavia (Sub) und der A. brachialis (Bra) bei den trainierten Paraplegikern (Sub: 54 %, $P < 0.01$; Bra: 53 %,

P<0.05), den beinamputierten Athleten (Sub: 29 %, P<0.01; Bra: 40 %, P<0.05) sowie den armamputierten Athleten am unversehrten Arm (Sub: 34 %, P<0.01; Bra: 23 %, P<0.05) größer. Bei den armamputierten Athleten ist der QS-Index der A. subclavia und der A. brachialis auf der Läsionsseite im Vergleich zur Gegenseite (Sub: 46 %, P<0.01; Bra: 51 %, P<0.01) und gegenüber den nichtbehinderten Untrainierten (Sub: 27 %, P<0.01; Bra: 40 %, P<0.01) kleiner. Bei den untrainierten und trainierten Tetra- und Paraplegikern ist der QS-Index der A. femoralis comm. (Max: 68 %, untrainierte Tetraplegiker, P<0.01; Min: 54 %, untrainierte Paraplegiker, P<0.01) und der A. poplitea (Max: 49 %, trainierte Paraplegiker, P<0.01; Min: 44 %, trainierte Tetra- und Paraplegiker, P<0.01) geringer. Bei den armamputierten Athleten ergibt sich ein größerer QS-Index der A. femoralis comm. (18 %, P<0.05) und der A. poplitea (21 %, N.S.). Die beinamputierten Athleten weisen auf der unversehrten Seite einen größeren QS-Index der A. femoralis comm. (30 %, P<0.01) und der A. poplitea (38 %, P<0.01) auf. Auf der Läsionsseite ist der QS-Index der A. femoralis comm. (Fem) und der A. poplitea (Pop) im Vergleich zur Gegenseite (Fem: 47 %, P<0.01; Pop: 41 %, P<0.01) und gegenüber den nichtbehinderten Untrainierten (Fem: 31 %, P<0.01; Pop: 19 %, P<0.01) kleiner (Abb. 3/4).

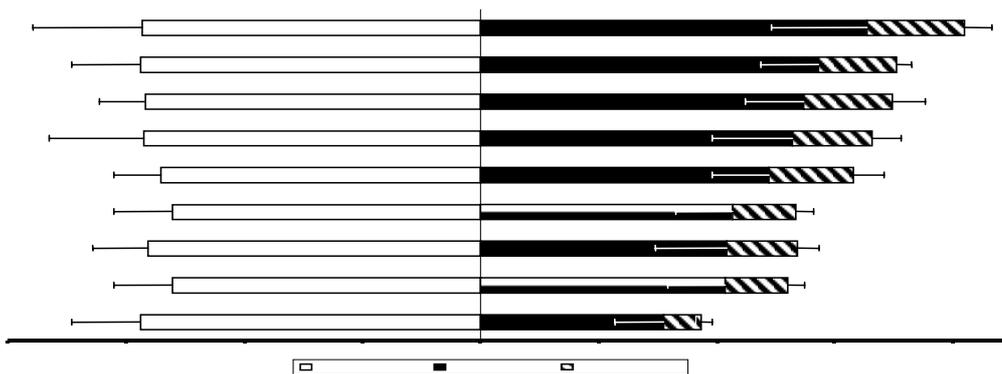


Abb. 3: QS-Index supradiaphragmaler Arterien von Körperbehinderten

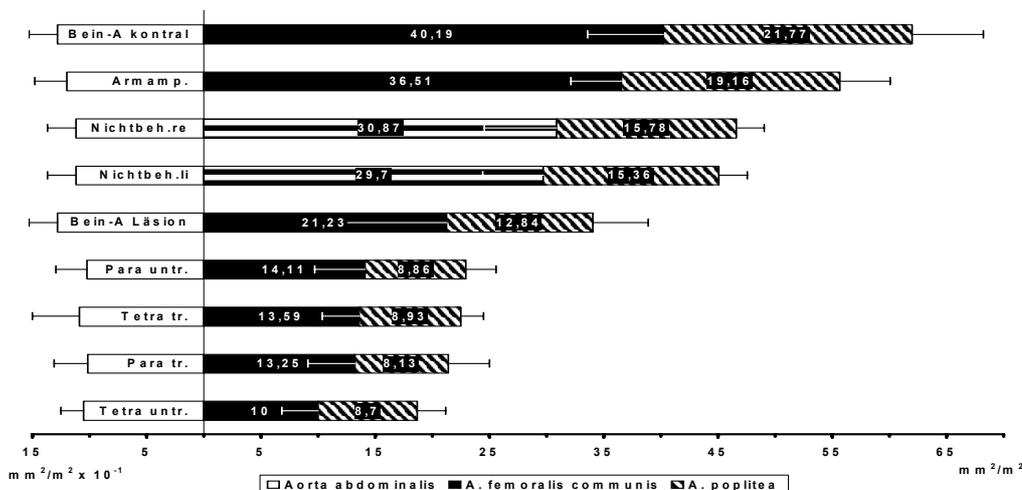


Abb. 4: QS-Index infradiaphragmaler Arterien von Körperbehinderten

4 Diskussion

Während das Ausmaß der dimensionellen kardialen Anpassungen von der Art der Belastungen und der trainierenden Skelettmuskelmasse, nicht jedoch von der Lokalisation der ins Training einbezogenen Muskelgruppen determiniert wird, richten sich die dimensionellen Anpassungen der arteriellen Gefäße am Blutbedarf der sportartspezifisch belasteten Muskulatur aus und begrenzen sich auf die in die Versorgung der trainierten Muskelgruppen einbezogenen peripheren Arterien vom muskulären Typ. An den zentralen Arterien ist infolge der hohen Wandelastizität selbst bei einer maximalen physiologischen Volumenbelastung des Herzkreislaufsystems wahrscheinlich eine ausreichende Pufferkapazität für das erhöhte Blutflussvolumen vorhanden, so dass keine trainingsbedingten hypertrophischen dimensionellen Anpassungen ausgenommen an der Aortenwurzel abzulaufen scheinen.

5 Literatur

- HUONKER, M.; SIMONS, B.; SCHUMACHER, O.; KEUL, J.: Effects of dynamic versus static training on the dimensions and functions of extremity arteries. *Eur. J. Appl. Physiol.* (1994) 69, 40
- HUONKER, M.; MORMANN, H. et al.: Duplex Sonographic assessment of the arterial vessels in high performance athletes of various sport disciplines. *Int. J. Sports Med.* (1994) 15, 342
- HUONKER, M.; HALLE, M.; KEUL, J.: Structural and functional adaptations of the cardiovascular system by training. *Int. J. Sports Med.* (1996) 17, 164-172
- HUONKER, M.; SCHMID, A. et al.: Training-induced changes in vessel diameter and regional blood flow on distributing arteries in the extremities. *Int. J. Sports Med.* (1996) 17, 22
- HUONKER, M.; SCHMID, A.; MROSEK, P.; KEUL, J.: Effects of physical training on the dimensions of conducting and distributing arteries. *Med. Sci. Sports Exerc.* (1996) 28, 131
- HUONKER, M.; SCHMID, A. et al.: Cardiovascular differences between sedentary and wheelchair-trained subjects with paraplegia. *Med. Sci. Sports Exerc.* (1998) 30, 609-613

