

G. Strobel

Sympathoadrenerges System und Katecholamine im Sport

Institut für Sportmedizin der FU Berlin

Zusammenfassung

Das sympathoadrenerge System (SAS) ist unter anderem an der Regulation des Herz-Kreislauf-Systems und des Energiestoffwechsels beteiligt, die beide wesentlich die körperliche Leistungsfähigkeit beeinflussen. Die Wirkungen des SAS werden durch die Katecholamine Adrenalin und Noradrenalin vermittelt. Der stärkste physiologische Stimulus zur Aktivierung des SAS ist maximale körperliche Belastung. Durch Training kann die Aktivierbarkeit weiter gesteigert werden. Gleichzeitig birgt die hohe Beanspruchung des SAS im Leistungssport auch Risiken in sich, z.B. in Form des Übertrainings, bei dem das SAS ebenfalls involviert zu sein scheint. Unter Gesundheitsaspekten kann Training zur Beeinflussung des SAS genutzt werden. Regelmäßige körperliche Aktivität, insbesondere Ausdauertraining, senkt die basale Aktivität des SAS. Dies findet beispielsweise bei der Therapie verschiedenster Herz-Kreislauferkrankungen und von chronischem Stress Anwendung. Als Maß zur Beurteilung der Aktivität des SAS wird überwiegend die Bestimmung der Katecholamine aus Plasma und Urin sowie ergänzend die Bestimmung der Katecholaminsulfate eingesetzt.

Einleitung

Die Katecholamine werden in zahlreichen Belastungs- und Trainingsstudien gemessen. Ihre Bedeutung für die körperliche Leistungsfähigkeit ist eindeutig nachgewiesen wie auch die positive Beeinflussung der Aktivierung des SAS durch Training, sowohl unter leistungssportlichen als auch unter gesundheitlichen Aspekten. Dennoch ist ihre praktische Anwendung im Sport zum jetzigen Zeitpunkt limitiert. Fragen, ob eine trainingsbedingte Steigerung der Sympathikusaktivierung die Leistungsfähigkeit positiv beeinflusst oder ob dies als Hinweis für eine Überforderung des SAS angesehen werden muss, können derzeit noch nicht eindeutig beantwortet werden. Es existieren Ansätze, die Bestimmung der Katecholamine als diagnostisches Mittel in Zusammenhang mit Sport einzusetzen, insbesondere bei der Bewältigung von Stress durch körperliche Aktivität. In der vorliegenden Übersicht sollen die aktuellen Möglichkeiten und Grenzen der Katecholaminbestimmung im Sport aufgezeigt werden.

Methodische Aspekte

Die Bestimmung der Katecholamine aus venösem Blutplasma ist die am häufigsten eingesetzte Methode zur Beurteilung der sympathoadrenergen Aktivität unter körperlicher Belastung. Die Plasmahalbwertszeit der Katecholamine liegt bei 1 – 3 Minuten. Damit können durch eine entsprechend dichte Folge von Blutabnahmen schnelle Änderungen in der Sympathikusaktivierung aufgezeigt werden. Allerdings reflektiert eine einmalige Bestimmung der Katecholamine nur die Beurteilung der vorausgegangenen etwa 3-5 Minuten. Für die Beurteilung längerdauernder

der diskontinuierlicher Belastungen sind die Katecholaminsulfate (insbesondere Noradrenalin-sulfat) aufgrund einer Plasmahalbwertszeit von 3 - 4 Stunden geeigneter (5). Die Normalwerte unter Ruhebedingungen (HPLC-Methode) liegen für Noradrenalin und Adrenalin zwischen 0,1 - 3,1 bzw. 0,1 - 0,8 nmol/l, für Noradrenalin-sulfat und Adrenalin-sulfat zwischen 2,9 - 7,3 bzw. 1,3 - 7,9 nmol/l (7). Eine weitere Möglichkeit zur Beurteilung der Beanspruchung des sympathoadrenergen Systems ist die Messung der nächtlichen Katecholaminausscheidung im Urin. Die Bestimmung der Katecholamine aus venösem Blutplasma und noch ausgeprägter aus Urin hat jedoch Einschränkungen. Erstens reflektieren die Messungen nicht die Aktivierung des SAS sondern stellen die Differenz aus Katecholamin-Ausschüttung und Katecholamin-Clearance dar. Zweitens wird die Gesamtsympathikusaktivität beurteilt und damit bleibt unberücksichtigt, dass die Aktivierung des SAS als Folge von körperlicher Aktivität sehr heterogen und sogar konträr sein kann (z.B. gesteigerte muskuläre Sympathikusaktivierung und verminderte Haut-Sympathikusaktivierung unter Belastung). Bei Belastung zeigt sich dennoch eine gute Korrelation zwischen der Katecholamin-Konzentration im venösen Blutplasma und der direkten Messung der muskulären Sympathikusnervaktivität, so dass für diese Bedingungen die Bestimmung der Katecholamine aus venösem Blutplasma durchaus Aussagekraft besitzt.

Bedeutung der sympathoadrenergen Aktivität im Sport

Einfluss des sympathoadrenergen Systems auf die körperliche Leistungsfähigkeit

Die Katecholamine werden auch als „Flight- und Fight“-Hormone bezeichnet. Sie vermitteln ergotrope Wirkungen: Atemminutenvolumen und Herzminutenvolumen werden erhöht, Blutumverteilung erfolgt zu Gunsten der arbeitenden Skelettmuskulatur und Glykogenolyse und Lipolyse werden gesteigert. Unter körperlicher Belastung können die Katecholaminkonzentrationen im Blutplasma um über das 50-fache ansteigen. Wird ihre Wirkungsvermittlung medikamentös durch Beta-Blocker verhindert, sinkt die Leistungsfähigkeit im submaximalen Belastungsbereich um 15- 20 % und im maximalen Belastungsbereich um 10 - 15 %. Ob eine verstärkte Stimulation des SAS bei sprinttrainierten Athleten einen leistungssteigernden Effekt besitzt, kann derzeit nicht beurteilt werden, da Studien zur möglichen Steigerung der Leistungsfähigkeit unter Gabe von Katecholaminen, anderen alpha- und beta-Adrenozeptoragonisten oder über eine additive Aktivierung der muskulären Sympathikusaktivität nicht vorliegen.

Katecholamine in der Leistungsdiagnostik und Trainingssteuerung

Während die Herzfrequenzkinetik in Abhängigkeit von der Belastungsintensität im Bereich der körperlichen Ausbelastung abflacht, steigen die Katecholaminkonzentrationen im Blutplasma ab 50 - 60 % der VO_{2max} exponentiell mit der Belastungsintensität an. Sie wären deshalb für die Beurteilung der Herzkreislaufbeanspruchung in diesem Intensitätsbereich von Interesse. Sie zeigen zudem eine gute Korrelation mit der Laktatkinetik. Es werden bereits Katecholaminschwellen bestimmt und die Möglichkeit ihrer Nutzung für die Leistungsdiagnostik und Trainingssteuerung diskutiert. Allerdings konnte gezeigt werden, dass die Katecholaminbestimmung hierfür auf Grund geringer Reproduzierbarkeit der Messergebnisse als wenig geeignet

erscheint. Die Test-Retest-Korrelationen der Adrenalin- und Noradrenalinschwellen, ermittelt aus identischen Stufenbelastungen, zeigten sowohl für Adrenalin als auch Noradrenalin eine geringe Reproduzierbarkeit, mit Korrelationskoeffizienten zwischen 0,46 und 0,49 (1). In einer neueren Studie wurde eine andere Möglichkeit der Nutzung der Katecholamine für die Leistungsdiagnostik diskutiert. In dieser Studie wurde bei Skilangläufern ein signifikanter, positiver Zusammenhang zwischen der nächtlichen Katecholaminausscheidung im Urin und der Wettkampfleistung gefunden (3).

Katecholamine als Maß der sympathoadrenergen Beanspruchung im Sport

Leistungssport: Das SAS wird im Leistungs- und Hochleistungssport extrem beansprucht und die Zeit für die Regeneration ist kurz. Informationen über die Regenerationsfähigkeit des SAS liegen nicht vor. Im Trainingsprozess erscheint die Sympathikusaktivierung und deren Beanspruchung deshalb als eine Gratwanderung und wird in ursächlichen Zusammenhang gebracht mit Übertraining. So korrelierte ein Abfall der nächtlichen Katecholaminausscheidung im Urin mit dem Auftreten von Symptomen von Übertraining (4). Als Ausprägungsformen werden ein sympathikotones und parasympathikotones Übertraining genannt. Betrachtet man Übertraining als Ergebnis einer chronischen körperlichen Stresssituation, könnte das Selye'sche Stressmodell angewendet werden. Dieses Modell geht davon aus, dass einer Phase der Resistenz des SAS gegenüber einem Training mit überhöhter körperlicher Belastung, einhergehend mit gesteigerter sympathoadrenerger Beanspruchung zur Kompensation (sympathikotone Phase des Übertrainings) eine Phase der Erschöpfung des SAS folgt mit verminderter sympathoadrenerger Aktivierbarkeit (parasympathikotone Phase). In einer kürzlich erschienenen Übersicht wird die aktuelle Bedeutung der Katecholamine in der Diagnostik von Übertraining jedoch kritisch beurteilt (6).

Gesundheitssport: Chronischer Stress erhöht das Risiko für zahlreiche Erkrankungen wie Hypertonie, Thrombosen, Depression. Als eine wesentliche Ursache für diese Risiken wird die erhöhte Aktivität des SAS unter chronischem Stress angesehen und die Senkung der sympathoadrenergen Aktivität als ein Ziel bei dessen Behandlung. Durch Ausdauertraining wird die sympathoadrenerge Aktivierung bei körperlicher Belastung gleicher relativer Intensität innerhalb weniger Wochen signifikant gesenkt, so dass vergleichbare Alltagsaktivitäten zu verminderter Aktivierung des SAS führen. Zudem konnte eine Vielzahl von Studien bei gesunden Untrainierten und bei Patienten mit koronarer Herzkrankheit durch ein Ausdauertraining eine Absenkung der Ruhewerte der Katecholaminkonzentrationen nachweisen (Übersicht siehe 2). Hier ist eine Senkung der Aktivität des SAS ein wichtiges Ziel des Trainings und die Bestimmung der Katecholamine ein hilfreicher Nachweis.

Alterssport: Im Alterssport kann die Bestimmung der Katecholamine zur Beurteilung der sympathoadrenergen und körperlichen Beanspruchung ergänzend herangezogen werden und

zusätzliche Informationen liefern. Dies ist insbesondere bei älteren und alten Menschen mit geringer körperlicher Fitness der Fall, bei denen die üblichen Messgrößen VO_{2max} , Herzfrequenz und Laktatkonzentration unter Belastung altersbedingt weniger ansteigen als bei jungen Menschen. Eine eigene Studie konnte zeigen, dass die Katecholaminanstiege unter erschöpfender Belastung bei älteren Sportlern (50 – 70 Jahre) im Vergleich zu jüngeren (20 – 30 Jahre) signifikant höher (Noradrenalin) bzw. vergleichbar hoch (Adrenalin) sind (nicht veröffentlichte Daten).

Fazit

Die Beurteilung der sympathoadrenergen Aktivität durch die Katecholamine vermittelt Kenntnisse zum Verständnis wesentlicher Anpassungsvorgänge an Training und an akute Belastung. Im Gesundheitssport kann die angestrebte Senkung der basalen Aktivität des SAS durch Bestimmung der Katecholamine überprüft werden und im Alterssport sind sie eine hilfreiche Ergänzung in der Beurteilung der körperlichen Beanspruchung durch Sport. Unklar ist derzeit ihre diagnostische Bedeutung in Zusammenhang mit Übertraining und der Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit.

Literatur

1. Dickhuth HH, Yin L, Niess A, Röcker K, Mayer F, Heitkamp HC, Horstmann T: Ventilator, lactate-derived and catecholamine thresholds during treadmill running: relationship and reproducibility. *Int. J. Sports Med.* 20 (1999) 122-127.
2. Kjaer M: Exercise effects on adrenergic regulation of energy metabolism. In: *Perspectives in exercise science and sports medicine: energy metabolism in exercise and sports.* Hrsg: Lamb DR, Gisolfi CV, Brown & Benchmark, Dubuque, pp 346 - 376, 1992.
3. Knöpfli B, Calvert R, Bar-Or O, Villiger B, Von Duvillard SP: Competition performance and basal nocturnal catecholamine excretion in cross-country skiers. *Med. Sci. Sports Exerc.* 33 (2001) 1228-1232.
4. Lehmann M, Dickhuth HH, Gendrisch G, Lazar W, Thum M, Aramendi JF, Huonker M, Jakob E, Dürr H, Stockhausen W, Wieland H, Keul J: Training – Übertraining. *Dtsch. Z. Sportmed.* 41 (1990) 112-124.
5. Strobel G, Friedmann B, Siebold R, Bärtsch P: Effect of severe exercise on plasma catecholamines in differently trained athletes. *Med. Sci. Sports Exerc.* 31 (1999) 560-565.
6. Urhausen A, Kindermann W: Diagnosis of overtraining: What tools do we have? *Sports Med.* 32 (2002) 95-102.
7. Weicker H: Determination of free and sulfoconjugated catecholamines in plasma and urine by high-performance liquid chromatography. *Int. J. Sports Med.* 9 (Suppl) (1988) 68-74.

Korrespondenzadresse:
Priv. Doz. Dr. Günther Strobel
Institut für Sportmedizin
Freie Universität Berlin
Clayallee 225C
14195 Berlin
Fax: 030/81812-572
e-mail: gstrobel@zedat.fu-berlin.de