

---

# **Biochemische und psycho-physische Untersuchungen zu Ursache und Folgen des Überlastungssyndroms im Jahreszyklus unter besonderer Berücksichtigung der Plasmaamino-säuren**

M. Weiß (Projektleiter), St. Krause, M. Linnenbrock

Universität-Gesamthochschule Paderborn  
Sportmedizinisches Institut

VF 0407/01/35/98

## **1 Problem**

In einer früheren Trainingsstudie (WEISS et al., 1998) waren wir darauf gestoßen, dass belastungsbedingte Verschiebungen im Aminosäurenprofil im Zentrum von Anpassungs- wie auch von Überlastreaktionen stehen könnten. Die Aminosäuren zeigten bei später am Rande des Übertrainingszustands stehenden Probanden ein anderes Verhalten als bei denen, die reguläre Trainingserfolge erzielten. In ähnlicher Weise wies das  $\beta$ -Rezeptor- und Post-Rezeptor-System Unterschiede zwischen diesen Probandensubgruppen (SCHALLER et al., 1999) auf. Da sowohl belastungsbedingte Defizite im kleinen Aminosäurepool wie auch Veränderungen im Bereich der sympathovegetativen Regulation in viele unterschiedliche Systeme hineinwirken und damit auch die zahlreichen unterschiedlichen Symptome des Übertrainingszustandes erklärbar machen könnten, wurde mit der vorliegenden Untersuchung bewusst ein ganzheitlicher Ansatz gesucht, der psychophysische, hormonelle, metabolische und immunologische Aspekte genauso erfasst wie die möglicherweise im Zustand der zentralen Ermüdung gestörte Bewegungsausführung in einer technomotorisch anspruchsvollen Sportart, bei der neben den konditionellen Parametern die effektive Leistung von einer technisch sauberen Bewegungsausführung abhängt. Deshalb wurde ein Schwimmtest ausgewählt, der bei einer Schwimm- und Triathletengruppe im Rahmen des Jahreszyklus zu Zeiten mit sehr unterschiedlichen Trainingsbelastungen wiederholt wurde.

## **2 Probanden und Methoden**

An der Studie beteiligt war ein Schwimmteam der 2. Bundesliga/Oberliga, n=8, im Alter von 15–18 Jahren sowie ein Triathlonteam (2. Mannschaft, Oberliga), n=10, im Alter von 19–31 Jahren. Messzeitpunkte siehe Tabelle 1. Vier Schwimmerinnen und zwei Schwimmer nahmen an allen sechs Tests teil, eine Schwimmerin an den Tests 1–3 und ein Schwimmer an den Tests 1, 2, 4 und 5. Drei Triathleten nahmen an allen fünf Testterminen teil, eine Triathletin an den Tests 1–4, zwei Triathleten an den Tests 1–3, die restlichen weiblichen Mitglieder des Teams zweimal bzw. einmal. Die unterschiedliche Teil-

nehmerinnen-/Teilnehmer-Zahl ist in den statistischen Methoden berücksichtigt (im Schwimmteam ANOVA, im Triathlon-Team T-Test bzw. WILCOXON-Test zwischen den Testterminen und im Vergleich zu Test 1).

Tab. 1: Messzeitpunkte und Charakterisierung der jeweiligen Trainingsphase im Jahresverlauf der Schwimm- und Triathlongruppe

| Messzeitpunkte |                   | Trainingsphase |                                     |
|----------------|-------------------|----------------|-------------------------------------|
| 1              | Schwimmer/Innen   | Februar        | Ende Aufbau, DMM                    |
|                | Triathleten/Innen | Januar         | allg. Aufbau, Schwimmen             |
| 2              | Schwimmer/Innen   | April          | Höchstphase nach Trainingslager     |
|                | Triathleten/Innen | März           | Schwimmen + Laufen, zunehmend Rad   |
| 3              | Schwimmer/Innen   | Mai            | Tapering, regionale Meisterschaften |
|                | Triathleten/Innen | Juni           | Liga- Wettkämpfe                    |
| 4              | Schwimmer/Innen   | September      | nach Regeneration                   |
|                | Triathleten/Innen | November       | nach Regeneration                   |
| 5              | Schwimmer/Innen   | Oktober        | aerobes Basis-Training              |
|                | Triathleten/Innen | Januar         | aerobes Basis-Training              |
| 6              | Schwimmer/Innen   | März           | Ende Aufbau, DMM                    |

Der Pansold-Schwimmtest wurde in üblicher Weise im Schwimmteam über 100-m-Freistil und im Triathlon über 400-m-Freistil durchgeführt; außerdem ein 10-m-Test mit Maximalgeschwindigkeit und eine Zyklusfrequenztrappe. Als psychologische Parameter wurden mit dem Polaritätsprofil nach MATTHESIUS die Eigenschaften Aktivität, Stimmung und körperliches Befinden erhoben, und mit dem Paderborner Fragebogen zur Selbsteinschätzung Depression, Angst, psychosomatische Gestörtheit, Wohlbefinden, Coping und Stress (KRÜGER, 1990). Mittels Foodfrequency-Fragebogen, Folsäure- und Mineralstoff-Messungen wurde sichergestellt, dass eventuelle Schwankungen in biochemischen Parametern nicht ernährungsbedingt sein konnten.

Die Messung von freien und sulfatierten Katecholaminen sowie von 21 Aminosäuren vor und nach Belastung erfolgte mittels HPLC. Unter Ruhebedingungen wurden die Konzentrationen von Immunglobulinen und Akute-Phase-Proteinen nephelometrisch erfasst. Interferon  $\gamma$  (IFN  $\gamma$ ) und Tumornekrosisfaktor  $\alpha$  (TNF  $\alpha$ ) in Ruhe und unter Belastung wurden nur während der ersten drei Untersuchungstermine mittels ELISA gemessen, als weitere immunologische Parameter wurden solubler Interleukin 2 Rezeptor und solubles interzelluläres Adhäsionsmolekül (SIL2R und sICAM) mittels hochempfindlichen ELISA gemessen. Mit Routinemethoden wurden Blutbilder, CK, Homocystein, Ammoniak, Harnstoff, Harnsäure, Glukose erfasst. Cortisol, freies Testosteron und  $\beta$ -Endorphin wurden mit RIA jeweils vor und nach Belastung gemessen

Sämtliche Untersuchungen begannen um 15.00 Uhr nach einem Tag mit reduzierter Trainingsbelastung und drei Stunden nach der letzten (leichten) Mahlzeit in der Reihenfolge: Ruhephase vor Ruheblutabnahme, standardisierte Aufwärmgymnastik, Einschwimmen, PANSOLD-Stufentest, Blutabnahme sofort nach dem Pansold-Test, nach einer halbstündigen Regenerationsphase 10-m-Test und Frequenzstufentest.

### 3 Ergebnisse

Sowohl Blutbild wie Akute-Phase-Proteine und Immunglobuline zeigten über das ganze Jahr hinweg bei beiden Sportgruppen stabile Werte. TNF  $\alpha$  und IFN  $\gamma$  waren stets mit wenigen individuellen Ausnahmen an der unteren Nachweisgrenze und zeigten nur geringe Belastungsanstiege, so dass nach dem dritten Messzeitpunkt deren Bestimmung eingestellt wurde. Die als Aktivierungsparameter des Immunsystems einzuschätzenden sICAM und SIL2R zeigten zum Zeitpunkt höherer Trainingsbelastung signifikant höhere Werte als während der Regenerationsphase, die Unterschiede waren jedoch klinisch keineswegs relevant. Korrelative Berechnungen der Immunparameter mit Parametern anderer Systeme waren weder mit Stresshormonen noch mit Aminosäuren oder  $\beta$ -Endorphin systematisch zu finden. Vor allem ließ sich die Glutaminthese (PARRY-BILLINGS et al., 1992) nicht bestätigen, eher waren noch Zusammenhänge zwischen verzweigketigen Aminosäuren und den Aktivierungsparametern SIL2R und sICAM nachzuweisen.

Tab. 2: Ergebnisse der Prüfung auf sign. Unterschiede zwischen verschiedenen Messzeitpunkten in der Schwimm- und Triathlongruppe bei den Katecholaminen (f = freies, sulf = sulfatiertes)

|                 | Triathleten/Innen |                |           | Schwimmer/Innen |            |            |           |            |                |           |           |            |            |           |
|-----------------|-------------------|----------------|-----------|-----------------|------------|------------|-----------|------------|----------------|-----------|-----------|------------|------------|-----------|
|                 | Ruhe              | nach Belastung |           | Ruhe            |            |            |           |            | nach Belastung |           |           |            |            |           |
| f Noradrenalin  | –                 | –              |           | **<br>3-4       | **<br>5-6  | *<br>4-6   | –         |            |                |           |           |            |            |           |
| f Adrenalin     | –                 | –              |           | *<br>3-4        |            |            |           |            | *<br>2-4       |           |           |            |            |           |
| f Dopamin       | –                 | *<br>1-2       | **<br>2-3 | **<br>1-3       | ***<br>3-4 | ***<br>4-5 | **<br>4-1 | ***<br>4-2 | **<br>4-6      | *<br>1-2  | **<br>2-3 | ***<br>3-4 | **<br>4-5  |           |
|                 |                   |                |           |                 |            |            |           |            |                | **<br>5-6 | **<br>4-1 | ***<br>4-2 | ***<br>4-3 | **<br>4-6 |
| Sulf. Noradr.   | –                 |                |           | *<br>4-5        |            |            |           |            | **<br>4-5      |           |           |            |            |           |
| sulf. Adrenalin | –                 | *<br>1-2       | *<br>1-3  | –               |            |            |           |            |                |           |           |            |            |           |
| Sulf. Dopamin   | ** *<br>1-2, 1-3  | **<br>1-2      | *<br>1-3  | **<br>4-5       |            |            |           |            |                |           |           |            |            |           |

Tabelle 2 zeigt die Ergebnisse der Prüfstatistik bezüglich der Katecholamine. In der Triathletengruppe erwiesen sich freies Noradrenalin und freies Adrenalin stabil und unabhängig von der jeweiligen Trainingsbelastung. Trainingseinflüsse ließen sich nur für freies und sulfatiertes Dopamin sowie sulfatiertes Adrenalin nachweisen.

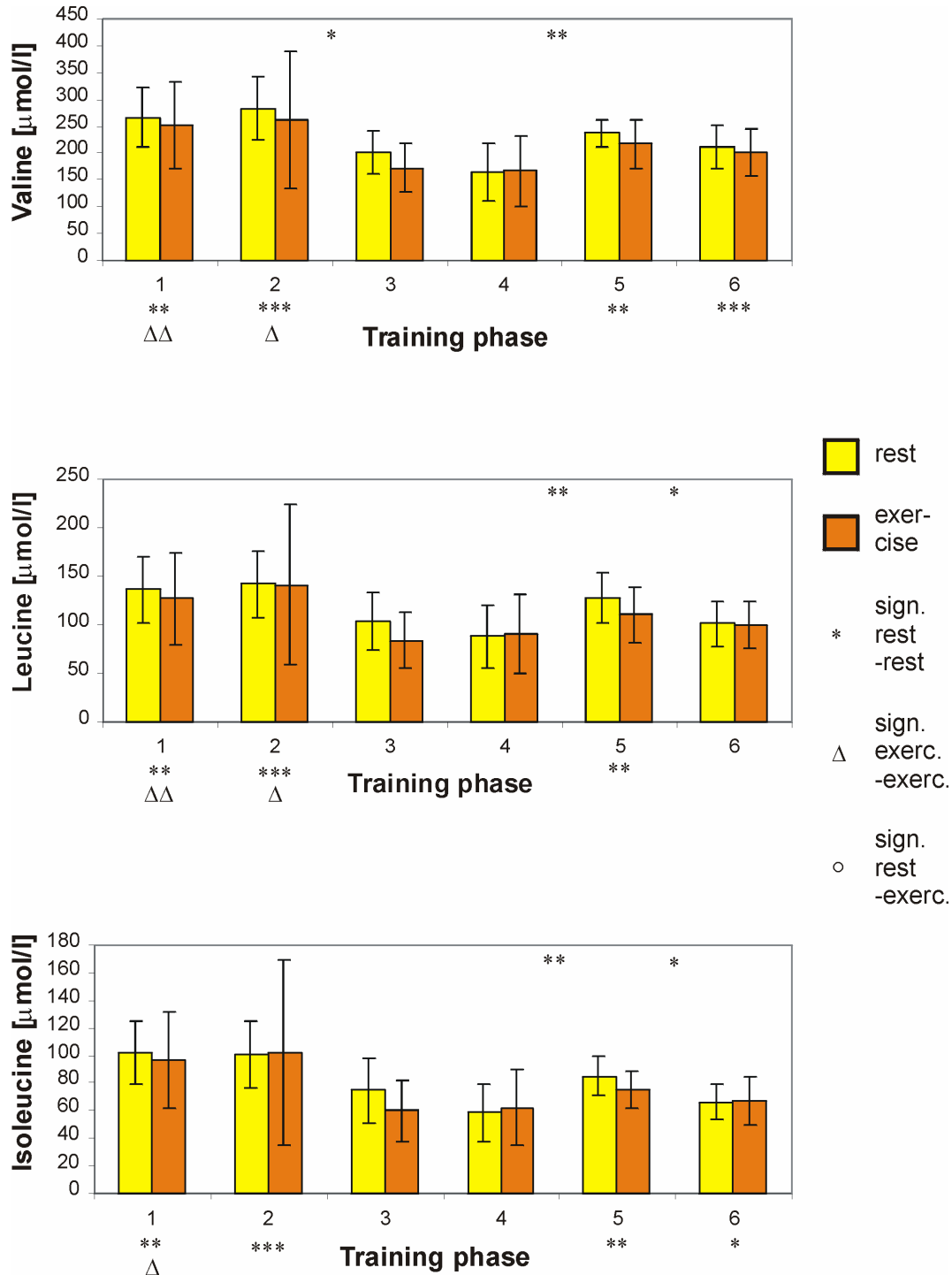
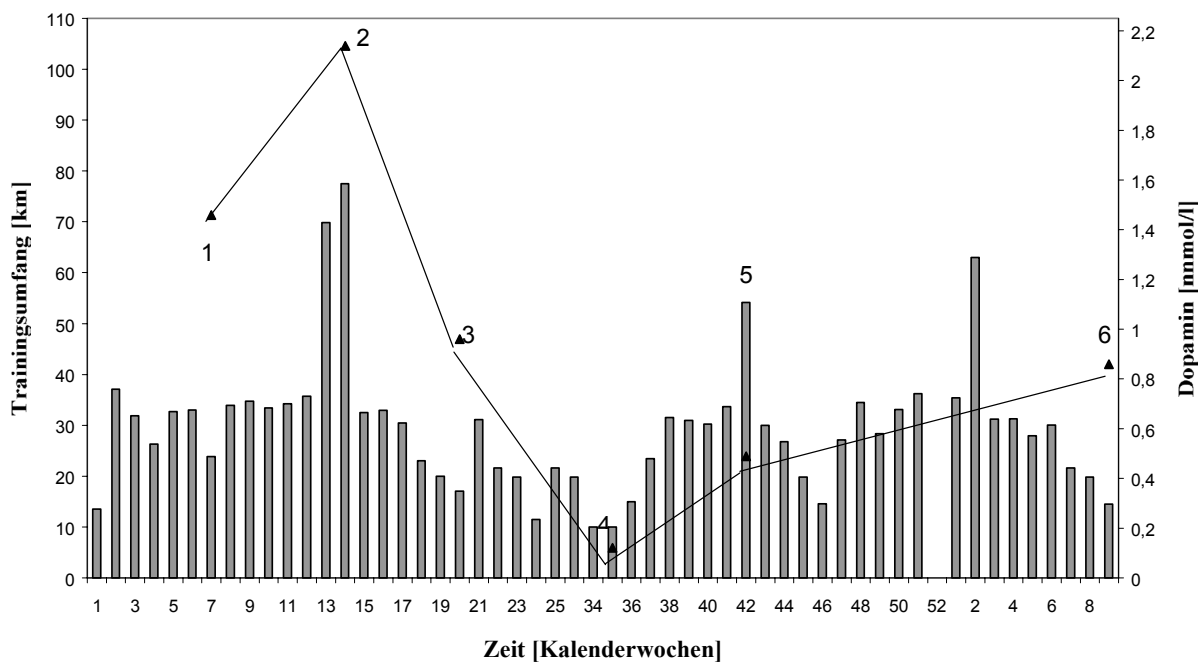


Abb. 1: Plasma- Dopamin- Konzentrationen und Trainingsumfänge in km pro Woche im Jahresverlauf der Schwimmgruppe

Abbildung 1 zeigt in der Schwimmgruppe eine auffällige Parallelität zwischen freiem Dopamin und den jeweiligen Trainingsumfängen, wobei die Unterschiede zwischen der Regenerationsphase und den höchst intensiven Trainingsphasen sehr viel ausgeprägter waren als z.B. bei Adrenalin und Noradrenalin. Korrelative Beziehungen der freien Katecholamine nach Belastung zum maximalen Laktat dokumentieren die Bedeutung der akuten psychophysischen Mobilisierbarkeit. Chronische psychophysische Interaktionen mit Katecholaminen ließen sich nur in der Triathlongruppe mit Adrenalinsulfat herstellen (Korrelation mit den Eigenschaften Depression, Wohlbefinden, Stress, körperliches Befinden und psychische Aktivität).



schlüsse erlaubt. Die metabolischen Zusammenhänge wurden offenbar nicht gestört. Vor allem ließen sich die für Übertraining bisher postulierten Mangelzustände weder für BCAA oder Kreatininvorläufer noch für Glutamin und Glutamat nachweisen.

Die in der Leistungsdiagnostik und in der Trainingssteuerung üblicherweise verwendeten Stoffwechselmetabolite und CK wie auch die psychologischen Items erwiesen sich als außerordentlich stabil, diskrete Hinweise auf individuelle Stoffwechselprobleme waren an teilweise fehlenden Blutzuckeranstiegen nach Belastung trotz vorhandener Stimulation der Leberglykogenolyse durch ausreichend hohe Anstiege von Noradrenalin und Adrenalin ablesbar.

#### **4 Diskussion**

Keines der untersuchten Systeme und Parameter wie auch die allgemeine Beobachtung der Gruppen wies darauf hin, dass diese Übertrainingszustände erreichten. Lediglich eine Einzelbeobachtung einer Schwimmerin konnte hier Zusammenhänge aufzeigen. Insgesamt deuten die hier hervorzuhebenden Anstiege von Dopamin und einzelnen Aminosäuren darauf hin, dass es in beiden Trainingsgruppen eher Adaptationsprozesse gegeben hat, die mit einer Verbesserung der Verfügbarkeit stoffwechselwichtiger Aminosäuren einhergehen. Möglicherweise spielt Dopamin dabei eine nicht unwesentliche Rolle. Ansonsten scheint es eher so zu sein, dass die Katecholaminsekretion sowohl unter Ruhebedingungen wie auch nach Belastung im Rahmen eines Trainingprozesses an die jeweilige Belastungssituation und innerhalb des jeweiligen Leistungsstandes immer gut angepasst ist (MEYER et al., 1998). Immunologische Parameter wie auch Stoffwechselglobalparameter wie Blutzucker, Harnstoff, Harnsäure etc. scheinen für die beiden Sportarten als trainingssteuernde biochemische Parameter ebenso zu unsensibel zu sein wie die unter standardisierten Bedingungen durchgeführte Befragung mit dem Polaritätsprofil nach MATTHESIUS oder mit dem Paderborner-Fragebogen zur Selbsteinschätzung.

Unabhängig davon ergeben sich interessante korrelative Beziehungen zwischen den vernetzten Systemen auch ohne signifikante Abweichung der jeweiligen Mittelwerte zu den einzelnen Messzeitpunkten, wobei sich klar herausstellt, dass das sympathoadrenerge System im Mittelpunkt der Regulation steht, und Dopamin der empfindlichste Parameter ist. Möglicherweise reagieren die verschiedenen Systeme auf die verschiedenen großen Auslenkungen in der externen Reizsetzung deshalb so gering, weil im Rahmen der Netzwerktheorie Auslenkungen durch andere Systeme gedämpft oder klein gehalten werden, im Sinne der Kompensation, oder Einzelsysteme im Sinne der Adaptation über einen längerfristigen Zeitraum diese Auslenkungen auffangen. So lässt sich zeigen, dass physische Stress-Faktoren und Cortisolwerte korrelieren, obwohl je beide Parameter nicht

über die Standardabweichung hinaus ausgelenkt werden. Aufgrund dieser Theorie lässt sich abschließend festhalten, dass zur Erfassung der Vorphase von Übertrainingszuständen solitäre Parameter aus einzelnen Systemen wohl zu unsensibel sind. Korrelative Zusammenhänge weisen darauf hin, dass komplexere psychophysische Trainingssteuerungsmethoden erforscht werden müssen, worunter auch die Beobachtung technomotorischer Veränderungen zu rechnen ist. Der zentralen Ebene muss mehr Beachtung geschenkt werden, wenn die Theorie von GILBERT (1995) übertragbar ist, dass das peripher gemessene Dopamin die zentrale neurovegetative Situation widerspiegelt und sich im dopaminergen zentralen System leistungsbestimmende Faktoren finden. Andererseits wirkt sich dämpfend aus, dass auf Rezeptor- und Postrezeptorebene ebenfalls Anpassungsunterscheidungen ablaufen. (JOST et al., 1990, SCHALLER et al., 1999).

Als eine der wichtigsten Schlussfolgerungen der vorliegenden Studie empfehlen wir für zukünftige Trainingsverlaufbeobachtungen verstärkte Beachtung des Parameters Dopamin und des Aminosäurenprofils.

## 5 Literatur

- GILBERT, C: Optimal physical performance in athletes: key roles of dopamine in a specific neurotransmitter/hormonal mechanism. *Mech. Aging Dev.* 84(1995) 83-102
- JOST, J.; WEISS, M.; WEICKER, H: Sympathoadrenergic regulation and the adrenoceptor system. *J. Appl. Physiol.* 68 (1990) 897-904
- KRÜGER, M: Laufen und seelisches Befinden – eine empirische Untersuchung an Marathonläufern. In: WEBER, A (Hrsg.): Bewegung braucht der Mensch. Hilden 1990, 85-103
- MEYER, R.; MAYER, U.; WEISS, M.; WEICKER, H: Sympathoadrenergic regulation of metabolism and cardiocirculation during and following running exercises of different intensity and duration. *Int. J. Sports Med.* 9 (1988) Suppl, 132-140
- PARRY-BILLINGS, M.; BUDGETT, R.; KOUTEDAKIS, Y.; BLOMSTRAND, E.; BROOKS, C.; CALDER, P.C.; PILLING, S.; BAIGRIE, R.; NEWSHOLME, E.A.: Plasma amino acid concentration in the overtraining syndrome: possible effects on the immune system. *Med. Sci. Sports Exerc.* 24 (1992), 1353-58
- SCHALLER, K.; MECHAU, D.; GROSSE-SCHARMANN, H.; WEISS, M.; BAUM, M.; LIESEN, H: Increased training load and the  $\beta$ -adrenergicreceptor system on human lymphocytes. *J. Appl. Physiol.* 87 (1999), 317-324
- WEISS, M.; HENNIG, H.; SCHWEFER, H.; LIESEN, H: Belastungsinduzierte Veränderungen der Plasmaamino säuren (AS) als Prädiktor für drohende Überlastung. In: JESCHKE, D.; LORENZ, R. (Hrsg.): Sportartspezifische Leistungsdiagnostik, energetische Aspekte. Köln 1998, 335-342

**Projektbezogene Literatur:**

WEISS, M.; KRAUSE, S.; LINNENBROCK, M.; LIESEN, H: Freie und sulfatierte Katecholamine in Ruhe und nach dem Pansold-Schwimmtest im Jahreszyklus. *Dt. Z. Sportmed* 50 (1999), Sonderheft, 49

WEISS, M.; KRAUSE, S.; LINNENBROCK, M.; LIESEN, H: Plasma amino acids profile and catecholamines at rest and after testing swimming performance during an anual season in completitive swimmers. *Amino Acids* 17 (1999) 1, 107