

Ernährung nach Stoffwechseltypen: Eine valide Grundlage für eine individualisierte Ernährungsberatung im Sport?

Dr. C. Osterkamp-Baerens, Olympiastützpunkt Bayern

Dr. M. Maassen, Olympiastützpunkt Niedersachsen/(Medizinische Hochschule Hannover, Institut für Sportmedizin)

(März 2017)



Sportler und ihre Trainer sind stets auf der Suche nach Methoden, um das Leistungsvermögen des Körpers voll auszuschöpfen. Eine individuell auf die Bedürfnisse des Einzelnen abgestimmte Ernährung gilt allgemein als sinnvolle, gesundheitsförderliche und leistungsunterstützende Maßnahme für Sportler. Besonders vielversprechend für Athleten und ihr Betreuerumfeld klingt es, die Ernährung nach dem „Stoffwechseltyp“ auszurichten. Dieses Ernährungskonzept stellt die Individualität des Menschen in den Mittelpunkt der Beratung. Es gehört heute zum Allgemeinwissen, dass keine zwei Menschen zu 100 % im Erbgut übereinstimmen. Daher erscheint es logisch, dass Menschen auch unterschiedlich auf Nährstoffe reagieren und dieser Unterschiedlichkeit bei der Ernährung Rechnung getragen werden sollte – jedenfalls dann, wenn eine optimale Körperzusammensetzung und Leistungsfähigkeit angestrebt wird. Was ist dran an diesem innovativ klingenden Ansatz der Ernährung nach Stoffwechseltyp (Prinzhausen 2003) bzw. Metabolic Typing (Wolcott 1987)?

Stoffwechselfypisierung: Die Theorie

Unter den Suchbegriffen „Stoffwechselfypisierung Ernährung“ findet Google 3730 Einträge (Zugriff am 11.3.2017). Das belegt, dass dieser Ernährungsberatungsansatz auch im Deutschsprachigen recht populär ist. Der Name Metabolic Typing wurde 1987 von William Wolcott geprägt, der im Wesentlichen die zwei bereits bestehenden Überlegungen von George Watson und William Kelley zusammenführte (Überblick siehe Tabelle 1). Allen Protagonisten der Stoffwechselfypisierung des 20. Jahrhunderts ist gemeinsam, dass sie die Ursache für Krankheiten in einem bei den meisten Menschen vorliegenden Ungleichgewicht des Stoffwechsels sehen, das durch die Ernährungsweise moduliert werden kann. Die Nährstoffausrichtung der Ernährung soll ihrer Meinung nach darüber entscheiden, ob dieses Ungleichgewicht verstärkt und damit Krankheiten gefördert werden oder es ausgleicht und damit Erkrankungen vermeiden und lindern hilft. Während Kelley das Ungleichgewicht im autonomen/vegetativen Nervensystem sah und nach Parasympathikus- und Sympathikus-Typ unterschied (Kelley 1970), lag es bei Watson in den Verbrennungssystemen in der Zelle (Watson 1972). Entsprechend typisierte letzterer in Schnell- und Langsamverbrenner. Diese bestehenden Konzepte kombiniert Wolcott (2000) und macht daraus drei Stoffwechselfypen: den Eiweiß-, Kohlenhydrat- und Misch-Typ. Nach Wolcott sind Schnellverbrenner und Parasympathikus-Typen Eiweiß-Typen. Sie brauchen seiner Meinung nach eine kohlenhydratarme Ernährung, um die Verbrennung zu entschleunigen und den Sympathikus zu stärken. Langsamverbrenner und Sympathikus-Typen sollen zu den Kohlenhydrat-Typen gehören, da die Kohlenhydrate die Energieerzeugung beschleunigen und den Parasympathikus stärken. Wolcott weicht damit von Watsons Überlegungen ab, der Schnellverbrennern wegen ihres schnellen Stoffwechsels auch den schnellen Energieträger verordnet und den Langsamverbrenner davor schützen will (Tabelle 1). Da nach Wolcott

Tabelle 1: Überblick über die Konzepte zur Stoffwechselftypisierung

Quelle	Art der Literatur	Jahr	a) Zielsetzung b) Erklärungsmodell c) Vorgehensweise bei der Typisierung
William Kelley: „The Metabolic Types - One Answer to Cancer“	Mono-graphie	1970	a) Optimale Gesundheit (Fokus v.a. auf Krebsprävention) und allgemeine Leistungsfähigkeit (nicht Leistungssport bezogen gemeint) b) Zu starkes Ungleichgewicht im autonomen/vegetativen Nervensystem führt zu körperlichen und psychischen Beschwerdebildern; E. als ausgleichendes Moment: Sympathikus-Typen brauchen kh-reiche, fett- und eiweißarme E., Parasympathikus-Typen eine kh-arme, fett- und eiweißreiche E. c) keine konkreten Angaben zur Bestimmung der Typen
George Watson: „Nutrition and the Mind“	Mono-graphie	1972	a) Optimale Gesundheit und allgemeine Leistungsfähigkeit (nicht Leistungssport bezogen) b) Verbrennungssysteme in der Zelle sind unterschiedlich schnell; Schnellverbrenner brauchen kh-reiche, fett- und eiweißarme E., Langsamverbrenner eine kh-arme, fett- und eiweißreiche E.; nicht zum Typ passende E. fördert Erkrankungen c) keine konkreten Angaben zur Bestimmung der Typen
William L. Wolcott: „The metabolic diet“	Mono-graphie	1987	a) Optimale Gesundheit und allgemeine Leistungsfähigkeit (nicht Leistungssport bezogen) b) Verbindung der Theorien von Kelley und Watson: Der Stoffwechsel wird sowohl vom autonomen Nervensystem als auch dem Verbrennungssystem beeinflusst; Nährstoffausrichtung nach dem dominanteren System; Unterscheidung in drei Typen: Eiweiß-Typ = Schnellverbrenner oder Parasympathikus-Typ; KH-Typ = Langsamverbrenner oder Sympathikus-Typ; Misch-Typ = keine klare Dominanz c) 65 Fragen mit vorgegebenen Antwortkategorien
Jan Prinzhausen: „Strategien der Leistungs-ernährung für Sportler“	Mono-graphie	2003	a) Optimale Körperzusammensetzung (wenig Körperfett) für die sportliche Leistungsfähigkeit b) Typisierung nach den Konstitutionstypen c) Entwicklung des Gewichts / der Körperzusammensetzung unter KH-zufuhr (Näheres siehe Text)
Abkürzungen: E = Ernährung; KH = kh = Kohlenhydrat			

(2000) der Stoffwechsel der meisten Menschen entweder vom autonomen Nervensystem oder vom Verbrennungssystem dominiert wird, gibt für ihn das dominante System den Ausschlag für die Zuordnung. Menschen, bei denen keine klare Dominanz vorliegt, gelten als sogenannter „Misch-Typ“. Sie befinden sich in der Mitte zwischen den beiden anderen Typen und benötigen eine Ernährungszusammenstellung, die beide Seiten des autonomen Nervensystems unterstützt und nicht einseitig ist, damit die Verbrennung nicht beschleunigt oder verlangsamt wird (Wolcott 2000). Die Typisierung selbst erfolgt bei Wolcott über 65 Fragen zu psychischen und physischem Wohlbefinden, aktuellen Ernährungsgewohnheiten, Schlafqualität und ähnlichem. Es sind immer drei Antworten vorgegeben (A, B, C). Die Anzahl der Antworten je Antwortkategorie soll den Stoffwechseltyp ergeben (Wolcott 2000).

Die ursprüngliche Form des Metabolic Typing nach Wolcott wird heute von healthexcel über eine Internetplattform (metabolytypingonline.com) angeboten, wobei die Gewichtsreduktion im Vordergrund zu stehen scheint. Autonomes und oxidatives System wurden je nach Dominanz maximal kombiniert, so dass heute neun mögliche metabolische Typen unterschieden werden. Der Fragebogen kann online durchgeführt werden. Die Auswertung inklusive persönlicher Lebensmittel- und Nahrungsergänzungsliste kostet ca. \$ 50. Insgesamt sind im „Supplement-Bereich“ 32 Produkte zu finden, die den entsprechenden Typen zugeordnet sind (I). Die meisten Anbieter einer Ernährungsberatung nach dem Metabolic Typing in Deutschland haben den Übergewichtigen und weniger den Sportler im Fokus. Oft wird neuerdings zusätzlich zum Stoffwechseltyp der Drüsentyp bestimmt. Je nachdem welche Drüse (Hypophyse, Schilddrüse, Nebenniere und bei Frauen zusätzlich Ovarien) dominant ist, sollen Lebensmittel in unterschiedlicher Weise ein Gefühl des Wohlbefindens auslösen und Gelüste befördern, was zum Übergewicht führt. Durch eine passende Lebensmittelauswahl könne der Drüsendominanz entgegengewirkt werden.

Den Leistungssportler in den Mittelpunkt stellt vor allem Prinzhausens Ansatz. Anders als Wolcott typisiert er nach Konstitutionstyp (endomorph, ektomorph und mesomorph). Kernpunkt ist, dass die Körperzusammensetzung einen Hinweis auf die Fähigkeit des Stoffwechsels zur Kohlenhydrat-Umsetzung geben soll (Tabelle 2). „Die Kohlenhydratintoleranz macht sich häufig über starken Fettansatz, Übergewicht und daraus resultierende Erkrankungen bemerkbar. Der Stoffwechsel dieser Gruppe hat sich im Laufe der Evolution noch nicht an den hohen Kohlenhydratkonsum angepasst.“ (Prinzhausen 2003). Daher sei bei endomorphen Typen eine fett- und eiweißreiche Ernährung ähnlich der der „Steinzeitmenschen“ sinnvoll. Wer trotz hoher Kohlenhydrataufnahme kein Übergewicht entwickelt, gehört zu den ektopomorphen Typen. Ihr Stoffwechsel soll die Umstellung auf die heutige kohlenhydratreiche Kostform abgeschlossen haben und sei kohlenhydrattolerant. Prinzhausen sieht in dieser unterschiedlichen Stoffwechselanpassung die Ursache für die Beobachtung, dass manche Menschen trotz unterkalorischer Ernährung kein Körperfett abnehmen können. Im ersten Schritt sei daher herauszufinden, ob ein vorliegendes Übergewicht auf eine überkalorische Ernährung oder auf einen kohlenhydratintoleranten Stoffwechsel zurückgeht. Ein möglicher Test sei der Einsatz einer hypokalorischen, kohlenhydratbetonten Kost. Sollte es zu keiner Gewichtsabnahme kommen, sei der Beweis für einen endomorphen Stoffwechseltyp erbracht (Prinzhausen 2003).

Tabelle 2: Überblick für die „Stoffwechelstypen“ und ihre Eigenschaften nach Prinzhausen

Stoffwechelstyp →	endomorph od. Typ 3	mesomorph od. Typ 2	ektomorph od. Typ 1
Gestalt	kräftig bis massig; kräftiger Knochenbau	athletisch; evtl. Fettansatz an Bauch und Hüfte	hager, teilweise sehnig; kaum Fett- gewebe
Masseaufbau	starker und schneller Fett- und Masseaufbau; Gefahr der Fettbildung aus Zucker	Gute Muskelbildung bei niedrigem Fettansatz	Muskel- und Masseaufbau schwierig
Stoffwechsel	langsam	liegt zwischen den beiden anderen	schnell
Grundumsatz	niedrig		hoch
Insulinantwort	stark und schnell; langsame Insulin- rezeptoren; starke Blutzuckerschwankun- gen mit Hypo- und Hyerglykämie		schwach; geringe Blutzucker- schwankungen
Kohlenhydrate	intolerant		tolerant

(nach Prinzhausen 2003)

Eine genaue Anleitung, wie die Stoffwechelstypisierung durchzuführen ist, wird nicht gegeben. Letztlich aber kann sie nur auf der Basis des äußeren Erscheinungsbildes des Athleten in Abhängigkeit der aktuellen Kohlenhydratzufuhr erfolgen. Aktuelle Anbieter einer Ernährungsberatung auf der Basis der Stoffwechelstypisierung nach Konstitutionstyps nutzen für die Typisierung neben dem Augenschein (Aussehen) auch die klassischen Daten aus der Anthropometrie (Körperfettwerte, Verteilungsmuster des Körperfetts etc.) und Erheben die Kohlenhydratzufuhr über ein Ernährungsprotokoll. Über zusätzliche Fragebögen werden zudem häufig die bisherige Diätgeschichte, Appetit, Lieblingsessen und andere Details erfasst. Aus diesen Teilergebnissen ergibt sich dann das Gesamtbild, das auf den Stoffwechelstyp hinweist. Ein hoher Körperfettanteil bei einer sehr kohlenhydratreichen Ernährung würde beispielsweise auf den endomorphen Stoffwechelstyp hinweisen. Insgesamt ist das zentrale Ziel der Ernährungsberatung auf Basis des Konstitutionstyps, langfristig das „Optimalgewicht mit entsprechend gut ausgeprägter Magermasse“ (Prinzhausen 2003) zu erreichen. Prinzhausen scheint aktuell die Stoffwechelstypisierung selbst nicht anzubieten. Auf seiner aktuellen Internetpräsenz stehen die ketogene Ernährungsform und die Anpassung der Ernährung an die Trainingsintensitäten und Trainingsziele im Mittelpunkt. Der Begriff der Stoffwechelstypisierung kommt nicht vor (II).

Studienlage zur Stoffwechsellagerung

Die Recherche in der wissenschaftlichen Literaturdatenbank PubMed (<https://.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>) zur Stoffwechsellagerung zeigt, dass Metabolic Typing offensichtlich kaum Gegenstand der sport- und ernährungswissenschaftlichen Forschung war und ist (Tabelle 3). Im Zusammenhang mit dem Konstitutionstyp finden sich hauptsächlich Studien, die sich mit sportspezifischen, anthropometrischen Charakteristika beschäftigen.

Zu diesem Ergebnis scheinen auch die Autoren selbst gekommen zu sein. Wolcott et al. (2012) schreiben, dass das Prinzip des Metabolic Typing nicht aus zielgerichteter Forschungsarbeit entstand, sondern aus zahlreichen Erfahrungen und Beobachtungen, die teilweise zufällig zustande kamen. Auch einige der Internetanbieter, die durch die Google-Recherche gefunden wurden, weisen im Kleingedruckten darauf hin, dass es sich bei der Stoffwechsellagerung um ein neuartiges Verfahren handelt, das wissenschaftlich noch nicht belegt ist (z.B. III). Bei Prinzhausen wird die Stoffwechsellagerung im Wesentlichen im Kapitel „Einleitung“ beschrieben. Auf diesen 10 Seiten wird keine Literatur zitiert, sondern bereits im ersten Absatz auf Folgendes hingewiesen: „Da zur Ernährung verschiedener Stoffwechsellagerungstypen kaum wissenschaftliche Ergebnisse vorliegen, versteht sich der Inhalt dieses Buches als Erläuterung strategischer Ernährungsformen in Bezug auf mögliche Stoffwechsellagerungstypen.“ (Prinzhausen 2003).

Tabelle 3: Überblick über die Ergebnisse der Pubmed-Recherche zur Stoffwechsellagerung

Suchbegriffe (Stand 23.11.2016)	Pub-med- Ergebnisse	Literaturstellen*	Kommentar
metabolic typing	511		Die Suchbegriffe werden unabhängig voneinander in den Artikeln verwendet, was an den Titeln der Arbeiten gut erkennbar ist.
& sports performance	0		
& athlete	1	1	
& exercise	11	2 -11	
& performance	18	12 -15	
Suchbegriffe (Stand 12.04.2015)			
somatotype	2041		Überwiegend Beschreibung der anthropometrischen Charakteristika in verschiedenen Sportarten.
& macronutrients	2	16 & 17	
& sport & carbohydrate	5	16 – 20	
& energy support	3	21 -23	
& metabolism & athlete	9	22 - 30	

*siehe Literaturverzeichnis zu dieser Tabelle auf den letzten drei Seiten

Fazit

Die aktuelle Literaturrecherche zeigt, dass die Thesen rund um einen Stoffwechsellyp, wie Wolcott oder Prinzhausen es postulieren, bisher nicht untersucht wurden. Beides sind daher Theorien, für die es nicht den Ansatz eines wissenschaftlichen Belegs gibt. Eine auf der Stoffwechsellypisierung basierende Ernährungsberatung sollte daher an Institutionen des Deutschen Sports, wie den Olympiastützpunkten, Häusern der Athleten oder Partnerschulen des Sports, und im Rahmen von Kadermaßnahmen der Sportverbände nicht zur Anwendung kommen. Leistungsorientierte Athleten und ihre Betreuer sehen in der Ernährung in aller Regel Potential für Leistungsverbesserungen und nehmen Anregungen zu Ernährungsumstellungen gerne auf. Die im Leistungssport betreuten Athleten sind vielfach noch minderjährig oder gehören zur Gruppe der sehr jungen Erwachsenen, die aufgrund ihres Alters eher einfach zu beeinflussen sind. Ihnen fehlen die Lebenserfahrung und das Wissen, um nicht belegte Ernährungstheorien frühzeitig erkennen zu können. Dies dürfte besonders für Veranstaltungen im Schutzbereich ihres Dachverbandes, Olympiastützpunktes, Vereins oder Schulverbundes gelten, in dem sie dem Ernährungsberater einen besonders hohen Vertrauensvorschuss entgegenbringen werden.

Zudem ist die Stoffwechsellypisierung nicht nur nicht belegt. Problematisch ist vor allem die Tatsache, dass der Körperzusammensetzung ein höherer Stellenwert als der aktuellen Leistungsfähigkeit im Training eingeräumt wird. Auch wenn das Gewicht im Leistungssport ein wichtiger Parameter für Topleistungen ist, für die Leistungsentwicklung sind Trainingsreize und die Umsetzung der Trainingsumfänge in der Regel entscheidender (Thomas et al., 2016). Dies gilt ganz besonders für den Nachwuchsbereich. Wenn ein Sportler in einer intensiven Trainingsbelastung seine Ernährung kohlenhydratarm gestaltet, weil er sich nach der Stoffwechsellypisierung für kohlenhydratintolerant hält, kann das weitreichende Auswirkungen haben. Es ist unstrittig, dass intensive Belastungen über 75 % der VO_{2max} mit einem hohen Kohlenhydratverbrauch verbunden sind (Hawley und Leckey, 2015). Eine starke Einschränkung der Kohlenhydrataufnahme wird die Erholungszeit verlängern und erhöht besonders im Winter das Risiko von Infekten der oberen und unteren Atemwege (Walsh et al., 2011). Andererseits können natürlich auch Sportler durch Kohlenhydrate im Rahmen einer insgesamt überkalorischen Ernährung Fettmasse zunehmen. Zudem kann die Einschränkung der Kohlenhydrate zur Unterstützung bestimmter Trainingsziele eventuell sinnvoll sein (Burke, 2010; Cochran et al., 2015). Für Leistungssportler ist daher ein wichtiges Lernziel, für jede Trainingsphase einer Saison die für sie richtige Kohlenhydratzufuhr festzulegen und ihre Lebensmittelauswahl entsprechend anzupassen. Dazu braucht es Wissen zu den Mechanismen der Energiebereitstellung unter Belastung, zu den Möglichkeiten, die Energiebereitstellung durch die Kohlenhydratzufuhr zu beeinflussen, und zur Lebensmittelkunde sowie die Möglichkeit, durch eine Ernährungsfachkraft begleitet Eigenerfahrung zu sammeln. Dies sollten im Sinne einer Förderung der Leistungsentwicklung die zentralen Inhalte einer Ernährungsberatung im Leistungssport sein. Die Verantwortlichen der Institutionen des Deutschen Sports müssen sich bewusst sein, dass sie diese wichtigen Lernziele verfehlen und ihre Athleten im Bereich Ernährung auf u. U. leistungsmindernde Abwege führen, wenn sie Berater einsetzen, die auf der Basis der Theorien der Stoffwechsellypisierung Ernährungsvorträge oder –beratungen durchführen.

Literatur:

- 1) Burke, L.: Fueling strategies to optimize performance: training high or training low? *Scand J Med Sci Sports* 2010; 20 (Suppl 2): 48-58.
- 2) Cochran, A., Myslik, F., MachInnis, M.J., Percival, M.E., Bishop, D., Tarnopolsky, M.A. und Gibala, M.J.: Manipulating carbohydrate availability between twice-daily sessions of high-intensity interval training over 2 weeks improves time-trial performance. *Int J Sport Nutr and Exerc Metab*, 2015, 25, 463-470.
- 3) Hawley, J.A. und Leckey, J.J.: Carbohydrate dependence during prolonged, intense endurance exercise. *Sports Med* (2015) 45 (Suppo 1):S5-S12.
- 4) Kelley D. W.: *The Metabolic Types - One Answer to Cancer*. 1970. Cancer Coalition for Alternative Therapies, Inc.
- 5) Levine, J. A.: Non-exercise activity thermogenesis (NEAT). *Best Practice & Research Endocrinology and Metabolis*.Vol. 16, No.4 pp. 679-70, 2002.
- 6) Prinzhausen, J.: *Strategien der Leistungsernährung für Sportler. Ein Handbuch unter Einbezug der Stoffwechselfypisierung*. akademos Wissenschaftsverlag, Hamburg. 1. Auflage, 2003.
- 7) Thomas, DT, Erdmann, KA und Burke, LM: Nutrition and Athletic Performance. American College of Sports Medicine Joint Position Statement. *Med Sci Sports Exercise* 2016 mar; 48(3): 543-68.
- 8) Walsh, N.P., Gleeson, M., Pye, D.B., Nieman, D.C., Dhabhar, F.S., Shepard, R.J., Oliver, S.J., Bermon, S. und Kajemene, A.: Position Statement Part two: Maintaining immune health. *EIR* 17 2011, 64-103
- 9) Watson, G.: *Nutrition and the Mind*. 1972 Harpercollins; Auflage: Hardcover 10) Wolcott, L.: *The Metabolic Typing Diet* 1987 Broadway Books, Crown Publishing Group, a Division of Random House, Inc.
- 10) Wolcott, W.L. und Fahey, T.: *Metabolic Typing*. VAK Verlags GmbH, Kirchzarten. Deutsche Ausgabe der amerikanischen Originalausgabe: *The metabolic typing diet* aus dem Jahr 2000. 8. Auflage: 2012.

Internetquellen:

- I) <https://secure.metabolictypingonline.com/Default.aspx>; Zugriff am 11.3.2017
- II) <http://www.ketofood.de/ketoline.html>; Zugriff am 12.3.2017
- III) <http://www.metabolic-typing-horisan.com/>; Zugriff am 12.3.2017

Literatur zu Tabelle 3:

- 1) Dahlgren, L., Mohammed, H., Nixon, A. (2005): Temporal expression of growth factors and matrix molecules in healing tendon lesions. *Journal of Orthopaedic Research*; 23: 84-92.
- 2) Mansoubi, M., Pearson, N., Clemes, S., Biddle, S., Bodicoat, D., Tolfrey, K., Edwardson, C., Yates, T. (2015): Energy expenditure during common sitting and standing tasks: examining the 1.5 MET definition of sedentary behavior. *BMC Public Health*; 15: 516.
- 3) Elmer, S., Martin, J. (2014): A cycling workstation to facilitate physical activity in office settings. *Appl Ergon*; 45(4): 1240-6.
- 4) Newton, R., Han, H., Zderic, T., Hamilton, M. (2013): The Energy Expenditure of Sedentary Behavior: A Whole Room Calorimeter Study. *PLoS One*; 8(5): e63171.

- 5) Teplan, V., Mahlrová, A., Savagrová, K., Racek, J., Gürlich, R., Teplan, V., Senolt, L., Stollová M. (2012): Regular exercise training decreases asymmetric dimethylarginine after kidney transplantation. *Vnitr Lek*; 58(9): 640-6
- 6) Filosto, M., Tonin, P., Vattemi, G., Bertolasi, L., Simonati, A., Rizzuto, N., Tomelleri, G. (2007): The role of muscle biopsy in investigating isolated muscle pain. *Neurology*; 68(3): 181-6.
- 7) Levine, J. (2004): Nonexercise activity thermogenesis (NEAT): environment and biology. *Am J Physiol Endocrinol Metab*; 286 (5): E675-85.
- 8) Kjaer, M. (2004): Role of extracellular matrix in adaptation of tendon and skeletal muscle to mechanical loading. *Physiol Rev*; 84(2): 649-98.
- 9) Takemasa, T., Sugimoto, K., Miyazaki, M., Machida, M., Ikeda, S., Hitomi, Y., Kiyaki, T., Ohno, H., Yamashita, K., Haga, S. (2004): Simple method for the identification of oxidative fibers in skeletal muscle. *Eur J Appl Physiol*; 91(2-3): 357-9.
- 10) Brunotto, F., Thompson, C., Adamopoulos, S., Coats, A., Unitt, J., Lindsay, D., Kaklamanis, L., Radda, G., Rajagopalan, B. (1995): Rat skeletal muscle metabolism in experimental heart failure: effects of physical training. *Acta Physiol Scand*; 154(4): 439-47.
- 11) Johler, S., Stephan, R., Althaus, D., Ehling-Schulz, M., Grunert, T. (2016): High-resolution subtyping of *Staphylococcus aureus* strains by means of Fourier-transform infrared spectroscopy. *Syst Appl Microbiol*; 39(3): 189-94.
- 12) Moore, C., Crocker, D., Fahlman, A., Moore, M., Willoughby, D., Robbins, K., Kanatous, S., Trumble, S. (2014): Ontogenetic changes in skeletal muscle fiber type, fiber diameter and myoglobin concentration in the Northern elephant seal (*Mirounga angustirostris*). *Front Physiol*; 10(5): 217.
- 13) Solomon, R., Kumar, A., Satheer Santhi, V. (2013): Atrazine biodegradation efficiency, metabolite detection, and trzD gene expression by enrichment bacterial cultures from agricultural soil. *J Zhejiang Univ Sci B*; 14(12): 1162-72.
- 14) Aili, A., Hasim, A., Kelimu, A., Guo, X., Mamtimin, B., Abudula, A., Upur, H. (2013): Association of the plasma and tissue riboflavin levels with C20orf54 expression in cervical lesions and its relationship to HPV16 infection. *PLoS One*; 8(11): e79937.
- 15) Mendonca, L., Sospedra, I., Sanchis, I., Manes, J. und Sorino, JM (2012): Comparison of the somatotype, nutritional assessment and food intake among university sport and sedentary students. *Med Clin (Barc.)*; Jun 16; 139 (2): 54- 60 (spanish)
- 16) Crist, DM., Hill, JM. (1990): Diet and insulinlike growth factor I in relation to body composition in women with exercise-induced hypothalamic amenorrhea. *J AM Coll Nurt*. Jun; 9(3):200 -4
- 17) Volpe, SL., Melanson EL., Kline, G. (2010): Validation of bioelectrical impedance analysis to hydrostatic weighing in male body builders. *Acta Diabetol May*; 47(1): 55-8
- 18) Parizkova, J. (1994): Dietary intake and body physique in adolescent cross-country skiers. *J Sports Sci Jun*; 12(3): 251-4
- 19) Shmerling, PM., Krivoshchenkov, SG. (1992): The characteristics of energy support for muscular activity in different somatotypes. *Fiziol ZH SSSR Im I M Sechenova Jan*; 78(1): 90-9 (Russian)
- 20) Liiv H., Wyon MA., Jürimäe, T., Saar, M., Mäestu, J., Jürimäe, J. (2013): Anthropometry, somatotypes, and aerobic power in ballet, contemporary dance and dancesport. *Med Probl Perform Art Dec*; 28(4):207-11

- 21) Martinez, S. Pasquarelli, BN, ROmaguerra, D., Arasa, C., Tauler, P., Aguilo, A. (2011): Anthropometric characteristics and nutritional profile in young amateur swimmers. *J Strength Cond Res*, Apr; 25(4): 1126-33.
- 22) Casagrande, G., Viviani, F. (1993): Somatotype of Italian rugby players. *J Sports Med Phys Fitness*, Mar; 33(1):65-9
- 23) Fernandez-Lopez, JR., Camara, J., Maldoano, S., Rosique-Gracia, J. (2013): The effect of morphological and functional variables on ranking position of professional junior Basque surfers. *Eur J Sport Sci*; 13 (5):461-5.
- 24) Vilain, E. Sanchez, FJ. (2011): Reproductive endocrinology: athletes's bodies, sexed bodies-intersexuality in athletics. *Nat Rev Endocrinol*. Nov29; 8(4):198-9.
- 25) Mendez-Villanueva, A., Bishop, D. (2005): Physiological aspects of surfboard riding performance. *Sports Med* 35(1):55-70 (Review)
- 26) Maldonado-Martin, S., Mujika, I., Padilla, S. (2004): Physiological variables to use in the gender comparison in highly trained runners. *J Sports Med Phys Fitness*, 44(1):8-14
- 27) Constantini NW., Warren, MP. (1995): Menstrual Dysfunction in swimmers: a distinct entity. *J Clin Endocrinol Metab* Sep;80(9):2740-4
- 28) Ryschon, TE. (1994): Physiologic aspects of bicycling. *Clin Sports Med* Jan;13(1): 15-38. (Review)
- 29) Deitrick, RW., Holmes, DL., Murphy, M. (1985): Physiological characteristics of elite sport parachutists. *Aviat Space Environ Med* Apr;56(4):351-7