

News August 2017

Anpassung der Wärmeabgabe und Faktoren der Hitzetoleranz



Beim Menschen wird die Wärmeabgabe in erster Linie über zwei Mechanismen eingestellt:

- durch Veränderung der Hautdurchblutung
- durch Anpassung der Schweißproduktion

Veränderung der Hautdurchblutung

Die großen Veränderungen der Isothermen beim Menschen zeigen, dass nicht nur die Durchblutung der Haut, sondern auch die der Extremitäten sehr starken Schwankungen unterliegen, was aus thermoregulatorischer Sicht auch besonders effektiv ist. Einerseits kann (durch das im Vergleich zum Rumpf größere Oberflächen-Volumen-Verhältnis) im Bereich der Extremitäten physikalisch mehr Wärme abgegeben werden, andererseits kann hier auch die Durchblutung viel stärker als im Rumpfbereich variiert werden. So soll die Handdurchblutung im Verhältnis von 1:30, die der Finger sogar bis zu einem Verhältnis von 1:600 verändert werden können.

Schweißproduktion

Bei höheren Umgebungstemperaturen können große Wärmemengen über die Verdunstung von Schweiß abgegeben werden. Eine nennenswerte Schweißproduktion beginnt bei einem ruhenden, unbedeckten Menschen etwa ab 30° C. Die ausgeschiedene Schweißmenge kann in heißer Umgebung oder bei körperlicher Arbeit erstaunliche Ausmaße annehmen. In den Tropen ist mit einer täglichen Schweißproduktion von etwa 4 l zu rechnen. Hitzearbeiter (z.B. im Bergbau) verlieren 10-15 l Schweiß pro Tag. Bei Dauerbelastungen im Sport (z.B. Laufdisziplinen, aber auch beim Fußball, Handball, etc.) werden durchschnittlich 1,0 bis 2,0 l Schweiß/Std. abgegeben. Die maximale Schweißrate liegt etwa bei 4 l Schweiß/Std., diese Produktionsmenge kann allerdings nicht über Stunden aufrechterhalten werden. Bei lang anhaltendem starkem Schwitzen kommt es zu einer Reduktion der Schweißproduktion: Betrug die Schweißverluste in den ersten 2 Stunden einer 6stündigen Hitzebelastung noch 1,31 l/h, wurden in der letzten Stunde nur noch 0,89 l Schweiß abgegeben.

News August 2017

Anpassung der Wärmeabgabe und Faktoren der Hitzetoleranz

Obwohl in Kontrollversuchen der Schweißverlust durch Trinken restlos ausgeglichen wurde, kam es auch hier zu der beobachteten Abnahme in der Schweißproduktion. Dieser Befund spricht dafür, dass wahrscheinlich eine Ermüdung der Schweißdrüsen ursächlich für die verminderte Schweißabgabe verantwortlich ist. Möglicherweise kommt es während andauernder Hitzebelastung zu einer Glykogenverarmung in den Schweißdrüsen, die aus der Glykolyse die erforderliche Energie für ihre osmotischen Tätigkeiten schöpfen.

Schweißzusammensetzung

Schweiß ist letztlich modifiziertes Blutplasma und besteht zu 98-99% nur aus Wasser. Der Rest setzt sich zu 75% aus **anorganischen** und zu 25% aus organischen Bestandteilen zusammen. Die anorganischen Bestandteile bestehen vor allem aus **Kochsalz** (Natriumchlorid), das für den salzigen Geschmack des Schweißes verantwortlich ist.

Der Natriumgehalt des Schweißes ist übrigens etwas größer als der Chloridgehalt (Na/Cl-Verhältnis etwa 1,11). Im Schweiß kann der NaCl-Gehalt beträchtlich schwanken: im Extremfall von 5 bis zu 100-150 Milliäquivalent/l Schweiß. In Gramm ausgedrückt, liegen die Durchschnittswerte zwischen 0,88 bis 2,9 g/l Schweiß. Insbesondere bei Sport bzw. körperlicher Arbeit unter hohen Umgebungstemperaturen kann es zu gefährlichen Salzverlusten kommen, da in der extrazellulären Flüssigkeit insgesamt nur 60-80 g NaCl enthalten sind. Im Schweiß eines nicht akklimatisierten Menschen können zwischen 0,5 und 0,75 Kochsalz pro Kilogramm verloren werden, so dass selbst bei normaler NaCl-Zufuhr ein Salzverlust entstehen kann. Pro Tag nimmt ein Erwachsener zwischen 2-8 g Natrium und 2,5-10 g Chlorid auf, was vor allem von den Ernährungsgewohnheiten abhängt. Unter den **organischen Schweißbestandteilen** (u. a. Aminosäuren, Pyruvat, Harnstoff, Histamin) spielt die Milchsäure eine besondere Rolle. Sie ist im Schweiß etwa 10-20fach höher konzentriert als im Blut und ist maßgeblich für den niedrigen pH-Wert des Schweißes verantwortlich. Im Durchschnitt liegen die Laktatkonzentrationen im Schweiß zwischen 20-35 mg/l. Bei körperlicher Arbeit und im Sport können aber wesentlich höhere Werte (180 mg/l) erreicht werden. Übrigens dürfte zumindest ein Teil dieser Laktatmenge direkt aus den Schweißdrüsen stammen: die für die Schweißproduktion benötigte Energie kommt aus der Glykolyse, wobei auch zur Laktat gebildet wird.

Schweißdrüsen

Es gibt wahrscheinlich mehr als 2 Millionen Schweißdrüsen, die allerdings nicht gleichmäßig verteilt sind. Während sich im Durchschnitt etwa 100 Schweißdrüsen/cm² Haut befinden, können an haarlosen Stellen – z.B. Handflächen – bis zu 1.000 Schweißdrüsen/cm² auftreten. Als grobe Faustregel gilt, dass etwa 50% des Schweißes aus dem Rumpfbereich, 25% von den Beinen und 25% von Kopf und Armen stammen. Man unterscheidet zwischen ekkrinen und apokrinen Schweißdrüsen:

News August 2017

Anpassung der Wärmeabgabe und Faktoren der Hitzetoleranz

- Die ekkrinen (kleine) Schweißdrüsen bestehen aus knäuelartigen Schläuchen („Knäuel-drüsen“), in denen der Schweiß in der Korium-Subcutis-Grenze sezerniert wird, und einem Ausführungsgang, der die Epidermis senkrecht durchsetzt und als Schweißpore trichterförmig an der Hautoberfläche mündet (Durchmesser ca. 0,4 mm). Die ekkrinen Schweißdrüsen sind von einem dichten Kapillarnetz umgeben und werden vom Sympathikus (cholinerge Nervenfasern) innerviert (Abb. Hautausschnitt mit Schweißdrüse).
- Die apokrinen (große) Schweißdrüsen werden auch als Duftdrüsen bezeichnet und sind besonders zahlreich in der Achselhöhle, an den äußeren Genitalien, in der Gegend des Anus, in der Leistenbeuge vorhanden. Da der apokrine Schweiß Duftstoffe und wesentlich mehr organische Substanz enthält, neigt dieser viel leichter zur bakteriellen Zersetzung und damit zur Geruchsbildung. Im Gegensatz zum „sauren“ ekkrinen Schweiß (pH-Wert von durchschnittlich 5,5) reagiert der apokrine Schweiß fast neutral, was u. a. die höhere Infektionsanfälligkeit von Hautregionen mit zahlreichen apokrinen Drüsen (z.B. Achselhöhlen) erklärt.

Beim leichten Schwitzen findet man nur relativ wenig NaCl im Schweiß, da im Ausführungsgang der Schweißdrüsen Natrium und Chlorid resorbiert wird. Da bei höheren Schweißraten weniger Zeit für Resorptionsvorgänge bleibt, kommt es zu den deutlich höheren NaCl-Verlusten. Durch Training und Hitzeakklimatisation kann die Resorptionsleistung (Aldosteron vermittelte Wirkung) erheblich gesteigert werden. Kalium, Magnesium und Calcium können nicht in den Schweißdrüsen resorbiert werden, so dass sich die Konzentrationen im Schweiß kaum von den Plasmawerten unterscheiden.

Ausgleich von Mineralstoffverlusten im Schweiß

Was Sportler beachten sollten

Der Ausgleich der Flüssigkeitsverluste über den Schweiß durch reichliches Trinken ist besonders wichtig. Doch auch die Mineralstoffverluste sind bei regelmäßiger körperlicher Aktivität von Bedeutung und können dem Körper zu schaffen machen.

Die Schweißproduktion beträgt beim Breitensportler bei milden Temperaturen durchschnittlich etwa 1 Liter/Std. In Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur, der Belastungsintensität und individuellen Schwankungen kann die Schweißmenge unter Extrembedingungen auch mehr als 3 Liter pro Stunde betragen. Je häufiger der Körper Hitze oder körperlicher Aktivität ausgesetzt ist, desto besser passt er sich dem an und produziert mehr Schweiß.

News August 2017

Anpassung der Wärmeabgabe und Faktoren der Hitzetoleranz

Schweiß besteht vor allem aus Wasser und darin gelösten Mineralstoffen. Die Zusammensetzung hängt u.a. von der Intensität und Art der Belastung, der Dauer des Schwitzens, der Körperregion und der Mineralstoffzusammensetzung im Körper ab. Die Mineralstoffkonzentrationen im Schweiß können um mehr als das 10-Fache schwanken.

Mineralstoffe für Muskeln, Nerven und Energiestoffwechsel

Der Hauptmineralstoff im Schweiß ist Natrium, doch auch Kalium, Calcium und Magnesium sowie Zink und Jod gehen über den Schweiß verloren. Dabei sind diese Mikronährstoffe besonders für Sportler wichtig: Kalium, Calcium und Magnesium tragen zur normalen Muskelfunktion bei. Calcium und Magnesium werden für den Erhalt normaler Knochen und Zähne benötigt. Magnesium unterstützt den normalen Energiestoffwechsel und die normale Funktion des Nervensystems. Zink trägt zu einem normalen Säure-Basen-Haushalt und zur normalen Funktion des Immunsystems bei.

Der Mineralstoffhaushalt steht in engem Zusammenhang mit dem Säure-Basen-Haushalt. Daher ist es wichtig, auf die ausreichende Zufuhr basischer Mineralstoffverbindungen wie Kalium-, Calcium- und Magnesiumcitrat zu achten, wie sie auch in Gemüse und Obst vorliegen.

Der jeweilige Gehalt eines Nährstoffes im Schweiß lässt sich aufgrund der starken Schwankungsbreiten nur grob angeben. Er beträgt in etwa: Natrium: 700-2000 mg/l, Kalium: 200-480 mg/l, Calcium: 20-70 mg/l, Magnesium: 20-50 mg/l, Zink: 0,5-1,0 mg/l, Jod: 0,03-0,05 mg/l (Gröber, 2012). Bei mehrstündiger körperlicher Anstrengung können so deutliche Mineralstoffverluste über den Schweiß auftreten. Zusätzlich gehen aufgrund des gesteigerten Energiestoffwechsels sowie durch Stressreaktionen und Regenerationsprozesse vermehrt Mineralstoffe über den Urin verloren.

Steigerung der Mineralstoffzufuhr

Der Natriumverlust lässt sich über die Ernährung leicht ausgleichen. Die meisten Deutschen essen ohnehin zu viel Salz (Natriumchlorid): Die Natriumaufnahme ist im Mittel 4- bis 6-mal so hoch wie der Schätzwert für die angemessene Natriumzufuhr der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (550 mg/Tag). Auch bei täglich 1 Stunde Sport ist daher ein Natriummangel unwahrscheinlich. Stattdessen ist die geringere Natriumkonzentration im Körper sogar von Vorteil. Bei mehrstündigem Sport sollte jedoch auch auf eine ausreichende Natriumzufuhr geachtet werden und ggf. mehr Salz in die Ernährung eingebaut bzw. Getränke mit hohem Natriumgehalt verwendet werden. Zur Steigerung der Jodzufuhr ist grundsätzlich Jodsalz zu bevorzugen. Kalium, Calcium und Magnesium werden dagegen von vielen in zu geringen Mengen aufgenommen. Daher sollten insbesondere Sportler hier auf eine ausreichende Zufuhr achten. Die Calcium- und in geringerem Maße auch die Magnesiumzufuhr lässt sich durch ein gutes Mineralwasser steigern. Doch Kalium ist in

News August 2017

Anpassung der Wärmeabgabe und Faktoren der Hitzetoleranz

Mineralwasser nur wenig enthalten. Als weitere Quellen für Calcium, Magnesium und insbesondere Kalium sollten daher frische pflanzliche Lebensmittel wie Gemüse, Kartoffeln, Obst, Kräuter, Nüsse und Samen verzehrt werden. Gemüse und Obst sollten Bestandteil jeder Mahlzeit sein, Nüsse eignen sich sehr gut als Zwischenmahlzeit.

Literatur:

Quelle, Uni Bochum, spomedial, Inst. f. Sportmed. Und Sporternährung

Gröber U (2012): Mikronährstoffe im Leistungssport. Deutsche Apotheker Zeitung; 152(23): 2884-2890.