
**Kalt- und Warmwasseranwendung als
unterstützende Maßnahmen zur Regeneration.
Konsequenzen für die immunologische und zelluläre Akutreaktion
nach standardisierter körperlicher Belastung bei Leistungssportlern¹**

Emad Hassan, Doreen Gläser, Hans-Josef Müller,
Holger Gabriel, Thomas Hilberg (Projektleiter)

Universität Jena
Lehrstuhl für Sportmedizin

1 Problem

Thermische Wasseranwendungen werden empfohlener Weise häufig als unterstützende Maßnahme zur Regeneration nach körperlicher Belastung angewendet. Es überrascht aber die Tatsache, dass trotz umfassender Empfehlungen der wissenschaftliche Nachweis einer Wirksamkeit dieser Maßnahmen bisher nur ansatzweise erbracht wurde. Die Wirksamkeit der Kälteanwendung allein ohne körperliche Belastung wurde nachgewiesen. In einer Studie von Jansky et al. (1996) wurden junge gesunde Probanden einer Kälteexposition mit 14°C über eine Stunde, drei mal pro Woche über sechs Wochen unterzogen, wobei gezeigt werden konnte, dass diese Kälteexposition zu einer zwischenzeitlichen Erhöhung der Monozytenzahl (drei Wochen) und der Lymphozytenzahl mit exprimiertem IL2-Rezeptor (CD25) führte. Außerdem konnte nach sechs Wochen TNF α im Plasma nachgewiesen werden, verbunden mit einem geringen Anstieg der Akut-Phase-Proteine Haptoglobin und Haemopexin, und zusätzlich zeigte sich eine erhöhte Konzentration von IL6 im Plasma.

In einer weiteren Studie testeten Cross et al. (1996) den Einfluss einer 80minütigen Kälte- bzw. Wärmeanwendung auf die Leukozyten und Leukozytensubpopulationen in Verbindung mit körperlicher Belastung. In einem Vier-Gruppensdesign wurden zwei Belastungstests auf dem Fahrradergometer (65 % VO₂max) über 40 Minuten (Wassertemperatur: 23°C Gruppe 1 und 39°C Gruppe 2) durchgeführt. Gruppe 3 (23°C) und 4 (39°C) dienen als Kontrollgruppen ohne Belastung. Die Temperaturanwendung schloss den Zeitraum der Belastungsintervention und der nachfolgenden 40minütigen Regenerationsphase ein. Die Verbindung der Wärmetherapie mit der körperlichen Belastung erhöhte den belastungsinduzierten Anstieg der Leukozyten, Lymphozyten und Granulozyten, aber nicht den Anstieg der Monozyten. Die angewandte Kälte reduzierte die belastungsinduzierte Ausschüttung von Cortisol und dem Wachstumshormon (Cross, 1996). De Ruiter et al. (1999)

¹ VF 0407/01/15/2003

untersuchten den Einfluss einer lokalen Wasseranwendung mit vier unterschiedlichen Temperaturen 37° C, 31° C, 25° C und 22° C (20 Minuten Wasserbad) nach einer isometrischen Kraftbelastung. Dabei verringerte sich die isometrische Armkraft mit abnehmender Temperatur. Somit beeinflusst eine körperliche Belastung sowohl im kalten als auch im warmen Wasser die immunologische aber auch die muskelzelluläre Funktion; allerdings führt eine erschöpfende körperliche Aktivität in Verbindung mit Temperaturstress (Hitze und Kälte) zu einer Supprimierung des Immunsystems (Shephard & Shek, 1998).

Unter alleiniger Wärme- bzw. Kälteanwendung oder in Verbindung mit körperlicher Belastung wurden verschiedene immunologische und muskelzelluläre Adaptationen beschrieben; dies unterstreicht die immunmodulierende Wirkung einer Thermoerapie. Eine abschließende Beurteilung von thermosterapeutischen Anwendungen als Maßnahme zur Regeneration nach körperlicher Belastung war bisher nicht möglich.

2 Methode

Die durchgeführte Studie erfolgte in einem randomisierten, kontrollierten Studiendesign mit drei Gruppen. Dabei wurden 60 Probanden im Alter zwischen 20 und 40 Jahren nach einer entsprechenden Gesundheitsbeurteilung in die Studie eingeschlossen und in drei Gruppen randomisiert. Alle Probanden absolvierten eine Laufbandbelastung mit 80 % IAS (individuelle anaerobe Schwelle) über 90 min und wurden jeweils im Anschluss an die Belastung entweder einer Warmwasseranwendung (37° C), einer Kaltwasseranwendung (23° C) über 40 min oder einem Kontrollversuch ohne Wasseranwendung unterzogen. Zur Überprüfung der Regeneration wurden zentrale Parameter der zellulär-immunologischen (u.a. Leukozytenzahl), der humoral-immunologischen (u.a. Interleukin 6) und der muskelzellulären Akutreaktion (u.a. Kreatinkinase) gemessen. Die Blutentnahmen zur Bestimmung der Laborparameter erfolgten zu den Zeitpunkten vor, direkt nach, 1 Std., 2 Std., 6 Std. und 24 Std. nach Belastung. Dabei entsprach die Blutabnahme eine Stunde nach Belastung der Blutabnahme unmittelbar nach der Thermoerapie bzw. nach der Kontrollmaßnahme.

Tabelle 1 gibt das Alter, die anthropometrischen und Leistungsdaten der drei Untersuchungsgruppen wieder. Ein statistischer Unterschied zwischen den Gruppen war u.a. bei der maximalen Leistung und dem rel. VO₂-peak nachweisbar.

Tab. 1: Alter, anthropometrische und Leistungsdaten der Probandengruppen: Kontrolle, ohne Wasseranwendung (O), Warmwasseranwendung (W), Kaltwasseranwendung (K); rel. HV, relatives Herzvolumen; P_{\max} , maximale Leistung

N = 60	Alter	Größe	Gewicht	rel. HV	P_{\max}	rel. VO_2-peak
	(Jahre)	(cm)	(kg)	(ml/kg)	(W)	(ml/min/kg)
O = 20	26 ± 4	182 ± 7	78 ± 7	11,3 ± 1,3	302 ± 34	51 ± 7
W = 20	26 ± 4	180 ± 6	74 ± 7	12,0 ± 1,3	334 ± 45 #	60 ± 6 #
K = 20	23 ± 3 +	180 ± 6	75 ± 6	11,1 ± 1,4 §	297 ± 27 §	54 ± 7 §
# p < 0,05 Vergleich O versus W, § p < 0,05 W versus K, + p < 0,05 O versus K; (t-Test); (MW ± Stabw.)						

3 Ergebnisse

Immunologische Parameter

Nach der jeweiligen Belastung mit 80 % IAS über 90 min kam es zu den erwarteten Anstiegen der Leukozytenzahl, des Cortisols, des C-reaktiven Proteins und des Interleukins 6 ($p < 0,05$) (Abbildung 1a-d). Die Kaltwasseranwendung führte zu einer verstärkten Leukozytose im Vergleich zu Warmwasser bzw. der Kontrolle ($p < 0,05$). Zusätzlich war die Auslenkung des Cortisols nach der Kaltwasseranwendung höher im Vergleich zur Kontrolle ($p < 0,05$). Beim Interleukin 6 war ein stärkerer Rückgang des belastungsinduzierten Anstiegs nach Kaltwasseranwendung nachweisbar ($p < 0,05$) (Abbildung 1a-d).

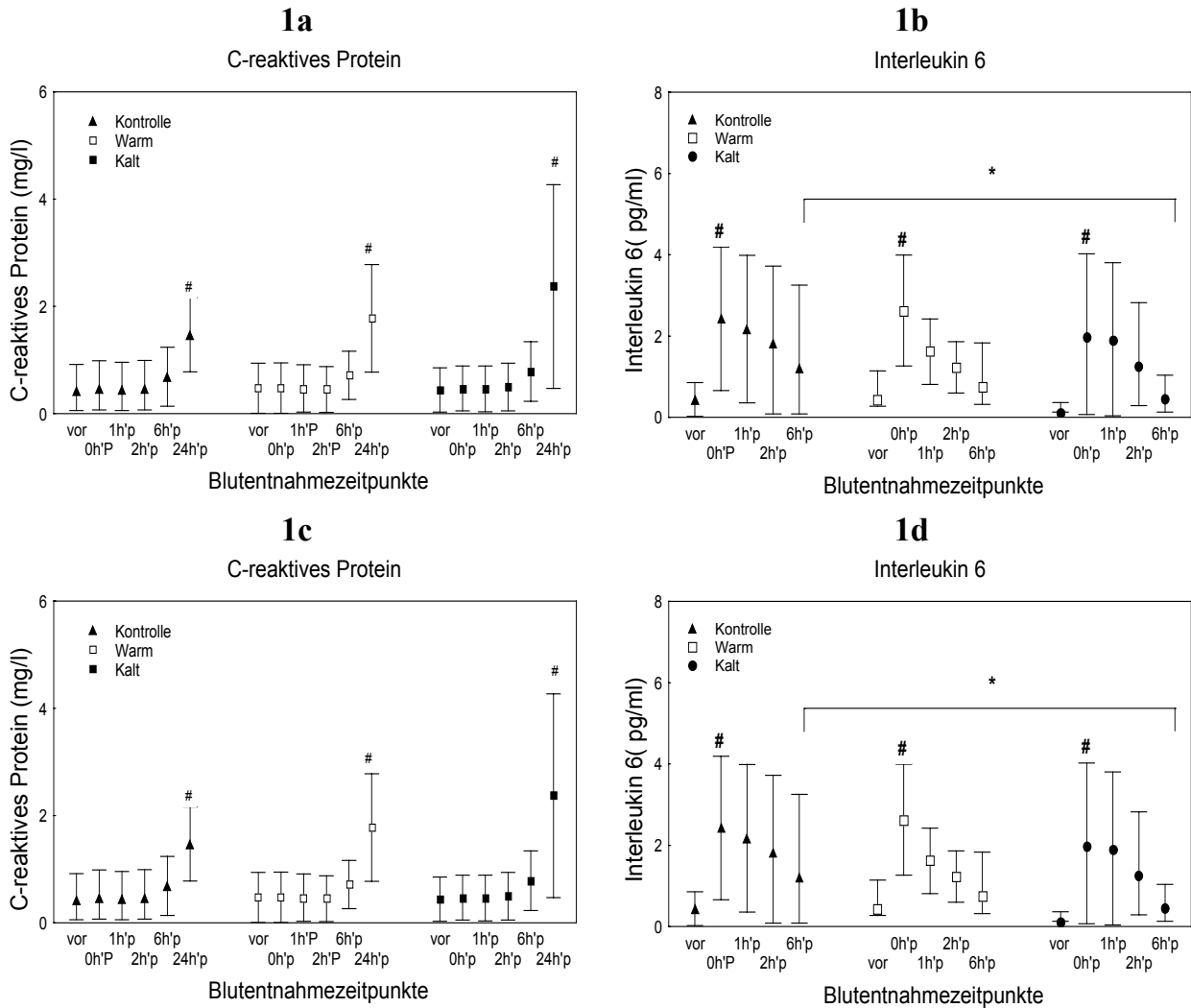


Abb. 1a-d: Veränderungen immunologischer Parameter nach Ausdauerbelastung und Warmwasser- (Warm), Kaltwasseranwendung (Kalt) bzw. Kontrollversuch (Kontrolle). Blutentnahmezeitpunkte vor bzw. direkt nach, 1h (direkt nach Wasseranwendung), 2h, 6h und 24h nach Belastung; # $p < 0,05$ Belastungsverlauf, * $p < 0,05$ Vergleich der Anwendung zwischen den Gruppen; ANOVA mit post hoc Test nach Scheffè; MW \pm Stabw.

Muskelzelluläre Parameter

Alle Belastungen führten gleichzeitig zu den erwarteten Anstiegen der Kreatinkinase und des skelettalen Troponin I (sTrp I) ($p < 0,05$) (Abbildung 2a-b). Die Kaltwasseranwendung führte zu einer Erhöhung des sTrp I im Vergleich zur Warmwasseranwendung und zum Kontrollversuch ($p < 0,05$). Die Kreatinkinase zeigte eine geringere Auslenkung bei der Warmwasseranwendung ($p < 0,05$) im Vergleich zu der Kaltwasseranwendung und dem Kontrollversuch.

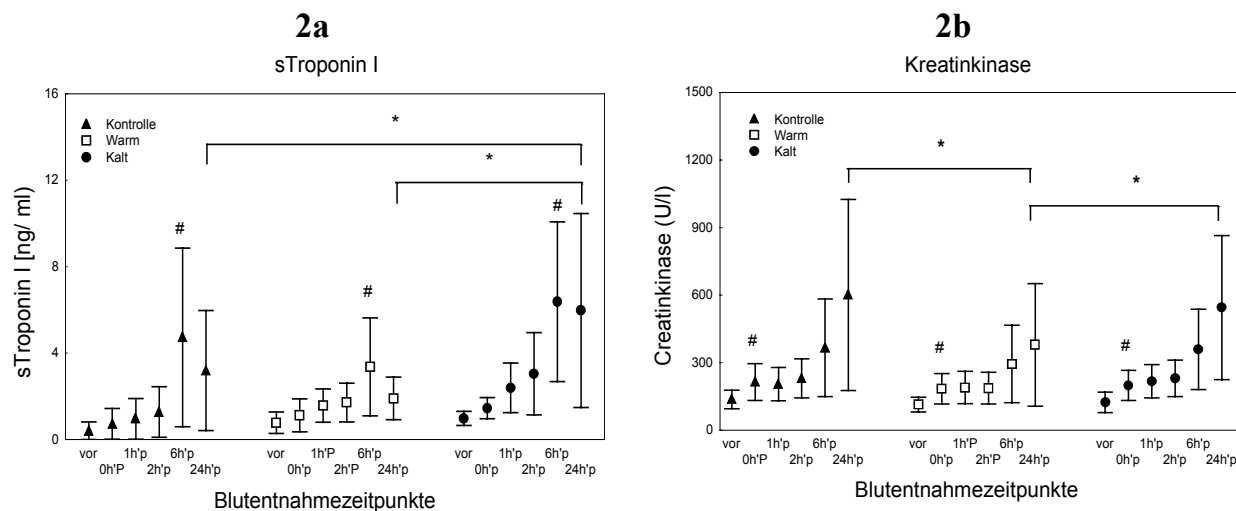


Abb. 2a-b: Veränderungen muskelzellulärer Parameter nach Ausdauerbelastung und Warmwasser- (Warm), Kaltwasseranwendung (Kalt) bzw. Kontrollversuch (Kontrolle). Blutentnahmezeitpunkte vor bzw. direkt nach, 1h (direkt nach Wasseranwendung), 2h, 6h und 24h nach Belastung; #p < 0,05 Belastungsverlauf; *p < 0,05 Vergleich der Anwendung zwischen den Gruppen; ANOVA mit post hoc Test nach Scheffè; MW ± Stabw.

4 Diskussion

In der vorliegenden Studie wurden die Einflüsse einer Kalt- bzw. Warmwasseranwendung (23 und 37°C) auf die belastungsinduzierte immunologische und muskelzelluläre Stressreaktion nach einer Ausdauerbelastung (80 % IAS über 90 min) untersucht. Dabei sollte der Einfluss einer Thermotherapie zur Unterstützung der Regeneration nach körperlicher Belastung systematisch evaluiert werden. Die gewählte Ausdauerbelastung mit 80 % der IAS über 90 min führte zu einer erwarteten deutlichen und signifikanten Auslenkung der immunologischen (Leukozyten, Cortisol, CRP und Interleukin 6) und der muskelzellulären (Kreatinkinase und sTrp I) Parameter, wie schon vergleichbar beschrieben (Gabriel et al., 1997, Hilberg et al., 2003, Hassan et al., 2003). Damit konnte der Einfluss der Thermotherapie auf die Veränderungen nach Belastung untersucht werden. Die Kaltwasseranwendung führte zu einer deutlicheren Auslenkung der Leukozytenzahl und des Cortisols im Vergleich zu der Warmwasseranwendung und dem Kontrolltag, was in ähnlicher Weise auch von Brenner et al. (1999), aber mit einem gänzlich anderen Studiendesign nachgewiesen werden konnte. Dies deutet auf eine verstärkte Stressreaktion nach der Kaltwasseranwendung hin. Interessanterweise war aber der Rückgang des Interleukin 6-Anstiegs nach Belastung schneller im Vergleich zum Kontrollversuch. Insgesamt spiegelt sich bei den Ergebnissen aber eine verstärkte immunologische Stressreaktion nach der Kaltwasser-

anwendung wieder; die Warmwasseranwendung hatte bei diesen Parametern keine Veränderung im Vergleich zum Kontrollversuch zur Folge.

Bei den muskelzellulären Parametern zeigte sich ein verminderter Anstieg der Kreatinkinase nach der Warmwasseranwendung im Vergleich zum Kontrollversuch, was als Tendenz auch beim sTrp I nachweisbar war. Eine Kaltwasseranwendung führte dagegen zu einem höheren Anstieg des sTrp I nach Belastung.

Zusammenfassend führt eine Kaltwasseranwendung zu einer Verstärkung der immunologischen Stressreaktion nach Belastung. Die Warmwasseranwendung reduziert dagegen die belastungsinduzierte muskelzelluläre Stressreaktion.

5 Literatur

- Brenner, I.K. & Natale, V.M. (1999). Impact of three different types of exercise on components of the inflammatory response. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 80, 452-460.
- Cross, M.C., Radomski, M.W., Vanhelder, W.P., Rhind, S.G. & Shephard, R.J. (1996). Endurance exercise with and without a thermal clamp: effects on leukocytes and leukocyte subsets. *J Appl Physiol*, 81, 822-829.
- De Ruyter, C.J. & Jones, D.A. (1999). Temperature effect on the rates of isometric force development and relaxation in the fresh and fatigued human adductor pollicis muscle. *Exp Physiol*, 84, 1137-50.
- Gabriel, H.H.W. & Kindermann, W. (1997). The acute immune response to exercise: what does it mean?" *Int J Sports Med*, 18 Suppl (1), 28-45.
- Hassan, E., Hilberg, T., Müller, H.J., Dorschner, B. & Gabriel, H.H.W. (2003). Immunologische Adaptationen nach wiederholten körperlichen Belastungen im Abstand von 6 Wochen. *Dtsch Z Sportmed*, 54, 54.
- Hilberg, T., Schammne, D., Hassan, E., Brunkhorst, F.M. & Reinhart, K. (2003). Immunologische und muskelzelluläre Veränderungen nach unterschiedlichen körperlichen Belastungen. Existiert ein Modell für die Beurteilung von SIRS? *Dtsch Z Sportmed*, 54, 27.
- Jansky, L., Pospisilova, D., Ulicny, B., Sramek, P., Zeman, V. & Kaminkova, J. (1996). Immune system of cold-exposed and cold-adapted humans. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 72, 445-50.
- Shephard, R.J. & Shek, P.N. (1998). Cold exposure and immune function. *Can J Physiol Pharmacol*, 76, 828-36.