

Kälteapplikation (Precooling) unter den Bedingungen hoher Umgebungstemperaturen bei Spitzenrudern („Deutschlandachter“)

Winfried Joch (Projektleiter)¹ & Sandra Ückert²

¹Westfälische Wilhelms-Universität Münster

²Technische Universität Dortmund

Problemstellung

Nach Ausweis des internationalen Forschungsstandes, insbesondere seit etwa Mitte der 1990er Jahre¹, sowie der eigenen, seit 2000 durchgeführten Studien zur Wirkung von Kälteapplikation in sportbezogenen Kontexten (u. a. Joch & Ückert, 2003; Ückert & Joch, 2007) ist davon auszugehen, dass die verschiedenen Varianten der Kälteapplikation – Kältekammer, konzentrierte Kaltluft, Kühlweste, Kaltwasser und Crushed-Ice – bei sachangemessener Anwendung vor allem in den Ausdauersportarten und unter den Bedingungen hoher Umgebungstemperaturen (u. a. Joch et al., 2006) zu Leistungssteigerungen und zur Ökonomisierung wesentlicher Teile der physiologischen Leistungsparameter führen². Hinzu kommt eine große Anzahl von positiven individuellen Erfahrungen³ in mehreren Sportarten sowie neuerdings die zunehmende Nutzung der unterschiedlichsten Kälteapplikationsmaßnahmen im Hochleistungssport⁴. Das Precooling, also die Kälteanwendung vor Beginn der sportlichen Aktivität – sozusagen als thermoregulatorische Vorbereitungsmaßnahme für den sportlichen Wettkampf bzw. das Training – spielt dabei eine besondere Rolle.

Die Anwendung dieses Konzeptes im Rudersport hat zu berücksichtigen, dass Rudern (Achter) eine Mannschaftssportart darstellt, die durch ein hohes Maß an Kraft- und Ausdauerparametern geprägt ist, welche im Wettkampf während einer Zeitspanne von 6 bis 7 Minuten in ausgewogener Relation und mit höchster Intensität zum Einsatz gelangen. Blutlaktatwerte von in der Regel ≥ 25 mmol/l und Herzfrequenzen im Bereich um 200 Schläge pro Minute spiegeln diese Bedingungen wider. Als Folge der geleisteten Muskelarbeit wird Wärme produziert, die u. a. durch Evaporation in der Regel nicht vollständig an die Umgebung abgegeben werden kann. Es kommt deshalb trotz der Fahrtwindkühlung zu einem mehr oder minder deutlichen Anstieg der Körperkerntemperatur. Um die damit zusammenhängende Leistungsminderung (Schlagwort: critical temperature) zu minimieren, wurde schon in den 1990er Jahren in Australien mit Kühlwesten „experimentiert“⁵.

1 Dabei ist allerdings auf die Arbeiten der Arbeitsgruppe Brück (Uni Gießen) aus den 1980er Jahren zu verweisen, die richtungweisend auf dem Gebiet der sportbezogenen Kälteintervention Forschungsarbeit geleistet hat, ohne dass deren Ergebnisse und Hinweise Beachtung im Sport gefunden hätten (Brück, 1987)

2 vgl. dazu u. a. auch Dieter Kleinmann (1987): Das Laufgesundheitsbuch. Erkrath, Ed. Spiridon

3 vgl. dazu u. a. den Bericht des Langstreckenläufers Stéphane Franke in: Running 2006/8

4 Nach zahlreichen Aktivitäten auf diesem Gebiet, vor allem im Profifußball, und einer Kältekammer-Einrichtung im Sportzentrum Spala (Polen) ist in diesem Jahr (2009) am Bundesleistungszentrum Kienbaum die erste Kältekammer in Deutschland ausschließlich für die Nutzung durch den Hochleistungssport eingerichtet worden (Fa. Zimmer MedizinTechnik, Neu-Ulm)

5 vgl. dazu die von Ückert/Joch & Landgraf durchgeführte Studie, in BISP-Jahrbuch 2005/06, S. 209-216

Im Training – vor allem in der Vorbereitungsphase – haben neben den hohen Belastungsintensitäten submaximale Belastungen im Bereich der Grundlagenausdauer einen hohen Stellenwert⁶. Bei diesem Aspekt setzt – nach Absprache mit dem DRV und den zuständigen Trainern – die hier durchgeführte Studie im Sinne einer trainingsbegleitenden Maßnahme an⁷.

Methodik

An der Untersuchung (Ruderleistungszentrum Dortmund) nahmen insgesamt 15 Ruderer der (inter)nationalen Spitzenklasse teil, der erweiterte Kader des „Deutschlandachters“ zum Zeitpunkt 2007/2008. Das Körpergewicht der Probanden variierte zwischen 83,5 und 105,5 kg; es betrug im Mittel 93,2 kg. Die hier vorgelegten Untersuchungsergebnisse beziehen sich auf 12 Ruderer⁸.

Nach Einweisung in den Testablauf erfolgte für eine Teilgruppe (N = 6) die Kälteapplikation (konzentrierte Kaltluft mit Hilfe von Cryo 6)⁹ über eine Zeitdauer von 25 Minuten.

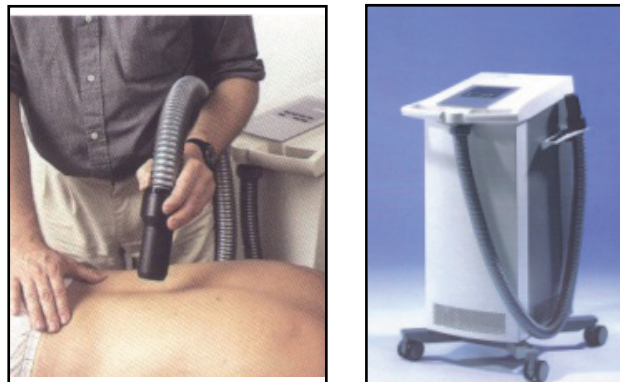


Abb. 1a und 1b: Kaltluftgerät (Fa. Zimmer/Neu-Ulm)

Danach absolvierten die Ruderer in einem auf 30 - 32° C aufgeheizten Testraum bei einer durchschnittlichen Luftfeuchtigkeit von 55 - 60 Prozent an Ruderergometern den Leistungstest „ExA“, der etwa knapp 60 Prozent der individuellen Maximalleistung entspricht, über eine Zeitdauer von 30 Minuten, aufgeteilt in drei 10-Minuten-Einheiten. Jeweils am Ende jeder Einheit wurde die erbrachte Wattleistung festgestellt, Blutlaktat gemessen, die Körperkerntemperatur (Tympanaltemperatur) sowie die Herzfrequenz ermittelt. Nach Beendigung des 30-Minuten-Tests wurde im Abstand von 8 Minuten (8. min pE) der Laktatwert kontrolliert. Mit diesem Testdesign wurden Abläufe realisiert, die dem üblichen Ergometer-Training der Ruderer entsprachen. Die im Test erzielten Wattleistungen konnten visuell kontrolliert werden.

6 Entsprechend der Informationen der für den „Deutschlandachter“ 2007/08 zuständigen Bundestrainer D. Grahn (Cheftrainer) und C. Vieth. Für weitere Hinweise zum Wettkampfrudern und für die mitwirkende Unterstützung beim Projekt danken die Projektleiter dem ehemaligen Ruder-Weltmeister Volker Grabow, TU Dortmund, sowie den Mitarbeitern am Ruderleistungszentrum in Dortmund.

7 Aus internen (DRV) Gründen wurde vor den Olympischen Spielen eine vollständig neue Crew zusammengestellt, die an der hier vorgestellten Studie nicht beteiligt war. Im Vorfeld wurde auch die geplante Untersuchung mit dem Damen-Achter ebenso nicht durchgeführt, wie die trainingsbegleitenden Precooling-Maßnahmen während eines Trainingslagers, für die das BISp die beantragte finanzielle Unterstützung nicht gewährte.

8 Diese Reduzierung wurde vorgenommen, um gleiche Gruppengrößen (6:6) zu bekommen und somit eine bessere Vergleichsmöglichkeit zu erreichen; es blieben in der Auswertung diejenigen Ruderer unberücksichtigt, die nicht zum engeren Kaderkreis gehörten und nur unsystematisch am generellen Verbands-Achtertraining teilnahmen.

9 Die Fa. Zimmer (Medizin Technik, Neu-Ulm) hatte dem Deutschen Ruderverband 4 solcher Geräte „Cryo 6“ zur Verfügung gestellt; diese Geräte waren auch in Peking während der Olympischen Spiele im Einsatz.

Die Tests wurden jeweils zwischen 9 und 11 Uhr vormittags durchgeführt und sind innerhalb von 14 Tagen in randomisierter Reihenfolge wiederholt worden: Gruppe a absolvierte zunächst (am 18. Januar) die Testleistungen unter Precooling-Bedingungen (Kälteapplikation), Gruppe b ohne Kälteapplikation; am 01. Februar absolvierte die Gruppe b die Testleistungen unter Precooling-Bedingungen, die Gruppe a ohne Kälteapplikation.

Ergebnisse

Leistung und leistungsphysiologische Parameter

Die teilstreckenbezogene Analyse der Testwerte (Watt, Herzfrequenz und Laktat) nach (pKA) und ohne (oKA) Kälteapplikation (Tab. 1: a/b) sowie (randomisiert) in umgekehrter Reihenfolge (b/a), weisen verhältnismäßig einheitlich in die gleiche Richtung: trotz höherer Wattleistung liegen die Herzfrequenzen der Testgruppen – unabhängig davon, ob es sich um die Gruppe a) handelt, die ihre Tests zunächst mit Kälteapplikation (pKA) durchführte und danach ohne Kälteapplikation (oKA), oder um die Gruppe b), die zuerst ohne Kälteapplikation, und danach mit vorausgehender Kälteapplikation getestet wurde – immer dann niedriger, wenn vorher Kälteapplikation durchgeführt wurde. Dieses Ergebnis ist eindeutig und bezieht sich in gleicher Weise auf alle Teilstrecken. In der Summe entspricht dies einem Plus an Leistung von 37 Watt. Im Vergleich dazu ist die Herzfrequenz in der Summe um 18 Schläge/min niedriger.

Beim Blutlaktat ist die Situation weniger eindeutig: Nach der 1. Teilstrecke sind die Werte oKA und pKA identisch (1,4 bzw. 1,3), nach der 2. und 3. Teilstrecke zunächst nach Kälteapplikation niedriger (1,7 : 1,9 bzw. 2,1 : 2,3), dann ohne Kälteapplikation (1,9 : 1,5 bzw. 2,1 : 1,9). Daraus ergibt sich in der Gesamtbetrachtung ein Wert von 2,1 mmol/l für beide Testvarianten; nach der 2. Teilstrecke gib es in der Gesamtbilanz einen um 0,1 mmol/l niedrigeren Wert bei den Gruppen (N = 12), die ihre Tests ohne Kälteapplikation absolviert haben (vgl. Tab. 1).

Tab. 1: Test am 18.01. (Gr. a und b) bzw. am 01.02. (Gr.b und a) in randomisierter Reihenfolge: nach (pKA) und ohne (oKA) Kälteapplikation: Leistung in Watt; Hf = Herzfrequenz in Schläge/Minute; Lak = Blutlaktat in mmol/l. Gesamtgruppe: N = 12

| Gesamtgruppe (n = 12) | Gr.a (n = 6)pKA | Gr.b (n = 6)oKA | Gr.b (n = 6)pKA | Gr.a (n = 6)oKA | Gr. a/b (n=12) pKA | Gr. a/b (n=12) oKA |
|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1. Teilstrecke: 10.min | | | | | | |
| Watt (mean/s) | 265/15,64 | 260/21,96 | 266/12,81 | 260/18,79 | 265,5 | 260 |
| Hf (mean/s) | 152/8,88 | 153/8,36 | 143/10,39 | 147/6,59 | 147,5 | 150 |
| Lak (mean/s) | 1,4/0,70 | 1,4/0,57 | 1,3/0,58 | 1,3/0,51 | 1,35 | 1,35 |
| 2. Teilstrecke: 20.min | | | | | | |
| Watt (mean/s) | 265/15,36 | 260/21,00 | 267/17,82 | 259/12,56 | 266 | 259,5 |
| Hf (mean/s) | 162/6,85 | 164/7,61 | 153/8,21 | 157/9,53 | 157,5 | 160,5 |
| Lak(mean/s) | 1,7/0,47 | 1,9/0,66 | 1,9/0,53 | 1,5/0,58 | 1,8 | 1,7 |
| 3. Teilstrecke: 30.min | | | | | | |
| Watt (mean/s) | 266/14,74 | 260/15,16 | 267/12,50 | 260/18,71 | 266,5 | 260 |
| Hf (mean/s) | 169/7,49 | 171/6,70 | 158/8,07 | 163/9,45 | 163,5 | 167 |
| Lak(mean/s) | 2,1/0,65 | 2,3/0,54 | 2,1/0,82 | 1,9/0,49 | 2,1 | 2,1 |
| 38. min (8.min pE) | | | | | | |
| Lak (mean/s) | 1,6/0,44 | 1,8/0,32 | 1,6/0,46 | 1,4/0,41 | 1,6 | 1,6 |

Bei der Laktabestimmung 8 Minuten nach Beendigung des Gesamttests (8. min pE) ergibt sich ein ähnliches Bild: In der ersten Konstellation wird bei der Precooling-Gruppe ein niedrigerer Wert registriert (1,6 zu 1,8), in der zweiten Konstellation ein höherer (1,6 zu 1,4). In der Gesamtbetrachtung resultiert daraus eine für beide Gruppen mit 1,6 mmol/l identische Laktatkonzentration. Allerdings ist auch hier zu berücksichtigen, dass diesen Werten eine höhere Leistung (266 : 260 bzw. 267 : 260 Watt) entspricht.

Auf der Grundlage dieser Daten lässt sich die zusammenfassende Feststellung treffen, dass die Herzfrequenz der von uns untersuchte (physiologische) Parameter ist, der auf die Kälteapplikation im Sinne der Positivwirkung sensibler und eindeutiger reagiert als die durch den Laktatwert ausgedrückte Stoffwechsellage.

Körperkerntemperatur

Beim Verlauf der Körperkerntemperatur (Tympanaltemperatur), gemessen an vier Messzeitpunkten, beim Start, am Ende der jeweiligen Teilstrecken 1 - 3 sowie 8 Minuten nach Beendigung der Testreihe, sind vier Aspekte besonders hervorzuheben:

1. Zu Beginn des Tests, nur mit geringer Zeitverzögerung unmittelbar nach der Kälteapplikation, startet die „Kälte“-Gruppe (pKA) mit dem durchschnittlich niedrigeren Temperaturwert (36,7 : 36,9), der auch am Ende der 3. Teilstrecke noch erkennbar ist (37,7 : 37,9). Dazwischen – Teilstrecken 1 und 2 – gibt es identische Werte.
2. Diese niedrigeren Temperaturwerte haben – wie die Tab. 1 zeigt, in der die Wattleistungen im Einzelnen aufgeführt sind – keinen negativen Einfluss – fehlendes „Aufwärmen“ – auf die sportliche Leistung. Im Gegenteil: Nach Kälteapplikation (pKA) werden in allen Teilstrecken die höheren Wattwerte erreicht.

Tab. 2: *Körperkerntemperaturwerte (° C) zu Beginn des Tests (Starts), am Ende der jeweiligen Teilstrecken sowie 8 Minuten nach Beendigung des Tests (8.min pE)*

| Körperkerntemperatur (°C) | Start | 1. Teilstrecke | 2. Teilstrecke | 3. Teilstrecke | 8. min pE ≥ 38° C |
|---------------------------|-------|----------------|----------------|----------------|-------------------|
| pKA (n = 12) | 36,7 | 36,9 | 37,0 | 37,7 | N = 3 |
| oKA (n = 12) | 36,9 | 36,9 | 37,0 | 37,9 | N = 8 |

3. Der Temperaturanstieg erfolgt trotz der etwa 60-prozentigen Leistung (ca. 260 Watt) im Durchschnitt bei Weitem nicht auf diejenigen Werte, die in der Literatur als „Optimalwerte“ infolge des „Aufwärmens“ angegeben werden, und als Leistungsvoraussetzung gelten.
4. Den „kritischen Temperaturwert“ von $\geq 38^\circ \text{C}$ erreichen bzw. überschreiten von der „Kälte“-Gruppe (pKA) 8 Minuten nach Testende lediglich 4 Athleten, von der „Nicht-Kälte“-Gruppe (oKA) 8. Damit sind – zusammenfassend – von der „Kälte“-Gruppe deutlich bessere, d. h. niedrigere Temperaturwerte erreicht worden als von der ohne Kälteapplikation trainierenden Kontrollgruppe. Eine leistungsnegative Überwärmung durch Erreichen bzw. Überschreitung der kritischen Temperaturgrenze hat bei der Kältegruppe nicht stattgefunden.

Herzfrequenz im Vergleich: nach und ohne Kälteapplikation

Im Folgenden werden die Herzfrequenzen – zunächst am Ende, dann im Mittel während der 3 Testserien – zunächst im individuellen Vergleich (Nr. 1 - 6), dann gruppenspezifisch (mean) miteinander verglichen (Tab. 3), und zwar jeweils nach (pKA) und ohne (oKA) Kälteapplikation.

Wie die Tab. 3 im Einzelnen ausweist, liegen die jeweils registrierten Herzfrequenzwerte – unabhängig von individuellen Besonderheiten – bei den hier kontrollierten Athleten sowohl am Ende als auch im Mittel innerhalb der 3 Testserien dann deutlich am niedrigsten, wenn vor dem Gesamttest Kälte appliziert wurde. Dies gilt nicht nur für die Gruppen (p.Kälte und o.Kälte), sondern auch für die Einzelpersonen, die hier als Nr. 1 bis Nr. 6 aufgeführt sind, so dass auch über den Gruppenvergleich hinaus ein Individualvergleich möglich ist, der die Wirkung der Kälteapplikation signalisiert. Auffällig ist, dass die Testperson Nr. 5 generell eine Ausnahme bildet: hier werden die jeweils niedrigeren Herzfrequenzen dann registriert, wenn keine Kälte appliziert wurde.

Tab. 3: *Herzfrequenz im Vergleich: ohne (o) und nach (p) Kälteapplikation*
 - am Ende jeder Testserie (10.', 20.', 30') und
 - im Durchschnitt während der Testserien (Start-10.', 10.'-20.', 20.'-30.')

| Name | Test-Datum | Start | 10.' | 20.' | 30.' | 0 - Start | Start - 10.' | 10.'-20.' | 20.'-30.' |
|-------------|-----------------|-------|---------------|---------------|---------------|-----------|---------------|---------------|---------------|
| Nr. 1 | 01.02. p. Kälte | | 125 | 137 | 151 | 49 | 128 | 139 | 151 |
| Nr. 2 | 01.02. p. Kälte | 67 | 149 | 155 | 163 | 70 | 139 | 151 | 163 |
| Nr. 3 | 01.02. p. Kälte | 82 | 137 | 146 | 153 | 68 | 131 | 144 | 149 |
| Nr. 4 | 18.01. p. Kälte | | 140 | 144 | 156 | | 134 | 150 | 157 |
| Nr. 5 | 18.01. p. Kälte | | 149 | 154 | 158 | | 140 | 152 | 161 |
| Nr. 6 | 18.01. p. Kälte | | 147 | 164 | 169 | | 138 | 156 | 165 |
| mean | | | 141,16 | 150 | 158,33 | | 135 | 148,66 | 157,66 |
| Nr. 1 | 01.02. o. Kälte | | 144 | 155 | 163 | | 135 | 150 | 162 |
| Nr. 2 | 18.01. o. Kälte | 70 | 159 | 167 | 174 | 72 | 144 | 159 | 169 |
| Nr. 3 | 18.01 o. Kälte | 87 | 145 | 155 | 163 | 82 | 134 | 150 | 157 |
| Nr. 4 | 01.02. o. Kälte | 61 | 145 | 151 | 166 | 60 | 137 | 152 | 159 |
| Nr. 5 | 01.02. o. Kälte | 65 | 141 | 147 | 160 | 68 | 136 | 148 | 158 |
| N.r 6 | 01.02. o. Kälte | 57 | 150 | 163 | 172 | 52 | 140 | 158 | 167 |
| mean | | | 147,33 | 156,33 | 166,33 | | 136,83 | 152,17 | 162 |

Diskussion der Ergebnisse und Perspektiven

Die in dieser Studie ermittelten Ergebnisse zur Wirkung von Kälteapplikation auf die Leistung und wesentliche Leistungsparameter von Ruderern der Spitzenklasse sind in ihrer Tendenz eindeutig positiv. Dies trifft für die Herzfrequenz und die Leistung einheitlicher und quantitativ auffälliger zu als für den Blutlaktatwert. Eine detaillierte statistische Überprüfung erübrigt sich unter den Bedingungen der kleinen Stichprobe. Dass die Differenzen zum jeweiligen Kontrolltest – ohne Kälteapplikation – weniger hoch (als erwartet) und im Hinblick auf die Laktatwerte keinesfalls einheitlich positiv ausgefallen sind, liegt an der geringen Belastungsintensität von etwa 60 Prozent der individuellen Maximalleistungsfähigkeit der Testpersonen. Eine Kontrolluntersuchung mit Probanden des mittleren Leistungsniveaus hat hinsichtlich der

Merkmalsausprägung der hier untersuchten Parameter ergeben, dass die Höhe der Belastung einen ausschlaggebenden Faktor für die (positive) Wirkung von Kälteapplikation unter den Bedingungen von hoher Umgebungstemperatur darstellt.¹⁰ Dieses Ergebnis wird auch durch eine Studie auf dem Fahrradergometer bestätigt, wonach die Leistungsunterschiede zugunsten der Kälteapplikation im Vergleich zu einer Kontrollgruppe mit zunehmender Belastungsdauer im Leistungsbereich von etwa 85 Prozent der individuellen Leistungsfähigkeit größer werden (Joch et al., 2006). Im Ruderleistungssport kann also eine richtig akzentuierte Kälteapplikation durchaus erfolgreich und leistungswirksam praktiziert werden.

Literatur

- Brück, K (1987). Warmlaufen oder Kaltstart? *Spiegel der Forschung*, 5, S. 13-16.
- Joch, W. & Ückert, S. (2003). Ausdauerleistung nach Kälteapplikation. *Leistungssport*, 33 (6), S. 17-22.
- Joch, W., Ückert, S., Fricke, R. & Hammer, M. (2006). Ausdauerleistungsfähigkeit bei hohen Umgebungstemperaturen. *Schweizerische Zeitschrift für Sportmedizin und Sporttraumatologie*, 54 (2), S. 37-40.
- Ückert, S. & Joch, W. (2007). Effects of warm-up and precooling on endurance performance in the heat. *British journal of sports medicine*, 41 (6), S. 380–384.

¹⁰ Die Kontrollstudie wurde an der TU Dortmund unter Mitwirkung von M. Marscheider und B. Schönweitz durchgeführt

