

Zum gegenwärtigen Stand der Erforschung und Nutzung  
von Ganzkörperkälteanwendungen

Eine selektive Literaturstudie, November 2011

W. Papenfuß

Diese Studie umfasst etwa den Zeitraum 2000 bis 2011. Sie basiert auf der Auswertung von wissenschaftlichen Untersuchungen zur Theorie und Praxis von Ganzkörperkälteanwendungen.

Wenn vor dem Jahr 2000 praktisch nur in Deutschland und Polen nennenswerte technische Voraussetzungen für Ganzkörperkälteanwendungen bestanden, so hat sich das inzwischen grundlegend geändert. In Deutschland, Polen und Österreich werden sie nahezu flächendeckend angeboten. Punktuell existieren kältetherapeutische Einrichtungen zur Zeit u. a. in der Schweiz, in Tschechien, Ungarn, Frankreich, Irland, England, Kanada, Russland, Ukraine, China, Thailand und in den USA (31).

Nach wie vor liegt das Hauptanwendungsgebiet im medizinisch-therapeutischen Bereich. Zunehmend werden Ganzkörperkälteanwendungen aber auch im Leistungssport bzw. in der Sportmedizin sowie in Kur- und Wellness-Einrichtungen genutzt.

Für diese Studie standen die im Literaturverzeichnis aufgeführten Arbeiten zur Verfügung. Es wurde versucht, ein möglichst breites Spektrum neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse zu berücksichtigen. Weitere Auswahlkriterien kamen bei der Sichtung der umfangreichen Literatur, darunter inzwischen drei Bucheditionen (17, 31, 57), nicht zur Anwendung.

Ein wesentlicher Grund für die Anfertigung dieser Studie ist darin zu sehen, dass seit der Konsensus-Konferenz zur Ganzkörperkältetherapie nahezu sechs Jahre vergangen sind. Eine Sammlung der in der Zwischenzeit publizierten wissenschaftlichen Erkenntnisse scheint unter dem Gesichtspunkt einer möglichen späteren kritischen Überarbeitung der Konsensus-Erklärung (35) angebracht. Im Übrigen erhebt diese Studie keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

## Gliederung

1. Theoretische Aspekte
2. Therapeutische Nutzung im klinischen, rehabilitativen und kurmedizinischen Bereich
  - 2.1 Entzündlich-rheumatische Erkrankungen; Fibromyalgie
  - 2.2 Chronische Schmerzen, Wirbelsäulen-Syndrome
  - 2.3 Multiple Sklerose
  - 2.4 Infantile Zerebralparese
  - 2.5 Tinnitus
  - 2.6 Psychische Störungen
3. Nutzung im Leistungssport/in der Sportmedizin
  - 3.1 Hormonelle/enzymatische und funktionelle Reaktionen
  - 3.2 Sportliche Leistungsfähigkeit und Regeneration
  - 3.3 Sportverletzungen
4. Diskussion und Schlussfolgerungen
  - 4.1 Theoretische Aspekte
  - 4.2 Therapeutischer Bereich
  - 4.3 Leistungssport
5. Literaturverzeichnis

## Verwendete Abkürzungen

AAEK	anaerobe Kapazität
AAEP	anaerobic power
ACR	American College of Rheumatology
ACT	alpha-1-Antichymotrypsin
ACTH	Adrenokortikotropes Hormon
AEK	aerobe Kapazität
AEP	aerobic power
AGP	alpha-1-saures Glykoprotein
APP	Akut-Phase-Proteine
BASDAI	Bath Ankylosing Spondylitis Disease Activity Index
BASFI	Bath Ankylosing Spondylitis Functional Index
BASMI	Bath Ankylosing Spondylitis Metrology
BD	Behandlungsdauer
$\beta$ -ED IRM	beta-Endorphin-immunreaktives Material
BMI	Body Mass Index
bpm	beats per minute
BSG	Blutkörperchensenkungsgeschwindigkeit
BT	Behandlungstemperatur
CAT	Catalase
CD	conjugated dienes
CK	creatine kinase
CM	cardiac markers
CRP	C-reaktives Protein
CRPS	Complex regional pain syndrome
DAS	Disease Activity Score
DHEA-S	dehydroepiandrosterone sulfat
E(2)	estradiol
ED	Expositionsdauer (in der Kälteeinrichtung)
ESR	erythrocyte sedimentation rate
FE V1	Forciertes expiratorisches Volumen in 1 sec

FFbH	Funktionsfragebogen Hannover
GKKA	Ganzkörperkälteanwendung(en)/-applikation(en)
GKKT	Ganzkörperkältetherapie
GMT	Generalisierte Tendomyopathie
GP <sub>x</sub>	Glutathione peroxidase
hap	haptoglobin
HAQ	Health Assessment Questionnaire
HARS	Hamilton Anxiety Rating Scale
Hb	Hämoglobin
HDASS	Hamilton Depression Anxiety Stress Scale
HDRS	Hamilton Depression Rating Scale
HF	Herzschlagfrequenz
HRV	heart rate variability
hsCRP	high sensitivy C-reactive protein
Ht	Hämatokrit
Ig	Immunglobuline
IL	Interleukine
IRF	immature reticulocyte fraction
IS	Immunsystem
KKT	Körperkerntemperatur
LAD	lactate dehydrogenase
LH	luteinizing hormone
LSS	Life Satisfaction Scale
MCHC	mean corpuscular haemoglobin concentration
MCV	mean corpuscular volume
MCH	mean corpuscular haemoglobin
MHbV	mean haemoglobin value
MRV	mean reticulocyte volume
MS	Multiple Sklerose
MSCV	mean sphered cell volume
NAC IRM	N-acetyl- $\beta$ -Endorphin-IRM
NSAR	Nichtsteroidale Antirheumatika
NTpro BPN	N-terminal pro B-type natriuretic peptide

OS	Oxidativer Stress
PGE 2	Prostaglandin E
PLT	platelets
RA	Rheumatoide Arthritis
RBC	erythrocytes
Retics	reticulocytes
R-GSSG	Glutathione reductase
ROS	Reactive oxygen species
RR	Arterieller Blutdruck
S-AC	Self-assessment chart (point-scale 0 – 100)
sICAM-1	adhesion molecules
SOD	Superoxid dismutase
SPA	Spondylitis ankylosans
T	testosterone
TAS	total antioxydative status
TBARS	thiobarbituric acid-reactive substances
T-GSH	glutathione transferase
THRO	thrombocytes
TNF- $\alpha$	Tumor-Nekrose-Faktor $\alpha$
TRAP	total peroxy radical trapping antioxydant capacity of plasma
Tn I	Troponin I
VAS	Visuelle Analogskala
WBC	leukocytes
WS	Wirbelsäule

Anmerkung: die Abkürzungen wurden teilweise aus den Originaltexten entnommen

## 1. Theoretische Aspekte

Do sessions of cryostimulation have influence on white blood cell count, level of IL 6 and total oxidative and antioxidative status in healthy men? (25)

Ziel der Untersuchung war es, den Einfluß der GKKT auf Leukozyten, IL 6 und den totalen oxidativen und antioxidativen Status zu bestimmen.

Methodik: 15 junge, klinisch gesunde Männer unterzogen sich 10 Kälteexpositionen bei  $-130^{\circ}\text{C}$ , ED = 3 min. Die Probenentnahme erfolgte vor und 30 min nach der 1. und 10. Exposition sowie am jeweils folgenden Tag morgens.

Ergebnisse: WBC (speziell Lymphozyten und Monozyten) waren nach GKKT signifikant erhöht, IL 6 war gleichfalls erhöht. Das TAS-Niveau war signifikant abgesenkt.

Schlussfolgerung: Wiederholte Kryostimulationen mit extrem niedrigen Temperaturen haben einen modulierenden Effekt auf das IS.

Activity of selected enzymes in erythrocytes and level of plasma antioxidants in response to single whole-body cryostimulation in humans (23)

Untersucht wurde der Einfluss einer einzigen Kälteexposition auf die Aktivität der entscheidenden antioxidativen Erythrozyten-Enzyme.

Methodik: 10 junge, klinisch gesunde Männer unterzogen sich einer einmaligen Kälteexposition bei  $-130^{\circ}\text{C}$ . die Blutentnahme erfolgte vor und 30 min nach der Exposition sowie am Morgen des folgenden Tages.

Ergebnisse: GPx- und R-GSSG-Aktivität waren nach GKKT signifikant erhöht, CAT- und T-GSH-Aktivität dagegen reduziert. Die Konzentration der nichtenzymatischen Antioxidantien (extra-erythrocyte haemoglobin, uric acid) war auch am Tag nach der Kälteexposition noch erhöht.

Schlussfolgerung: Die einmalige Kälteexposition  $-130^{\circ}\text{C}$  ruft einen geringfügigen oxidativen Stress hervor. Es ist wahrscheinlich, dass diesbezüglich die GPx die wichtigste (signifikante) antioxidative Rolle spielt.

Acute and long-term effects of winter swimming and whole-body cryotherapy on plasma antioxidative capacity in healthy women (8)

Ziel der Untersuchung war es, den Einfluss extremer Kälte auf die TRAP festzustellen.

Methodik: Gruppe 1: 10 gesunde Frauen GKKT  $-110^{\circ}\text{C}$ , ED = 2 min, Gruppe 2: 10 ge-

sunde Frauen 20 sec Schwimmen im Eiswasser. Die Expositionen erfolgten 3 mal wöchentlich über einen Zeitraum von insgesamt 12 Wochen. Die Blutproben wurden in der 2., 4., 8. und 12. Woche 2 und 35 min nach der Exposition sowie in den gleichen Wochen an einem expositionsfreien Tag entnommen.

Ergebnisse: In den ersten 4 Wochen war der TRAP-Wert bei der 2-min-Messung nach GKKT signifikant erhöht, ging aber bei der jeweiligen 35-min-Messung wieder auf das Ausgangsniveau zurück. Einzelne geringfügige Veränderungen des TRAP-Wertes wurden auch in der Gruppe 2 festgestellt.

Bestimmung des  $\beta$ -Endorphin-immunoreaktiven Materials ( $\beta$ -ED IRM) und des N-acetyl- $\beta$ -Endorphin-IRM (NAC IRM) im Plasma bei gesunden Probandinnen nach einer einmaligen Ganzkörperkältetherapie (GKKT) bei  $-110^{\circ}\text{C}$  über 3 Minuten (40) In der Studie sollte der Einfluss der GKKT auf das  $\beta$ -ED IRM und auf NAC IRM sowie auf die Befindlichkeit der Probandinnen untersucht werden.

Methodik: Für die Bestimmung der Plasmaspiegel wurden bei den 14 Probandinnen die Proben 2 und 1 h vor sowie sofort und 30 min und 1 h nach der GKKT entnommen. Die Befindlichkeit wurde anhand einer 1 – 5-Skala ermittelt.

Ergebnisse: Nach der GKKT waren weder  $\beta$ -ED IRM noch NAC IRM signifikant verändert. Bei NAC IRM wurde bei beiden Proben nach der GKKT ein tendenzieller Anstieg festgestellt.

Die Befindlichkeit nach der GKKT war bei 13 Probandinnen besser als vorher (frischer 4,5; körperlich fitter 4; allgemein leistungsfähiger 3; fröhlich-heiterer 3).

Schlussfolgerung: Die GKKT erbrachte keinen signifikanten Einfluss auf die untersuchten biochemischen Parameter, so dass sich zwischen ihnen und der erfragten Befindlichkeit keine Koinzidenz ergab.

Effects of long term whole-body cold exposures on plasma concentrations of ACTH, beta-endorphin, cortisol, catecholamines and cytokines in healthy females (22)

Ziel der Untersuchung war es, das Verhalten der genannten Substanzen nach einer GKKT und nach Eiswasser-Schwimmen zu vergleichen.

Methodik: Gruppe 1: 10 gesunde Frauen, Wassertemperatur  $0-2^{\circ}\text{C}$ , Schwimmdauer 20 s. Gruppe 2: 10 gesunde Frauen, GKKT  $-110^{\circ}\text{C}$ , ED = 2 min. Die Versuchsdauer betrug 12 Wochen, jeweils 3 Kälteexpositionen pro Woche. Die Probenentnahme erfolgte in der



1., 2., 4., 8. und 12. Woche vor und 5 bzw. 35 min nach der Kälteexposition sowie in den gleichen Wochen an einem expositionsfreien Tag entnommen.

Ergebnisse: ACTH- und Kortisolwerte waren in beiden Gruppen in der 4. und 12. Woche in der 35-min-Probe signifikant niedriger als in der 1. Woche. Adrenalin blieb unverändert, während Noradrenalin zu jeder Entnahmezeit nach den Kälteexpositionen signifikant erhöht war. IL 1 beta, IL 6 und TNF- $\alpha$  zeigten keine Konzentrationsveränderungen.

Schlussfolgerung: Die ACTH- und Cortisolwerte legen nahe, dass beide Expositionsarten keine Stimulation der Hypophysen-Nebennierenrinden-Achse hervorrufen. Der Noradrenalin-Anstieg kann eine Rolle bei der kältebedingten Schmerzlinderung spielen.

Effects of repeated whole-body cold exposures on serum concentration of growthhormon, thyrotropin, prolactin and thyroid hormones in healthy women (51)

Es wurden die Serumspiegel der genannten Hormone unter der Einwirkung extremer Kälte untersucht.

Methodik: Gruppe 1: 6 gesunde Frauen, 20 s Eiswasserschwimmen, Wassertemperatur 0-2°C. Gruppe 2: 6 gesunde Frauen, GKKT -110°C, ED = 2 min. Die Versuchsdauer betrug 12 Wochen, jeweils 3 Kälteexpositionen pro Woche. Die Blutentnahme erfolgte in der 1., 4. und 12. Woche vor und 5 bzw. 35 min nach der Kälteexposition sowie an einem expositionsfreien Tag in den gleichen Wochen.

Ergebnisse: Bei den Eiswasserschwimmerinnen war Thyrotropin in der 1. Woche (35 min-Probe) signifikant erhöht, aber im Referenzbereich. Prolaktin war in der 12. Woche (35 min-Probe) niedriger als der Ausgangswert. Die freien Fraktionen der Thyreoid-Hormone (fT3, fT4) waren unverändert. In der GKKT-Gruppe traten keine Veränderungen der Hormonspiegel auf.

Schlussfolgerung: Wiederholte Expositionen in extremer Kälte entsprechend der genannten Methodik bewirken bei gesunden Frauen keine Sekretionsstörungen der genannten Hormone.

The increase in systolic and diastolic blood pressure after exposure to cryogenic temperatures in normotensive men as a contraindication for whole-body cryostimulation (24)

Untersucht wurde das Verhalten von arteriellem Blutdruck und Herzschlagfrequenz nach Einwirkung einer extrem niedrigen Temperatur.

Methodik: 40 junge Männer (durchschnittliches Alter 22 Jahre, mittleres Körpergewicht 76,6 kg, durchschnittliche Körpergröße 175,5 cm) hielten sich 3 min in der Kältekammer bei  $-130^{\circ}\text{C}$  auf, nachdem sie 30 s bei  $-60^{\circ}\text{C}$  adaptiert hatten. RR und HF wurden vor, unmittelbar nach sowie 10 und 20 min nach der Kälteexposition gemessen.

Ergebnisse: Der systolische Blutdruck war im Mittel um 21 mmHg gegenüber dem Ausgangswert erhöht (signifikant). Der diastolische Blutdruck war durchschnittlich um 9 mmHg erhöht. Die Herzschlagfrequenz war gegenüber dem Ausgangswert durchschnittlich 10 bpm niedriger (signifikant).

Schlussfolgerung: Die Kältestimulation kann als Stressfaktor gewertet werden. Die ermittelten Veränderungen sind für normotensive Personen nicht schädlich.

Heart rate variability in women exposed to very cold air ( $-110^{\circ}\text{C}$ ) during whole-body Cryotherapy (62)

Die HRV wurde bei jungen Frauen in ruhiger Rückenlage vor und nach einer GKKT  $-110^{\circ}\text{C}$  (3 mal wöchentlich über einen Zeitraum von 3 Monaten. Die nach der ersten Messung gefundene Erhöhung der HRV zeigt eine Zunahme der parasympathischen Modulation an. Nach 3 Monaten war die Zunahme gedämpft, was auf eine Adaptation autonomer Funktionen hindeutet.

Lung function after acute and repeated exposure to extremely cold air ( $-110^{\circ}\text{C}$ ) during whole-body cryotherapy (52)

An der 12-Wochen-Studie zur Untersuchung des Einflusses der GKKT auf Atemfunktionen nahmen 25 gesunde Probanden teil, davon 18 Frauen. Das durchschnittliche Alter betrug 39 Jahre, der mittlere BMI lag bei 24. Alle Teilnehmer waren Nichtraucher. Gemessen wurden peak expiratory flow rate (PEF) und FEV1 vor und 2 bzw. 30min nach der 1. Exposition sowie folgend in der 4., 8. und 12. Woche.

Ergebnisse: Die PEF-Werte unterschieden sich bei den 2-min-Messungen nicht signifikant von den Kontrollwerten. Bei den 30-min-Messungen waren die Werte gegenüber der Kontrolle zu allen Messzeiten signifikant gesunken. Das FEV1 zeigte nur bei der 30-min-Messung nach der 1. Exposition eine leichte Minderung. Weitere Veränderungen des FEV1 wurden im Verlauf der Untersuchung nicht festgestellt.

Schlussfolgerung: Die GKKT bewirkt bei gesunden Probanden nur eine geringe Broncho-

Konstriktion und erscheint deswegen für die Lungenfunktion harmlos. Zur Vorsicht bei Asthmatikern wird geraten.

Thermal responses during and after whole-body cryotherapy (-110°C) (61)

An der Studie nahmen 10 Probanden teil (9 Frauen, 1 Mann, mittleres Alter 48 Jahre, mittleres Körpergewicht 67 kg, BMI durchschnittlich 25). Die Probanden nahmen keine Medikamente ein. ED = 2min bei -110°C bis -113°C. Die Hautoberflächentemperatur wurde vor, während, unmittelbar nach und 10, 20 und 30 min nach der Kälteexposition gemessen (Squirrel 1200, Grant, UK). Die Aufzeichnung erfolgte unter Verwendung von Hautsensoren in 5-Sekunden-Intervallen. Hautmessstellen waren Stirn, Brust, unterer Rücken, Oberarm, Extensorenseite des Unterarms, Handrücken, Vorderseite des Oberschenkels, Wade und Fuß. Die niedrigsten Hautwerte wurden während der Kälteexposition am Unterarm (5,2°C) und an der Wade (5,3°C) gemessen. Die Rektaltemperatur blieb praktisch unverändert.

Schlussfolgerung: Die Hautoberflächentemperatur sinkt unter den Versuchsbedingungen sehr schnell ab, erreicht aber auch in kurzer Zeit wieder Normalwerte. Innerhalb von 2 min wird eine Hauttemperaturabsenkung erreicht, wie sie bei Eispackungen nur innerhalb von 10 min eintritt (Bugai 1975). Unter Bezug auf Literaturquellen (Buskirk und Kollias 1969; Oksa et al. 1993; Keatinge 1961) stellen die Autoren fest, dass die Abkühlungsrate der Haut bei großen Menschen und bei guter aerober Kapazität verlangsamt ist. Magere Menschen haben eine höhere Hauttemperatur und eine niedrigere Muskeltemperatur nach Ganzkörperkühlung als Menschen mit mehr subkutanem Fettgewebe. Frauen haben im Vergleich zu Männern eine geringere Kältetoleranz, weil ihre aerobe Kapazität geringer ist. Das vermehrte subkutane Fettgewebe bei Frauen übt dagegen eine Isolierfunktion aus. Extreme Kälteeinwirkung verändert die Sensibilität der Muskelspindeln (Eldred et al. 1960). Die Autoren postulieren auf Grund ihrer Untersuchungen eine temporäre Minderung spastischer Muskelzustände durch die GKKT. Mobilisierungsübungen sollten nach Möglichkeit zeitnah zur GKKT erfolgen, da der analgetische Effekt der GKKT an das Absenken der Hautoberflächentemperatur gebunden ist und mit zunehmendem Wiederanstieg nach der Kälteexposition nachlässt. Unter den gegebenen Versuchsbedingungen bestand kein Risiko für lokale Hauterfrierungen.

## 2. Therapeutische Nutzung im klinischen, rehabilitativen und kurmedizinischen Bereich

### 2.1 Entzündlich-rheumatische Erkrankungen; Fibromyalgie

Ganzkörperkältetherapie bei Patienten mit entzündlich-rheumatischen Erkrankungen – Eine prospektive Studie (7)

Ziel der Studie war es, die Langzeitwirkung der GKKT zu prüfen.

Methodik: In die Untersuchung wurden 48 RA- und 12 SPA-Patienten (Durchschnittsalter 55,7 Jahre) einbezogen. Die durchschnittliche Anzahl der Kälteexpositionen lag bei 15,8. Der Nachbeobachtungszeitraum betrug 63,4 +/- 63,48 Tage.

Ergebnisse: RA-Patienten: Signifikante Reduktion des DAS (3,9 +/- 1,22 vs. 3,4 +/- 1,08) und der VAS (51,4 +/- 16,62 vs. 37,9 +/- 19,13). SPA-Patienten: Signifikante Reduktion des BASDAI (4,4 +/- 1,91 vs. 3,1 +/- 1,34).

Die Beschwerdebesserung erlaubte eine intensive Physiotherapie. Die Schmerzreduktion war bei den RA-Patienten noch nach 2 Monaten nachweisbar.

Schlussfolgerung: Die GKKT wird im Rahmen eines Gesamtkonzepts als effektive Therapieoption angesehen.

Therapieeffekt bei rheumatischen Erkrankungen, Blutdruckverhalten, Herzfrequenz u. Hauttemperatur unter einer Ganzkörperkältetherapie von -110°C bzw. -80°C (19)

Das Ziel der Untersuchung bestand im Nachweis des Therapieeffekts der GKKT bei RA- und SPA-Patienten.

Methodik: In die Studie wurden 29 RA- (Durchschnittsalter 53 Jahre) und 10 SPA-Patienten (46,7 Jahre). Der Behandlungszyklus umfasste maximal 10 Kälteexpositionen -110°C, ED = 3 min. Die Hautoberflächentemperatur wurde während der Exposition in 20 s-Abständen mit einem Infrarot-Gerät standardisiert gemessen.

Ergebnisse: Deutliche Besserung des Schmerzempfindens in beiden Gruppen (VAS) im Vergleich zur Kontrollgruppe. Gelenkbeweglichkeit und Allgemeinbefinden waren ebenfalls deutlich gebessert. Die Verbesserung der Gelenkfunktion zeigte einen Langzeiteffekt.

Unter der GKKT wurde eine Reduktion der NSAR von 31% (RA) und 40% (SPA) erreicht. Bei einer Temperatur von -110°C wird nach einer ED von 3 min eine Absenkung der Hautoberflächentemperatur auf 1,8 bis 1,7°C erreicht. Bei einer Temperatur von -80°C sinkt die

Hautoberflächentemperatur dagegen nach 3 min nicht unter 5°C ab. Die maximale Steigerung des systolischen und diastolischen Blutdrucks betrug bei -110°C 20mmHg. Die HF stieg im Mittel um 10 bpm. Der geringste Anstieg sowohl des Blutdrucks als auch der HF war bei einer Temperatur von -110°C und einer Luftgeschwindigkeit von 0,2 m/s zu verzeichnen. Schlussfolgerung: Unter Beachtung des Verhaltens der Hautoberflächentemperatur, des Blutdrucks und der Herzschlagfrequenz liegt die optimale Behandlungstemperatur für RA- und SPA-Patienten bei -110°C.

Auswirkungen einer Ganzkörperkältetherapie von -80°C, 2 min. auf (die) T-Lymphozyten-Population im peripheren Blut bei der Rheumatoiden Arthritis (Chronischen Polyarthritis) (28)

Nach einer einmaligen GKKT bei -80°C sollte geprüft werden, ob eine Wirkung bezüglich der T-Helfer- und T-Suppressor-Lymphozyten bei RA- und SPA-Patienten sowie bei gesunden Probanden festgestellt werden kann.

Ergebnisse: In der Probandengruppe konnten kein Abfallen der T-Helfer-Zellen und auch kein Anstieg der T-Suppressor-Zellen festgestellt werden. Die Befunde werden mit denen verglichen, die andere Autoren bei einer GKKT bei -120°C bzw. bei -60°C gefunden haben (Pohlen 1994; Frye 1996: bei GKKT -120°C Abfallen der T-Helfer- und Anstieg der T-Suppressor-Zellen bis 3 h nach GKKT noch nachweisbar; Linnenmann 1996: bei GKKT -60°C kein Einfluss auf Lymphozyten-Population ).

Die Ergebnisse korrelieren positiv mit dem in dieser Studie ermittelten Befund, dass nach der GKKT -80°C keine Schmerzlinderung und keine Verbesserung der Gelenkbeweglichkeit eintrat.

Die Ganzkörperkältetherapie der Rheumatoiden Arthritis bei Patienten mit hoher Krankheitsaktivität (6)

In die Untersuchung wurden 161 Patienten (119 Frauen, 42 Männer) mit einer aktiven RA einbezogen. Die GKKT -110°C erfolgte 2 mal täglich, ED = 2-3 min, durchschnittlich 16 Expositionen in der Behandlungsserie.

Ergebnisse: Signifikante Schmerzlinderung (VAS) mit zunehmender Nachhaltigkeit bei fortschreitender Behandlungsdauer, teilweise bis zu einem halben Jahr anhaltend, signifikante Verbesserung der Beweglichkeit (Bewegungsfunktionstest), Minderung der entzündlichen Prozessaktivität (signifikante Reduzierung der BSG, des CRP und des  $\alpha$ -2-Haptoglobins),

Verbesserung des Allgemeinbefindens und Reduzierung des Arzneimittelbedarfs (Glukokortikoide und NSAR).

Schlussfolgerung: Die GKKT -110°C ist eine wertvolle additive Behandlungsmethode bei der aktiven RA.

Verhalten der Akut-Phase-Proteine bei Patienten mit einer Rheumatoiden Arthritis bzw. einer Fibromyalgie nach Ganzkörperkältetherapie (53)

APP gelten als Marker von entzündlichen Prozessen verschiedener Art. Das gilt vor allem für AGP, ACT, negative APP und besonders für Transferin. Es ist bekannt, dass sich deren Konzentration unter dem Einfluss von Zytokinen, vor allem durch IL 1 und IL 6, ändert.

Bei den untersuchten RA-Patienten war die Entzündungsintensität sehr hoch. Die Konzentrationen von AGP und ACT waren erhöht, während die Konzentration von Transferin niedrig war. Die Glykosylierungsprofile waren stark entzündungsbeeinflusst.

Ergebnisse: Nach der GKKT trat bei den RA-Patienten eine leichte Senkung der APP-Konzentration ein. Im Glykosylierungsprofil war ein diskreter Wandel erkennbar. Dem entsprachen auch die subjektiven und objektiven Aktivitätsparameter. Erwartungsgemäß blieben bei den Fibromyalgie-Patienten die bereits vor der GKKT im Normbereich befindliche APP-Konzentration und die Glykosylierungsprofile auch danach unverändert. Die subjektiven Parameter waren aber trotzdem alle signifikant verbessert.

Schlussfolgerung: Die GKKT bewirkt bei der RA eine Reduktion der Akut-Phase-Proteine und bestätigt die nichtentzündliche Genese der Fibromyalgie.

Effectivness of different cryotherapies on pain and disease activity in active rheumatoid arthritis. A randomised single blinded controlled trial (10)

Die Studie beinhaltet eine Vergleichsuntersuchung zur Wirkung von lokaler Kälteapplikation (Kaltluft -30°C), Kältepacks und GKKT -60°C und -110°C auf das Schmerzniveau und die entzündliche Aktivität der aktiven RA.

Methodik: 60 RA-Patienten wurden in 3 Gruppen zu je 20 Personen aufgeteilt (1 – Kaltluft -30°C und Kältepacks; 2 – GKKT -60°C; 3 – GKKT -110°C). Die Kältebehandlung erfolgte an 7 aufeinander folgenden Tagen täglich 3 mal, am Sonntag 2 mal. ED: Kältepacks 10-30 min, Kaltluft 1-5 min, GKKT 2 min.

Ergebnisse: DAS in allen 3 Gruppen signifikant reduziert, Gruppenunterschiede nicht signifikant. VAS Schmerzniveau in den Gruppen lokale Kälteapplikation und GKKT -110°C

signifikant gesenkt. Die Absenkung war nach GKKT -110°C signifikant am größten, auch gegenüber der -60°C-Gruppe. ESR: keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen. CRP: Keine signifikanten Unterschiede, Absenkung in der -110°C-Gruppe aber am größten. Auch bei den geschwollenen Gelenken wurde die größte Rückläufigkeit nach GKKT -110°C erreicht.

Schlussfolgerung: Die GKKT -110°C ist im Verhältnis zu den anderen Kältetherapien am effektivsten. Es traten keine ernsthaften Nebenwirkungen auf.

#### Serielle Ganzkörperkältetherapie im Criostream bei entzündlich-rheumatischen Erkrankungen (21)

Untersucht wurde die Wirkung einer GKKT -145°C.

Methodik: 4 RA- und 3 SPA-Patienten sowie 3 Patienten mit Arthritis/Spondylitis psoriatica; Krankheitsdauer 5,2 +/- 2,4 Jahre, 9 Expositionen in 5 Tagen, ED = 90 s initial, dann 2,5 min.

Ergebnisse: Patienten mit RA und Patienten mit Arthritis/Spondylitis psoriatica:

DAS 28 3,86 +/- 0,65 vor vs. 2,76 +/- 0,96 nach GKKT,  $p < 0,018$

HAQ 1,29 +/- 1,42 vor vs. 0,3 +/- 0,41 nach GKKT,  $p < 0,027$

FFbH 70 +/- 6,56 vor vs. 92,67 +/- 10,21 nach GKKT, ns

Patienten mit Arthritis/Spondylitis psoriatica und SPA-Patienten:

BASDAI 5,01 +/- 2,91 vor vs. 2,17 +/- 1,39 nach GKKT,  $p < 0,028$

BASMI 7,67 +/- 1,86 vor vs. 3,0 +/- 1,79 nach GKKT,  $p < 0,027$

BASFI 4,9 +/- 2,72 vor vs. 2,33 +/- 2,02 nach GKKT,  $p < 0,027$

Die Schmerzlinderung zwischen Ausgangs- und Endwert war signifikant, desgleichen das Abfallen von TNF- $\alpha$  ( $p < 0,01$ ) und IL 1 ( $p < 0,05$ ). Die BSG war tendenziell und das CRP signifikant gesenkt. Die Schmerzminderung nahm mit Fortdauer der Behandlung zu. RR und HF waren nicht signifikant verändert.

Schlussfolgerung: Die GKKT wird bei der Behandlung von entzündlich-rheumatischen Erkrankungen in einem multimodalen Behandlungskonzept als „sinnvolle Bereicherung“ angesehen.

#### Effekte der Ganzkörperkältekammer bei Patienten mit Spondylitis ankylosans (49)

20 SPA-Patienten wurden innerhalb eines Zeitraumes von 15 Tagen mit einer Serie von 15 Kälteexpositionen (-70°C, ED = 3 min) behandelt.

Ergebnisse: Das Schmerzniveau war abgesenkt, am 4. Behandlungstag betrug die Schmerz-

reduktion 50%. Der analgetische Effekt war nach 2 Monaten aufgehoben. Die erreichte Beweglichkeitsverbesserung war ohne klinische Relevanz. Es wird aber eingeschätzt, dass die GKKT eine sinnvolle Unterstützung der Behandlung akuter Krankheitsschübe ist.

The impact of whole-body cryotherapy on parameters of spinal mobility in patients with ankylosing spondylitis (54)

32 männliche SPA-Patienten wurden in 2 Gruppen eingeteilt, die sich hinsichtlich Alter, Krankheitsdauer und Krankheitsstadium nicht signifikant voneinander unterschieden.

Gruppe 1: 10 Expositionen GKKT mit anschließender Bewegungstherapie

Gruppe 2: nur Bewegungstherapie.

Ergebnisse: In beiden Gruppen war die Beweglichkeitsverbesserung signifikant. Der Beweglichkeitszuwachs im thorakalen und lumbalen Bereich war bei den Patienten der Gruppe 1 allerdings deutlicher als bei denen der Gruppe 2.

Schlussfolgerung: Bei SPA-Patienten ist die GKKT in einem Gesamttherapiekonzept zu empfehlen.

Wirksamkeit der Ganzkörperkryotherapie bei Patienten mit Spondylitis ankylosans (48)

In die Studie waren 20 SPA-Patienten einbezogen. Die GKKT erfolgte in einem Behandlungszyklus von 12 Tagen 2 mal täglich. Die begleitende Behandlung bestand in der NSAR-Medikation und Physiotherapie.

Ergebnisse: Der BASDAI ergab eine Besserung um 25%, der BASFI um 22%. Die subjektive Schmerzintensität war um 51% gemindert (VAS).

Schlussfolgerung: Die komplexe physiotherapeutische Behandlung einschließlich der GKKT behält trotz entschieden verbesserter medikamentöser Therapiemöglichkeiten ihren Stellenwert.

Whole-body cryotherapy in rehabilitation of patients with rheumatoid diseases – pilot study (26)

Untersucht wurde die Wirkung der GKKT (-105°C, ED = 2,5 min im Mittel, BD = 4 Wochen) auf die Schmerzminderung. Die in die Studie einbezogenen 120 Patienten (mittleres Alter 52,6 Jahre, mittlere Erkrankungsdauer 4 Jahre ), davon 75% Frauen, verteilten sich auf folgende Diagnosen: Primäre Fibromyalgie 40,7%, RA 17,3%, chronische Rückenschmerzen 16,4%, SPA 10,9%, Osteoarthritis 9,1%, Sekundäre Fibromyalgie 3,6% und andere Autoim-



munkrankheiten 1,8%.

Ergebnisse: Nach den jeweiligen GKKA sank das Schmerzniveau für 90 min signifikant. Das initiale Schmerzniveau sank während der gesamten BD, obgleich die Absenkung ab der Mitte der BD bis zum Ende nicht signifikant war.

Schlussfolgerung: Die GKKT wird als notwendiger Bestandteil von Rehabilitations –Programmen für Patienten mit chronischen Schmerzen angesehen.

#### Analgetische Wirkung einer Ganzkörperkältetherapie -110°C, 3 min (11)

Das Ziel der Untersuchung bestand in der metrischen Bestimmung der Druckschmerzschwelle nach einer Ganzkörperkältetherapie -110°C, ED = 3 min, bei einer Untersuchungsgruppe von 41 willkürlich ausgewählten Probanden mit unterschiedlichen Gelenkerkrankungen und post-operativen Zuständen ohne Schmerzmedikation (18 Männer, 23 Frauen, durchschnittliches Alter 54 Jahre).

Ergebnisse: Die Druckschmerzschwelle war nach der GKKT signifikant angehoben. Der Anstieg des Mittelwertes lag bei den Frauen bei 22,1%, dagegen bei den Männern bei 13,1%. Die Werte fallen 10-20 min nach Ende der GKKT leicht ab, erreichen aber nach 20 min noch nicht wieder das Ausgangsniveau.

Schlussfolgerung: Eine einmalige GKKT -110°C, ED = 3 min, führt zu einer Anhebung der Druckschmerzschwelle, die die von Schmerzpatienten berichtete analgetische Wirkung der GKKT bestätigt.

#### Ganzkörperkältetherapie in der Behandlung der Fibromyalgie (44)

In der Studie wurde bei 17 Fibromyalgie-Patienten die schmerzlindernde Wirkung einer Ganzkörperkälteexposition (-150°C, ED = 3-4 min) vs. einer Rücken bedeckenden Fango-packung geprüft. Die Patienten erhielten keinerlei weitere Behandlungen. Zur Bestimmung der Schmerzstärke wurden eingesetzt: VAS, Schmerzscore, mit dem die Schmerzstärke für 24 Körperstellen mit 0 (keine Schmerzen) bis 5 (stärkste Schmerzen) angegeben wird, sowie die Dolorimetrie an 24 typischen Druckschmerzpunkten „tp“ (Druckschmerzempfindlichkeit in kg).

Ergebnisse:

	vor GKKT	vor Wärme	1h nach GKKT	1h nach Wärme	2h nach GKKT	2h nach Wärme
VAS	5,4	4,4	2,7	4,1	2,6	4,0
Schmerzscore	41	32	18	28	21	30
Anzahl schmerz- hafter tp	20	16	14	16	12	18
Mittewert tp in kg	1,3	1,6	1,9	1,6	2,2	1,6

Schlussfolgerung: Die GKKT hat gegenüber der Wärmeanwendung bei Fibromyalgie-Patienten den eindeutig besseren schmerzlindernden Effekt.

## 2.2 Chronische Schmerzen, Wirbelsäulensyndrome

Die Ganzkörperkältetherapie zur Behandlung chronischer Schmerzen (9, 15)

In der Studie wird die Wirkung der GKKT bei Patienten mit chronischen Schmerzen nozizeptiver Ursache unter stationären Kurbedingungen untersucht.

Bei der Aufnahmeuntersuchung bestanden bei den 654 in die Studie einbezogenen Personen vorwiegend mittlere bis starke Schmerzen. So gaben 525 Patienten (80,3%) Schmerzen im Bereich VAS 5 – 9 an. Nach einer ein- bis dreiwöchigen GKKT (-110°C, durchschnittliche ED = 3 min, 2-tägige Wochenendpause), verbunden mit einer individuell dosierten Bewegungstherapie ergab sich eine signifikante Verschiebung auf der VAS: 560 Patienten (85,6%) gaben jetzt Schmerzen zwischen 0 und 5 an, davon 186 (28,4%) 0 bis 1. Drei Monate nach Abschluss der Behandlung wurde in einer Befragung die mittelfristige Wirkdauer des beschriebenen Therapieansatzes bestätigt. Die Befragung (Rückantwort von 547 Patienten, 83,6%,) zeigte folgendes Bild: 284 Patienten (51,9%) VAS 0 bis 1, 248 Patienten (45,3%) VAS 2 bis 6, lediglich 15 Patienten (2,7%) gaben Schmerzen VAS 7 bis 10 an. Besonders mittlere und starke Schmerzen waren offensichtlich als Folge der mit einer zeitlichen Verzögerung einsetzenden Schmerz lindernden Wirkung der GKKT weiterhin rückläufig.

Schlussfolgerung: Unter den Bedingungen eines stationären Kurregimes ist die GKKT -110°C in Verbindung mit einer individuell dosierten Bewegungstherapie ein wirksames Mittel in der Behandlung chronischer Schmerzen nozizeptiver Ursache.

Ganzkörperkältetherapie – eine Option in der Behandlung schwieriger Schmerzsyndrome (30)  
 Von 560 in einer Schmerzambulanz betreuten Patienten litten 301 an einer Form neuropathischer Schmerzen. Als häufig besonders schwierig gestaltet sich die Behandlung des CRPS, der Trigeminalneuralgie und der Phantomschmerzen.

CRPS: 6 Patienten, bei 4 obere, bei 2 untere Extremitäten betroffen. GKKT -110°C (15 Expositionen, Ed = 150 s), Medikation : niedrig- und hochpotente Opiate, tricyclische Antidepressiva, Antikonvulsivum individuell unterschiedlich.

Phantomschmerz: 7 Patienten: Zustände nach operativen bzw. traumatischen Amputationen (Unterschenkel, Oberarm, Hand, Finger). GKKT -110°C ( 10 Expositionen, ED = 150 s).

Ergebnisse: CRPS: Eine Schmerzlinderung zwischen 2,3 und 0,5 VAS-Werten trat bei 5 Patienten ein, nachweisbar 11 h bis 12 Wochen.

Phantomschmerz: 4 Patienten erreichten eine Schmerzlinderung von 1,2 VAS-Werten, wobei sie zwischen 34 h und 12 Wochen andauerte. 2 Patienten (Diabetiker) brachen die GKKT wegen Schmerzzunahme, 1 wegen Nachamputation (Re-Infektion) ab.

Schlussfolgerung: Es wird für gerechtfertigt angesehen, die GKKT bei schwer therapierbaren neuropathischen Schmerzsyndromen, „ auch unter Berücksichtigung geringer Gefahren“, als Therapieoption in Betracht zu ziehen.

5 Jahre Ganzkörper-Kältetherapie im Fachklinikum Brandis – eine retrospektive Betrachtung zur Wirksamkeit bei Erkrankungen der Lendenwirbelsäule (29)

Bei 461 Männern und 143 Frauen (20 bis 60 Jahre, Durchschnittsalter 48 Jahre) erfolgte die GKKT auf Grund der Einweisungsdiagnose „Erkrankung der Lendenwirbelsäule nach ICD 10“. Berücksichtigt wurden die möglichen Einflussfaktoren Beschäftigungslosigkeit und psychische/psychiatrische Begleiterkrankungen in ihrer Auswirkung auf den Rehabilitationsprozess.

24% der Patienten brachen die GKKT vorzeitig (weniger als 10 Expositionen) ab, 55% davon waren beschäftigungslos. Diese Patienten wurden von der weiteren Prüfung ausgenommen.

Vor der GKKT gaben 18% der Patienten starke, 77% mäßige und 5% leichte Schmerzen an. Nach Abschluss der GKKT gaben 71% der Patienten eine deutliche Schmerzlinderung (nur noch leichte Schmerzen bzw. Schmerzfreiheit) an. Prozentual war die Beschwerdelinderung bei den nichtbeschäftigungslosen Patienten am größten. Bei unveränderten bzw. verstärkten Schmerzen nach der GKKT war bezüglich des Arbeitsverhältnisses kein Unterschied festzustellen. Alle Patienten mit Zuständen nach Bandscheibenoperationen und weiter bestehenden

Schmerzen waren nach der GKKT beschwerdefrei. Ein Einfluss psychischer /psychiatrischer Begleiterkrankungen auf die Wirksamkeit der GKKT wurde nicht festgestellt.

Schlussfolgerung: Die Wirksamkeit der GKKT bei Erkrankungen der Lendenwirbelsäule ist überzeugend. Eine noch bessere Effizienz der GKKT ist wahrscheinlich durch die Erhöhung der Anzahl der Kälteexpositionen zu erreichen.

The assessment of pelvic statics in patients with spinal overload syndrome treated in whole-body cryotherapy (50)

In der Studie wird die Wirkung der GKKT auf das WS-Überlastungssyndrom untersucht.

Dieses Syndrom verursacht Schmerzen in der Lumbosacral-Region, im Beckenbereich und in den unteren Extremitäten. Die Mobilität des Hüftgelenkes ist gestört. Es bestehen Irritationen in Muskeln und Bändern des Beckens sowie dessen Dislokation mit inkorrekt Stellung der sacroiliakalen Knochen. Das wiederum ruft Überlastungen der lumbalen Wirbel und Muskelverspannungen hervor.

Methodik: 20 Patienten mit einem WS-Überlastungssyndrom, 13 Frauen, 7 Männer, mittleres Alter 47 Jahre (23 – 77 Jahre), unterzogen sich einem 20tägigen GKKT-Zyklus, 1 Exposition tägl. bei  $-130^{\circ}\text{C}$ , ED = 3 min. Die Prüfung der Therapieergebnisse erfolgte durch Messung der Länge derjenigen Beckenmuskeln, die in das Syndrom einbezogen waren, des Schmerzdrucks auf die Beckenbänder, den Pidelou-Test und das Patrick-Symptom. Die Prüfung wurde vor und nach der GKKT-Serie vorgenommen. Parallel zur GKKT erfolgten: Bewegungstherapie, Magine-Übungen, postisometrische Relaxation mit Hilfe der Mitchell-Methode für die Muskeln sowie für die intraspinalen, lumbosacralen und iliolumbalen Bänder und eine Neuromobilisation mit Hilfe der Butler-Methode. Ergänzt wurde die Therapie durch eine Ergometer-Belastung in horizontaler Körperposition.

Ergebnisse: Unter der GKKT in Verbindung mit den übrigen genannten Maßnahmen reduzierten sich effektiv der Schmerzdruck in den Bändern durchschnittlich um 20% und die Spannung in den Beckenmuskeln um durchschnittlich 30% signifikant.

Schlussfolgerung: Die GKKT erzielt in Verbindung mit einer Bewegungstherapie in der Behandlung des WS-Überlastungssyndroms klinisch ausreichende Ergebnisse.

## 2.3 Multiple Sklerose

Klinisch Studie zur Wirkung der GKKT bei Patienten mit einer Multiplen Sklerose (36)

Die positive Wirkung der GKKT auf chronische Schmerzen, spastische Muskulatur und Allgemeinbefinden gab Anlass zu ihrer Anwendung bei Patienten, die an einer Multiplen Sklerose erkrankt waren. Nach einer mehrere Jahre andauernden Beobachtungsphase, unter anderem im Kurzentrum Bad Bleiberg, wurde dann die klinische Studie im Kurzentrum Bad Vöslau konzipiert und durchgeführt.

Methodik: n = 13, 10 Frauen, 3 Männer, mittleres Alter 52 Jahre, ältester Patient 66, jüngster 38 Jahre. Mittlere Erkrankungsdauer 13 Jahre, längste 25, kürzeste 5 Jahre. Chronisch-progredienter Verlauf 10 Patienten, mittlere Erkrankungsdauer 13,4 Jahre; schubweiser Verlauf 3 Patienten, mittlere Erkrankungsdauer 12 Jahre. GKKT -110°C, ED = 3 min, 9 bis 12 Expositionen innerhalb von 6 Tagen. Zusätzlich täglich spezielle Einzel- und Gruppengymnastik. Die Therapieergebnisse wurden standardisiert durch ärztliche Untersuchung und Patientenbefragung ermittelt.

Ergebnisse: Bei den Kriterien „Allgemeine Befindlichkeit, Leistungsfähigkeit, Ermüdbarkeit bzw. Mattigkeit, Depressive Verstimmung, Spastik, Gliedmaßenschwäche, Mobilität und Schmerzen (es wurde nicht zwischen Schmerzen nocieptiver oder neuropathischer Ursache unterschieden) trat eine Besserung bzw. deutliche Besserung ein. Die Werte lagen je nach Kriterium zwischen 67% und 91% der Teilnehmer. Eine Zustandsverschlechterung war in 2 Fällen zu verzeichnen (1 mal Gliedmaßenschwäche, 1 mal Ermüdbarkeit). Bei 6 Patienten waren die Gleichgewichtsstörungen gemindert, 12 Patienten bezeichneten die GKKT als wohltuend. Als weniger gut beeinflussbar erwiesen sich Sprach-, Schlaf- und Blasenfunktionsstörungen sowie Mißempfindungen, Schwitzen und Zittern der Hände. Ein gesicherter Zusammenhang zwischen Therapieergebnis und Erkrankungsdauer konnte nicht nachgewiesen werden. Tendenziell war das Therapieprogramm bei schubweisem Verlauf der Erkrankung hinsichtlich der Kriterien „Allgemeine Befindlichkeit, Leistungsfähigkeit, Ermüdbarkeit/Mattigkeit, Gliedmaßenschwäche, Mobilität und Gleichgewichtsstörungen“ wirksamer als bei chronisch-progredientem Verlauf.

Schlussfolgerung: Die GKKT -110°C erwies sich in der untersuchten Patientengruppe als wirksame Therapieoption.

Anmerkung: Die Autoren bedanken sich bei der Selbsthilfegruppe Abensberg für die entgegenkommende Mitarbeit an dieser Studie.

The effects of whole-body cryotherapy on oxidative stress in multiple sclerosis patients (27)

Bei der MS treten sowohl immunvermittelte entzündliche Reaktionen als auch neurodegenerative Prozesse auf. In den degenerativen Prozessen spielt der OS eine bedeutende Rolle. ROS haben Einfluss auf die Demyelinisierung und auf axonale Störungen. Die ROS-Entstehung kann durch Hypothermie gehemmt werden.

Methodik: 16 MS-Patienten absolvierten 3 GKKT-Zyklen zu je 10 Expositionen. Während des letzten Zyklus wurde über 14 Tage Melatonin 10 mg täglich verabreicht. Bestimmt wurden die CAT, die SOD und der TAS.

Vorläufige Ergebnisse: Nach den GKKT-Zyklen war der TAS erhöht, zeitigte aber keine Auswirkung auf die antioxidativen Enzyme CAT und SOD. Nach der Melatonin-Gabe war die Aktivität der CAT und der SOD in den Erythrozyten erhöht.

## 2.4 Infantile Zerebralparese

Whole body cryotherapy and infantile cerebral palsy (38)

In der Studie wurde der Einfluss der GKKT auf die Infantile Zerebralparese bei Kindern, Jugendlichen und jungen Erwachsenen untersucht.

Methodik: An dem Studienprogramm nahmen 26 Patienten im Alter von 4 bis 26 Jahren teil. Sie waren in einem schlechten Fitnesszustand. Die GKKT (10 Expositionen -110°C, ED = 1,5 bis 2 min) war in ein Rehabilitationsprogramm eingeordnet. Dieses Programm umfasste polysensoriale Simulation, Bobath-Methode, Entspannungsmassage, Musik- und Sprachtherapie sowie eine pädagogische Therapie. Die Erfolgsbeurteilung erfolgte standardisiert durch Erzieher/Assistenten, Physiotherapeuten sowie Eltern bzw. Sorgfaltspflichtige.

Ergebnisse:

Summarischer Vergleich der beobachteten Reaktionen nach der GKKT während des Rehabilitationsprogramms und einen Monat danach

	Erzieher/Assistenten		Physiotherapeuten		Eltern/Sorgfaltspflichtige	
	Verh.-Merkmale	Anz. Pat.	Verh.-Merkmale	Anz. Pat.	Verh.-Merkmale	Anz. Pat.
positive Reaktionen	bessere Stimmung höhere Aktivität bei den Übungen	14	bessere Stimmung bessere Übungsakzeptanz	16	bessere Stimmung am Tag, ruhiger Nachtschlaf verbesserte spontane	18

	verminderte Spastik, leichteres Anziehen und Speisen		besserer Kontakt um Pat., verminderte Spastik, erhöhte spontane motorische Aktivität		motorische Aktivität verminderte Spastik leichteres Anziehen und Speisen, geringere Krankheitszeichen	
negative Reaktionen	vermehrter Speichelfluss Übererregbarkeit Tagesbenommenheit	9	Weinen Reizbarkeit	7	Reizbarkeit Einschlafschwierigkeiten	5
unverändertes Verhalten		3		3		3

Insgesamt konnten bei 14 Patienten positive Veränderungen erreicht werden (unter Beachtung aller Beobachtungen). Bei 3 Kindern kam es zu negativen Veränderungen. Die meisten positiven Veränderungen waren in der häuslichen Umgebung festzustellen.

Schlussfolgerung: Die GKKT ist geeignet, die Spastik zu verringern. Das ist nicht durch das direkte Einwirken der Kälte auf das Muskelgewebe begründet, sondern wird durch die Unterdrückung von Reflexbewegungen im Rückenmark bedingt.

## 2.5 Tinnitus

Evaluation of effectiveness of whole-body cryotherapy in patients with tinnitus (16)

Methodik: An der Studie nahmen 120 Tinnitus-Patienten (73 Frauen, 47 Männer) im Alter von 20 bis 68 Jahren teil. Sie wurden in 2 Gruppen eingeteilt.

Gruppe 1: 80 Patienten (39 bilateraler, 20 rechtsseitiger, 15 linksseitiger Tinnitus, 6 Tinnitus „im Kopf“, Beschwerdendauer 1 Monat bis 23 Jahre), GKKT -110°C 10 Expositionen in 2 Zyklen mit einer Wochenendpause, ED = 3 min. Nach der Kälteexposition erfolgte eine 45-minütige Bewegungstherapie. Die Erfolgsbewertung erfolgte nach Patientenangaben und

audiometrisch.

Gruppe 2: 40 Patienten, ohne GKKT. Keine weiteren Angaben verfügbar.

Ergebnisse: Patientenbefragung: Komplette Beseitigung des Tinnitus bei 4 Patienten, Intensitätsminderung bei 47 Patienten, leichte Besserung bei 16 Patienten, unveränderter Befund bei 13 Patienten. Audiometrie: Frequenzänderung des Tinnitus in 138 Ohren, Veränderung der Intensität in 91 Ohren. Eine Minderung der Hörschäden und des Hörverlustes konnte festgestellt werden.

Schlussfolgerung: Die GKKT kann in der Behandlung des Tinnitus effektiv sein.

## 2.6 Psychische Störungen

Whole-body cryotherapy and depressive symptoms (37, 43)

Ausgehend von der Beobachtung, dass die GKKT zu einer Stimmungsaufhellung führt, wurde der Einfluss der GKKT auf depressive Dysfunktionen untersucht. Es wurde von der Annahme ausgegangen, dass dabei serotoninerge und noradrenerge Hirnfunktionen beeinflusst werden.

Methodik: An der Studie nahmen 23 Patienten (18 Frauen und 5 Männer im Alter von 37 bis 70 Jahren teil., bei denen depressive Dysfunktionen in einer psychiatrischen Tagesklinik bzw. in einem klinischen Dispensaire behandelt wurden, einschließlich einer medikamentösen Therapie. Die GKKT erfolgte in 2 Serien zu jeweils 5 Expositionen innerhalb von 2 Wochen mit einer Wochenendpause. ED = 160 s, die Behandlungstemperatur wurde je in Abhängigkeit von der individuellen Adaptation von  $-110^{\circ}\text{C}$  stufenweise auf  $-150^{\circ}\text{C}$  in der letzten Exposition abgesenkt. Zur Messung der Depressionsintensität wurde die HDRS eingesetzt. Die Messung erfolgte vor und nach Abschluss der GKKT.

Ergebnisse: Unter den geprüften klinischen Symptomen war die Besserung der Schlafstörungen am auffälligsten. Die Verbesserungsrate lag für Einschlafstörungen bei 91%, für Schlafunterbrechungen bei 98% und bei zu frühem Erwachen bei 100%. Die Symptome „Langsames Denken, Aktivität, Unruhe und allgemeine somatische Symptome (z. B. Kopfschmerzen, Verlust an Körpergewicht)“ waren zu 80% gegenüber dem Zustand vor der GKKT positiv verändert. Die zu 80% gebesserten Positionen der HDRS „Niedergeschlagenheit, suizidale Gedanken und Tendenzen“ erscheinen ausreichend signifikant.

Schlussfolgerung: Vorbehaltlich weiterer Studien wird eingeschätzt, dass die GKKT hilft, depressive Symptome zu lindern. Sie kann eine ergänzende Therapie von Depressionen sein.



Can short-term exposure to extremely low temperatures be used as an adjuvant therapy in the treatment of affective and anxiety disorders? (42)

Methodik: Die Untersuchungsgruppe bestand aus 26 Patienten (18 bis 65 Jahre) mit affektiven bzw. Angststörungen. Im Verlauf von 3 Wochen absolvierten die Patienten 3 Therapiezyklen mit Wochenendpausen und jeweils 5 Kälteexpositionen bei  $-110^{\circ}\text{C}$  bis  $-160^{\circ}\text{C}$ , ED = 2 bis 3 min.

Die Kontrollgruppe bestand aus 34 Patienten. In beiden Gruppen wurde der Status (HDRS, HAS und LSS) zu Beginn und am Ende des 3-Wochen-Intervalls erhoben. Die medikamentöse Standardtherapie wurde in beiden Gruppen nicht unterbrochen.

Ergebnisse: HARS: in 11 von 14 Komponenten (gastrointestinale und urogenitale Symptome) statistisch signifikante Besserung im Vergleich zur Kontrollgruppe; HDRS: in 12 von 16 Komponenten (digestive und sexuelle Symptome, Hypochondrie, Körpergewicht, Kritikfähigkeit) im Vergleich zur Kontrollgruppe starke Besserung, desgleichen im Allgemeinzustand; LSS: ebenfalls starke Besserung in 6 von 11 Komponenten (körperliches Wohlbefinden, psychische Kondition, häusliche und berufliche Aktivität persönliche Interessen und allgemeine Lebenszufriedenheit) gegenüber der Kontrollgruppe.

Schlussfolgerung: Die GKKT mit extrem niedrigen Temperaturen mindert Depressions- und Angstsymptome signifikant und erhöht die Lebenszufriedenheit Betroffener.

Whole-body cryotherapy as adjunct treatment of depressive and anxiety disorders (41)

Methodik: s. (42)

Ergebnisse: HDRS-17 Score: Symptomabsenkung von 50% gegenüber dem Ausgangswert bei 34,6% der Patienten der Untersuchungsgruppe gegenüber 2,9% in der Kontrollgruppe.

HARS: 50%-ige Symptomabsenkung bei 46,2% der Patienten der Untersuchungsgruppe gegenüber 0% in der Kontrollgruppe.

Schlussfolgerung: Die GKKT kann eine mögliche Rolle als adjuvante Therapie bei Stimmungs- und Angststörungen spielen.

### 3. Nutzung im Leistungssport/in der Sportmedizin

#### 3.1 Hormonelle/enzymatische und funktionelle Reaktionen

Effects of the whole-body cryotherapy on NTproBNP, hsCRP and troponin I in athletes (4)

Bei 10 Rugby\_Spielern der italienischen Nationalmannschaft wurden vor und nach einer 1-wöchigen täglichen GKKA das NTproBNP, das hsCRP und das Tn I bestimmt. Die Spieler setzten dabei das normale Trainingsprogramm fort.

Ergebnisse: Der NTproBNP-Level war zunächst erhöht, kehrte aber auf ein normales Niveau zurück. Tn I und hsCRP blieben unverändert.

Schlussfolgerung: Die GKKT ist bei Elite-Athleten unschädlich für die Herzfunktion.

Effects of whole-body cryotherapy on serum mediators of inflammation and serum muscle enzymes in athletes (5)

GKKA werden eingesetzt, um Muskelverletzungen schneller zu beheben. Die empirischen Studien hierzu sind allerdings lückenhaft. Mit dieser Studie soll versucht werden, diese Lücke zu schließen.

Methodik: 10 Spieler der italienische Rugby-Nationalmannschaft absolvierten einen Zyklus von 5 GKKA 1 mal täglich innerhalb einer Woche, wobei das Training unverändert fortgesetzt wurde. Geprüft wurden u. a. die immunologischen Parameter IgA, IgM, IGE, CRP, PGE2, die Zytokine IL 2, 8 und 10, sICAM-1 und die Muskelenzyme CK und LAD vor und nach der GKKA.

Ergebnisse: Im Vergleich zu den Basiswerten waren die immunologischen Parameter unverändert, während die CK- und LAD-Spiegel absanken. Es wurden keine Beeinträchtigungen von immunologischen Funktionen gefunden. Die proinflammatorischen Zytokine sanken, und die antiinflammatorischen waren erhöht.

Schlussfolgerung: Die Konzentrationsveränderungen der CK und der LAD sowie der Zytokine weisen darauf hin, dass die GKKA positiv auf sportbedingte Muskelverletzungen und Muskelschädigungen, die durch intensives Training entstehen, gemindert werden.

### Time-Course of Changes in inflammatory Responses after Whole-Body Cryotherapy Multi Exposures following Severe Exercise (39)

Ziel der Studie war es zu prüfen, welchen Einfluss die GKKT -110°C, ED = 3min auf belastungsbedingte Muskelschädigungen und Entzündungen hat. Dazu absolvierten 11 ausdauertrainierte Männer 48-minütige Laufbandbelastungen alternativ mit einer passiven Erholung und einer Erholung einschließlich täglicher GKKA über 4 Tage. Die Probenentnahme erfolgte vor, unmittelbar sowie 24, 48, 72 und 96 Stunden nach der Belastung.

Ergebnisse: IL 1 $\beta$  – Spiegel (1h) und CRP (24 h) waren in der GKKT-Regeneration gegenüber der passiven Regeneration vermindert, der IL 1 $\alpha$  – Spiegel dagegen erhöht. Bei TNF- $\alpha$ , IL 10 und IL 6 ergab sich zwischen den beiden Regenerationsmustern kein Unterschied.

Schlussfolgerung: Die GKKA reduziert effektiv die entzündlichen Prozesse in der Muskulatur nach extremer Belastung. Man kann diesbezüglich von einem antiinflammatorischen Schutzeffekt der GKKA sprechen. Die notwendige Erholungszeit wird durch die positiven Effekte der GKKA auf immunologische Parameter und auf den Regenerationsprozess verkürzt.

### Effects of the whole-body cryotherapy on haematological values in athletes (2)

Ziel der Studie war es zu prüfen, ob durch die GKKA dopingartige Blutveränderungen entstehen können.

Methodik: 10 Spieler der italienischen Rugby-Nationalmannschaft absolvierten einen 5-tägigen GKKA-Zyklus, täglich 1 Exposition bei paralleler moderater Trainingsbelastung. Die Probenentnahme erfolgte vor und nach der GKKA.

Ergebnisse: Die Werte von WBC, RBC, Ht, MCV, PLT und Retics blieben nach der GKKA unverändert. Signifikant gesenkt waren die Werte von Hb, MCH, MVHC, MRV und IRF.

Auch 2 Wochen nach der GKKA war das MHbV ähnlich dem vor der GKKA und der Hb-Wert war nicht erhöht.

Schlussfolgerung: GKKA können für unethische Prozeduren nicht in Betracht gezogen werden.

### Beneficial effects of the whole-body cryotherapy on sport haemolysis (1)

In Anbetracht des breiten Wirkungsspektrums von GKKA wurde die Frage gestellt, ob Kälteexpositionen geeignet sind, die Sport-Hämolyse zu verhindern oder einzuschränken.

Das Risiko einer Sport-Hämolyse besteht bei Athleten generell. Prinzipiell kommt als Ursache für den beschleunigten „Turnover“ der Erythrozyten die intravaskuläre Hämolyse

in Betracht. Dieses Phänomen ist durch den mechanischen Bruch der Erythrozyten durch den Fußaufprall, durch die Muskelkontraktionen und durch osmotische Veränderungen, die die Membranfragilität beeinträchtigen, bedingt. Letztere Ursache ist besonders dann von Bedeutung, wenn die freien Radikale erhöht sind.

Methodik: 10 professionelle Rugby-Spieler der italienischen Nationalmannschaft absolvierten 5 Kälteexpositionen innerhalb einer Woche. Die Probenentnahme erfolgte vor und nach der GKKA. Die Trainingsbelastung wurde in dieser Zeit nicht verändert.

Ergebnisse: MSCV und hap waren nach der GKKA erhöht.

Schlussfolgerung: GKKA mindert die Sport-Hämolyse. Sie ist geeignet, den physiologischen Beeinträchtigungen, die durch die Hämolyse entstehen, vorzubeugen.

Influence of the ten sessions of the whole-body cryostimulation on aerobic and anaerobic Capacity (18)

Ziel der Studie war es zu prüfen, ob die GKKA (-130°C, 10 Expositionen, ED = 3min) die AEK und die AAEP verändert.

Methodik: 15 Frauen und 15 Männer unterzogen sich einer Ergometer-Belastung vor und nach den 10 Kälteexpositionen. Das venöse Blut wurde vor der ersten und nach der letzten Kälteexposition entnommen. Bestimmt wurden RBC, WBC, THRO, Hb und Ht.

Ergebnisse: Es konnte keine Veränderung der aeroben Kapazität nach GKKA festgestellt werden, aber eine Erhöhung der maximalen AAEP bei den Männern.

Schlussfolgerung: Die GKKA kann zur Verbesserung der AAEP bei Männern in Geschwindigkeits- und Kraftdisziplinen nützlich sein.

The effect of whole-body cryostimulation on the prooxidant – antioxidant balance in blood of the elite kayakers after training (63)

Das Verhalten der oxidativen – antioxidativen Balance wurde bei Elite-Kajakfahrern im Vergleich zu untrainierten Männern geprüft.

Methodik: Die Kajakfahrer absolvierten ein 10-tägiges Training. Vor den einzelnen Trainingseinheiten erhielten sie eine GKKA -120°C bis -140°C, ED = 3 min. Zur Kontrolle diente das Training ohne GKKA. Die Blutproben wurden vor Untersuchungsbeginn sowie am 6. und 10. Tag entnommen. Die untrainierten Männer erhielten 1 Kälteexposition. Bei ihnen wurden die Blutproben davor und 20 min danach entnommen.

Ergebnisse: Bei den untrainierten Männern bewirkte die GKKA eine Erhöhung der SOD und der GPx in den RBC und eine Erhöhung der CD im Plasma und in den RBC.

Bei den Kajakfahrern waren im Vergleich der beiden Trainingsarten nach 6 Tagen nach GKKA die CD im Plasma und in den RBC reduziert. Die TBARS waren 24% niedriger als nach dem Training ohne GKKA. Zum gleichen Zeitpunkt waren auch die SOD-Aktivität und die GPx-Aktivität stärker reduziert. Auch nach dem 10. Tag war die GPx-Aktivität im Vergleich zum Training ohne GKKA niedriger.

Schlussfolgerung: GKKT per se stimuliert die Generierung von reaktiven Oxygen-Spezies. Jedoch war der oxidative Stress, der beim Kajak-Training entsteht, nach vorheriger GKKA reduziert.

Effect of whole-body cryotherapy on the levels of some hormones in professional soccer players (20)

In der Studie wurden die Blutserum-Konzentrationen ausgewählter Steroid-Hormone E(2), T, DHEA-S und LH bei 22 Berufsfußballern (mittleres Alter 26,7 Jahre) nach 10 GKKA und anschließender Bewegungstherapie nach jeder Kälteexposition untersucht. Die Blutproben wurden vor und 2 Tage nach der GKKA-Serie entnommen.

Ergebnisse: Nach den 10 Kälteexposition waren die Konzentrationen von T (6,01 vs. 4,80 ng/ml,  $p < 0,01$ ) und E(2) (102,3 vs. 47,5 pg/ml,  $p < 0,00001$ ) signifikant abgesenkt, aber nicht die Konzentrationen von DHEA-S und LH, Das Verhältnis T/E(2) war signifikant von 72,2 auf 136,5 ( $p < 0,01$ ) erhöht.

Schlussfolgerung: GKKA führen zu einer signifikanten Senkung der Konzentrationen von T und E(2) im Serum und haben keinen Effekt auf die LH- und DHEA-S-Spiegel. Das Verhältnis T/E(2) wird durch die GKKT signifikant erhöht. Die beobachteten Veränderungen sind wahrscheinlich sowohl auf die durch die GKKA veränderte Alternanz der Blutversorgung der Haut und des subkutanen Gewebes, als auch auf die Modulation der Aktivität der Aromatase (Konversion von Testosteron und Androstendion zu Östrogen) zurückzuführen.

Whole-Body Cryotherapy in Athletes (3)

GKKT (-110°C bis 140°C) beeinträchtigt nicht die Knochenmarkfunktionen und reduziert die durch Sport induzierte Hämolyse. Der oxidative Stress wird geringfügig erhöht, wobei die wiederholten Expositionen keinen kumulativen Effekt bewirken. Im Gegenteil, die adaptiven

Veränderungen im antioxidativen Status werden sichtbar, wenn die GKKT dem intensiven Training vorausgeht oder es begleitet.

Die GKKT scheint für das IS harmlos zu sein. Die durch sie bewirkten Modulationen beeinträchtigen nicht die immunologischen Systemfunktionen. Die antiinflammatorischen Zytokine werden erhöht, die proinflammatorischen reduziert.

Die lysosomalen Membranen werden durch die GKKT stabilisiert, indem sie die potenziell negativen Effekte auf Proteine reduziert.

Die GKKT zeigt positive Effekte auf die Muskelenzyme Kreatinkinase und Laktatdehydrogenase. Die CM TNI und hsCRP (Schädigung des Herzmuskels und Beeinträchtigung der Geweberegeneration) sind nach GKKT unverändert, was die Unschädlichkeit der GKKT für den Herzmuskel beweist. NTproBNP ist nach GKKT erhöht, die Erhöhung fällt allerdings geringer aus als nach hoher Trainingsbelastung.

Die GKKT stimuliert nicht die Hypophysen-Nebennierenrinden-Achse. Die hormonellen Reaktionen nach GKKT weisen auf eine Stressadaptation hin.

Die GKKT beschleunigt die Heilung von Sportverletzungen.

Schlussfolgerung: Die GKKT ist für Athleten unschädlich, sie ruft keine spezifisch negativen Effekte hervor. Sie bewirkt keine Modulation von biochemischen und hämatologischen Parametern mit Bezugswert.

Messung der Haut- und Körpertemperatur nach einer Ganzkörperkältetherapie mit  $-110^{\circ}\text{C}$  bei Sportlern (47)

An der Studie nahmen 11 Leistungssportler teil, die im Rahmen eines stationären verletzungsbedingten Rehabilitationsprogramms die GKKT nutzten. Die ED betrug 4 min. Die Hauttemperatur wurde vor sowie unmittelbar nach und 5, 10 und 20 min nach der Kälteexposition mit einem Laserthermometer gemessen. Die Messpunkte, die sich an Brust, Schulterblatt, Unterarm, Oberschenkel und an der Wade befanden, waren zur Gewährleistung der Eindeutigkeit der wiederholten Messungen markiert. Die Körpertemperatur wurde mit einem Infrarotthermometer gemessen.

Ergebnisse: Nach Verlassen der Kältekammer war die Temperatur an den Hautmesspunkten durchschnittlich um etwa 50% gegenüber dem Kontrollwert gesunken, am stärksten an den Gliedmaßen. An den Waden lagen die Werte unter  $10^{\circ}\text{C}$ . Die Hauttemperatur steigt nach der Kälteexposition schnell wieder an. Nach 5 min verlangsamt sich der Anstieg, 20 min nach der GKKT liegt sie im Durchschnitt noch unter dem Bezugswert. Die Körpertemperatur

zeigte 5 min nach der GKKT eine Absenkung um  $0,63\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $p < 0,03$ ). 20 min nach der GKKT war der Ausgangswert noch nicht wieder erreicht.

Schlussfolgerung: Das relativ große Absinken der Körpertemperatur im Vergleich zu Messungen anderer Autoren ist wahrscheinlich auf die größere Expositionsdauer bei unseren Untersuchungen zurück zu führen. Das Absinken der Hauttemperatur wird als Ursache für die Auslösung der Wirkmechanismen (Reflexe und neuroendokrine Prozesse) der GKKT angesehen.

Messung des arteriellen Blutdrucks und des Pulses von Sportlern nach einer vierminütigen Kältetherapiesitzung (46)

An der Studie nahmen 14 Sportler (keine kardio-vaskulären Beschwerden) teil, die im Rahmen eines stationären verletzungsbedingten Rehabilitationsprogramms die GKKT nutzten. Blutdruck und Herzfrequenz wurden vor, unmittelbar und 5min nach der GKKT gemessen. Ergebnisse: Herzfrequenz, systolischer arterieller und mittlerer arterieller Blutdruck sind unmittelbar nach der GKKT leicht erhöht, der Anstieg des systolischen Wertes ist signifikant ( $p < 0,05$ ). Der diastolische arterielle Blutdruck war praktisch unverändert. Die Messung 5 min nach der GKKT ergab, dass die Herzfrequenz, der diastolische Blutdruck und der mittlere arterielle Blutdruck unter, während der arterielle leicht über den Bezugswerten lagen.

Schlussfolgerung: Die Veränderungen des arteriellen Blutdrucks bei Leistungssportlern nach GKKT  $-110^{\circ}\text{C}$ , ED = 4min, sind sehr diskret, und die Bezugswerten werden nach der GKKT schnell wieder erreicht. Das Absinken der Herzfrequenz nach der GKKT ist ein bekanntes Phänomen bei Leistungssportlern, das auf eine parasymphomimetische Wirkung der GKKT zurück geführt werden könnte.

### 3.2 Sportliche Leistungsfähigkeit und Regeneration

Ausdauerleistung nach Kälteapplikation (13)

Methodik: 17 männliche Sportstudenten, )21 bis 24 Jahre alt, mittlere bis gehobene Ausdauerleistungsfähigkeit), GKKA- $110^{\circ}\text{C}$ , ED = 2,5 min als Precooling. Anschließend 20 min Fahrradergometerbelastung: Aufwärmphase 130 bis 150 Watt je 3 min, anschließend im 2-min-Wechsel 250 bzw. 150 Watt.

Ergebnisse: Bei der Belastung nach Precooling vs. Belastung ohne Precooling waren der Kalorienverbrauch hoch signifikant niedriger, das Laktat deutlich geringer und die Herzfrequenz hoch signifikant niedriger.

Schlussfolgerung: GKKA können sinnvoll zur Förderung der Regeneration eingesetzt werden, z. B. zwischen zwei Trainingseinheiten am selben Tag.

Wirkung einer Ganzkörperkälteapplikation (Kältekammer bei minus 110°C) auf die Ausdauerleistungsfähigkeit (14)

Die Studie prüft, ob sich eine wettkampfnaher Ausdauerleistung nach GKKA -110°C gegenüber einer GKKA-freien Kontrolle verbessert.

Methodik: 23 durchschnittlich ausdauertrainierte Probanden (8 Frauen, 15 Männer) absolvierten auf einem handelsüblichen Laufband eine Belastung, bei der die Laufgeschwindigkeit 95% der Maximalgeschwindigkeit betrug, bis zum individuellen Leistungsabbruch. Gemessen wurden die Laufleistung, die HF, das Laktat sowie die Haut- und die Tympanaltemperatur.

Ergebnisse: Die Laufleistungssteigerung nach GKKA vs. ohne GKKA betrug 18,6% (Männer 21%, Frauen 12,8%). Die HF-Werte zeigten keinen signifikanten Unterschied, d. h. die Steigerung der Laufleistung wurde mit annähernd gleicher HF erreicht. Die für die Leistungssteigerung optimale ED liegt bei 2 bis 2,5 min. Die Tympanaltemperatur war nach Verlassen der Kältekammer um 0,4 +/- 0,27 °C ( $p < .001$ ) abgesunken, die Hauttemperatur um 5,11 +/- 1,78 ( $p < .001$ ). Die Tympanaltemperatur war auch während der Belastung und bei Leistungsabbruch noch signifikant niedriger als in der Kontrolle. Das bedeutet, dass die gesteigerte Laufleistung bei niedrigerer Körperkerntemperatur erbracht wurde, als in der Kontrolle. Die Tympanaltemperatur nach GKKA bleibt während der gesamten Belastung auf dem um 0,4°C niedrigeren Niveau (im Vergleich zur Kontrolle). Die Laktatwerte waren unter der Laufbelastung nach GKKA höher (7,07 +/- 1,60 mmol/l) als bei der Kontrolle (5,81 +/- 1,75 mmol/l,  $p < .05$ ). Das Abbruchlaktat wies keine signifikante Differenz gegenüber der Kontrolle auf (8,11 +/- 1,59 mmol/l vs. 8,88 +/- 1,97 mmol/l).

Schlussfolgerung: GKKA -110°C, ED = 2:20 min bedingt eine Absenkung der Tympanaltemperatur um 0,4°C und der Hauttemperatur um 5,1°C. Nach GKKA wird eine Laufzeitverbesserung von 18,6% erreicht. Während der verlängerten Laufzeit bleibt die Tympanaltemperatur signifikant abgesenkt. HF und Abbruchlaktat sowie das Belastungsempfinden unterscheiden sich nach Belastung unter Precooling-Bedingung nicht signifikant von der Kontrolle.



Die Bedeutung der Kälteapplikation als Instrument der Leistungssteuerung in Training und Wettkampf (12)

Eine deutliche Erhöhung der KKT und ein Wärmeüberschuss führen zu einer Leistungsmin-  
derung: ungünstige Verteilung der Blutmenge vom Körperzentrum zur Körperperipherie mit  
Einschränkung der kardialen Ökonomie; Blutunterversorgung der Muskulatur (Minderung der  
Sauerstoffversorgung, vermehrte anaerobe Energiebereitstellung, früher einsetzende Laktat-  
bildung, frühere Ermüdung); Minderung der maximalen Sauerstoffaufnahme bis zu 25%.

Im Ergebnis mehrerer Studien (Belastung mit Kälteapplikation) wird geschlussfolgert, dass  
Kälteapplikationen geeignet sind, die Regenerations- und Erholungsfähigkeit zu verbessern.  
Kälteanwendung ist im Gegensatz zu Wärmeanwendung in der Lage, kurzfristig eine mobili-  
sierende Wirkung auszulösen. Sie kann deshalb leistungsfördernd in Trainings- und Wett-  
kampfpausen, bei Auswechselspielern und bei Intervallbelastungen angewendet werden. Be-  
sonders positiv ist hierbei die Kälteapplikation bei hohen Umgebungstemperaturen.

Kälteapplikation – Ein Einblick in den Forschungsgegenstand (56)

Mit Bezug auf die gegenwärtige wissenschaftliche Literatur und auf eigene Untersuchungen  
werden die leistungssteigernden und regenerationsfördernden Potenzen von Kälteapplikationen  
erörtert:

Eine Erhöhung der KKT auf etwa 38,5 bis 39°C durch die „Aufwärmphase“ vor dem Wett-  
kampf hat negative Auswirkungen auf die Leistung. Ein Verzicht auf Maßnahmen zur Erhö-  
hung der KKT hat positive Effekte: „Zunahme der aeroben und anaeroben Enzymaktivität, er-  
höhte Sensibilität der Sinnesrezeptoren und dadurch eine Optimierung der sensorischen und  
koordinativen Leistungsfähigkeit, höhere Laktatelimination und auch Verletzungsprophy-  
laxe.“

Bei einer reduzierten KKT um 0,9°C ist bei Spitzenathleten eine Leistungsverbesserung von  
etwa 1% möglich. Sportler mit mittlerem Leistungsniveau können nach GKKA eine Leis-  
tungsteigerung von ca. 12 % erreichen.

Nach GKKA -110°C ist die HRV unter Ruhebedingungen statistisch signifikant erhöht (Do-  
minanzsteigerung des Parasympathikus als Zeichen einer verbesserten Regenerationsfähig-  
keit). Im Vergleich „Trainierte – weniger Trainierte“ konnte gezeigt werden, dass der diesbe-  
zügliche GKKA-Effekt bei ersteren um ein Vielfaches höher ist. Das bedeutet, dass Trainierte  
besser auf die GKKA reagieren als Untrainierte. Die GKKA bewirkt in der Regenerations-  
phase eine stärkere Zunahme der HRV im Zeitverlauf, als unter GKKA-freien Kontrollbedin-

gungen. Mit zunehmender Belastungsdauer nimmt diese Differenz weiter zu. „Diese ansteigende Differenz deutet auf eine mit der Zeitdauer zunehmende Positivwirkung der GKKA bei  $-110^{\circ}\text{C}$  hin“ (Ückert).

Neuromuscular adaptation after repeated exposure to whole-body cryotherapy ( $-110^{\circ}\text{C}$ )  
(59, 60)

Das Ziel dieser Studie bestand in der Prüfung der neuromuskulären Leistung nach einer einzelnen und nach wiederholten GKKA  $-110^{\circ}\text{C}$ . Dazu absolvierten 14 gesunde Probanden einen standardisierten Sprungkrafttest (Drop-Jump).

Ergebnis: Nach einer einzigen GKKA war die Flugzeit signifikant ( $p < 0,05$ ) verkürzt. Diese Verkürzung war nach wiederholten GKKA nicht mehr nachzuweisen. Diese offensichtliche Adaptation war von einer verminderten Ko-Kontraktion der Unterschenkelmuskulatur während des Sprungs begleitet (Elektromyographie des M. gastrocnemius medialis).

Schlussfolgerung: Bei dynamischen Übungen kann die neuromuskuläre Funktion an die GKKA adaptieren. Dadurch könnte es möglich sein, den Effekt therapeutischer Übungen durch Kälteanwendung zu erhöhen.

### 3.3 Sportverletzungen

Interesse der Sportler an der Ganzkörperkältetherapie (45)

Das Interesse von Leistungssportlern an der GKKT  $-110^{\circ}\text{C}$  wurde durch Befragung im Rahmen eines stationären Rehabilitationsprogramms ermittelt. Befragt wurden 587 Sportler, die im Durchschnitt 15,7 Behandlungen in der Kältekammer hatten (ED: 1. Exposition 2 min, dann Steigerung auf maximal 4 min). Die mit der GKKT behandelten Beschwerden (Zustände nach stumpfen Traumen bzw. nach verletzungsbedingten Operationen) lassen sich wie folgt lokalisieren: Knie – 399, Knöchel – 54, Schulter – 46, WS – 47, sonstige – 41. Von den 276 Sportlern, die unter Schmerzen litten, schreiben 72% der GKKT eine kurzfristige schmerzlindernde Wirkung zu, eine dauerhaft schmerzlindernde Wirkung geben 50% an. 84% der Befragten gaben an, dass die GKKT ihre physische Form verbessert habe, und 87% bestätigten eine Verbesserung der Regenerationsfähigkeit. 60% der Sportler sind der Meinung, dass die GKKT ihr Wohlbefinden verbessert habe, und 47% haben eine positive Wirkung auf ihr Schlafverhalten festgestellt. 70% der Befragten sind der Meinung, dass die GKKT zu den Genesungsfortschritten beigetragen hat. Insgesamt 95% mit der GKKT zufrieden.

Schlussfolgerung: Von besonderer Bedeutung scheint die GKKT im Rahmen des Rehabilitationsprogramms für die Schmerzlinderung, die wieder zu erlangende Leistungsfähigkeit, das Schlafverhalten und das Allgemeinbefinden zu sein.

Physiologische Grundlagen von Ganzkörperkälteanwendungen, leistungsfördernde Aspekte und ihre Nutzung bei der Behandlung von Sportverletzungen (33)

Die bisher überwiegend im klinischen und rehabilitativen Bereich gesammelten Erfahrungen zur Anwendung der GKKT bei stumpfen Verletzungen, chronischen Schmerzen, Zuständen nach Gelenk- und WS-Operationen und chronisch-entzündlichen Prozessen, sprechen dafür, die GKKT auch bei Sportverletzungen zu nutzen. Erste, vielversprechende Erfahrungen liegen dazu bereits vor.

Welche Effekte, die sich bei Verletzungen positiv auswirken, sind durch serielle GKKT erreichbar? Beschleunigte Entzündungsrückbildung, zeitige Aufhebung der muskulären Passivität, Verhinderung längerer Beweglichkeitseinschränkungen von Gelenken, verbesserte Rekrutierung motorischer Einheiten, stärkere Muskeldurchblutung und Stoffwechselaktivierung in der Muskulatur, Verringerung von Störungen der Tiefensensibilität, besonders bei Gelenkverletzungen infolge langer Ruhigstellung, Vorbeugen von Atrophien in der Muskulatur und in bindegewebigen Strukturen, Reduzierung des Risikos von Folgeverletzungen und schließlich die Verkürzung von Passivzeiten.

Von nicht geringer Bedeutung ist die positive Wirkung der GKKT auf das häufig infolge von Verletzungen gestörte Schlafverhalten und auf das in Mitleidenschaft gezogene Allgemeinbefinden.

Daraus folgt, dass die GKKT bei folgenden Verletzungen/Zuständen/Beeinträchtigungen eingesetzt werden kann: Kontusionen und Ergüsse in der Muskulatur (mit reflektorischer bzw. willkürlicher Hemmung der Muskelaktivität, Kontusionen in Gelenknähe, Bänderüberdehnungen und entzündliche Prozesse in den Gelenken (mit reflektorischer bzw. willkürlicher Hemmung der Muskelaktivität, schmerzhafte Sehnenansätze (mit Begleitentzündung), Zustände nach verletzungsbedingten operativen Eingriffen, reflektorische Muskelverspannungen bei Entzündungen/Schmerzen, muskuläre Dysbalancen und Seitendifferenzen, verkrampfte und unrythmische Bewegungen mit Beeinträchtigung der Atemfunktion, reaktive psychische Beeinträchtigungen und Schlafstörungen.

Ganzkörperkältetherapie bei kindlichen und jugendlichen Sportlern – Verletzungen bzw. Regeneration (58)

In die GKKT -110°C waren 15 Sportler im Kindes- bzw. Jugendalter einbezogen, Altersgruppe 1: 7 -14 Jahre = 7, Altersgruppe 2: 15 – 16 Jahre = 8. Die durchschnittliche Expositionsanzahl betrug in der Altersgruppe 1 5,7 und in der Altersgruppe 2 8,0 die durchschnittliche ED in der Altersgruppe 1 2,8 min, in der Altersgruppe 2 3,5 min. Bei allen Sportlern war ein positives Therapieergebnis zu verzeichnen. Es gab weder Nebenwirkungen noch Therapieabbrüche.

Schlussfolgerung: Die Ergebnisse, die bei dieser Patientengruppe erreicht wurden, sprechen für eine gute Wirkung und Verträglichkeit der GKKT -110°C in diesen Altersgruppen.

## 4. Diskussion und Schlussfolgerungen

### 4.1 Theoretische Aspekte

#### Oxidative/antioxidative Balance (8, 23, 25)

Das Verhalten einiger enzymatischer Scavenger nach GKKA lässt vermuten, dass es nach der Kälteeinwirkung zu Schwankungen einiger dieser Enzyme kommt, die auf ein passageres Anheben des oxidativen Potenzials zurückzuführen sein könnten. Die hierzu vorliegenden Daten müssen allerdings relativiert werden. Eine Verallgemeinerung ist schwierig, da sich die antioxidativen Enzyme nach der GKKT nicht gleichgerichtet verhalten. Auch das Verhalten der totalen antioxidativen Kapazität führt zu keinem eindeutigen Schluss, zumal sie nach GKKA nur initial erhöht zu sein scheint, nach kurzer Zeit aber wieder abfällt, bzw. nach GKKA-Serien absinkt. Außerdem bedeutet eine Erhöhung der totalen Kapazität und auch einiger Scavenger nicht zwangsläufig, dass eine Erhöhung des Radikalen-Niveaus vorgelegen hat bzw. vorliegt. Es ist durchaus möglich, dass die GKKT eine Absenkung des Radikalen-Niveaus zur Folge hat, wodurch das antioxidative Potenzial reaktiv zurückgefahren wird. Wie wir im leistungssportlichen Teil der Diskussion noch sehen werden, muss offensichtlich bei der Betrachtung dieses Problems das Produktionsniveau von Radikalen in Rechnung gestellt werden.

#### Hormone, Interleukine und $\beta$ -Endorphin (21, 22, 28, 40, 51)

Von besonderer Bedeutung für die Akzeptanz der GKKT sind die Ergebnisse von Untersuchungen zum Verhalten der Spiegel des Somatotropins, des Prolaktins, des Thyrotropins und von Schilddrüsenhormonen. Selbst nach wiederholten und über einen längeren Zeitraum erfolgten Kälteexpositionen traten bei gesunden Frauen keine Sekretionsstörungen dieser Hormone auf. Die nach GKKT abfallenden ACTH- und Kortisolwerte bestätigen, soweit es das Kortisol betrifft, frühere Untersuchungsergebnisse (Stratz et al. 1998). Der Zusammenhang dieses Ergebnisses mit der psychisch und emotional ausgleichenden Wirkungskomponente von seriellen GKKA ist naheliegend und würde auch die ausbleibende und auch nicht erwünschte Stimulierung der Hypophysen-Nebennierenrinden-Achse unterstützend erklären. Die Konzentrationen von proinflammatorischen Zytokinen bleiben bei gesunden Personen nach GKKT unverändert. Damit werden gleichfalls frühere Untersuchungsergebnisse bestätigt (Fricke 1994), wonach GKKA eine Depression dieser Zytokine bei entzündlich-rheumatischen Erkrankungen bewirkt, soweit es sich um eine Expositionstemperatur von unter 100°C

handelt. So wurden IL 1 und TNF- $\alpha$  nach 9 Expositionen bei -110°C signifikant bei RA- und SPA-Patienten gesenkt (21). Dagegen konnte bei RA- und SPA-Patienten nach einer Exposition bei -80°C kein Einfluss auf die Lymphozytenpopulation festgestellt werden. (28).

Konzentrationserhöhungen von  $\beta$ -Endorphin wurden immer wieder diskutiert, weil bei vielen Patienten besonders nach serieller GKKA eine deutliche Stimmungsaufhellung zu verzeichnen ist. Die hier vorliegenden Ergebnisse konnten den vermuteten Anstieg aber nicht bestätigen, jedenfalls soweit es sich bei den Probanden um gesunde Personen handelt. Das Verhalten von  $\beta$ -Endorphin ist im Zusammenhang mit seiner schmerzblockierenden Wirkung im RM zu sehen. Das zeigt sich deutlich nach Einsetzen der Schmerzlinderung bzw. -aufhebung durch die Kältewirkung im reaktiven Abfallen des  $\beta$ -Endorphinspiegels (Stratz 1998).

Blutdruck, Herzschlagfrequenz und Herzfrequenzvariabilität (24, 22, 46, 56, 62)

Die GKKA führt bei gesunden jungen Probanden (auch bei Leistungssportlern) unmittelbar nach der Kälteeinwirkung zu einem signifikanten Anstieg des arteriellen Blutdrucks. Dagegen bleibt der diastolische Wert bei den Leistungssportlern praktisch unverändert und zeigt auch in der anderen Probandengruppe nur eine Erhöhung im nichtsignifikanten Bereich. Der diastolische Druck zeigt bei den Leistungssportlern in der Wiedererwärmungsphase die Tendenz, unter den Kontrollwerten zu bleiben. Natürlich wäre der Anstieg des arteriellen Blutdrucks unter dem Gesichtspunkt einer kälteinduzierten Stresssituation zu diskutieren, es scheinen aber die durch die kurzfristige Blutumverteilung reaktiv bedingten Anpassungsvorgänge in der Herzkreislaufregulation auch von Bedeutung zu sein.

Das unterschiedliche Verhalten von Adrenalin und Noradrenalin (die Untersuchungsergebnisse sind im Vergleich zu früheren widersprüchlich), und auch des Kortisols, nach GKKA macht hierzu weitere Studien notwendig. Während einerseits ein kräftiger Adrenalinanstieg und ein unverändertes Verhalten von Noradrenalin gefunden wurden, ergaben andere Untersuchungen den gegenteiligen Befund. Die Erhöhung des peripheren Gefäßwiderstands durch den erhöhten Noradrenalin Spiegel wäre eine denkbare Erklärung für den Anstieg des systolischen Wertes.

Das Absinken der Herzschlagfrequenz könnte auf die parasympathomimetische Wirkung der GKKA zurück geführt werden, die offensichtlich bei physisch hoch Trainierten besonders zur Geltung kommt. Das Ansteigen der Herzfrequenzvariabilität nach GKKT unterstreicht deutlich auch deren parasympathomimetische Wirkung.

## Lungenfunktion (52)

Hierzu konnte nur eine Studie ausgewertet werden, in der nach wiederholter GKKA eine geringe Bronchokonstriktion festgestellt wurde. In diesem Zusammenhang soll noch einmal das Problem der GKKT des Asthma bronchiale erörtert werden, zumal die Autoren zu Recht auf die gebotene Vorsicht hinweisen. Menger (1997) hat darauf aufmerksam gemacht, dass junge Asthmatiker (kälteasthmatische Disposition) ausgesprochen positiv auf einen kurzen Ganzkörperkältereiz reagieren, übrigens im Gegensatz zu einer über längere Zeit eingeatmete winterliche Kaltluft bei ansonsten kältengeschützter Körperoberfläche. Eigene Beobachtungen sprechen ebenfalls für eine positive Wirkung der GKKT als additive Behandlungsmethode (31). Bei Asthmatikern kann es sogar nach der GKKT kurzfristig zu einer völligen Beschwerdefreiheit kommen. Die Kommentierung dieser Befunde kann nur als ein Erklärungsversuch angesehen werden. Zwei Faktoren scheinen aber von Bedeutung zu sein. Das ist erstens eine mögliche bronchodilatatorische Wirkung, verursacht durch den während der GKKT beobachteten Adrenalinanstieg, und zweitens die erhebliche expessorische Wirkung der eingeatmeten verdichteten Kaltluft, die sich bei Körpertemperatur in der Lunge ausdehnt.

Bei wiederholter GKKA ist auch von einem positiven Effekt auf den chronisch-entzündlichen Zustand auszugehen, bedingt durch die systemisch-antiphlogistische Wirkung der GKKA.

## Hautoberflächentemperatur und Körperkerntemperatur (19, 47, 61)

Das Absenken der Hautoberflächentemperatur während der GKKA wird als hauptsächliche Ursache (plötzliche Veränderung der Entladungsrates der Kältsensoren mit Wirkungspotenzial auf spinaler/zerebraler Ebene) für die Auslösung der neural-relektorischen Vorgänge angesehen, die letztendlich die einzelnen therapeutischen Wirkungskomponenten bedingen (31). Der entscheidende Grenzwert scheint bei  $5^{\circ}\text{C}$  zu liegen (Häbler, Jänig 1986; Köck 2000). Dieser Wert ist in den gegenwärtig verwendeten kältetherapeutischen Einrichtungen bei einer Lufttemperatur ab ca.  $-100^{\circ}\text{C}$  innerhalb der üblichen Expositionsdauer von 3 min zu erreichen (z. B. Icelab  $-110^{\circ}\text{C}$ , ZimmerMedizinSysteme). Es wäre anzustreben, bei wissenschaftlichen Untersuchungen von Wirkungen der GKKA die Hautoberflächentemperatur zu messen und nach Möglichkeit den Nachweis anzutreten, dass der Grenzwert erreicht wurde. Bei einer Umgebungstemperatur von  $-110^{\circ}\text{C}$  wird er nach etwa 2 min erreicht (19), das heißt, die eigentliche Wirkzeit beträgt bei einer Expositionsdauer von 3 min tatsächlich nur 1 min. Übrigens wird der Grenzwert bei einer Lufttemperatur von  $-80^{\circ}\text{C}$  und darüber in vertretbaren Expositionenzeiten nicht erreicht (19).

Auch konstitutionelle (subkutanes Fettgewebe mit seiner Isolierfunktion) und geschlechtsspezifische (geringere Kältetoleranz der Frauen gegenüber derjenigen der Männer) Faktoren (61) beeinflussen das Absinken der Temperatur erheblich und müssen deshalb bei der Beurteilung von Studienergebnissen berücksichtigt werden. Die Messung sollte während der GKKA vorgenommen werden.

Da der therapeutische Erfolg der GKKA ganz wesentlich von den geschilderten Faktoren abhängig ist, sollten sie uneingeschränkt Berücksichtigung finden.

Die Messungen der Körperkerntemperatur nach der GKKA ergaben Absinkwerte zwischen 0°C bei einer Expositionszeit von 2min (Ruhebedingungen) (61) und 0,4°C bei einer Expositionszeit von 2 bis 2,5 min (wettkampfnaher Ausdauerleistung) (14) bzw. 0,63°C bei einer Expositionszeit von 4 min (Leistungssportler, Ruhebedingungen) (47).

Auf die für die leistungssteigernde Wirkung von GKKA erforderlichen Temperaturverhältnisse wird weiter unten eingegangen.

## 4.2 Therapeutischer Bereich

Entzündlich-rheumatische Erkrankungen (6, 7, 10, 19, 21, 26, 28, 32, 48, 49, 53, 54)

Die gegenwärtig gebräuchliche Expositionsanzahl liegt bei Erwachsenen zwischen 9 und 16. Die erreichten Therapieergebnisse sprechen dafür, dass diese Anzahl offensichtlich ausreichend ist. Die Ergebnisse der GKKT lassen sich wie folgt dokumentieren: Die Akut-Phase – Proteine werden gesenkt, desgleichen die proinflammatorischen Interleukine und die Blutsenkungsgeschwindigkeit. Der Aktivitätsindex bei Patienten mit einer Spondylitis ankylosans sinkt deutlich, maximal von 5,01 auf 2,7. Die Schmerzreduktion auf der Analogskala ist signifikant, die Druckschmerzschwelle wird signifikant angehoben, bei Frauen stärker als bei Männern. Die Schmerzreduktion ist nach 2 Monaten noch nachweisbar. Im Vergleich zu lokalen Kälteanwendungen ist die Schmerzreduktion nach GKKT am größten. Eine Reduzierung der Medikamente (Nichtsteroidale Antirheumatika) zwischen 30 und 40% kann erreicht werden. Die Verbindung der GKKT mit bewegungstherapeutischen Elementen ist essentiell. Bei Kindern und Jugendlichen ist die Expositionsanzahl wesentlich kleiner, sie liegt bei 3 bis 4 (32).



### Fibromyalgie (44, 53)

Der Schmerz lindernde Effekt der GKKT bei der Fibromyalgie ist subjektiv und objektiv nachweisbar. Nach einmaliger GKKA reduziert sich der Wert auf der Visuellen Analogskala von 5,4 auf 2,6. Dolorimetrisch wird dieser Wert bestätigt. Die Schmerzschwelle wird von 1,3 auf 2,2 kg angehoben. Im Vergleich zu Wärmepackungen sind diese Ergebnisse eindeutig besser. Die ausbleibende Veränderung der Akut-Phase-Proteine nach GKKT dokumentiert den nichtentzündlichen Charakter der Fibromyalgie.

### Chronische Schmerzen, Wirbelsäulensyndrome (9, 15, 29, 30, 50)

Die beiden großen Studien (654 bzw. 461 Patienten) zur GKKT chronischer Schmerzen unterschiedlicher Ursache bestätigen sehr eindeutig das Schmerzlinderungspotenzial dieser Behandlungsmethode. Hervorzuheben ist die Langzeitwirkung über 3 Monate hinaus, von der der überwiegende Teil der Patienten profitieren konnte (9, 15). Auf eine nach Möglichkeit unmittelbar auf die GKKT folgende Bewegungstherapie sollte nicht verzichtet werden.

Bei einer relativ großen Expositionszahl kann auch beim Wirbelsäulen-Überlastungssyndrom eine klinisch bedeutsame Reduktion des Schmerzdrucks erreicht werden.

Von besonderem Interesse ist die GKKT des Sudeck-Syndroms und der Phantomschmerzen (30), da zu Erfolgsaussichten bei diesen Krankheitsbildern bisher keine oder nur wenige Erfahrungen vorliegen. Außerdem wurden sie im GKKT-Konsensus-Dokument (35) bisher weder als Indikation, noch als Kontraindikation geführt. Die erreichten und durchaus positiven Ergebnisse könnten Veranlassung sein, diese Therapieoption neuropathischer Schmerzsyndrome unter Beachtung der vom Autor genannten Einschränkung weiter zu verfolgen.

### Multiple Sklerose (27, 36)

Es ist seit langem bekannt, dass sich Patienten, die unter einer Multiplen Sklerose leiden, nach kurzer Kälteeinwirkung nicht nur wohler fühlen, sondern dass auch einige Symptome dieser Erkrankung gemildert sind. Mit den Kältetherapiekammern sind sehr gute medizintechnische Voraussetzungen geschaffen worden, um diese Effekte voll wirksam werden zu lassen. Entscheidend für den therapeutischen Erfolg, der fraglos gegeben ist (36), ist die Individualität des therapeutischen Ansatzes. Die GKKT muss individuell dosiert werden, um bestimmte Überreaktionen, z. B. zu starke und zu schnelle Reduktion der Spastik, auszuschließen. Die krankengymnastische Beübung/Physiotherapie/Bewegungstherapie muss ebenfalls thematisch

und belastungsseitig individuell vorgenommen werden, und zwar unter Beachtung des jeweils erreichten Ergebnisses der GKKT. Hervorzuheben ist die allgemein sehr hohe Compliance der MS- Patienten, aber auch die Tendenz, sich mit Besserung des Wohlbefindens und Zunahme der allgemeinen Leistungsfähigkeit, stark zu belasten.

Eine Wertung der nur sporadisch vorliegenden Erkenntnisse zur Wirkung der GKKT auf die oxidativen Prozesse der Neurodegeneration kann zur Zeit noch nicht erfolgen.

### Infantile Zerebralparese (38)

Die einzige vorliegende Studie bestätigt eindrucksvoll die bekannte positive Wirkung der GKKT auf die Symptomatik dieses Krankheitsbildes. Das Prinzip, den Übungen kurzzeitige Kälteexpositionen vorzuschalten, ist nicht neu. Erfahrene Muskeltherapeuten haben das schon vor Jahrzehnten praktiziert, allerdings in Form von unangenehmen Kaltwasserbädern, erreichten damit aber offensichtlich auch eine gewisse Entspannung der Muskulatur.

Man muss sich darüber im Klaren sein, dass die GKKT zwar sehr gute, aber eben nur Voraussetzungen für die weiteren therapeutischen Vorgehensweisen schaffen kann ( Lösen des Spasmus durch synaptische Intervention im Zusammenspiel der  $\alpha$ - und  $\gamma$ -Motoneuronen, Stimmungsaufhellung und die besonders durch diese beiden Faktoren erreichte Verbesserung des Sozialverhaltens). Bewährt hat sich die Erfolgsbewertung anhand des „Gross Motor Function Measure“ (Russell 1989).

Der Einsatz der GKKT zur Behandlung der Infantilen Zerebralparese wirft zwangsläufig die Frage nach der Kältetherapiefähigkeit von Kindern auf. Grundsätzlich kann man davon ausgehen, dass die GKKT ab dem 4. Lebensjahr unproblematisch ist. Mindestens bis zum 6. Lebensjahr sollte allerdings mit verkürzten und nur sukzessiv gesteigerten Expositionszeiten gearbeitet werden (s. a. 31, 32).

### Tinnitus

Erste Hinweise auf eine mögliche positive Wirkung der GKKT auf den Tinnitus gab es schon 1998 (Peter, Inselklinik Heringsdorf Haus Kulm). Die Autoren der vorliegenden Studie können über sehr gute Ergebnisse nach einer 2-wöchigen GKKT berichten. Es dürfte kaum eine andere Tinnitus-Therapie genannt werden können, die einen ähnlichen Effekt in so kurzer Zeit erreicht, vorbehaltlich der Evaluierung der Langzeitwirkung der GKKT.

#### Psychische Störungen (37, 41, 42, 43)

Auch hier sei der Hinweis gestattet, dass die GKKT bereits 1999 zur Linderung der Symptomatik reaktiver depressiver Zustände angewendet wurde (Sowa, Inselklinik Heringsdorf Haus Kulm). Als Ausgangspunkt für die Wirkung der GKKT bei depressiven Zuständen darf ihr regulierender Einfluss auf das zentrale Aktivitätsniveau, auf die Stimmungslage und auf das vegetative Nervensystem angesehen werden. Die vorliegenden Studien belegen die signifikant positiven Wirkungen der GKKT bei depressiven und Angststörungen. Die Linderung erfasst, wenn auch hinsichtlich der einzelnen Symptome graduell unterschiedlich, weitgehend den ganzen Symptomkomplex. Die Besserung nicht organisch bedingter Schlafstörungen, die auch in den Studien vordergründig festzustellen war, ist bei der GKKT häufig als willkommene und von den Patienten dankbar entgegengenommene „Nebenwirkung“ zu beobachten.

#### 4.3 Leistungssport

##### Biochemische und hämatologische Reaktionen (1, 2, 3, 4, 5, 18, 20, 39, 60)

Die leistungsoptimierende und regenerationsbeschleunigende Kapazität von GKKA vor bzw. nach hoher psychophysischer Belastung ist unbestritten gegeben. Es ist deshalb nur verständlich, dass zunehmend die Frage aufgeworfen wird, welche Beanspruchung körperlicher Funktionen oder Organsysteme damit verbunden ist, d. h. welche messbare Widerspiegelung findet die Wirkung der GKKA im hoch belasteten Körper. Generell bestätigen die Ergebnisse der zu dieser Frage vorliegenden Studien, dass unter dem GKKA-Einfluss belastungsbedingte Negativwirkungen gemindert, Organfunktionen nicht negativ beeinträchtigt und keine unerlaubten humoralen bzw. hämatologischen Veränderungen hervorgerufen werden.

Der bei hoher körperlicher Belastung auftretende oxidative Stress wird durch die GKKA reduziert, die Aktivierung antiinflammatorischer Systeme mindert belastungsbedingte entzündliche Prozesse in der Muskulatur, der äußerst schädlichen Sporthämolyse wird entgegengewirkt, es gibt keine Beeinträchtigung des Herzmuskels und des Immunsystems, die Blutzellenwerte bleiben unverändert. Die ausbleibende Aktivierung der Hypophysen-Nebennieren-rinden-Achse weist auf die Stress modulierende Wirkung der GKKA hin.

Sportliche Leistungsfähigkeit und Regeneration (12, 13, 14, 55, 56, 59, 60)

Für die Optimierung der sportlichen Leistungsfähigkeit durch GKKA sind mehrere ihrer Wirkfaktoren wichtig. Von besonderer Bedeutung ist offensichtlich die Absenkung der Körperkerntemperatur innerhalb eines definierten Bereichs. Diese Erkenntnis (14) gleicht einer fundamentalen Entdeckung, wurde damit doch der althergebrachte und immer noch praktizierte Grundsatz ins Wanken gebracht, der Organismus müsse im Interesse seiner maximalen Leistungsfähigkeit auf „Betriebstemperatur“ gebracht werden (Erhöhung der Körperkerntemperatur). Die nach GKKA erzielte Leistungssteigerung ist an die Absenkung der Körperkerntemperatur gebunden. Ob hierdurch bedingt oder nicht soll dahingestellt bleiben, haben andere Faktoren keine minder große Bedeutung (Modulation im Autonomen Nervensystem mit leistungsfördernden Auswirkungen auf das Herzkreislauf-System, Eingriff in die Aktivierung von Motoneuronen beugt der Erregbarkeitsabnahme der  $\alpha$ -Motoneuronen nach maximaler Kontraktion vor, und nicht zuletzt die antiinflammatorischen, humoralen, hämatologischen und auf den Muskelstoffwechsel bezogenen Komponenten).

Sportliche Leistungsfähigkeit hat nicht nur eine physische Seite, sondern ist immer ein sehr komplexes psychophysisches Geschehen. Soweit es die GKKA anbetrifft, ist es in diesem Zusammenhang eminent wichtig, ihre Stress modulierende und die psychische Erregung positiv beeinflussende Wirkung (z. B. Förderung erholsamen Schlafes) nicht außer Acht zu lassen.

Sportverletzungen (5, 33, 34, 39, 45, 50, 58)

Verletzte Leistungssportler haben ganz offensichtlich ein großes Interesse an der Einbeziehung der GKKT in den Genesungsprozess (45). Dieses Interesse ist berechtigt, wenn man den erzielten Nutzen betrachtet (dauerhafte Schmerzlinderung, Verkürzung der Ausfallzeit, Verbesserung des Regenerationspotenzials, des Schlafverhaltens und des Allgemeinbefindens). Längerer verletzungsbedingter Trainings- und Wettkampfungzug birgt die Gefahr eines Abgleitens in reaktiv-depressive Zustände in sich. Die weiter oben bereits geschilderte antidepressive Wirkung der GKKA kann hier präventiv sehr nützlich sein. Das mit der GKKT behandelbare Verletzungsspektrum ist breit gefächert. In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, dass die GKKA eine systemische Wirkung entfaltet. Das ist der große Vorteil gegenüber lokaler Kälteapplikation. Das bedeutet, dass nicht nur die lokal eingrenzbar Verletzung behandelt wird, sondern, wie aus den einleitenden Worten hervorgeht, ungünstige Begleit- und Folgeerscheinungen verhindert bzw. eingeschränkt werden können.

## Literaturverzeichnis

1. Banfi G, Gianluca M, Barassi A, Melzi d'Eril G: Beneficial effects of the whole-body cryotherapy on sport haemolysis. *J. of Human Sport and Exercise*, online 4(2), 2009
2. Banfi G, Krajewska M, Melegati G et al.: Effects of the whole-body cryotherapy on Haematological values in athletes. *British J. of Sports Medicine*, online First, 2008
3. Banfi G, Lombardi G, Colombini A Melegati G: Whole-Body Cryotherapy in Athletes. *Sports Medicine* 40(6) 509-517, 2010
4. Banfi G, Melegati G, Barassi A, Melzi d'Eril G: Effects of the whole-body cryotherapy on NTproBNP, hsCRP and troponin I in athletes. *J. of Science and Medicine in Sport* 12(6) 609-610, 2009
5. Banfi G, Melegati G, Barassi A, Dogliotti G, Melzi d'Eril G, Dugue B, Corsi M M: Effects of whole-body cryotherapy on serum mediators of inflammation and serum muscle enzymes in athletes. *J. of Thermal Biology* 34(2) 55-59, 2009
6. Benkenstein B: Die Ganzkörperkältetherapie der Rheumatoiden Arthritis bei Patienten mit hoher Krankheitsaktivität. Inaugural-Dissertation Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, 2001
7. Braun K-P, Brookman-Amissah S, Geisler K, Ast D, May M, Ernst H: Ganzkörperkryotherapie bei Patienten mit entzündlich-rheumatischen Erkrankungen – Eine prospektive Studie. *Medizinische Klinik* 104(3) 192-196, 2009
8. Duque B, Smolander J, Westerlund T, Oksa J, Nieminen R, Moilanen E, Mikkelsen M: Acute and long-term effects of Winter swimming and whole-body cryotherapy on plasma antioxidative capacity in healthy women. *Scandinavian J. of clinical and laboratory investigation* 65(5) 395-402, 2005
9. Fuchs P, Jonas L, Krall Ch, Papenfuß W, Waldner I: Die Ganzkörperkältetherapie zur Behandlung chronischer Schmerzen. *Die Kurzentren* 3, 8-9, 2006
10. Hirvonen H E, Mikkelsen M, Kautiainen H, Pohjolainen T H, Leirisalo-Repo M: Effectiveness of different cryotherapies on pain and disease activity in active rheumatoid arthritis. A randomised single blinded controlled trial. *Clinical and Experimental Rheumatology* 24: 295-301, 2006
11. Hollensteiner B: Analgetische Wirkung einer Ganzkörperkältetherapie -110°C, 3 min. Inaugural-Dissertation Westfälische Wilhelms-Universität Münster, 2003

12. Joch W: Die Bedeutung der Kälteapplikation als Instrument der Leistungssteuerung in Training und Wettkampf. In: Killing W, Hommel H: Bundestrainerforum DLV-Kältekonferenz 6./7.12.2008 Mainz, 17-39
13. Joch W, Ückert S: Ausdauerleistung nach Kälteapplikation. *Leistungssport* 33(2) 17-22, 2003
14. Joch W, Ückert S: Wirkung einer Ganzkörperkälteapplikation (Kältekammer bei Minus 110°C) auf die Ausdauerleistungsfähigkeit. Zum Zeitpunkt des Materialerhalts nicht publiziert
15. Jonas L: Zur Nutzung der Ganzkörper-Kältetherapie in den Kurzentren Bad Häring, Bad Eisenkappel und Bad Schönau. 2. Österreichisches Symposium Ganzkörperkältetherapie 17./18. Febr. 2006, Kurzentrum Bad Vöslau
16. Kaminska-Staruch A, Olszewski J: Evaluation of effectiveness of whole-body cryotherapy in patients with tinnitus. *Otolaryngologia polska* 61(5) 801-804, 2007
17. Killing W, Hommel H: Bundestrainerforum DLV-Kältekonferenz, 6./7. 12. 2008 in Mainz. Sportverlag Strauß 2009, 1. Auflage
18. Klimek A T, Lubkowska A, Szygula Z, Chudecka M, Fraczek B: Influence of the ten Sessions of the whole body cryostimulation on aerobic and anaerobic capacity. *International J. of Occupational Medicine and Environmental Health* 23(2) 181-189,2010
19. Köck R: Therapieeffekt bei rheumatischen Erkrankungen, Blutdruckverhalten, Herzfrequenz u. Hauttemperatur unter einer Ganzkörperkältetherapie von -110°C, bzw. -80°C. Inaugural-Dissertation Westfälische Wilhelms-Universität Münster, 2000
20. Korzonek-Sziacheta I, Wielkoszynski T, Stanek A, Swietochowska E, Karpe J, Sieron A: Effect of whole body cryotherapy on the levels of some hormones in Professional soccer players. *Endokrynologia Polska* 58(1) 27-32
21. Lange U, Uhlemann Ch, Müller-Ladner U: Serielle Ganzkörperkältetherapie im Crio-Stream bei entzündlich-rheumatischen Erkrankungen. *Medizinische Klinik* 103(6) 383-388, 2008
22. Leppäluoto J, Westerlund T, Huttunen P, Oksa J, Smolander J, Dugue B, Mikkelsson M: Effects of long term whole-body cold exposures on plasma concentrations of ACTH, beta-endorphin, cortisol, catecholamines and cytokines in healthy females. *Scandinavian J. of Clinical and Laboratory Investigation* 68(2) 145-153, 2008
23. Lubowska A, Dolegowska B, Szygula Z, Klimek A: Activity of selected enzymes in Erythrocytes and level of plasma antioxidants in response to single whole-body cryo-

- stimulation in humans. *Scandinavian J. of Clinical and Laboratory Investigation* 69(3) 387-394, 2009
24. Lubowska A, Suska M: The increase in systolic and diastolic blood pressure after Exposure to cryogenetic temperatures in normotensive men as a contraindication for whole-body cryostimulation. *J. of Thermal Biology* 36(5) 264-268, 2011
  25. Lubowska A, Szygula Z, Klimek A J, Masafumi T: Do sessions of cryostimulation have influence on white blood cell count, level of IL 6 and total oxidative and anti-oxidative status in healthy men?. *European J. of Applied Physiology* 109(1) 67-72
  26. Metzger D, Zwingmann C, Protz W, Jäckel W H: Die Bedeutung der Ganzkörperkältetherapie im Rahmen der Rehabilitation bei Patienten mit rheumatischen Erkrankungen. *Die Rehabilitation* 39(2) 93-100, 2000
  27. Miller E, Mrowicka M, Malinowska K, Mrowicki J, Saluk-Juszczak J, Kedziora J: The effects of whole-body cryotherapy on oxidative stress in multiple sclerosis Patients. *J. of Thermal Biology* 35(8) 406-410, 2010
  28. Moheb A: Auswirkungen einer Ganzkörperkältetherapie von -80°C, 2 min. auf T-Lymphozytenpopulation im peripheren Blut bei der Rheumatoiden Arthritis (Chronischen Polyarthritits). Inaugural-Dissertation Westfälische Wilhelms-Universität Münster, 2006
  29. Nöcker K: 5 Jahre Ganzkörper-Kältetherapie im Fachklinikum Brandis – eine retrospektive Betrachtung zur Wirksamkeit bei Erkrankungen der Lendenwirbelsäule. 2. Österreichisches Symposium Ganzkörperkältetherapie 17./18. Febr. 2006, Kurzentrum Bad Vöslau
  30. Palutke J: Ganzkörperkältetherapie – eine Option in der Behandlung schwieriger Schmerzsyndrome. 2. Österreichisches Symposium Ganzkörperkältetherapie 17./18. Febr. 2006, Kurzentrum Bad Vöslau
  31. Papenfuß W: Die Kraft aus der Kälte. Edition k, Regensburg 2011, 2. dtsh. Aufl.
  32. Papenfuß W: Ergebnisse der Umfrage zur Ganzkörperkältetherapie bei Kindern und Jugendlichen im Alter von 2-16 Jahren. 2011, nicht publiziert
  33. Papenfuß W: Physiologische Grundlagen von Ganzkörperkälteanwendungen, leistungsfördernde Aspekte und ihre Nutzung bei der Behandlung von Sportverletzungen. In: Killing W, Hommel H: Bundestrainerforum DLV-Kältekonferenz 6./7.12. 2008 Mainz, 7-16

34. Papenfuß W: Warum Ganzkörperkälteanwendungen -110°C im Hochleistungssport? Material zur Eröffnung des Icelab -110°C ZimmerMedizinSysteme im Bundes-Leistungszentrum Kienbaum am 14.7.2009
35. Papenfuß W, Samborski W, Sobieska M: Konsensus-Erklärung zur Ganzkörperkälte-therapie (GKKT) Bad Vöslau 2006. Polish Review of Health Sciences 6(1) 99-103, 2006; auch Net (Quelle: Papenfuß)
36. Papenfuß W, Weinzettel S: Studie zur Wirkung der Ganzkörperkältetherapie bei Patienten mit einer Multiplen Sklerose. Kurzentrum Bad Vöslau 2008
37. Podbielska H, Strek W, Mueller G J (Series Editors); Podbielska H, Strek W, Bialy D, (Guest Editors): Whole body cryotherapy and depressive symptoms. Kriotechnika Medyczna, Sp. 70.0., Poland 2006
38. Podbielska H, Strek W, Mueller G J (Series Editors); Podbielska H; Strek W, Bialy D, (Guest Editors): Whole body cryotherapy and infantile cerebral palsy. Kriotechnika Medyczna, Sp. 70.0., Poland 2006
39. Pournot H, Bieuzen F, Louis J, Fillard J-R, Barbiche E, Hauswirth Ch: Time-Course of Changes in inflammatory Responses after Whole-Body Cryotherapy Multi Exposures following Severe Exercise. PloS ONE 6(7) 1-8, 2011
40. Rudolf S: Bestimmung des  $\beta$ -Endorphin-immunoreaktiven Materials ( $\beta$ -ED IRM) und des N-acetyl- $\beta$ -Endorphin-IRM (NAC IRM) im Plasma bei gesunden Probandinnen nach einer einmaligen Ganzkörperkältetherapie (GKKT) bei -110°C über 3 Minuten. Inaugural-Dissertation Westfälische Wilhelms-Universität Münster, 2005
41. Rymaszewska J, Ramsey D, Chladzinska-Kiejna S: Whole-body cryotherapy as adjunct treatment of depressive and anxiety disorders. Archivum immunologiae et therapiae experimentalis 56(1) 63-68
42. Rymaszewska J, Ramsey D, Chladzinska-Kiejna S, Kiejna A: Can short-term exposure to extremely low temperatures be used as an adjuvant therapy in the treatment of affective and anxiety disorders? Psychiatrica polska 41(5) 625-636
43. Rymaszewska J, Tulczynski A, Zagobelny Z, Kiejna A, Hadrys T: Influence of whole body cryotherapy on depressive symptoms – preliminary report. Acta Neuro-psychiatrica 15(3) 122.128, 2003
44. Samborski W: Ganzkörper-Kältetherapie in der Behandlung von Fibromyalgie-Patienten. 2. Österreichisches Symposium Ganzkörperkältetherapie 17./18. Febr.2006, Kurzentrum Bad Vöslau



45. Savalli L, Hernandes Sendin M I, Lamaignere P, Trouve´ P, Puig PL, Laboute E: Interesse der Sportler an der Ganzkörperkältetherapie. 2. Österreichisches Symposium Ganzkörperkältetherapie 17./18. Febr. 2006, Kurzentrum Bad Vöslau
46. Savalli L, Hernandes Sendin M I, Pivard G, Laboute E, Trouve´ P, Puig PL: Messung des arteriellen Blutdrucks und des Pulses von Sportlern nach einer vierminütigen Kältetherapieexposition. 2. Österreichisches Symposium Gankörperkältetherapie 17./18. Febr. 2006, Kurzentrum Bad Vöslau
47. Savalli L, Olabe P, Hernandes Sendin M I, Lamaignere P: Messung der Haut- und Körpertemperatur nach einer Ganzkörperkältetherapie mit -110°C bei Sportlern. 2. Österreichisches Symposium Ganzkörperkältetherapie 17./18. Febr. 2006, Kurzentrum Bad Vöslau
48. Schwenke G: Wirksamkeit der Ganzkörperkältetherapie bei Patienten mit Spondylitis Ankylosans. 2. Österreichisches Symposium Ganzkörperkältetherapie 17./18. Febr. 2006, Kurzentrum Bad Vöslau
49. Senne I B: Effekte der Ganzkörperkältekammer bei Patienten mit Spondylitis Ankylosans. Inaugural-Dissertation Westfälische Wilhelms-Universität Münster, 2001
50. Sliwinski Z, Kufel W, Michalak B, Halat B, Kiebzak W, Wilk M, Jonak R: The assessment of pelvic statics in patients with spinal overload syndrome treated in whole-body cryotherapy. *Ortopedia, traumatologia, rehabilitacja* 7(2) 218-222, 2005
51. Smolander J, Leppäluoto J, Westerlund T, Oksa J, Dugue B: Effects of repeated whole-body cold exposures on serum concentrations of growth hormone, thyrotropin, prolactin and thyroid hormones in healthy women. *Cryobiology* 58(3) 275-278, 2009
52. Smolander J, Westerlund T, Uusitalo A, Dugue B, Oksa J, Mikkelsen M: Lung Function after acute and repeated exposure to extremely cold air (-110°C) during whole body cryotherapy. *Clinical Physiology and Functional Imaging* 26(4) 232-234, 2006
53. Sobieska M: Verhalten der Akut-Phase-Proteine bei Patienten mit einer Rheumatoiden Arthritis bzw. einer Fibromyalgie nach Ganzkörperkältetherapie. 2. Österreichisches Symposium Ganzkörperkältetherapie 17./18. Febr. 2006, Kurzentrum Bad Vöslau
54. Stanek A, Sieron A, Cieslar G, Matyszkiewicz B, Rosmus-Kuczia J: The impact of whole-body cryotherapy on parameters of spinal mobility in patients with ankylosing spondylitis. *Ortopedia, traumatologia, rehabilitacja* 7(5) 549-554, 2005

55. Thorhauer H-A, Carl KL, Türck-Noack U (Hrsg.): Muskelermüdung. Forschungsansätze in der Trainingswissenschaft. Verlag SPORT und BUCH Strauß, 2001, 1. Aufl., 7-14
56. Ückert S: Kälteapplikation – Ein Einblick in den Forschungsgegenstand. In: Killing W, Hommel H: Bundestrainerforum DLV-Kältekonzferenz 6./7.12.2008 in Mainz. Sportverlag Strauß 2009, 1. Auflage, 45-59
57. Ückert S: Temperatur und sportliche Leistung. Meyer & Meyer Sport, 1. Aufl. (Nov. 2011)
58. Vass I, Szokolai E: Ganzkörperkältetherapie -110°C bei kindlichen und jugendlichen Sportlern – Regeneration bzw. Sportverletzungen. In: Papenfuß W: Ergebnisse der Umfrage zur Ganzkörperkältetherapie bei Kindern und Jugendlichen im Alter von 2-16 Jahren. 2011, nicht publiziert
59. Westerlund T: Thermal, circulatory and neuromuscular responses to whole-body Cryotherapy. Academic dissertation University of Oulu, 2009
60. Westerlund T, Oksa J, Smolander J, Mikkelsen M: Neuromuscular adaptation after repeated exposure to whole-body cryotherapy (-110°C). J. of Thermal Biology 34(5) 226-231, 2009
61. Westerlund T, Oksa J, Smolander J, Mikkelsen M: Thermal responses during and after whole-body cryotherapy (-110°C). J. of Thermal Biology 28, 601-608, 2003
62. Westerlund T, Uusitalo A, Smolander J, Mikkelsen M: Heart rate variability in women exposed to very cold air (-110°C) during whole-body cryotherapy. J. of Thermal Biology 31(4) 342-346, 2006
63. Wozniak A, Wozniak B, Drewa G, Mila-Kierzenkowska C: The effect of whole-body Cryostimulation on the prooxidant – antioxidant balance in blood of the elite kayakers after training. European J. of Applied Physiology 101(5) 533-537

