

Aus der Weserlandklinik Bad Seebruch, Vlotho

Wissenschaftlicher Leiter: Prof. Dr. med. R. Fricke

**Analgetische Wirkung
einer
Ganzkörperkältetherapie
-110° C, 3 min.**

INAUGURAL – DISSERTATION

zur

Erlangung des doctor medicinae

der Medizinischen Fakultät

der Westfälischen Wilhelms – Universität Münster

vorgelegt von

Bahar Hollensteiner (geb. Fakhari)

aus Shiraz / Iran

2003

Dekan:

Univ. – Prof. Dr. med. H. Jürgens

1. Berichtstatter:

Priv.-Doz. Dr. med. M. Gaubitz

2. Berichtstatter:

Prof. Dr. med. R. Fricke

Aus der Weserlandklinik Bad Seebruch, Vlotho
Wissenschaftlicher Leiter: Prof. Dr. med. R. Fricke
Referent: Priv.-Doz. Dr. med. M. Gaubitz
Koreferent: Prof. Dr. med. R. Fricke

Zusammenfassung

Analgetische Wirkung einer Ganzkörperkältetherapie -110°C, 3 min.

Bahar Hollensteiner (geb. Fakhari)

Die analgetische Wirkung von Kälte ist seit langem bekannt. Sie ist bei lokaler therapeutischer Anwendung in Form von Eis, Stickstoffgas und Kaltluft wissenschaftlich nachgewiesen. Bei einer Ganzkörperkälteexposition von -60°C wurde ebenfalls eine analgetische Wirkung beobachtet. Die zur Behandlung von rheumatischen Erkrankungen angewandte Ganzkörperkältekammertherapie bei einer Temperatur von -110°C übt eine starke analgetische Wirkung bei entzündlichen rheumatischen Gelenkerkrankungen, bei der ankylosierenden Spondylitis und bei weichteilrheumatischen Erkrankungen, wie zum Beispiel dem Fibromyalgie Syndrom aus. Patienten mit Wirbelsäulensyndromen und nach Gelenkoperationen verspüren ebenfalls eine deutliche Schmerzminderung.

Um eindeutige Nachweise über die unmittelbare analgetische Wirkung einer Ganzkörperkältekammertherapie bei einer Temperatur von -110°C und einer Dauer von 3 Minuten führten wir druckalgometrische Messungen vor, unmittelbar nach der Ganzkörperkältekammertherapie sowie 10 und 20 Minuten später durch.

Nach einer Ganzkörperkältekammertherapie bei einer Temperatur von -110°C und einer Dauer von 3 Minuten konnten wir eine signifikante Anhebung der Druckschmerzschwelle bei 41 willkürlich ausgewählten Probanden mit unterschiedlichen Gelenkerkrankungen und nach Gelenkoperationen feststellen. Dabei wurde jedoch beobachtet, daß der Anstieg des Mittelwertes der Druckschmerzschwelle um ca. 22,1% bei den Frauen größer ausfällt als bei den Männern um ca. 13,1%. 10 bzw. 20 Minuten nach der Therapie fallen die Werte der Messungen bei beiden Geschlechtern dann wieder leicht ab (bei den Frauen auf ca. 13,2% und bei den Männern auf ca. 7,1%), sinken jedoch auch 20 Minuten nach Ende der Therapie nicht unter den Ausgangswert zurück (Frauen 12,3%, Männer 5,1%). Es läßt sich somit auch nach 20 Minuten noch eine gegenüber dem Ausgangswert erhöhte Druckschmerzschwelle verzeichnen. Die Chi-Quadrat – Methode zeigt, daß der Druckschmerzschwellenanstieg während der Untersuchungen insgesamt signifikant gewesen ist, da in der Gruppe der Männer $p = 0,031$ und in der Gruppe der Frauen $p = 0,023$ gelten. Bei der asymptotischen Signifikanz muß $p < 0,05$ sein, damit eine Signifikanzaussage getroffen werden kann.

Die ausgeprägte Anhebung der Druckschmerzschwelle nach einer Ganzkörperkältekammertherapie bei einer Temperatur von -110°C und einer Dauer von 3 Minuten erklärt damit eindeutig die von Patienten berichtete analgetische Wirkung. In Kombination mit einer weiterführenden physikalischen Therapie vermag die Ganzkörperkältetherapie, den Einsatz analgetisch wirkender Medikamente einzuschränken.

Tag der mündlichen Prüfung: 10. März 2004

Inhaltsverzeichnis

A) Einleitung	1
I. Begriff der Kältetherapie	2
II. Anwendungsbereich der Kältetherapie	3
III. Wirkungsweise der Kältetherapie	4
1) Physiologische Wirkungen	4
2) Biochemische Wirkungen	7
3) Therapeutische Wirkungen	11
IV. Die Methode der Druckschmerzschwellenmessung	27
B) Material und Methode	33
C) Ergebnisse und Auswertung	42
I. Entwicklung der Mittelwerte der Druckschmerzschwelle der Tenderpoints	43
II. Entwicklung der occipitalen Druckschmerzschwelle	46
III. Entwicklung der deltoidalen Druckschmerzschwelle	49
IV. Entwicklung der trapezoidalen Druckschmerzschwelle	52
V. Entwicklung der Epicondylus lateralis – Druckschmerzschwelle	55
VI. Prozentuale und statistische Darstellung der Ergebnisse	57
D) Diskussion	67
E) Literaturverzeichnis	72
F) Abbildungsverzeichnis	82
G) Tabellenverzeichnis	83

H) Anlage

87

I. Abkürzungsverzeichnis

II. Tabellen

I) Danksagung

A) Einleitung

Schmerz ist ein Indikator einer pathologischen Veränderung des menschlichen Organismus. Seine Behandlung ist eine ärztliche Aufgabe, die über die Therapie des Pathomechanismus hinaus bewältigt werden muß. Mit lokaler Kälte können für den menschlichen Körper schonend Schmerzen gelindert werden (8, 12, 17, 18, 19, 20, 74).

Eine Ganzkörperkältetherapie, wie sie seit Jahren zur Behandlung rheumatischer Erkrankungen eingesetzt wird (2, 4, 7, 14, 26, 36, 41, 43, 51, 59, 70, 72, 76, 80), wirkt in gleicher Weise analgetisch, möglicherweise sogar stärker als lokal.

Mit Einführung der Ganzkörperkältetherapie mit Temperaturen von -110°C ergibt sich die Notwendigkeit einer Untersuchung auch dieser extrem niedrigen Temperatur auf ihre analgetische Wirkung.

Es sind in dieser Richtung bisher bei -110°C keine systemischen Untersuchungen durchgeführt worden.

Gutenbrunner et al (1999) haben jedoch Untersuchungen mit einer Ganzkörperkältetherapie von -60°C vorgenommen. Im Gegensatz zu dieser Arbeit haben wir unsere Ergebnisse bei -110°C mit einer Kontrollgruppe verglichen.

I. Begriff der Kältetherapie

Der Menschheit ist die Wirkung von Kälte seit langer Zeit bekannt. Ihre schmerzlindernden, entzündungshemmenden und abschwellenden Effekte haben sich die Völker schon seit der Antike zu Nutze gemacht. Bereits Griechen und Römer sollen mit Schnee bzw. Eis Entzündungen gehemmt haben. Zudem selben Zweck haben auch Mönche auf Malta im Mittelalter Eis verwandt. Ebenso werden bereits seit langer Zeit Wadenwickel mittels Eiswassers als altes Hausmittel zur Senkung von Fieber und Entzündungen benutzt. Essigsäure Tonerde oder Alkohol als kalte Umschläge, auch ein kalter Messerrücken auf ein Hordeulum gehalten, wurden über Jahrhunderte oder auch Jahrtausende hinweg benutzt, um Entzündungen zu hemmen (17, 18, 19, 20, 75). Hippocrates erwähnte in seinen Büchern, daß er Eis und Schnee vor Beginn seiner Operationen benutzt habe. Napoleon Bonapartes Chirurg, Dominique Jean Larrey, war in der Lage, Amputationen an halb erfrorenen Soldaten bei Minustemperaturen während der Battlefield-Schlacht vorzunehmen (8). Die Anwendung von Pfarrer Kneipps Bädern trug nicht nur zur Entzündungshemmung bei, sondern auch zur Stabilisierung des Blutkreislaufes (17, 18, 19, 75).

In Deutschland setzte man schon vor mehr als 110 Jahren Eisbeutel zur Hemmung von Entzündungen ein (12, 17, 18, 19, 20, 75). 1950 benutzte man Erfrierungsvorgänge als Anästhetikum bei Patienten, die zu krank und geschwächt waren, um eine Allgemein- oder Spinalnarkose zu überleben (8). Vor ca. 40 Jahren wurde damit begonnen, Rheumakranke mit lokalen Eisbeutelanwendungen zu behandeln. Bei diesen wurde infolge der Behandlung eine etwa 3-stündige Analgesie festgestellt (18, 19, 20). Ende der 60er Jahre wurden Eisbeutel bereits 3 – 4 mal täglich zur lokalen Entzündungs- und Schmerzbehandlung eingesetzt (17).

Aufgrund der bisher gewonnenen Erkenntnisse der Wirkung von Kälte auf den menschlichen Organismus hat der Japaner Yamauchi im Jahre 1980 die sogenannte Ganzkörperkältetherapie entwickelt. Bei dieser Form der Behandlung begaben sich die Patienten für ca. 3 Minuten in eine mit flüssigem Stickstoff auf $-110\text{ }^{\circ}\text{C}$ gekühlte Kammer. (18, 19, 20, 83)

1984 setzte Fricke diese in Japan entwickelte Therapieform erstmals in Europa ein. Er führte mit seinen Mitarbeitern den Nachweis, daß die Ganzkörperkältebehandlung Entzündungshemmung, Schmerzbefreiung und Bewegungsverbesserung bei rheumakranken Patienten hervorruft. Diese Wirkung hält bei einer 2 – 3 minütigen Behandlung bei einer Temperatur von -110°C wie bei der Eisbeutelbehandlung etwa 3 Stunden an (18, 23).

Die Methode der Ganzkörperkältetherapie wurde in den letzten Jahren dahingehend weiterentwickelt, daß die Temperatur von -110°C nun mit Hilfe einer FCKW-freien, sogenannten Dreierkaskadenkühlung, anstelle der wesentlich aufwendigeren Stickstoffkühlung erreicht wird (17, 20).

Heute versteht man unter Kältetherapie jene Maßnahmen, die einen Wärmeentzug des Gewebes bewirken. Werden bei diesen Anwendungen inerte Temperaturen von unter 0°C eingesetzt, so spricht man von Kryotherapie, bleiben die Temperaturen darüber, bezeichnet man diese Anwendung als Kältetherapie (40, 75).

II. Anwendungsbereich der Kältetherapie

Aufgrund ihrer analgetischen, antiphlogistischen und abschwellenden Wirkung ist Kälte als Therapieform vielfältig einsetzbar. Hauptanwendungsgebiet von Kältetherapie sind rheumatische Krankheitsbilder. Hierbei sind insbesondere zu nennen: Undifferenzierte Arthritiden oder Arthropathien, chronische Polyarthritis, juvenile chronische Arthritis, Psoriasis Arthritis, reaktive Arthritis, Spondylitis ankylosans, Fibromyalgie-Syndrom. Daneben hat sich die Kältetherapie aber auch bei anderen Krankheitsformen als effektiv erwiesen. Dies gilt unter anderem für Kollagenosen und anderen Autoimmunerkrankungen, Neurodermitis, Psoriasis, akute und chronische Formen von Lumbago, HWS-, BWS- und LWS-Syndromen und Frakturnachbehandlungen sowie postoperative Therapie und insbesondere nach Hüft- und Knie- sowie Wirbelsäulenoperationen (1, 5, 7, 12, 16, 18, 19, 25, 26, 29, 36, 58, 75).

III. Wirkungsweise der Kältetherapie

1) Physiologische Wirkungen

Bestimmte Regulationsmechanismen machen es höheren Vertebraten möglich, ihre Körperkerntemperatur im Bereich von 36 bis 39 °C konstant zu halten, um in Klimata zwischen +40 bis -40 °C leben zu können. Die Thermoregulation seitens des Gehirns und die Wahrnehmung thermischer Reize sind wichtig für die Protektion des Gesamtorganismus in Extremsituationen, für die Enterozeption und diskriminative Exterozeption sowie Affektion und Steuerung zielgerichteter Verhaltensweisen. In diesem Rahmen sind zentral wichtige Aspekte wie Nozizeption/Schmerz und Thermozeption/Thermoregulation eng miteinander verbunden und korrelieren in den oben genannten Extremsituationen. Die zentrale Lokalisation dieser Wahrnehmungszustände ist im spinalen Hinterhorn und in den aufsteigenden Bahnen zum Hirnstamm, Hypothalamus und Thalamus, in den Nuclei parabrachiales, in ventromedialen Kerngebieten des Thalamus und im Inselkortex verankert. Weiterhin bestehen enge Verknüpfungen zwischen Thermorezeptoren und Nozizeptoren sowie dem limbischen System, Thalamus, Hypothalamus und Hirnstamm, von wo aus die neuronalen und endokrinen Prozesse gesteuert werden. Die efferenten Signale werden durch das autonome sympathische System, das sympathoadrenale System des Nebennierenmarks und das hypothalamo-hypophysio-adrenale System vermittelt. Die neuronalen und neuroendokrinen Regulationen werden durch afferente Signale aus der Peripherie und durch zentrale Signale von Kortex und limbischem System angesteuert. Jede Kälteeinwirkung auf die Körperoberfläche hat vielfältige lokale und systemische zentralnervös vermittelte Wirkungen. Bei den zentralnervös vermittelten Wirkungen spielen die oben genannten afferenten, zentralen und efferenten Systeme eine entscheidende Rolle (32).

Bekanntlich wird die Kälte durch cutane Kälterezeptoren, deren Anzahl ca. 3 - 10 mal höher ist als die der Wärmerezeptoren, in der Peripherie wahrgenommen und durch A δ - Fasern mit einer Geschwindigkeit von 20 m/s nach zentral weitergeleitet, wobei die Wärmeempfindung durch die langsam leitenden C - Fasern mit einer Geschwindigkeit von 0,4 bis 2 m/s geleitet wird. Die subjektive Wahrnehmung des

Kältereizes erfolgt durch die Temperaturveränderung und die dadurch hervorgerufene Änderung der Entladungsfrequenz der Rezeptoren (6, 31, 40).

Aus den bisherigen Untersuchungen geht hervor, daß die Gefäßengstellung durch den Kältereiz zu einer Minderung der Durchblutung auf 60 - 80% der Ursprungsdurchblutung des Gewebes führt und damit eine Abkühlung des Gewebes für 20 - 30 Minuten erreicht wird. Die Ischämie im Gewebe wird durch eine zyklische Vasokonstriktion und –dilatation vermieden {Lewis- bzw. Hunting-Reaktion} (6, 28, 31, 64). Die Vasokonstriktion ist durch die Freisetzung des Noradrenalins zu erklären, wobei mit der Dauer der Exposition die Freisetzung nachläßt und eine reaktive Vasodilatation entsteht, die wieder eine Erwärmung des Gewebes bewirkt. Die zyklische Reaktion kommt durch die erneut gesteigerte Affinität der Rezeptoren für Noradrenalin zustande. In der Muskulatur beginnt die Reaktion genau entgegengesetzt mit einer Vasodilatation für ca. 2 Minuten, der dann eine Vasokonstriktion folgt. Die Wiedererwärmung erfolgt in der Cutis und Subcutis wesentlich schneller als in der Muskulatur, die durch den zusätzlichen Wärmeentzug der Haut wesentlich längere Zeit benötigt, um die Ausgangstemperatur zu erreichen (6, 64).

Bei der Abkühlung im Rahmen einer Kryotherapie verändert sich das Temperaturfeld im Körper, wobei die konvektiven Wärmetransportmöglichkeiten in den Blutgefäßen gedrosselt werden. Damit stimmen die theoretischen Modellrechnungen mit den experimentellen Messungen der Konduktion genau überein (42).

In diesem Zusammenhang weist Brück (6) darüber hinaus auf die drei autonomen Reaktionen hin, die vom menschlichen Körper als Abwehrreaktionen für den Fall entwickelt worden sind, daß dieser der Kälte ausgesetzt wird:

Die erste dieser Reaktionen ist die bereits oben beschriebene Vasokonstriktion. Die weiteren Mechanismen zur Abwehr gegen die Kälte stellen die zitterfreie Wärmebildung und das Kältezittern dar, wobei die zitterfreie Wärmebildung nur in Organismen unter zehn Kilogramm möglich ist. Grund dafür ist das braune Fettgewebe, welches beim Menschen nur in der Neugeborenen- und Säuglingsperiode noch vorhanden ist. Brück weist ausdrücklich auf die rein nervale

Steuerung dieser drei Stellreaktionen hin, da z.B. Muskelrelaxantien in der Lage sind, das Kältezittern zu verhindern.

Die physiologische Bedeutung der Ganzkörperkältetherapie, beruhend auf dem Zusammenspiel zwischen Stellgliedern, Rezeptoren, dem passiven System des Körpers und dem zentralen Nervensystem, wurde laut Brück in verschiedenen Experimenten gezeigt. Die erzeugte Hypothermie führt - empirisch bewiesen - zu einer erhöhten Leistungsfähigkeit, die sogar durch eine Vorkühlung noch gesteigert werden kann. Zudem ist das Phänomen einer Toleranzadaptation in Bezug auf tiefere Temperaturen zu beobachten. Die zentralen Regulationsmechanismen, die letztendlich die bislang beschriebenen Vorgänge zusammenführen, wurden von Brück beschrieben (6) und auch von Jänig - wie ausgeführt - diskutiert (32).

2) Biochemische Wirkungen

Ebenso wie die oben dargestellten physiologischen sind auch die biochemischen Wirkungen der Kälte noch wenig erforscht. Insbesondere fehlt es in diesem Bereich an Studien mit großem Patientenkollektiv und an solchen, die eine größere Anzahl von Parametern über einen längeren Zeitraum untersuchen.

Taghawinejad et al (80) haben 1989 in einer Reihe von Untersuchungen, die mit gesunden Probanden und Patienten in der rheumatologischen Klinik Sendenhorst vorgenommen wurden, festgestellt, daß die Werte für Harnsäure bei gesunden Probanden signifikant durch die Ganzkörperkältetherapie erniedrigt wurden. Der Sauerstoffpartialdruck (pO_2) stieg nach der Ganzkörperkältetherapie an. Die O_2 -Sättigung lag allerdings nur im Patientenkollektiv signifikant höher. Parameter wie z.B. das Cholesterin im Blut waren zwar unmittelbar nach der Untersuchung angestiegen. Drei Stunden nach der Ganzkörperkältetherapie zeigte sich jedoch bei allen Probanden eine Abfalltendenz. Blutzuckerwerte und Triglyceride waren im Patientenkollektiv ebenfalls angestiegen, die oberen Normgrenzen wurden aber nicht überschritten.

Brenke et al (5) haben im Jahre 1994 diese Phänomene - allen voran die Harnsäure-Ergebnisse - an einem Kollektiv von Winterschwimmern untersucht, die dem Kältereiz schon länger ausgesetzt waren, als die Patienten und Probanden in der Kältekammer im St. Josefstift Sendenhorst. Dieses Patientenkollektiv betrieb die Sportart des Winterschwimmens regelmäßig und mit Ausdauer. Dabei berichten Brenke et al, daß die Harnsäurewerte nach einer Stunde Eisbaden auf ca. 82% der Ausgangswerte gesunken waren. Sie erklären dieses Phänomen mit der Funktion der Harnsäure als Fänger freier Sauerstoffradikale, die bei einer Reihe von Ereignissen, wie z.B. Entzündungsreaktionen, rheumatischen Erkrankungen, Tumoren, Arteriosklerosen usw., gebildet werden. Im Falle der Winterschwimmer kommt es einerseits durch das erhöhte Muskelzittern zur vermehrten Radikalbildung, andererseits aber durch die partielle Entkopplung mitochondrialer Atmung auch zu einer Steigerung des prozentualen Sauerstoffanteils. Dieser wird anschließend zu Superoxidanionenradikalen reduziert. Zudem beobachtet man Veränderungen im intraerythrozytären Glutathionsystem. Diese entstehen offenbar durch den Kaltreiz

während und nach dem Eisbaden. Der Kaltreiz führt in diesem Zusammenhang zur vermehrten Bildung freier Radikale, die ihrerseits wiederum eine Erniedrigung der Harnsäurekonzentration verursachen. Diese Erniedrigung der Harnsäurekonzentration kann als Ausdruck antioxidativer Anpassung des Körpers an die Belastungssituation (Kaltreiz) angesehen werden. Daraus ziehen Brenke et al die Schlußfolgerung, daß derart adaptierte Organismen auch unter verschiedenen pathologischen Bedingungen, wie z.B. Streß, sich besser assimilieren können als nicht adaptierte Organismen.

Im Februar 2000 während des internationalen Kryotherapie-Symposiums in Vlotho/Exter stellten Siems und Brenke (76) weitere Ergebnisse bezüglich der Winterschwimmer vor. Diese zeigen, daß die Steady-State-Konzentration von reduziertem Glutathion (GSH), die Aktivität der erythrozytären Superoxiddismutase (SOD) und der erythrozytären Katalase (Cat) generell in den Organismen der Winterschwimmer höher ist als in jenen einer Gruppe altersvergleichbarer Probanden, die nie in ihrem Leben Winterschwimmen betrieben hatten. Zudem wurden noch erhöhte Werte für CD3-, CD8- und CD25-positive Lymphozyten, HLA-DR-exprimierende Monozyten und CD56-positive naturale Killerzellen festgestellt. Erniedrigte Werte wurden bei dem Winterschwimmerkollektiv für CD4-positive und HLA-DR-exprimierende Lymphozyten festgestellt. Darüber hinaus wurden erhöhte Werte der Interleukin-10 (IL-10) und verminderte Plasmakonzentrationen für das immunsuppressive Zytokin TGF- β -1 gemessen. Siems und Brenke ziehen die Schlußfolgerung, daß die oben genannten Veränderungen bei den Winterschwimmern eine aktivierte unspezifische Abwehr und eine erhöhte Reaktionsbereitschaft des Immunsystems darstellen.

Schon 1988 haben Pohlen und Fricke (23, 66) gezeigt, daß nach der Behandlung mittels einer Ganzkörperkältetherapie eine Erniedrigung der Lymphozytenpopulation bei einem Patientenkollektiv mit chronischer Polyarthritits zu verzeichnen war. Um nähere Informationen über das Verhalten der Lymphozytenpopulationen zu bekommen, haben die Autoren eine Differenzierung der Lymphozyten nach T-Helferzellen (CD4) und T-Suppressorzellen (CD8) in den Messungen vorgenommen und Verlaufskontrollen durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen ein Absinken der T-Helferlymphozytenpopulation über ≥ 3 Stunden, während die T-Suppressorzellzahl

geringgradig wieder anstieg. In der zugehörigen Kontrollgruppe waren keine signifikanten Änderungen zu verzeichnen.

Weiterhin haben L. Fricke et al (16) eine Untersuchung durchgeführt, bei der die Beeinflussung hormoneller Reaktionen durch Ganzkörperkältetherapie bei Temperaturen von $-120\text{ }^{\circ}\text{C}$ über $1\frac{1}{2}$ bis 2 Minuten untersucht wurde. Dabei wurde gezeigt, daß die ACTH-, STH- und Adrenalinpiegel in einer Verlaufsmessung vor, unmittelbar nach der Therapie sowie 15, 30, 45 und 60 Minuten später keine signifikanten Änderungen zeigen. Im Gegensatz dazu wurde ein signifikanter Anstieg von Noradrenalin unmittelbar nach der Ganzkörperkältetherapie festgestellt. Somit kamen L. Fricke et al zu dem Ergebnis, daß es zu keinen Streßreaktionen während des Aufenthaltes in der Kältekammer gekommen war.

In einer weiteren Studie aus dem Jahre 1996 mit Patienten, die eine gesicherte chronische Polyarthrit nach ARA-Kriterien aufwiesen und eine Ganzkörperkältetherapie bei einer Temperatur von $-110\text{ }^{\circ}\text{C}$ erhielten, stellen Richter und Fricke (19, 71) in Messungen vor, nach und 30, 60, 120 und 180 Minuten später fest, daß ein signifikanter Abfall des Interleukin-6-Serumspiegels, welcher bei Entzündungen und bei chronischer Polyarthrit erhöht gefunden wird, und ein späterer langsamerer Wiederanstieg nach 60 Minuten zu verzeichnen ist. Dieser Sachverhalt zeigt eine antiphlogistische Wirkung durch die Ganzkörperkältetherapiebehandlung. Der Anstieg von Interleukin-2 kann nach Meinung von Richter und Fricke eine Stimulierung der T-Suppressor-Lymphozyten im Blut bedeuten. Die Senkung von Interleukin-1- β bewirkt nach Meinung von Richter und Fricke eine Reduzierung der T-Helfer-Lymphozyten im Blut. Weitere Untersuchungen sind jedoch erforderlich, um genauere Informationen zur Beeinflussung der Zytokine durch die Ganzkörperkältetherapie zu gewinnen.

Die Wirkung einer Kältepeloidpackung wurde von Meineck et al im Hinblick auf die zwei wichtigsten Parameter - Ruhe- und Belastungsschmerz - bei Patienten mit aktiver chronischer Polyarthrit an den Kniegelenken untersucht. Die Komplementkomponenten C3, C4, C3c, C3dg wurden sowohl im dem Kniegelenkpunktat als auch im Blut untersucht. Weiterhin wurden Differential-Zellbild, Gesamteiweiß und LDH im Kniegelenkpunktat sowie C-reaktives-Protein (CRP) und

Blutsenkungsgeschwindigkeit (BSG) im Blut kontrolliert. Die Komplementaktivierung, die bei chronischer Polyarthrits eine sehr wichtige Rolle spielt, wurde jedoch von der lokalen Kältetherapie nicht relevant beeinflusst (55).

Nach einem Bericht von Jonderko et al aus dem Jahre 1987 führt die Kryotherapie mittels Kaltluft – durchgeführt in Form lokaler Behandlung – zu einer signifikanten Erhöhung der Granulozytenzahl. Alle andere Parameter wie z.B. Lymphozytenzahl, saure Phosphatase und γ -Globulin bleiben bei dem Patientenkollektiv mit chronischer Polyarthrits unverändert. Somit ziehen Jonderko et al die Schlußfolgerung, daß Kryotherapie nur als symptomatische Therapie-Methode der chronischen Polyarthrits zu bewerten sei und nicht die Grundtherapie ersetzen könne (37).

3) Therapeutische Wirkungen

Die Kältetherapie hat in ihrer therapeutischen Wirkungsweise viele Facetten. Die unterschiedlichen Untersuchungen haben gezeigt, daß die Wirksamkeit der Kältetherapie von Applikationsdauer, -formen, -intensität und auch vom Tagesrhythmus abhängig ist.

Grundsätzlich ist festzustellen, daß die verschiedenen Methoden der Kältetherapien zu einer deutlichen cutanen, subcutanen, kapsulären, intraarticulären und muskulären Temperaturherabsetzung führen. (17, 39, 40, 75)

Metzman et al haben sogar nachgewiesen, daß diese Wirkungen auch dann eintreten, wenn der betroffene Körperteil in einer Gipsschiene isoliert ist, wobei diese Wirkungen nicht bei synthetischem Material zu beobachten sind. Die Temperatursenkung des Gewebes tritt nach ca. 1 Stunde ein und hält längere Zeit an, als bei Kühlung eines nicht eingegipsten Gewebes. Die Widererwärmung des Gewebes benötigt danach noch eine weitere Stunde (58).

Nach Kern et al geht der Temperaturherabsetzung ein anfänglich geringer Temperaturanstieg voraus. Dieser beruht auf einer innerhalb der ersten 30 Sekunden zu beobachtenden reflektorischen Hyperämie. Die folgende deutliche Temperaturherabsetzung geht nach Fricke mit einer Durchblutungsverminderung einher. Kern et al stellen weiterhin fest, daß die intraarticuläre Temperaturerniedrigung über eine Dauer von fast 4 Stunden anhält, wobei davon auszugehen ist, daß jegliche Temperaturregulation des Gelenkes hauptsächlich von der Kapsel aus erfolgt (39).

Jansen und Fricke haben dazu im Jahre 1986 das Kniegelenk untersucht. Dabei berichten sie über eine Temperatursenkung der Haut des Kniegelenkes um 14°C nach einer Kaltluftbehandlung mit einer Temperatur von -175°C . Die Ausgangswerte der Hauttemperatur lagen im Patientenkollektiv um $2,2^{\circ}\text{C}$ höher als in der Kontrollgruppe. Im Patientenkollektiv wurden die Ausgangswerte nach 6 Stunden wieder erreicht. In der Kontrollgruppe jedoch hielt die Temperatursenkung nur ca. 3 Stunden an. Laut Jansen und Fricke führt die lokale Kaltluftbehandlung zu einer

schnellen, lang anhaltenden Senkung der Hauttemperatur. Dies wiederum ist eine gute Voraussetzung für eine Bewegungstherapie (33).

In einer weiteren, die Behandlung des Kniegelenks betreffenden Untersuchung haben Schmidt et al festgestellt, daß die Temperaturschwankungen des Kniegelenkes einem gewissen Tagesrhythmus unterliegen und verschiedene Regionen des Kniegelenkes verschiedene Temperaturen aufweisen. Diese Unterschiede sind stark von der Nähe der Meßregionen zu den großen Blutgefäßen abhängig. Des weiteren stellen sie fest, daß die Kältebehandlung eines Knies zu einer drastischen Absenkung der Außentemperatur an diesem Knie führt. Zudem haben sie auch eine geringfügige Abkühlung am kontralateralen Knie beobachtet. Das behandelte Knie erreichte erst nach fast 5 Stunden wieder die Ausgangstemperatur. Schlußfolgernd weisen Schmidt et al auch auf die pathogenetischen Wirkungen der Kälte in der Rheumatologie und nicht nur auf die symptomatischen Einflüsse einer Kältebehandlung hin (74).

Mit dem Temperatursenkungseffekt in der Muskulatur befaßt sich Krumpolt in einer Studie aus dem Jahre 1999. Ein tonussenkender Effekt in den langsam leitenden Muskeln ist dann zu erwarten, wenn innerhalb des Muskels eine Temperatur von unter 31 - 32°C vorherrscht. Mittels eines Kühlkompressors wurden während einer 60-minütigen Behandlung die Hauttemperatur von 32,6°C auf 14,8°C und die Muskeltemperatur von 35,8°C auf 27,8°C gesenkt. Es folgte ebenso wie in der Abkühlphase eine exponentielle Aufwärmphase. Das Abkühlungsverhalten war jedoch stark vom body-mass-index (Körpergewicht in Kg/[Körperlänge in m]²) abhängig. Wie Krumpolt et al berichten, lassen sich sowohl die Haut- als auch die Muskeltemperatur bei asthenischen Probanden schlechter herabsetzen als bei Pyknikern. Dieser Sachverhalt hängt mit der unterschiedlichen Relationen von Körperoberfläche und Körpergewicht zusammen (50).

Neben dem therapeutischen Effekt der Temperatursenkung werden aufgrund von Kältebehandlungen Veränderungen der Schmerzempfindlichkeit festgestellt.

Mit dieser Fragestellung befaßte sich Hoeft in einer Studie aus dem Jahre 1986. Dabei befragte sie 56 Patienten mit Gonarthritits vor und nach einer Kaltgastherapie

in Bezug auf subjektives Schmerzempfinden mittels visueller Analogskala. Weiterhin wurden objektive Maße wie Hautoberflächentemperatur, thermische Schmerzschwelle, mechanische Schmerzschwelle und Bewegungswinkel zusätzlich bestimmt. Die Hauttemperatur sank nach der Therapie mit Kaltluft von -160°C auf 24°C im Mittel und nach Therapie mit Kaltluft von -30°C auf $23,5^{\circ}\text{C}$. Die kontralaterale Seite zeigte – laut Hoeft – eine reflektorische Erwärmung. Unter beiden Therapieformen stieg die thermische Schmerzschwelle an. Bei den beiden Parametern - der mechanischen Schmerzschwelle und dem Bewegungswinkel - ergaben sich nach der lokalen Kaltluftbehandlung keine relevanten Änderungen, jedoch war nach der Therapie mit Kaltluft mit einer Temperatur von -160°C ein deutliches subjektives Schmerzempfinden zu verzeichnen. Bei der Therapie mit einer Temperatur von -30°C Kaltluft blieb das subjektive Schmerzempfinden dagegen weitgehend unverändert (30).

Eine Studie aus dem Jahre 1987 befaßt sich in diesem Zusammenhang mit dem Phantom- bzw. Stumpfschmerz. Dabei wurden die Wirkungen der drei verschiedenen Therapiemethoden „Kryogel packungen, Eiswürfelmassage und Kältespray“ auf Patienten mit Phantom- und Stumpfschmerz untersucht. Frank et al berichten als Ergebnis dieser Untersuchung von insgesamt hinlänglichen Therapieerfolgen, die eine Anwendung lokaler Kryotherapie rechtfertigten (14).

Jonderko et al berichten im Jahre 1986, daß eine Kryotherapie mittels Kaltluft kombiniert mit nichtsteroidalen Antirheumatika und Bewegungstherapie eine viel größere Wirkung im Bezug auf Analgesie im Bereich der Gelenke bei Patienten mit chronischer Polyarthritits hervorrufe als eine alleinige Therapie mit nichtsteroidalen Antirheumatika und Bewegungstherapie (36).

Eine weitere Möglichkeit des praktischen Einsatzes der schmerzlindernden Wirkung der Kältebehandlung haben Speer et al in einer Veröffentlichung aus dem Jahre 1996 vorgestellt. Nach Schulteroperationen ermittelten sie mit Hilfe einer visuellen Analogskala, daß Patienten bei einer Verwendung von Eispackungen in der postoperativen Nacht weniger heftige Schmerzen angaben und die Häufigkeit der Schmerzen viel stärker nachließ als bei Patienten, die postoperativ keine Eisbeutelbehandlung bekamen. Bis zum zehnten postoperativen Tag haben die

Patienten Kryotherapie mittels Eispackungen erhalten und stets über ihre positiven Wirkungen berichtet. Die Autoren gehen davon aus, daß bei dieser Anwendung nur die cutanen und subcutanen Regionen analgesiert worden sind, vermuten aber trotzdem, daß eine Wirkung der Oberflächenkühlung auch in den tieferen Schichten der Gelenke und Muskeln eintrete. Dies geschehe jedoch in Abhängigkeit von der Tiefe der Schichten, der Temperatur und der Länge der Kryotherapiebehandlung (77).

In diesem Zusammenhang ist ergänzend auf die weiteren Wirkungen der Kältetherapie bei postoperativer Anwendung und der Behandlung von Frakturen hinzuweisen, wie sie in der Weserlandklinik Bad Sebruch in Vlotho durchgeführt wird.

In einer Studie mit Patienten, die sich eine Knöchelfraktur zugezogen hatten, haben Hocutt et al gezeigt, daß der frühe Einsatz der Kryotherapie den Heilungsprozeß beschleunige. Sie haben gezeigt, daß der Einsatz der Kryotherapie am Tag 0 oder 1 nach der Knöchelfraktur eine frühe Mobilisation der Patienten nach ca. 15 Tagen ermögliche. Bei Patienten, bei denen die Kältetherapie erst am zweiten Tag nach der Knöchelfraktur eingesetzt wurde, war die volle Aktivität und Mobilisation erst durchschnittlich 30,4 Tage später möglich.

Hocutt et al beschreiben die 4 Stufen der therapeutischen Wirkung der Kryotherapie, wobei die erste Stufe das Gefühl der Kältewahrnehmung darstellt, die 1 – 3 Minuten nach Beginn der Kältetherapie auftritt. Daraufhin folgt 5 – 12 Minuten später die zweite Stufe mit der Wahrnehmung eines Brennens oder Schmerzens. In der dritten Stufe berichtet dann der Patient über eine lokale Taubheit und Anästhesie, da die Aktivität der regionären Nervenfasern abgesunken ist. In dieser Stufe werden der Schmerz und die Refleximpulse in den tieferen Schichten gehemmt. Der Schmerz-Spasmus-Kreis ist unterbrochen. Manchmal ist es möglich, daß eine reflektorische Vasodilatation der tieferen Gewebsschichten ohne eine Zunahme des Metabolismus auftritt, wobei diese Stufe 12 – 15 Minuten nach dem Einsatz der Kryotherapiebehandlung einsetzt und die vierte Stufe dieser Therapie darstellt. Bei Patienten mit Frakturen ist es weiterhin wichtig, daß man sie von der Kryotherapiebehandlung überzeugt und ihnen die Vorteile dieser Therapie vor Augen

hält, da bei dieser Behandlungsform die Kooperation des Patienten mit dem Therapeuten von größter Wichtigkeit ist (29).

Fialka et al weisen auf eine Studie hin, nach der bei Patienten mit unterschiedlichen Operationsindikationen und Gips durch Behandlung mit Eis eine Reduktion der Schwellung von 42% auf 5% erreicht wurde. Der Bedarf an analgetischer Medikation wurde in entsprechendem Umfang vermindert. (12)

Im Rahmen der Darstellung der schmerzlindernden Wirkungen der Kältetherapie ist hier – insbesondere in Anbetracht des Themas dieser Arbeit – auf die Beeinflussung der Druckschmerzschwelle durch die Behandlung mit Kälte hinzuweisen.

Bei einer Ganzkörperkältekammeruntersuchung bei -68°C mit Fibromyalgiepatientinnen haben Gutenbrunner et al beschrieben, daß die Schmerzschwelle nach einem Aufenthalt von 3 Minuten in der Kältekammer mit entsprechenden Vor- und Nachruhepausen, zugedeckt mittels einer Woldecke, um ca. 1 Kg (60 - 80%) zugenommen habe. In dieser Untersuchung wurde auch nach systemischen Auswirkungen der Ganzkörperkältetherapie geforscht, indem eine Extremität isoliert durch Frotteetücher und Aluminiumfolie vor der Kälte geschützt wurde. Hierbei stellte sich heraus, daß an der isolierten Extremität keine Zunahme der Druckschmerzschwelle stattgefunden hatte. Gutenbrunner et al ziehen den Schluß, daß die Wirkung der Ganzkörperkältetherapie nur lokaler Natur sei, da zudem die Schmerzschwelle in der Nachruhepause leicht rückläufig gewesen sei (26).

In einer Untersuchung von Curkovic et al wurde grundsätzlich festgestellt, daß die an rheumatoider Arthritis erkrankten Patienten eine niedrigere Druckschmerzschwelle besitzen als gesunde Probanden. Mittels einer Behandlung mit Kryomassage wurde beobachtet, daß sich bei dem Patientenkollektiv eine Erhöhung der Druckschmerzschwelle zeigte und bei Messungen 10 und 30 Minuten im Anschluß an die Behandlung die Druckschmerzschwelle immer noch höher lag als der Ausgangswert. Dabei kommen Curkovic et al zu der Schlußfolgerung, daß die kryotherapeutische Behandlung der Patienten mit rheumatoider Arthritis zu einer

Verminderung der Schmerzen, des Muskelspasmus und der Morgensteifigkeit führe und eine Senkung der Hypersensibilität der periartikulären Strukturen hervorrufe (7).

Wie bereits in der vorstehend beschriebenen Studie wurde auch in weiteren Untersuchungen die Kombination der Kryotherapie mit verschiedenen Massagetechniken in Bezug auf deren therapeutische Wirkungen analysiert.

Grant beschreibt 1964 lokale Kryotherapie kombiniert mit Massagetechniken bei einem Patientenkollektiv von 7000 Patienten, die an einem akuten oder chronischen Schmerzsyndrom litten. Die Kryomassage beinhaltet - laut Grant - verschiedene Behandlungsstationen. Patienten nehmen als erstes das Kältegefühl wahr, das mit zunehmender Dauer der Massage unangenehmer wird. Dieses Gefühl wird durch ein Brennen und anschließende Schmerzen von kurzer Dauer ersetzt. Nach diesen oben genannten Phasen wird die Kryomassage weiter betrieben, die dann zu einer lokalen Gefühlslosigkeit und Analgesie führt. Nur wenn diese Stadien der Kryomassage erreicht sind, ist mit einem Rückgang des Schmerzsyndroms zu rechnen. In ca. 10% der Fälle in diesem Patientenkollektiv bekamen die Patienten analgetische Medikation oder Muskelrelaxantien. Als Vorteile der Kryomassage nennt Grant:

- Die Einfachheit der Applikation.
- Die Therapie benötigt keine weiteren Ausrüstungen oder Geräte.
- Erhöhte Heilungsrate schon nach der ersten Behandlungsperiode.
- Die Behandlung kann bequem von Patienten zu Hause weiter geführt werden.
- Sie stellt als einfache, hoch effektive Behandlung die Methode der Wahl bei den meisten Patienten dar (25).

In einer weiteren Untersuchung aus dem Jahre 1990 berichten Barovic et al über eine Besserung der subjektiven und objektiven Kriterien (Grad der Sehnenschwellung, Schmerzen und reduzierte Sehnenmobilisation) bei Verletzungen der Achillessehne durch die Therapie mittels Kryomassage mit Eis, welches in mit Wasser gefüllten Kunststoff-Injektionsspritzen hergestellt wurde. Sie beschreiben weiterhin die resultierende Lewis- und Hunting-Reaktion durch die Kryomassage (1).

Die folgenden Studien befassen sich mit der Wirkung der Kryotherapie, wenn diese mit krankengymnastischen Übungsbehandlungen kombiniert wird.

Im Jahre 1986 beschäftigte sich Taghawinejad mit dieser Fragestellung. Bei der Behandlung des lateralen Hüft-Oberschenkelsyndroms, das häufig bei Patienten mit chronischer Polyarthritits und Spondylitis ankylosans auftritt, versuchte er eine schnelle Beschwerdelinderung durch eine kombinierte Behandlung mit lokalen Kaltluftbehandlungen und einem gezielten krankengymnastischen Übungsprogramm zu erreichen. Anhand eines Patientenkollektivs mit insgesamt 26 Patienten wurde das oben dargestellte Behandlungsschema untersucht. Zehn der Patienten bekamen die konventionelle Therapie, sechzehn die oben erläuterte Kombinationstherapie. Subjektive Beschwerden der Patienten im Liegen und beim Gehen wurden als Kontrollparameter benutzt. Eine deutliche Linderung der Beschwerden und eine Verlängerung der Gehstrecke waren bei vierzehn Patienten, die nach der Kombinationstherapie mit lokaler Kaltluftbehandlung und krankengymnastischen Übungen behandelt wurden, schon nach fünf Behandlungsanwendungen zu verzeichnen. Dagegen wurde das Beschwerdebild der Kontrollgruppe nach zehn Behandlungen nach der konventionellen Therapiemethode nicht beeinflusst (79).

Im Jahre 1997 haben Wichmann und Fricke mehrere Patientenkollektive, die das Krankheitsbild einer ankylosierenden Spondylitis zeigten, untersucht. Das erste Kollektiv beinhaltete Patienten, die 28 Tage stationär mit Krankengymnastik und Ganzkörperkältetherapie behandelt wurden. Das zweite Kollektiv erhielt täglich Krankengymnastik mit Thermoerapie. Das dritte Kollektiv bestand aus ambulanten Patienten, die – ohne oben genannte Behandlungen - eine Beurteilung hinsichtlich ihres Aktivitätsindex vor und nach 36 Tagen Beobachtung erhielten. Bei den stationären Patienten, die eine Ganzkörperkältetherapie erhielten, wurde ein statistisch signifikanter Rückgang der Gesamtkrankheitsaktivität nach 28 Tagen beobachtet. Eine signifikante Besserung der objektiven Krankheitsaktivität (Bewegungseinschränkung insgesamt, Beweglichkeit der einzelnen Wirbelsäulenabschnitte, Blutkörperkungsgeschwindigkeit, Hämoglobinwert, ärztliches Gesamturteil, usw.) zeigte sich allerdings bei beiden stationären Gruppen. Nach der Ganzkörperkältetherapie waren funktionelle Verbesserungen in allen Wirbelsäulenabschnitten zu verzeichnen, wobei dieses bei der Gruppe, die mittels

Thermotherapie behandelt wurde, nur im Bereich der Brustwirbelsäule der Fall gewesen ist. Statistisch signifikante Veränderungen bei der ambulanten Beobachtungsgruppe konnten im Gegensatz dazu nicht festgestellt werden. Wichmann und Fricke postulieren aufgrund der Ergebnisse dieser Untersuchungen, daß für die Behandlung der ankylosierenden Spondylitis eine Kombinationstherapie aus Ganzkörperkältetherapie und Krankengymnastik von großer Wirksamkeit sei (81, 82).

Eine weitere therapeutische Wirkung der Kältetherapie stellt die Rückbildung von Ödemen dar.

Auf diese weist bereits Fricke in seiner Studie aus dem Jahre 1988 hin. In dieser Untersuchung, in der er verschiedene Methoden der Kryotherapie wie z.B. Eiskristalle im Handtuch, Eis am Steckerl, Eisbeutel, Eiswasser, Kältepackung, fließendes kaltes Wasser und Kaltluft mit N₂ untersuchte, erläutert er, daß die Behandlung chronisch entzündlicher Gelenkerkrankungen mit lokaler Kryotherapie 3 - 4 mal täglich eine wichtige Säule der physikalischen Medizin darstellt. Eine solche intensive Kühlung führt zu Entzündungshemmung, Analgesie im Entzündungsbereich, Ödemrückbildung, Funktionsverbesserung des Gelenkes und einer Muskeltonuserhöhung bzw. -minderung (17).

Hutzschenreuter et al berichten 1986 über ein Experiment mit Kryotherapie bei Ratten. Nach Eisbeutelbehandlung des Panniculus adiposus, der ventralen Bauchwand der Ratten, war ein spontaner Abfall des interstitiellen Flüssigkeitsdruckes von 0,2 Torr zu verzeichnen. Bei einer Hämatomerzeugung in demselben Bereich war ein Hämatomdruck von 1,5 - 2 Torr meßbar, wobei ein Abfall des Hämatomdruckes nach 4-maliger Kryotherapie auf 0,75 Torr meßbar gewesen ist. In diesem Zusammenhang war des weiteren ein Anstieg des Lymphdruckes zu beobachten. Der Sinn des Lymphdruckanstieges besteht – laut Hutzschenreuter et al – darin, daß eine Differenz zwischen interstitiellem Flüssigkeitsdruck und Lymphdruck bestehen muß, um eine Sogwirkung erzeugen zu können. Diese Sogwirkung führe dann zu einem Abfluß der lymphpflichtigen Last über das Lymphsystem (31).

Beste et al haben 1987 durch Untersuchungen gezeigt, daß die Kryotherapie reflektorisch über Hautrezeptoren einen verminderten arteriellen Einstrom in ödematöses Gewebe bewirkt. Die Ruhedurchblutung bei 30 mmHg Staumanschettendruck am Oberschenkel betrug vor Kryotherapie 3,4 ml / 100 ml * min, wobei sie nach der Kryotherapie nur noch 2,2 ml / 100 ml * min betrug. Die kapilläre Filtrationsrate war nach der Kryotherapie bei 30 mmHg im Mittel um 48% verringert (3).

Auf dieses zuletzt beschriebene Phänomen der Verringerung der Durchblutung beziehen sich auch Sherwin et al in ihrer Untersuchung aus dem Jahre 1994. Mit Hilfe von Triple-Phase-Bone-Scans haben sie nachgewiesen, daß eine Kältebehandlung des Knies für die Dauer von 20 Minuten zu einer Herabsetzung der arteriellen und der Weichteilgewebsdurchblutung führt. Des weiteren wurde auch eine Erniedrigung des Blutflusses und Metabolismus im Knochen beobachtet und dies unabhängig von Alter, Geschlecht, dem Weichteilmantel um das Knie und der aktuellen Temperatur, auf die das Knie abgekühlt wurde (73).

Neben den bereits beschriebenen Einsatzbereichen der Kryotherapie findet diese auch bei der Behandlung von Verbrennungen Anwendung. Folgende Untersuchungen zeigen die diesbezüglichen therapeutischen Wirkungen.

Bei einer Behandlung von Verbrennungen mit einer Ausdehnung von weniger als 20% der gesamten Körperoberfläche mittels einer Immersion in Eiswasser und Hexachlorophen oder mit Eiskompressen trat bei sofortiger Applikation der Kälte eine deutliche Verminderung von Schmerzen, Rötung und Blasenbildung auf (12).

In einer Reihe von Tierversuchen wurden die Brandwunden der Haut 30 – 60 Sekunden mit Stickstoffdämpfen mit einer Temperatur von -100°C behandelt. Generell wurde dabei eine Verkürzung der Behandlungsdauer und eine bessere Narbengestaltung beobachtet. Somit kann nach Ansicht von Szeffer-Marcinokowska behauptet werden, daß die traditionelle Wasserkühlung der Verbrennungsflächen durch kalte Stickstoffdämpfe ersetzt werden könne, da das Mazerieren des Gewebes und die Infektionsgefahr durch diese Methode erniedrigt werde. Weiterhin könne daher durch Einsatz von einfachen tragbaren Geräten die Behandlung von

Massenverbrennungsoffer (Bergwerke, Industriebetriebe, Kampfplatz) um einvielfaches vereinfacht werden (78).

Im Zusammenhang damit richtet Ellssel das Augenmerk auf mögliche, durch die Kältetherapie hervorgerufene negative Veränderungen. Er weist in seiner Untersuchung aus dem Jahre 1986 darauf hin, daß die Dauer des Aufenthaltes in der Kältekammer für die Ausbildung von teilweise konfluierenden, maculopapulösen Erythemen, die nach einigen Tagen von selbst eine Ausheilungstendenz zeigen, von großer Wichtigkeit ist. Dreizehn Patienten in einem Kollektiv von zweihundertachtzehn Patienten hatten bei einem Aufenthalt von 2 Minuten und 12 Sekunden die oben genannten Hautveränderungen gezeigt, wobei die restlichen bei einem Aufenthalt von 1 Minute und 39 Sekunden keine solche Veränderung aufwiesen (9). Einen Zusammenhang mit Kälteagglutinen konnte er nicht nachweisen. Die Kälteschäden heilten nach 3 - 4 Tagen folgenlos ab.

Eine weitere therapeutische Wirkung der Kältetherapie zeigt sich darin, daß diese in gewisser Weise auf die Atmung Einfluß nimmt.

Dies zeigt zunächst eine Studie von Engel et al aus dem Jahre 1987. Nach dem Verlassen der Kältekammer bei einer Temperatur von -110 bis -130°C und einer Dauer von 2 bis 3 Minuten haben sie eine Verbesserung des Atemstosses im Mittel auf $8,9 (\pm 1,6)\%$ bei dreiundzwanzig Patienten mit chronischer Polyarthrits feststellen können. Das gesunde Patientenkollektiv hat eine niedrigere Besserung des Atemstosses von nur $3,1 (\pm 1,1)\%$ gezeigt, wobei bei beiden Patientengruppen 3 Minuten später die Meßwerte wieder im Ausgangsbereich lagen. Das Verhalten der Atemfrequenz war bei allen Patienten sehr unterschiedlich. Als Ursache für die kurzzeitige Verbesserung der Ventilationsstörung durch Ganzkörperkältetherapie wird ein sympathicotoner, bronchodilatatorischer Effekt der Kältetherapie angenommen. Eventuell könnte die Ursache auch eine verbesserte Thoraxbeweglichkeit sein (10).

Mit der gleichen Fragestellung befaßt sich auch Menger in einer weiteren Untersuchung. In einem Patientenkollektiv (achtundzwanzig Mädchen zwischen 10 bis 16 Jahren) wurden von Dezember 1981 bis April 1982 bei Temperaturen

zwischen -10°C und $+10^{\circ}\text{C}$ Spirometrien und Bodyplethysmographien durchgeführt. In diesem Patientenkollektiv befanden sich sechszehn Mädchen mit Asthma bronchiale. Ohne Vorkühlung kam es bei den Asthmatikerinnen nach einer Voruntersuchung und 15-minütigem Spaziergang zu einem Bronchospasmus von durchschnittlich $-6,5\%$ im Vergleich zu dem individuellen Wert des FEV (forciertes Expirationsvolumen). Bei den Nichtasthmatikerinnen wurde auch ohne Vorkühlung während der Untersuchung ein Bronchospasmus bis zu maximal $-6,2\%$ beobachtet. Bei einer Vorkühlung des Organismus mittels kaltem Seebad oder Luftbad besserten sich die Befunde, wobei die Besserung der Befunde – laut Menger – durch Aktivierung des Sympathikotonus mittels dichter Kaltrezeptoren am Rumpf zu erklären sei (56, 57).

Schließlich berichten Jonderko et al über eine geringe Besserung von FVC und FEV1 unmittelbar nach der Kryotherapiemaßnahme. Die Lungen ventilationsparameter wie FVC, VC, FEV1, FEV (FVC%), PEF, MVV wurden in ihrer Studie mittels eines Lungenfunktionsgerätes in einer Gruppe im Verlauf, vor und nach der Kältetherapie sowie in einer anderen Gruppe ohne Kältetherapie in den gleichen Zeitabständen gemessen. Doch sie fügen weiter hinzu, daß die Zahl der Patienten für eine endgültige Signifikanz nicht ausreichend gewesen sei (38).

Auch in sportmedizinischer Hinsicht beschreiben verschiedene Autoren die therapeutische Wirksamkeit der Kryotherapie.

Fricke et al haben in einer Studie festgestellt, daß eine Ganzkörperkältetherapie von -110°C zu einer Steigerung der Kraftspitze und der Leistung führt. Dabei wurde die Beobachtung gemacht, daß eine Anwendungsdauer von 2 Minuten zu den besten Ergebnissen führte. Fricke et al erklären diese Wirkungen der Ganzkörperkältetherapie mit einer Vergrößerung der aeroben Kapazität des Muskelstoffwechsels aufgrund der kühlen Körperschale (21) .

In einer weiteren Untersuchung sind Fricke et al zu dem Ergebnis gelangt, daß sich eine weitere Steigerung von Muskelkraft und Leistung feststellen läßt, wenn vor und nach der Kältekammeranwendung eine Pause von 5 Minuten eingehalten wird, im

Vergleich zu der Voruntersuchung, mit einem Pausenintervall von lediglich 2 Minuten (22).

Bei Patienten mit leichten bis mittelschweren Sportverletzungen nach Traumata wurde die Wirkung einer speziellen Kältepackung (Kryopin-Pack) untersucht. Die Patienten litten unter Distorsionen sowie Muskel- und Sehnenverletzungen. Die Kriterien, wie die Rückbildung des Hämatoms, die Rückbildung der ödematösen Schwellung, das Nachlassen von Schmerz- und Spannungszustände, der Rückgang der Beschwerden wie Schwere- und Spannungsgefühlsschmerzen, wurden untersucht. Die Applikation der Kältepackung führte bei allen Patienten zu einer raschen Linderung der Beschwerden. Neben therapeutischen Effekten wurde die Bewegungsfähigkeit rasch wiederhergestellt (59).

Birwe et al untersuchten 1986 die Vorteile der Kryotherapie anhand von Messungen der groben Kraft, der Knieextension und der Schulterabduktion vor und nach der Ganzkörperkältetherapie bei Patienten, die an systemisch-entzündlichen Gelenkerkrankungen litten und diese Therapie zusätzlich neben anderen physikalischen Therapien bekamen. Eine zweite Gruppe diente als Kontrollgruppe ohne kryotherapeutische Behandlung. Bei einem weiteren Patientenkollektiv von vierhunderteinundneunzig Patienten wurden subjektive Beschwerdelinderungen von durchschnittlich 2 Stunden und 15 Minuten festgestellt. 74% der Patienten gaben eine erhebliche Schmerzlinderung an, wobei bei 87% der Patienten eine subjektive Schmerzlinderung im Vordergrund stand. Eine allgemein anregende Wirkung wurde bei den behandelten Patientengruppen für ca. 3 Stunden angegeben (4).

Hinsichtlich sportmedizinischer Verletzungen weisen Meeusen et al auf die positiven Wirkungen der verschiedenen Kryotherapiemethoden, wie z.B. Eispackungen, -Handtücher, -Massagen, etc. hin. Diese führen sowohl zu einer Erniedrigung der Schmerzen als auch zu einer schnelleren Heilung der Sportverletzungen (54).

Zimmer et al haben Untersuchungen bezüglich hämatologischer und biochemischer Parameter bei sportlich aktiven Gruppen nach einem Aufenthalt in einer Kältekammer von -110 bis -160°C durchgeführt. Diese Behandlungsmethode hat erheblich positiv auf die biologische Regeneration gewirkt. Dabei geben Zimmer et al

zu bedenken, daß solch eine Ganzkörperkältekammertherapie als wichtiger Faktor in erheblich schwierigen Trainingsprogrammen z.B. vor Weltmeisterschaftsspielen oder Olympischen Spielen in Betracht zu ziehen sei (84).

Schließlich wurden aufgrund von Studien weitere therapeutische Wirkungen der Kryotherapie festgestellt, auf die im Folgenden nur kurz eingegangen werden soll.

In einer weiteren Studie berichten Jonderko et al über den Einfluß der lokalen Kältetherapie auf das Elektrokardiogramm und den Blutdruck. Die lokale Kältetherapie führt zu einer signifikanten Minderung der Herzaktion. Der Blutdruck bleibe dabei jedoch unverändert. Nach verlängerter Kryotherapie wurden keine signifikanten Elektrokardiogramm-Veränderungen beobachtet (35).

Jonderko und Fricke berichten über einen – jedoch nur geringen - hemmenden Einfluß der Ganzkörperkältetherapie auf die Entleerung der Gallenblase postprandial (34).

Pöllmann und Pöllmann berichten über achtzehn junge Versuchspersonen, die alle Rechtshänder gewesen sind. Nach einer kryotherapeutischen Behandlung der Unterarme über 10 Minuten mittels Eiswickel wurde die Schmerzschwelle der Prämolaren beiderseits gemessen. Eine Erhöhung der Schmerzschwelle ist nur auf der rechten Seite der Prämolaren, nicht aber an den linken Prämolaren nach der Kryotherapie der Unterarme zu beobachten gewesen. Anhand von Fragebogen wurden die klinischen Beobachtungen abgesichert (65).

Die bis hierhin aufgeführten allgemeinen Wirkungen der Kältetherapie zeigen sich nicht in gleicher Weise bei allen verschiedenen Anwendungsformen. Daher soll im folgenden anhand der Ergebnisse verschiedener Studien die zum Teil unterschiedliche Wirkung verschiedener Applikationsformen der Kälte dargestellt werden.

Kober et al haben die Wirksamkeit der Kaltlufttherapie jener der Kältepackungstherapie gegenüber gestellt. Sie stellten dabei fest, daß die

Wirksamkeit der Kältepackungen ausgeprägter ist als die der Kaltluft, wobei jedoch die Kältepackung 15 Minuten und die Kaltluft nur 2 Minuten angewandt wurde. Die Dauer der Kältetherapie an sich ist dabei wichtig, weil tiefere Gewebsschichten nur durch längere Einwirkung erreicht werden können und damit die Druckschmerzschwelle durch die anhaltende Aktivitätssenkung der Nozizeptoren erhöht wird (44).

Ergänzend dazu ist der Untersuchung von Kröling et al zu entnehmen, daß sowohl eine Eisbeutelapplikation als auch die Kaltluftbehandlung zu einer signifikanten Erhöhung der Druckschmerzschwelle führen, diese aber bei Behandlung mit Kaltluft um fast das Doppelte über dem bei der Eisbeutelbehandlung festgestellten Wert liegt. Auch 15 Minuten nach Behandlungsende befanden sich die Durckschmerzschwellen beider Patientenkollektive noch auf einem gegenüber dem Ausgangswert deutlich erhöhten Niveau (47).

Im Jahre 1990 haben Kröling et al über monopolare EMG-Nadeln die perkutane elektrische Schmerzschwelle bestimmt. Nach Kryotherapieanwendung wurde eine hochsignifikante Anhebung der gelenknahen Schmerzschwelle verzeichnet, wobei Kaltluft erheblich schneller wirksam ist als Eispackungen. Innerhalb einer halben Stunde nach der Behandlung kann noch mit einer Nachwirkung der beiden Kryotherapiebehandlungsmethoden gerechnet werden (49).

In einer vorhergehenden Studie hatten sich Kröling et al bereits mit Einflüssen der verschiedenen Kälteapplikationen auf die experimentelle elektrische Schmerzschwelle befaßt. Auch dabei war festgestellt worden, daß die Anhebung der Schmerzschwelle hervorgerufen durch die Kaltluft um etwa das Doppelte über der durch Auflage eines Eisbeutels hervorgerufenen lag. Eine ebenfalls durchgeführte N₂-Kaltgasanwendung bewirkte nur etwa ein Drittel des Maximalanstiegs unter Kaltluft. Während bei den beiden erstgenannten Verfahren die Werte nach Applikationsende rasch auf ein über den Ausgangswert hinausgehendes Plateau zurückkehrten, stieg die Schwelle im Anschluß an die N₂-Kaltgasapplikation noch einige Minuten weiter an, um dann ebenfalls auf das erhöhte Plateau abzufallen (48).

Knollmann und Berliner untersuchten im Jahre 1990 die Wirkung der drei Therapiemethoden – Kryogelbeutel, Kaltluft und kalter Stickstoff – auf die Hauttemperatur und Hautdurchblutung gesunder Probanden. Die Kryogelanwendung zeigte die stärkste Wirkung in Bezug auf die Senkung der Hauttemperatur um 15,2°C. Die Wiederaufwärmungsphase um ca. 50% der Absenkung der Ausgangstemperatur war entsprechend nach Kryogelanwendung mit 10 Minuten auch am längsten. Alle drei Kryotherapiemethoden erniedrigten das Laser-Doppler-Signal der Hautdurchblutung gleichermaßen um ca. 40% des Ausgangswertes. Das Kälteerythem war nach Kryogelbeutelanwendung am stärksten und nach Stickstoff-Kaltluftbehandlung am schwächsten ausgeprägt. Von den Versuchspersonen selbst wurde die Stickstoff-Kaltluftanwendung als erträglichste und die Kryogelbehandlung als unerträglichste Methode beurteilt (43).

Abschließend sei – trotz der thematischen Beschränkung dieser Arbeit auf die Wirkungen der Kältetherapie – kurz auf einige Studien hingewiesen, die diese Wirkungen derjenigen, der Wärmebehandlung vergleichend gegenüberstellen.

Benson et al haben 1974 die therapeutischen Effekte in Form von Wärme und Kälte auf die Druckschmerzschwelle bei Anwendung auf die Schultern gesunder Probanden untersucht. Die Untersuchung hat gezeigt, daß Eis-Therapie signifikantere Ergebnisse erzielt als Kurzwellen-Diathermie-Therapie, um die Druckschmerzschwelle für eine Zeit bis zu 30 Minuten nach der Therapie anzuheben. Beide Therapieformen, sowohl die Eis- als auch die Kurzwellen-Diathermie-Therapie, haben ihren maximalen Wirkungsbereich sofort nach der Therapie. Bei der Eis-Therapie war nach 30 Minuten der Effekt fast auf Null zurückgegangen, was bei der Diathermie-Therapie schon nach 15 Minuten der Fall gewesen ist. Diese Ergebnisse zeigen, daß diese beiden Therapien in Bezug auf die Anhebung der Druckschmerzschwelle nur ergänzend zu Mobilisationsübungen und aktiven Bewegungen wie Krankengymnastik in Betracht zu ziehen sind (2).

Die verschiedenen Parameter wie z.B. Bewegungsumfang der Halswirbelsäule in 2 Ebenen, gemessen mit einem Gravitationsgoniometer, subjektive Schmerzskala sowie Druckschmerzhaftigkeit der Nackenmuskulatur wurden für eine Gesamtbeurteilung zweier Therapieformen im Vergleich von Mandak untersucht. Die

zwei Therapieformen beinhalteten eine manuelle Therapie kombiniert jeweils mit lokaler Kaltluftbehandlung oder konventioneller Wärmebehandlung. Der Bewegungsumfang der Halswirbelsäule war nach der Anwendung mit Kaltlufttherapie signifikant erweitert, was in der Gruppe mit Wärmetherapie nicht der Fall gewesen ist. Bei beiden Gruppen waren subjektive Besserungen der Schmerzen und der Druckschmerzen zu verzeichnen (53).

Kirk et al haben die Effekte der Wärmetherapie in Form von Hydropacks und der Kältetherapie in Form von Eispackungen bei Patienten mit rheumatischer Arthritis einander gegenüber gestellt. Kirk et al berichten, daß trotz der Bequemlichkeit der Wärmetherapie eine große Zahl der Patienten die Therapie mit Eis-Packungen bevorzugt habe. Die Eis-Packungsbehandlung führte bei den oben genannten Patienten zu einer stärkeren Abnahme der Schmerzen und der Steifigkeit der Gelenke als die Hydropacks. Die objektiven Messungen zeigen laut Kirk et al keine relevanten Unterschiede zwischen den beiden Therapieformen (41).

Zusammenfassend weisen Fialka et al darauf hin, daß Kälte bislang weitgehend aufgrund positiver Erfahrungen, nicht aber aufgrund wissenschaftlich fundierter Belege eingesetzt werde. Viele Studien zu diesem Thema seien mit methodologischen Fehlern behaftet, andere Untersuchungen seien aufgrund des Fehlens einer Kontrollgruppe in ihrer Aussage nur beschränkt verwertbar (12).

Um aber sichere Aussagen über die Auswirkungen der Kryotherapie treffen zu können, sei insbesondere die Untersuchung einer unbehandelten Kontrollgruppe erforderlich.

IV. Die Methode der Druckschmerzschwellenmessung

Die Reliabilität der Methode zur Druckschmerzschwellenmessung ist von großer Wichtigkeit, da erst die Messmethode es dem Untersucher ermöglicht, signifikante Aussagen über den Erfolg der Therapie zu machen.

In der Literatur sind bislang viele Methoden der Druckschmerzschwellenmessung ausgearbeitet worden. Diese wurden zumeist mit einem elektrischen Algometer oder einem mechanischen Druckalgometer durchgeführt. Sie wurden sowohl an gesunden als auch an erkrankten Patienten, die zum Beispiel eine generalisierte Tendomyopathie (Fibromyalgie) aufwiesen, durchgeführt. Eine andere Problematik, die sich bei den Untersuchungen herausgestellt hat, ist die Auswahl zwischen Messungen an Triggerpunkten oder Tenderpoints.

Die Tenderpoints sind definierte Punkte an der Muskulatur, die bei Messungen immer gleich bleiben. Die Triggerpunkte jedoch sind Punkte, die in jeder Muskulatur und bei jedem Menschen verschiedene Lokalisationen aufweisen. Sie stellen die empfindlichsten Stellen der Muskulatur dar. Sie müssen erst von dem Untersucher ausfindig gemacht werden, bevor die Messungen durchgeführt werden können.

Reeves et al haben 1986 ihre Messungen anhand von Triggerpunkten durchgeführt und weisen darauf hin, daß schon das Wiederfinden der Punkte ein großes Problem darstelle. Deshalb sei es erforderlich, daß die Untersuchung nur von einem Untersucher durchgeführt wird. Reeves et al haben anhand von drei Studien die Reliabilität der Druckschmerzschwellenmessung aufgezeigt, und stellen fest, daß die Triggerpunktsensibilität mit einer Druckschmerzschwellenmessung bestimmt werden kann. Die Sensibilität der myofasialen Triggerpunkte definieren sie als den Grad des ausgeübten Druckes in Kg / cm^2 auf diesen Punkt, wobei dieser gerade eben zu einem spürbaren Schmerz führen soll (70). Die Art des Druckalgometers (Model PTH-AF2, mit einer 1 cm großen Gummispitze verbunden mit einem Druckmessgerät, das eine Skala von 0 bis 11 Kg beinhaltet) , das Reeves et al verwandt haben, ist im Falle der Reliabilität der Messmethode auch von großer Bedeutung, wie im Folgenden der Vergleich mit Untersuchungen anderer Beobachter zeigt (70).

Fischer hat 1987 mit dem gleichen Messgerät, welches bereits von Reeves et al benutzt worden war, festgestellt, daß das Gerät für die Messung der Druckschmerzschwelle an allen Triggerpunkten des Körpers, für die Feststellung der Fibrositis oder der myalgischen Punkte, für die Aktivität der Arthritis sowie für die Messung der Schmerzsensibilität von Nutzen sein kann. In der klinischen Praxis kann das Algometer auch für eine Quantifikation von tiefen Muskelempfindlichkeiten eingesetzt werden. Damit wurde die Diagnosestellung einiger Erkrankungen, die bislang nicht objektiv erfasst werden konnten, vereinfacht (13).

Pratzel et al haben 1994 (67) eine Doppelblindstudie mit zwanzig Patienten, die an einem muskuloskelettalen Schmerzsyndrom im Rahmen weichteilrheumatischer Beschwerden erkrankt waren, durchgeführt. Die Druckschmerzschwellenmessungen wurden an typischen Triggerpunkten vollzogen, wobei die Patienten beim Spüren von Schmerzen oder Beschwerden mit „Ja“ die Messungen unterbrachen. Die Algometrie wurde an acht bilateral symmetrischen Punkten gemessen. Die Art des Algometers ist die gleiche gewesen, wie jene des von Fischer empfohlenen Algometers (Pain Diagnostik & Thermography, Great Britain) mit einem Maximum im Skalenbereich von 11 Kg/cm². Dabei ist ein deutlicher Unterschied zwischen den Ergebnissen der physikalischen Therapie und eines Placebos in Bezug auf die Druckschmerzhaftigkeit zum Vorschein getreten, der darauf hinweist, daß diese Art der Messung signifikante Ergebnisse hervorbringt.

Im Jahre 1996 berichteten Pratzel et al (69), daß die Druckalgometrie bei Messungen der Druckschmerzschwelle in einer Studie, in der die Effektivität von Tolperisonhydrochlorid und eines Placebos untersucht worden ist, valide gewesen sei. Diese Untersuchungen wurden an 16 standardisierte Tenderpoints gemessen.

In einer Reihe von Studien, die Pratzel 1997 (68) durchgeführt hat, wurden die Effektivität der physikalischen Therapie mittels Sulphur und Radon sowie die medikamentösen Effekte der Tolperisonhydrochlorid in Bezug auf das myofaciale Schmerzsyndrom untersucht.

Die Algometrie als evaluative Methode der physikalischen Therapiemethode wurde mit einem anderen Durckschmerzschwellenmeßgerät (Pain Diagnosis &

Thermography, Great Neck N.Y. USA) mit einem Maximum vom 11 Kg / cm² durchgeführt. Dieses Meßgerät wurde auch in den vergangenen Jahren von Reeves et al und Fischer benutzt. Bei dieser Untersuchung wurde wiederum an den sechzehn standardisierten Tenderpoints gemessen. Diese Messungen wurden an den genannten Punkten symmetrisch auf beiden Seiten gemessen. Dabei stellte sich heraus, daß die gemessene Druckschmerzschwelle an den genannten sechzehn standardisierten Tenderpoints ein adäquater Meßwert für den Analgesieeffekt bei Patienten mit Muskelschmerzen ist und mit der individuellen Druckschmerzschwelle einzelner Patienten korreliert. Weiterhin korrelieren die gemessene subjektive Schmerzempfindung mit dem Niveau der gemessenen Druckschmerzschwelle bei Bewegung oder bei Therapie. Radon- und Sulphurbäder bringen auf lange Sicht mehr Erfolg bei der physikalischen Therapie als nur Warmwasserbäder oder Massagen.

In einer Studie aus dem Jahre 1988 prüfte Lautenschläger (52) einen neu entwickelten Druckdolorimeter anhand wiederholten Messungen an fünfundzwanzig freiwilligen Probanden auf seine Reliabilität. Gute Korrelationen ergaben sich zwischen zwölf verschiedenen Meßpunkten. Lautenschläger stellte fest, daß Patienten mit generalisierter Tendomyopathie eine geringere Druckschmerzschwelle aufweisen als gesunde Probanden. Weiterhin weist er darauf hin, daß die Druckschmerzschwelle auf beiden Seiten geringe Unterschiede zeige. Sowohl bei den gesunden als auch bei den kranken Probanden sei dieser Sachverhalt vergleichbar gewesen.

Lautenschläger betont in seiner Publikation aus dem Jahre 1994 (51), daß bei der Messung der Druckschmerzschwelle auf eine genaue Definition der gemessenen Punkte geachtet werden muß. Die Unterscheidung zwischen Triggerpunkten und Tenderpoints ist von großer Wichtigkeit, da Tenderpoints definierte Lokalisationen sind, die in der Regel als bekannt voraus gesetzt sind. Die Triggerpunkte jedoch müssen bei jedem Patienten genau festgestellt werden, da diese Punkte nur dann zu bestimmen sind, wenn ein straffes Band von Muskelfasern diese Punkte auch beinhaltet. Wenn es während der Palpation zu einem Schmerz fern von dem Punkt kommt, kann von einem aktiven Triggerpunkt ausgegangen werden. Bei latenten Triggerpunkten ist der Schmerz auf die Palpationszone beschränkt.

Gutenbrunner wies im Jahre 1998 in einer Publikation auf die generelle analgetische Wirkung der physikalischen Therapie, gemessen während und nach der Behandlung mit Schwefelbädern und Kältetherapie mittels eines Druckalgometers hin. Gutenbrunner betont weiterhin in seinem Bericht die Wichtigkeit der Untergliederung der Forschungsergebnisse in Bezug auf die physikalischen Anwendungen. Eine zeitliche Gliederung in Immadiat-Wirkung und Langzeitwirkung wäre die beste Methode, um die Wirksamkeit der physikalischen Therapiemethoden in den Vordergrund zu stellen. Eine zusätzliche Kontrollgruppe hilft dann, die gemessenen Daten vergleichbar machen zu können (27).

Kosek et al weisen auf eine höhere Schmerzempfindlichkeit über Muskel- / Nervpunkten im Vergleich zu Knochenregionen und puren Muskelpunkten hin. Es bestehe generell keine Differenz zwischen der Druckschmerzschwelle an den Knochen- oder Muskellokalisationen. Die Druckschmerztoleranz ist über den Knochenregionen geringer als über den Muskelregionen, wobei diese an den Dermatomen Th1 gemessen worden waren. Er wies zudem darauf hin, daß die Hautsensibilität von der Druckschmerzschwelle (PPT) beeinflusst wird. Es wurde in dieser Studie EMLA® - Salbe - ein lokal anästhetisch wirksames Medikament - der Kontrollsalbe gegenüber gestellt. Dabei stellte sich heraus, daß um so mehr mechanosensible Nozizeptoren in der Tiefe aktiviert werden, desto niedriger die Druckschmerzschwelle in diesem Bereich ist. Nach der Anwendung der anästhetisch wirksamen Salbe stiegen die Druckschmerzschwellen im Vergleich zu der unbehandelten Seite an. In diesem Zusammenhang gehen Kosek et al davon aus, daß diese Relation nicht von der Hypästhesie abhängig sei (45).

In einer weiteren Studie von Nussbaum et al (62) wurden die Druckschmerzschwellenmessungen mit einem einfachen mechanischen Druckalgometer an gesunden Probandenmuskeln zuverlässig durchgeführt und sind auch über 3 aufeinander folgende Tagen reproduzierbar gewesen. Die Messungen sollten jedoch nur von einem Untersucher durchgeführt werden, da verschiedene Untersucher unterschiedliche Meßergebnisse erzielen könnten.

Ein weiteres Verfahren zur Druckschmerzschwellenmessung stellten Kröling et al 1999 vor. Hierbei wurde ein probandengesteuerter und automatisierter Druckalgometer angewandt, wobei in dieser Versuchsreihe der elektromagnetische Antrieb durch einen pneumatischen Stellmotor ersetzt wurde. Durch einen halbkugelförmigen Druckfuß wird eine Kraftzunahme von 1 Kg / s auf den Meßpunkt ausgeübt. Der Patient ist jederzeit in der Lage durch Knopfdruck beim Verspüren von minimalem Druckschmerz die Aktion zu unterbrechen. Die Druckschmerzschwelle wurde in der Mitte der Verbindungslinie von medialem Kniegelenkspalt und Malleolus medialis jeweils vor der Anwendung und danach von transcutanen elektrischen Nerven - Stimulation (TENS) mit verschiedenen Hz-Stärken von 80 Hz, 2 Hz, Burst-Frequenz 80 / 2 Hz und mit einer Impulsfolge von 1 - 150 Hz gemessen. Zudem wurden auch Messungen bei extrasegmentaler Stimulation mit Positionierung von Elektroden retroauriculär und am Ohrläppchen durchgeführt. Diese Studienreihe zeigt, daß transcutane elektrische Nervenstimulationen in der Lage sind, spinale und supraspinale Mechanismen der Schmerzhemmung zu aktivieren. Um ca. 80 Hz liegt die optimalste analgetische Wirkung des elektrischen Reizes mit einer Anhebung der Schmerzschwelle von mindestens 20% (46).

Bei den vorangegangenen Studien wurden verschiedene Methoden der Schmerzschwellenmessung am menschlichen Körper geprüft. Dabei wurden z.B. Schmerzschwellenmessungen an der Muskulatur, dem Knochenperiost bzw. den Sehnen durchgeführt. Es zeigte sich, daß die bessere Methode die Messung der Schmerzschwelle über den Muskeln darstellt, da sie - wie schon aufgezeigt (45) - schmerzunempfindlicher sind als z.B. Knochen. Des weiteren wurden neben der Druckschmerzschwellenmessung zusätzliche Meßparameter bestimmt, z.B. die Messung der Kälte-, der Hitzeschmerzschwelle. Da diese zur Quantifizierung des Erkrankungsausmaßes bei weichteilrheumatischen Erkrankungen keine Rolle spielen, wurde in der vorliegenden Arbeit auf ihre Messung verzichtet.

Des weiteren zeigte sich in verschiedenen Untersuchungen, daß die Tenderpoints für Untersucher leicht auffindbar waren, während es bei der Reproduktion der Triggerpunkte erhebliche Diskrepanzen zwischen verschiedenen Untersuchern gab. Die vorliegende Untersuchung wurde von einem Untersucher an definierten Tenderpoints vorgenommen, wobei aus technischen Gründen mit einem

Druckalgometer der Firma PD&T/Italien gearbeitet wurde. Die Druckalgometrie ist in der Diagnostik weichteilrheumatischer Erkrankungen als eine wissenschaftlich verlässliche Methode anerkannt und bei zahlreichen Untersuchungen angewandt worden.

B) Material und Methodik

Im Folgenden wird nun das Untersuchungsverfahren vorgestellt, mit dessen Hilfe die dieser Arbeit zugrundeliegenden Ergebnisse ermittelt wurden. Des weiteren gilt es, jene bei der technischen Verarbeitung der gewonnenen Ergebnisse und deren statistischen Analyse verwendeten Hilfsmittel, kurz anzuführen.

Als Probanden standen 41 willkürlich aus dem Patientenkollektiv der Rehabilitationsklinik Bad Seebach/Vlotho ausgewählte Personen zur Verfügung. Ausschlußkriterium für die Aufnahme in die Stichprobe waren die Einnahme einer Schmerzmedikation sowie eine zuvor erfolgte Inanspruchnahme von Moortherapie oder Kältekammertherapie am selben Tage.

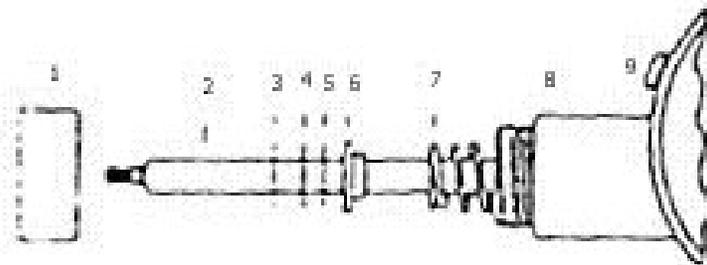
Diese Patienten unterzogen sich im Rahmen der durchgeführten Untersuchungen einer Kältetherapie in einer Kältekammer bei Temperaturen von ca. -110°C . Dabei wurden Messungen der Druckschmerzschwelle vorgenommen. Diese erfolgten in drei aufeinander folgenden Schritten.

Vorab wurden die Patienten jeweils vor Beginn der Therapie um ihr Einverständnis gebeten und über den Ablauf der Messung aufgeklärt. Sodann erfolgte eine Testmessung, um die Patienten mit den Empfindungen während der Messung vertraut zu machen. Anschließend wurde die endgültige Messung zum Zwecke der Untersuchung vorgenommen.

Die Druckschmerzschwellenmessungen wurden mit Hilfe eines geeichten Druckalgometers der Firma PD&T (pain diagnosis and treatment) /Italien mit einem Skalenbereich von 1 bis 10 kg durchgeführt. Zur Bestimmung der Schmerzschwelle wurde die Schubstange mit eingesetztem Hartgummi-Kopfstück mit 1 cm Durchmesser möglichst senkrecht auf die Meßstelle aufgesetzt. Zuvor mußte der Zeiger durch Drücken des Rückstellknopfes auf den Ausgangswert gestellt werden. Bei der Messung selbst wird das Meßgerät auf die Meßstelle gedrückt, bis die Schmerzschwelle des Patienten erreicht ist.

Bereits zu Beginn wurden die Patienten darüber aufgeklärt, daß sie beim Erreichen der Druckschmerzschwelle oder Spüren von kleinsten Unannehmlichkeiten entweder mit „JA“ oder „o.K.“ die Messung beenden sollten. In der Testmessungsphase wurden die Patienten auf diesen Schritt vorbereitet.

Beim Abnehmen des Meßgerätes bleibt der Zeiger auf dem maximal erreichten Meßwert stehen und kann dadurch gut und leicht abgelesen werden. Vor einer neuen Messung wird der Zeiger durch Betätigung der Rückstelltaste auf den Ausgangswert gestellt. (63)



- | | |
|---------------------|--------------------|
| (1) Überwurfmutter | (6) Anschlagplatte |
| (2) Schubstange | (7) Feder |
| (3) Scheibe | (8) Gehäuse |
| (4) Sprengring | (9) Rückstellknopf |
| (5) Justierscheiben | (10) Schleppeziger |

Abbildung 1: Druckalgometer der Firma PD&T (pain diagnosis and treatment)

Insgesamt wurden für diese Messungen vier Tenderpoints - auch aus Einfachheitsgründen für die Patienten - im Bereich des Oberkörpers ausgesucht. Die Messungen erfolgten jeweils beidseits occipital über dem M. Splenius capitis, über dem Pars transversum des M. Trapezius, über dem M. deltoideus und am Epicondylus lateralis humeri.

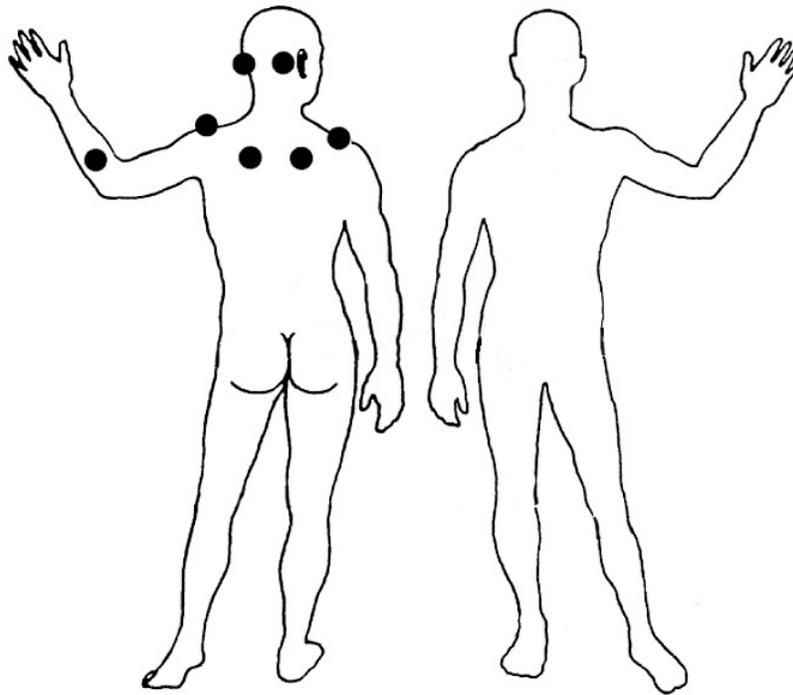


Abbildung 2: Darstellung der acht untersuchten Tenderpoints

Die Druckschmerzschwellen der Patienten wurden an den oben genannten Tenderpoints vor der Therapie, unmittelbar nach der Therapie, nach 10 Minuten sowie nach 20 Minuten gemessen. Dieses Verfahren (Verlaufskontrolle) ermöglicht im Ergebnis eine Übersicht über die Entwicklung der Druckschmerzschwelle nach einer einmaligen Kältekammerbehandlung.



Abbildung 3: Druckalgometer der Firma PD&T (pain diagnosis and treatment) während der Messung

Von den 41 Patienten in unserer Studie waren 18 männlichen, 23 weiblichen Geschlechts. Das durchschnittliche Alter in dieser Gruppe lag bei 54 Jahren.

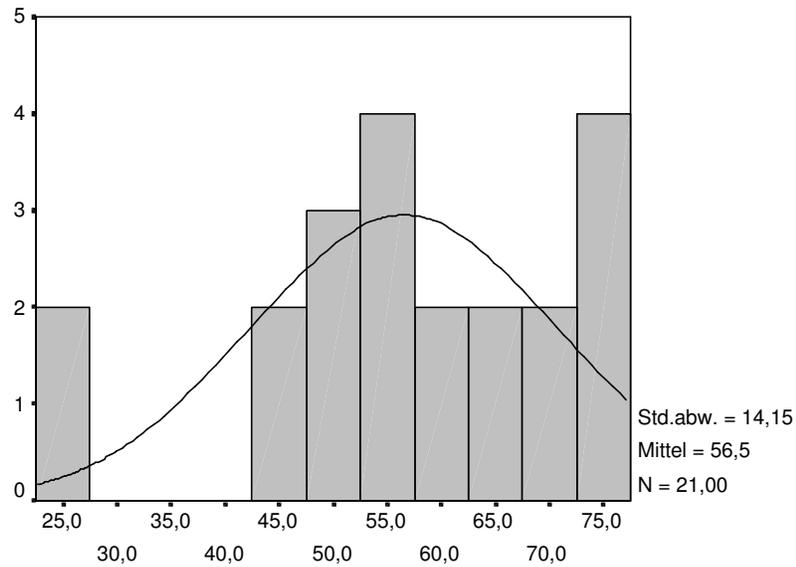


Abbildung 4: Graphische Darstellung der Altersverteilung der Frauen im Patientenkollektiv

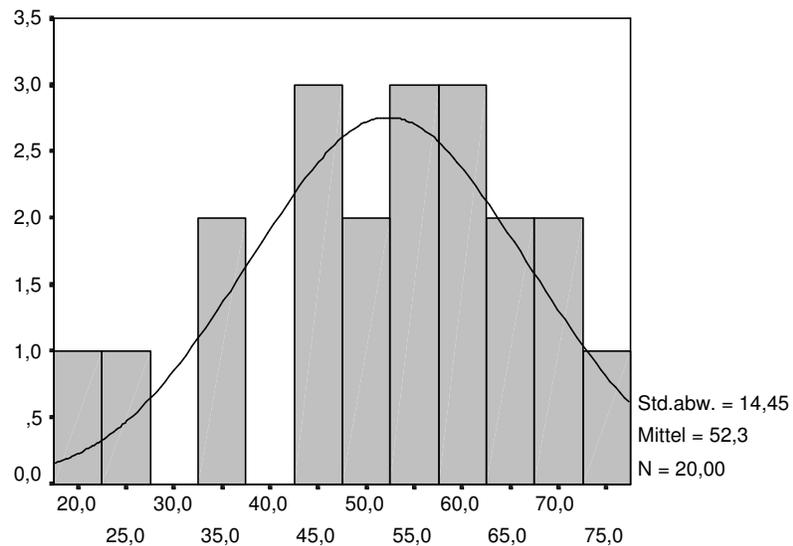


Abbildung 5: Graphische Darstellung der Altersverteilung der Männer im Patientenkollektiv

Im einzelnen verliefen die Untersuchungen folgendermaßen:

Die Patienten entkleideten sich bis auf Badebekleidung, Mundschutz, Stirnband, Handschuhe sowie Filzüberschuhe. Daraufhin wurde die erste Druckschmerzschwellenmessung vorgenommen. Nach dieser ersten Messung begaben sich die Patienten in eine Kältekammer der Firma Crio Medizintechnik mit Vorkammer. In der Vorkammer herrschten ca. -60°C , in der Hauptkammer ca. -110°C Lufttemperatur. Nachdem sich die Patienten in der Vorkammer ca. 10 - 15 Sekunden aufgehalten haben, um einen Teil der eingedrungenen Wärme technisch zu entfernen, wurden sie aufgefordert die Hauptkammer zu betreten. In der Hauptkammer gingen die Patienten drei Minuten im Kreis, wobei die Richtung nach jeder Minute gewechselt wurde. Nach Beendigung der Therapie erfolgte sofort die zweite Messung der Druckschmerzschwelle. Zwischen der zweiten und der darauffolgenden dritten sowie zwischen der dritten und der abschließenden vierten Messung ruhten die Patienten sitzend.



Abbildung 6: Fotografische Darstellung der Kältekammer mit Vor- und Hauptkammer



Abbildung 7: Photographische Darstellung der Kältekammer während der Therapie

Damit eine fundierte Aussage über die Ergebnisse der Messungen getroffen werden kann, wurden anschließend die Messungen in gleicher Weise an einer Kontrollgruppe durchgeführt. Die Probanden unterzogen sich keiner Behandlung mit der Ganzkörperkältekammertherapie. Es wurden gesunde Probanden im Alter zwischen 20 und 80 Jahren ausgewählt. Nachdem diese ihr Einverständnis mit den beabsichtigten Untersuchungen erklärt hatten, wurde eine sorgfältige Anamnese erhoben. Die Einnahme von Analgetika stellte auch in dieser Untersuchungsgruppe das Ausschlußkriterium dar. Die Messungen wurden weitestgehend analog zu den Messungen in der Therapiegruppe durchgeführt.

Die Kontrollgruppe bestand aus insgesamt 25 Probanden, 12 männlichen und 13 weiblichen. Das Durchschnittsalter dieser Kontrollgruppe lag bei 47 Jahren.

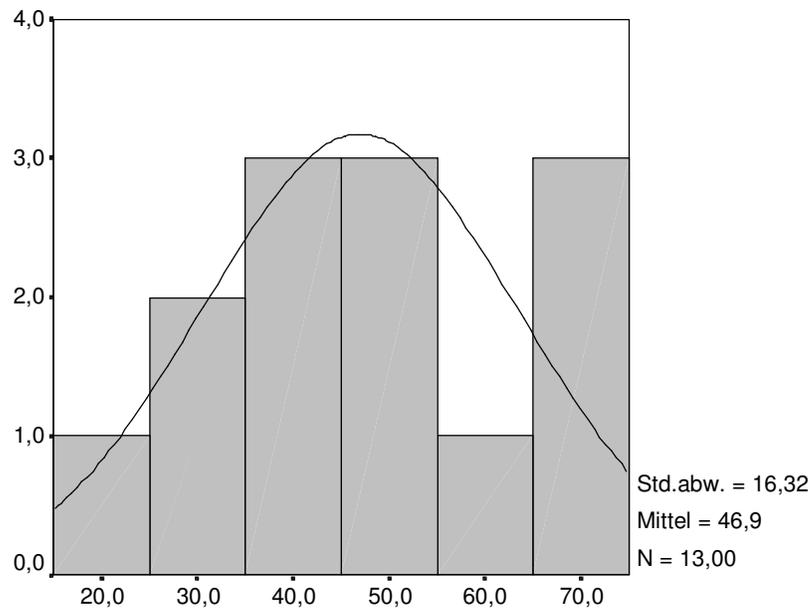


Abbildung 8: Graphische Darstellung der Altersverteilung der Frauen in der Kontrollgruppe

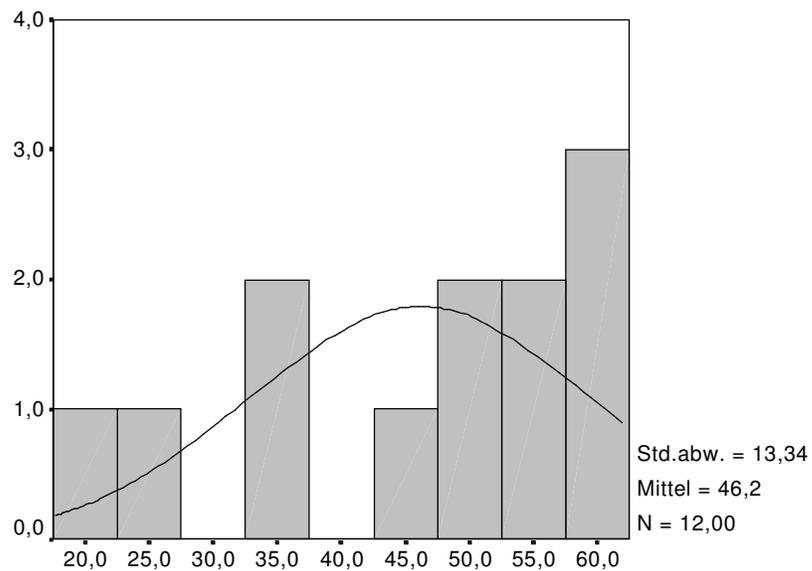


Abbildung 9: Graphische Darstellung der Altersverteilung der Männer in der Kontrollgruppe

Auch diese Probanden entkleideten sich bis auf die Badebekleidung. Daraufhin wurde auch bei Ihnen die erste Druckschmerzschwellenmessung vorgenommen. Nach dieser ersten Messung begaben sich die Probanden in einem Raum, dessen Lufttemperatur 21,4°C betrug. Dort gingen auch sie drei Minuten im Kreis. Die Laufrichtung wurde nach jeder Minute gewechselt. Danach erfolgte die zweite Messung. Zwischen der zweiten und der dann folgenden dritten sowie zwischen der dritten und der abschließend durchgeführten vierten Messung ruhten die Probanden sitzend.

Anschließend wurden die gewonnen Ergebnisse mittels „SPSS 9.0 für Windows“ aufgearbeitet, statistisch ausgewertet und zuletzt grafisch dargestellt.

The screenshot shows the SPSS 9.0 for Windows Data Editor window titled "DRArbeit-Kryotherapie - SPSS für Windows Daten-Editor". The menu bar includes "Datei", "Bearbeiten", "Ansicht", "Daten", "Transformieren", "Analysieren", "Grafiken", "Extras", "Fenster", and "Hilfe". The toolbar contains various icons for file operations and data manipulation. The main window displays a data table with the following structure:

	lfdnr	sex	alter	ore0	oli0	ore1	oli1	ore10	oli10	ore20	oli20	dre0	dli0
1	1	m	36	1,9	2,0	2,2	2,0	2,3	2,4	2,3	2,7	2,9	2,
2	2	m	49	2,2	2,2	3,1	2,8	2,5	2,6	3,2	2,9	3,5	2,
3	3	m	22	3,1	2,9	2,2	2,4	2,7	2,3	2,9	2,4	3,5	4,
4	4	m	59	2,3	2,4	1,8	2,5	2,2	2,3	1,9	2,3	3,2	3,
5	5	m	55	2,3	1,8	1,4	1,8	2,2	2,3	1,6	1,8	2,2	2,
6	6	m	47	2,3	3,2	2,9	3,1	2,7	3,1	3,2	3,6	4,5	3,

Abbildung 10: Graphische Darstellung der Ergebnisse mit Hilfe von „SPSS 9.0 für Windows“

C) Ergebnisse und Auswertung

Im folgenden werden die Ergebnisse der oben beschriebenen Untersuchungen dargestellt und erläutert. Bezüglich der konkreten einzelnen Meßergebnisse wird auf Anlage 1 dieser Arbeit verwiesen. Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt zunächst anhand von Boxplots, denen die Extremwerte sowie der Interquartilbereich, also jener Bereich, in dem sich 50% der Meßwerte befinden, zu entnehmen sind. Daraufhin werden jeweils die Entwicklungen der Mittelwerte der einzelnen Druckschmerzschwellen getrennt nach Männern und Frauen grafisch dargestellt.

I. Entwicklung der Mittelwerte der Druckschmerzschwelle der Tenderpoints

Die folgenden Grafiken zeigen die Entwicklung der somatischen Druckschmerzschwelle bei dem Patientenkollektiv.

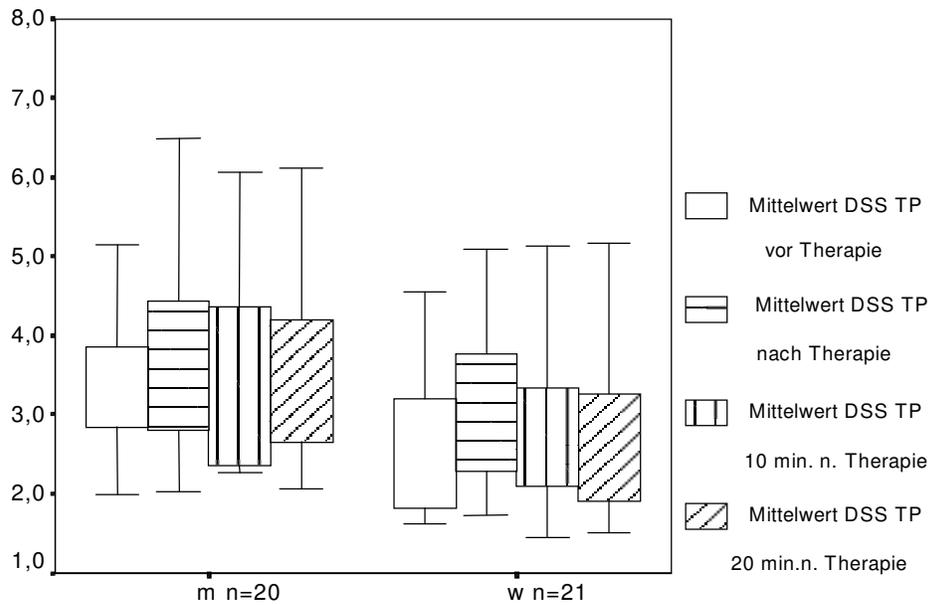


Abbildung 11: Entwicklung der Mittelwerte der Druckschmerzschwelle (DSS) der Tenderpoints (TP) im Patientenkollektiv

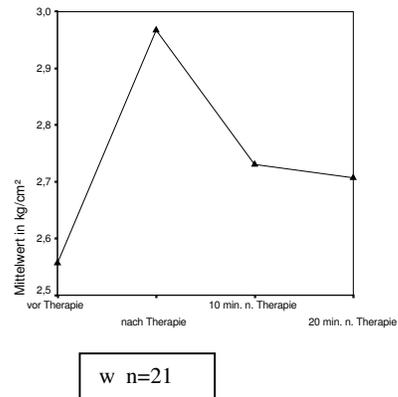
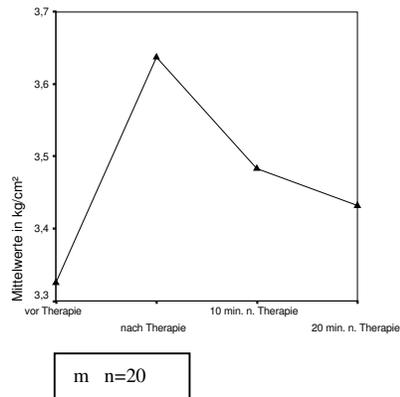


Abbildung 12 und 13: Entwicklung der Mittelwerte der Druckschmerzschwelle der Tenderpoints im Patientenkollektiv bei Männern (m) und Frauen (w)

Sowohl bei den Männern, als auch bei den Frauen läßt sich ein Anstieg der Druckschmerzschwelle unmittelbar nach der Therapie feststellen. Dabei ist jedoch zu beachten, daß der Anstieg des Mittelwertes der Druckschmerzschwelle um ca. 22,1% bei den Frauen größer ausfällt als bei den Männer um ca. 13,1%. 10 bzw. 20 Minuten nach der Therapie fallen die Werte der Messungen bei beiden Geschlechtern dann wieder leicht ab (bei den Frauen auf ca. 13,2% und bei den Männern auf ca. 7,1%). Jedoch sinken die Wert der Druckschmerzschwelle nach 20 Minuten nicht unter den Ausgangswert (Frauen 12,3%, Männer 5,1%). Es läßt sich somit auch nach 20 Minuten noch eine gegenüber dem Ausgangswert erhöhte Druckschmerzschwelle verzeichnen.

Demgegenüber stellt sich die Entwicklung der somatischen Druckschmerzschwelle bei der Kontrollgruppe folgendermaßen dar.

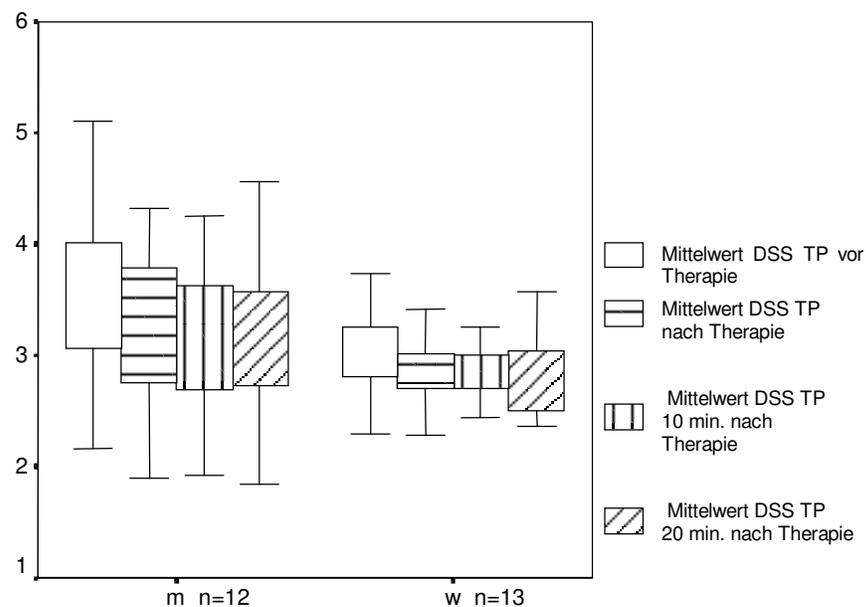
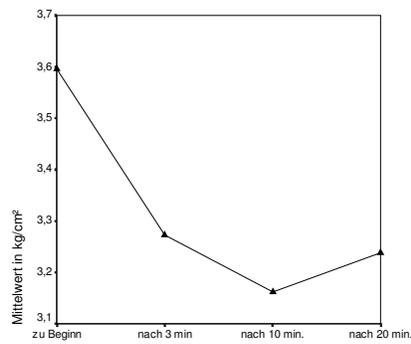
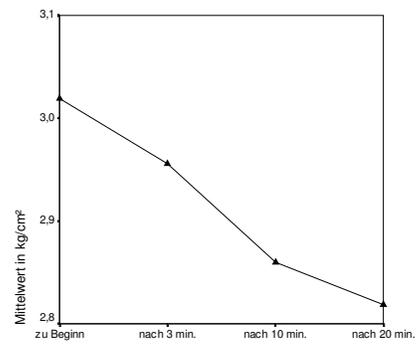


Abbildung 14: Entwicklung der Mittelwerte der Druckschmerzschwelle (DSS) der Tenderpoints (TP) in der Kontrollgruppe



m n=12



w n=13

Abbildungen 15 und 16: Entwicklung der Mittelwerte der Druckschmerzschwelle der Tenderpoints in der Kontrollgruppe bei Männern (m) und Frauen (w)

In der Kontrollgruppe ist sowohl bei den Männern als auch bei den Frauen ein Abfall der Druckschmerzschwelle zu beobachten. Während der Kurvenverlauf bei den Frauen einen kontinuierlichen Abfall der Druckschmerzschwelle aufweist, ist bei den Männern zunächst ein wesentlich stärkerer Abfall, später jedoch eine leichte „Erholungsphase“ zu verzeichnen.

Zusammenfassend läßt sich also feststellen, daß unter dem Einfluß der Ganzkörperkältetherapie ein Anstieg der Druckschmerzschwelle zu erkennen ist, während sich ohne diese Behandlung, unter sonst gleichen Bedingungen, ein Abfall der Druckschmerzschwelle zeigt.

Ausgehend von dieser Gesamtdarstellung der Meßergebnisse stellt sich nun die Frage, inwiefern sich bei Betrachtung der einzelnen Meßpunkte die gerade dargestellten Ergebnisse bestätigen, bzw. Abweichungen zu finden sind.

II. Entwicklung der occipitalen Druckschmerzschwelle

Dabei ist zunächst die Entwicklung der occipitalen Schmerzschwelle zu betrachten.

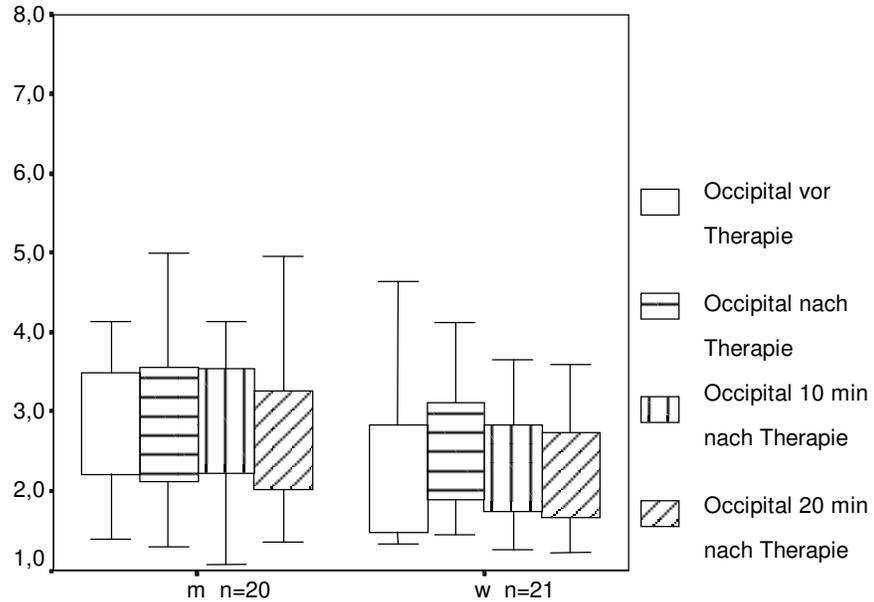
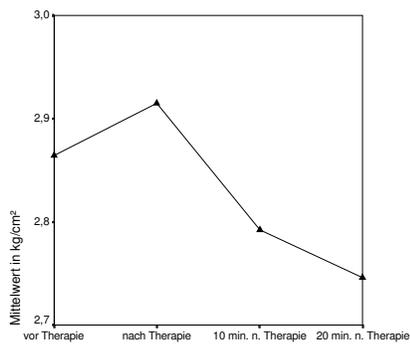
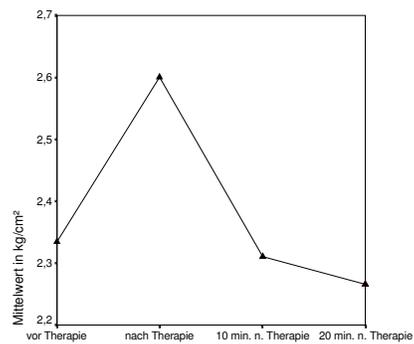


Abbildung 17: Entwicklung der occipitalen Druckschmerzschwelle im Patientenkollektiv



m n=20



w n=21

Abbildungen 18 und 19: Entwicklung der Mittelwerte der occipitalen Druckschmerzschwelle im Patientenkollektiv bei Männern (m) und Frauen (w)

Hierbei ist festzustellen, daß sich die Messwerte der occipitalen Druckschmerzschwelle bei beiden Geschlechtern in etwa genauso verhalten wie diejenigen Werte des Mittelwertes der Druckschmerzschwelle an den Tenderpoints. Dies bedeutet, daß nach der Therapie zunächst ein Anstieg zu verzeichnen ist, die Druckschmerzschwelle jedoch nach 10 bzw. 20 Minuten absinkt. Sowohl bei den Männern als auch bei den Frauen haben sich jedoch im Gegensatz zu dem Mittelwert der Schmerzschwelle an den Tenderpoints schon nach 10 und insbesondere nach 20 Minuten Messwerte ergeben, die unter dem Ausgangswert liegen.

Generell sind jedoch occipital geringere Werte der Druckschmerzschwelle – sie liegen im Mittel bei ca. 2,92 – 2,33 kg/cm² - zu verzeichnen, als bei allen anderen Tenderpoints.

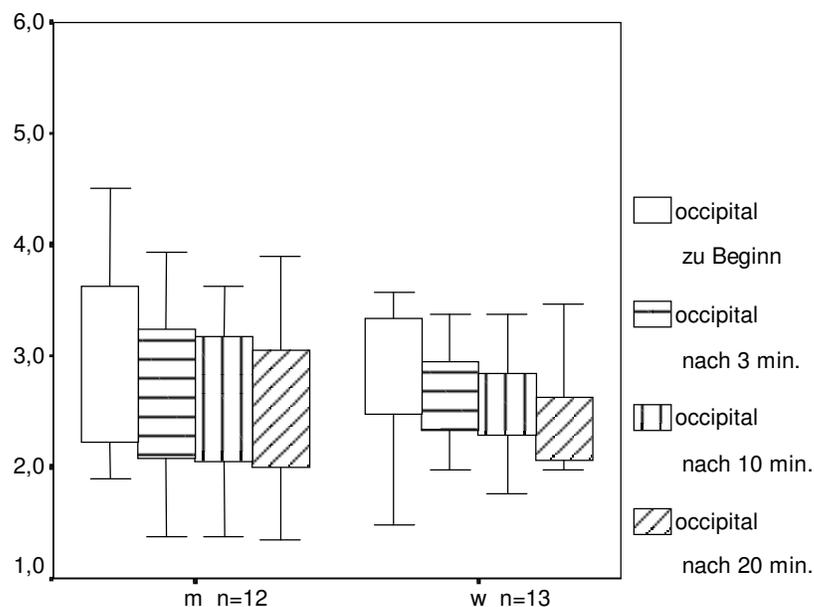
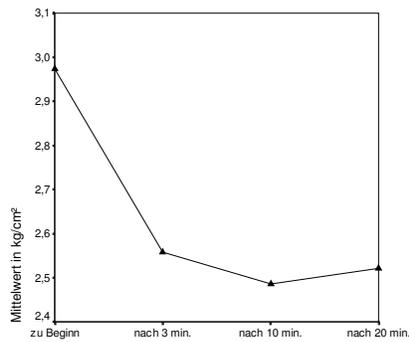
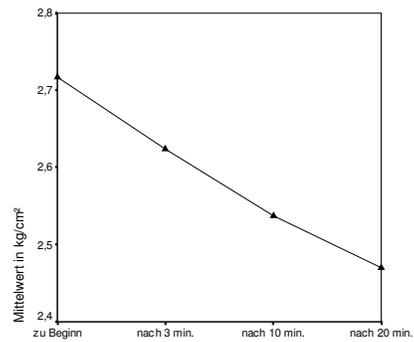


Abbildung 20: Entwicklung der occipitalen Druckschmerzschwelle in der Kontrollgruppe



m n=12



w n=13

Abbildungen 21 und 22: Entwicklung der Mittelwerte der occipitalen Druckschmerzschwelle in der Kontrollgruppe bei Männern (m) und Frauen (w)

Die Werte der Kontrollgruppe hingegen zeigen sowohl bei den Männern als auch bei den Frauen einen kontinuierlichen Abfall der Druckschmerzschwelle, wobei bei den Männern eine erheblich größere Differenz zwischen dem Ausgangswert und den folgenden Meßwerten zu beobachten ist, als bei den Frauen. Lediglich zwischen den Messungen nach 10 bzw. 20 Minuten findet bei den Männern eine leichte Erholung der Druckschmerzschwelle statt. Damit entsprechen die Meßwerte occipital in der Tendenz jenen des Mittelwertes der Druckschmerzschwelle an den Tenderpoints in der Kontrollgruppe.

III. Entwicklung der deltoidalen Druckschmerzschwelle

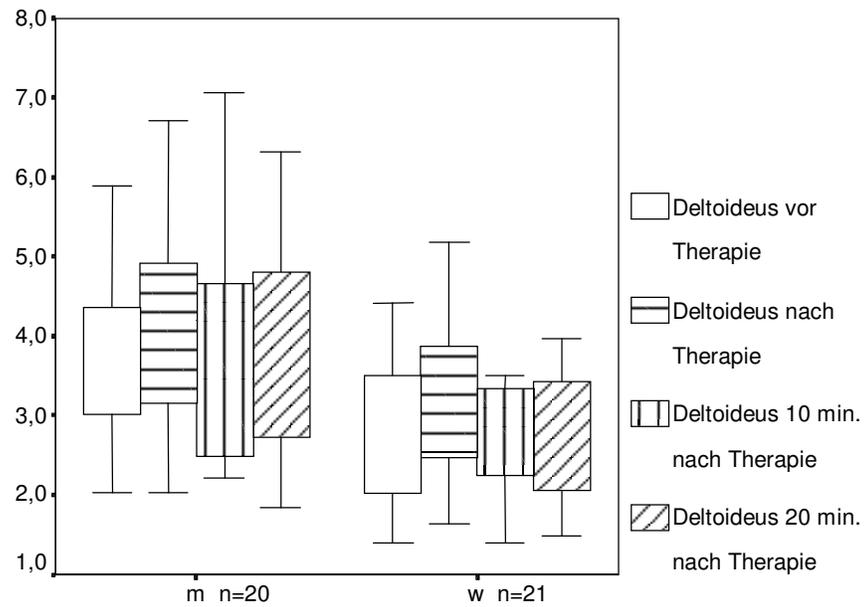
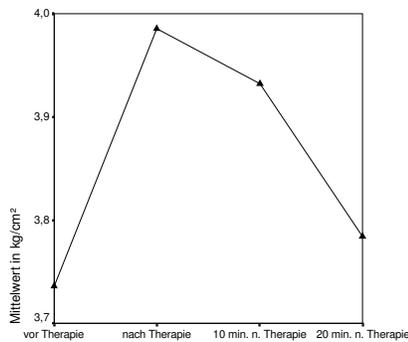
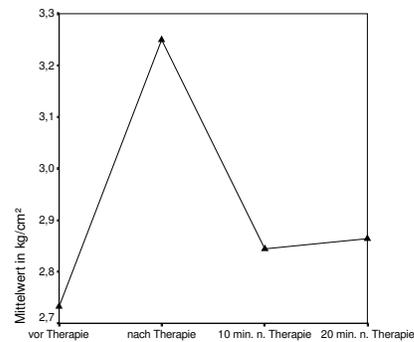


Abbildung 23: Entwicklung der deltoidalen Druckschmerzschwelle im Patientenkollektiv



m n=20



w n=21

Abbildungen 24 und 25: Entwicklung der Mittelwerte der deltoidalen Druckschmerzschwelle im Patientenkollektiv bei Männern (m) und Frauen (w)

Die deltoidalen Meßwerte zeigen bei beiden Geschlechtern einen Anstieg nach der Therapie, dieser fällt jedoch höher aus, als bei dem Mittelwert der Druckschwelle an den Tenderpoints. Nach 10 bzw. 20 Minuten ist bei den Männern ein kontinuierlicher Abfall zu verzeichnen. Die Schmerzschwelle bleibt jedoch auch nach 20 Minuten noch unter dem Ausgangswert. Bei den Frauen ist nach 10 Minuten ein Abfall, nach 20 Minuten dann wieder ein leichter Anstieg festzustellen. Die Entwicklung bei beiden Geschlechtern entspricht somit in der Tendenz jener des Mittelwertes der Druckschmerzschwelle an den Tenderpoints.

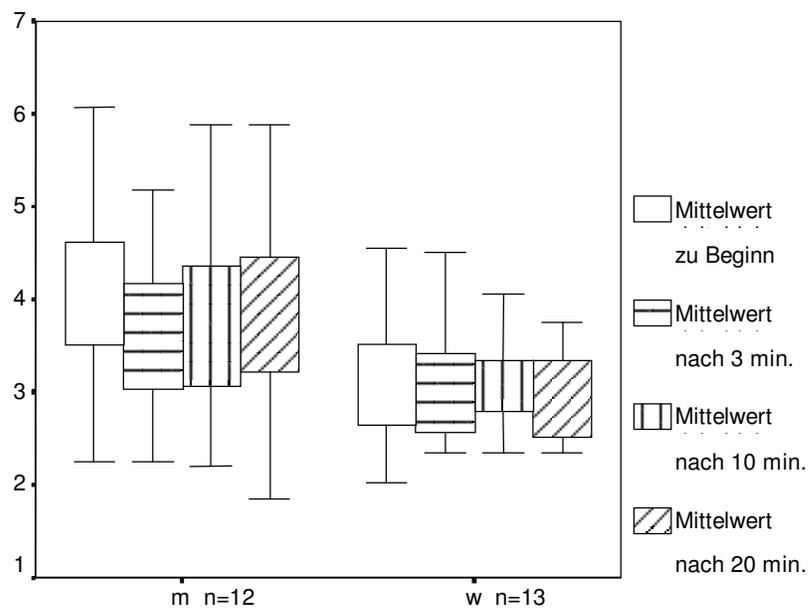
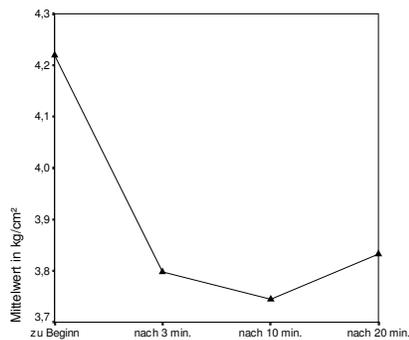
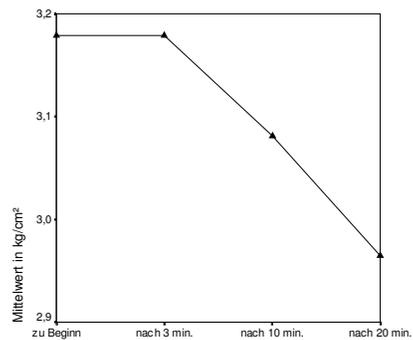


Abbildung 26: Entwicklung der deltoidalen Druckschmerzschwelle in der Kontrollgruppe



m n=12



w n=13

Abbildungen 27 und 28: Entwicklung der Mittelwerte der deltoidalen Druckschmerzschwelle in der Kontrollgruppe bei Männern (m) und Frauen (w)

Die Entwicklung der deltoidalen Meßwerte bei den Frauen der Kontrollgruppe entspricht jener des Mittelwertes der Druckschmerzschwelle an den Tenderpoints. Es ist somit nach Beginn ein stetiger Abfall der Druckschmerzschwelle zu erkennen. Bei den Männern hingegen ergibt sich nach 20 Minuten ein leichter Anstieg der deltoidalen Druckschmerzschwelle. Auch dies entspricht dem Kurvenverlauf des Mittelwertes der Druckschmerzschwelle an den Tenderpoints.

IV. Entwicklung der trapezoidalen Druckschmerzschwelle

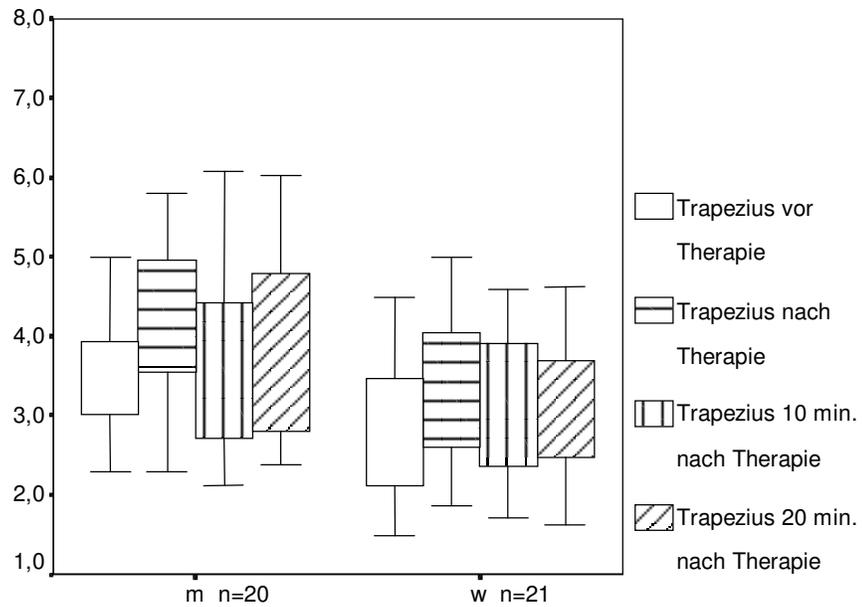
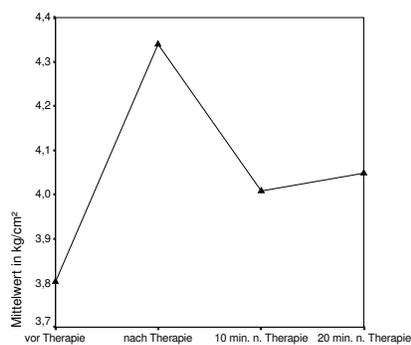
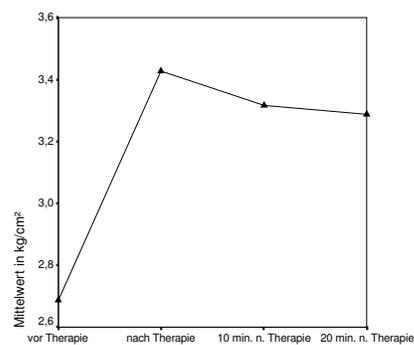


Abbildung 29: Entwicklung der trapezoidalen Druckschmerzschwelle im Patientenkollektiv



m n=20



w n=21

Abbildungen 30 und 31: Entwicklung der Mittelwerte der trapezoidalen Druckschmerzschwelle im Patientenkollektiv bei Männern (m) und Frauen (w)

Betrachtet man die Entwicklung der Meßwerte am M. Trapezius, so läßt sich bezüglich jener der Männer und Frauen feststellen, daß zunächst ein beachtlicher Anstieg der Druckschmerzschwelle sofort nach der Ganzkörperkältetherapie festzustellen ist. Bei den weiteren Messungen 10 Minuten später fällt die Druckschmerzschwelle bei den Männern sehr stark ab. Nach 20 Minuten ist dann wieder ein leichter Anstieg zu beobacht. Bei den Frauen jedoch ist ein nur geringfügiger aber kontinuierlicher Abfall zu verzeichnen. Im Vergleich zu den Meßwerten des Mittelwertes der Druckschmerzschwelle an den Tenderpoints ist bei den Frauen ein geringer Abfall des Kurvenverlaufes nach 10 Minuten, bei den Männern ein allerdings auch nur geringer Anstieg nach 20 Minuten zu beobachten.

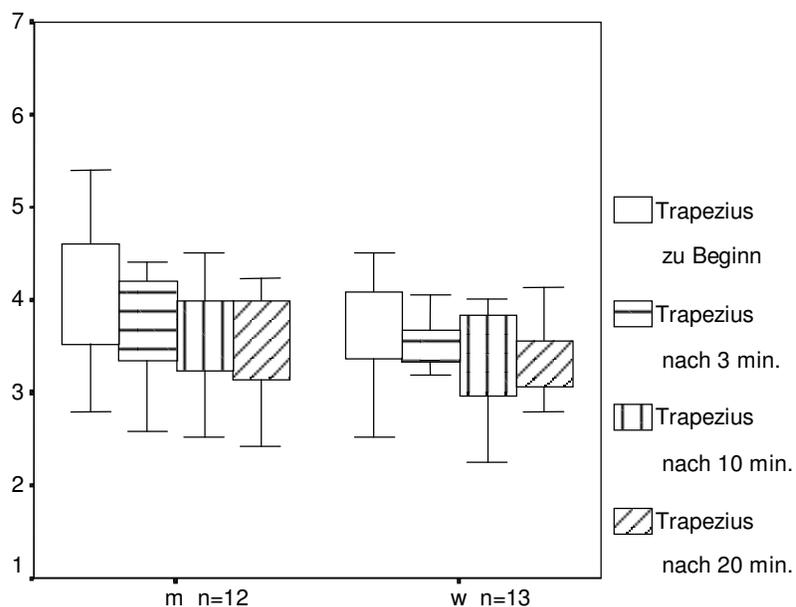
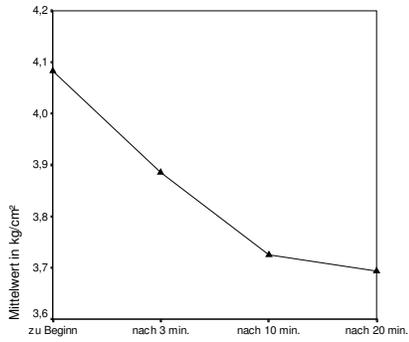
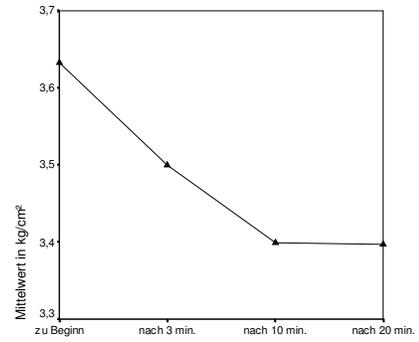


Abbildung 32: Entwicklung der trapezoidalen Druckschmerzschwelle in der Kontrollgruppe



m n=12



w n=13

Abbildung 33 und 34: Entwicklung der Mittelwerte der trapezoidalen Druckschmerzschwelle in der Kontrollgruppe bei Männern (m) und Frauen (w)

Bei beiden Geschlechtern ist ein kontinuierlicher – bei den Frauen nach 20 Minuten leicht stagnierender – Abfall des Kurvenverlaufes festzustellen. Dies entspricht dem Kurvenaufbau bei der somatischen Druckschmerzschwelle, abgesehen von dem dort zu verzeichnenden leichten Anstieg bei den Männern nach 20 Minuten.

V. Entwicklung der Epicondylus lateralis – Druckschmerzschwelle

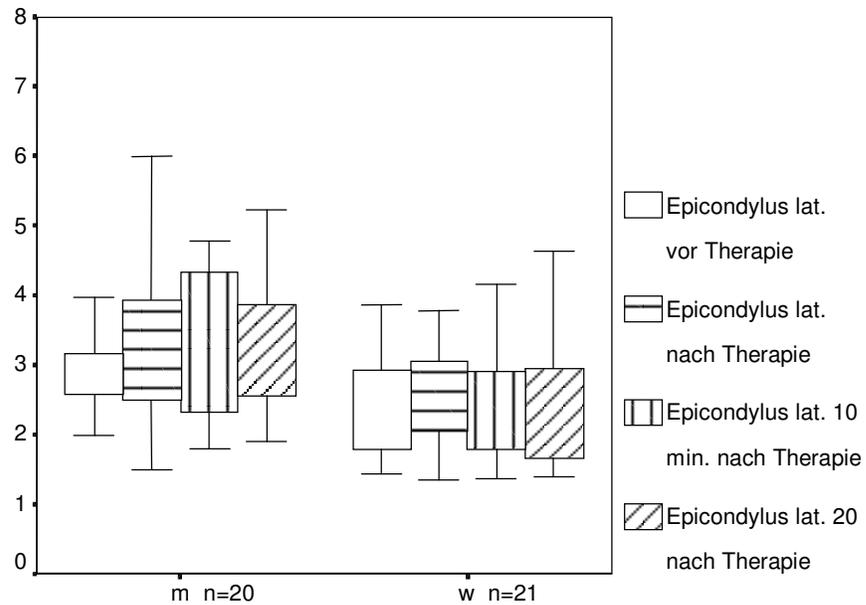
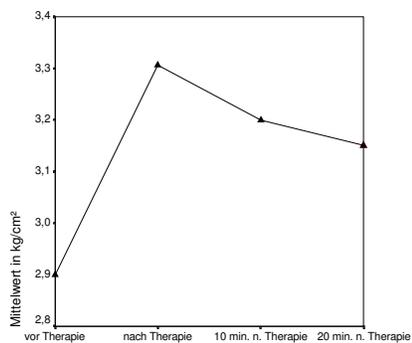
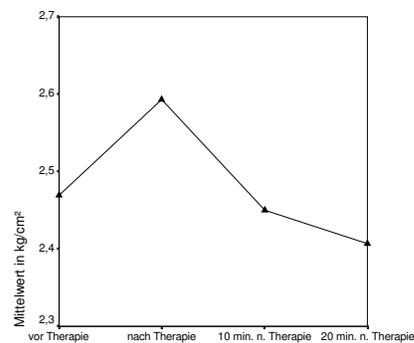


Abbildung 35: Entwicklung der Druckschmerzschwelle am Epicondylus lateralis im Patientenkollektiv



m n=12



w n=13

Abbildung 36 und 37: Entwicklung der Mittelwerte der Druckschmerzschwelle am Epicondylus lateralis im Patientenkollektiv bei Männern (m) und Frauen (w)

Bei den Männern ist unmittelbar nach der Therapie ein starker Anstieg der Druckschmerzschwelle festzustellen. 10 bzw. 20 Minuten nach der Behandlung kann man jeweils einen leichten Kurvenabfall beobachten. Dies entspricht in der Tendenz dem Kurvenverlauf des Mittelwertes der Druckschmerzschwelle an den Tenderpoints. Bei den Frauen hingegen sind nur leichte Veränderungen der Druckschmerzschwelle feststellbar. Auffällig ist hierbei, daß die Werte 10 bzw. 20 Minuten nach der Therapie unter den Ausgangswert gefallen sind. Dies steht im Gegensatz zu den für den Mittelwert der Druckschmerzschwelle an den Tenderpoints berechneten Werten.

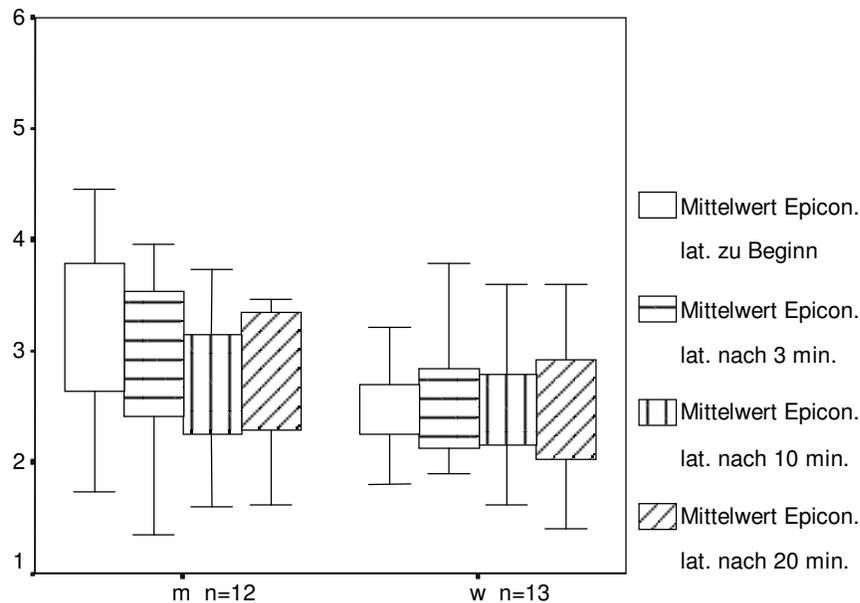
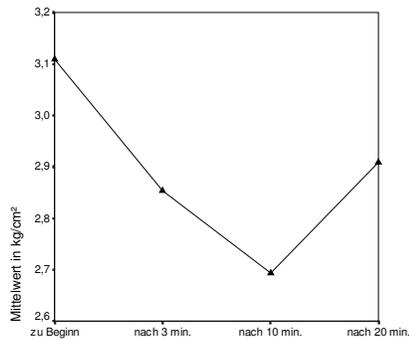
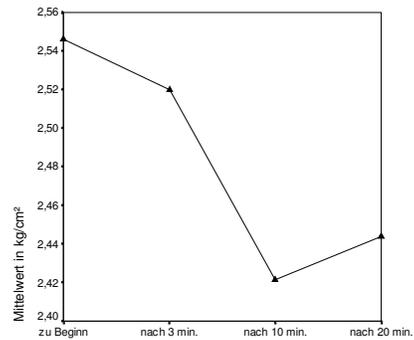


Abbildung 38: Entwicklung der Druckschmerzschwelle am Epicondylus lateralis in der Kontrollgruppe



m n=12



w n=13

Abbildungen 39 und 40: Entwicklungen der Mittelwerte der Druckschmerzschwelle am Epicondylus lateralis in der Kontrollgruppe bei Männern (m) und Frauen (w)

Die Meßwerte am Epicondylus lateralis weisen bei Männern keinen kontinuierlichen Abfall auf. Es ist zunächst ein Abfall 3 Minuten nach Beginn zu verzeichnen. Dieser setzt sich auch nach 10 Minuten noch weiter fort. Die Druckschmerzschwelle erreicht jedoch nach 20 Minuten in etwa das Niveau der Druckschmerzschwelle bei der 3-Minuten-Messung. Bei den Frauen weicht der Kurvenverlauf von dem Mittelwert der Druckschmerzschwelle an den Tenderpoints insofern ab, als nur nach 3 bzw. nach 10 Minuten ein Abfall der Druckschmerzschwelle zu verzeichnen ist, die Kurve jedoch nach 20 Minuten wieder ansteigt.

VI. Prozentuale und statistische Darstellung der Ergebnisse

Zum Zwecke der besseren Veranschaulichung werden im Folgenden die oben beschriebenen Ergebnisse in prozentualen Anteilen angegeben.

Bei den Frauen ist generell von einem Anstieg der Druckschmerzschwelle im Mittel nach der Ganzkörperkältetherapie um ca. 22,1% auszugehen, die dann bei der 10 Minuten Messung auf 13,2% absinkt, bei der 20 Minuten Messung auf ca. 12,3%.

Bei den männlichen Probanden ist ein viel niedrigerer Anstieg der Druckschmerzschwelle um nur ca. 13,1% unmittelbar nach der Ganzkörperkältebehandlung feststellbar. Die Druckschmerzschwelle sinkt dann bei der Messung nach 10 Minuten auf ca. 7,1% über dem Ausgangswert. Bei der Messung nach 20 Minuten liegt der Wert immer noch 5,1 % über dem Ausgangswert. Im Vergleich dazu wird in der Kontrollgruppe bei den männlichen Probanden ohne Ganzkörperkältetherapie eine Absenkung der Druckschmerzschwelle um ca. 8,7% direkt nach 3 Minuten Messung beobachtet. Nach 10 Minuten liegt die Druckschmerzschwelle um 11,6% unterhalb dem Ausgangswert. 20 Minuten später ist eine Erholung der Druckschmerzschwelle auf ca. 9,9% gegenüber dem Ausgangswert zu beobachten.

In der Gruppe der Frauen wird nach 3 Minuten ein Absinken der Druckschmerzschwelle um ca. 0,4% beobachtet, die gefolgt von einer weiteren Absenkung 10 Minuten später auf ca. 2,2% des Ausgangswertes eine Erniedrigung der Druckschmerzschwelle in den gesamten gemessenen Tenderpoint aufzeigt. 20 Minuten später ist eine Absenkung der Druckschmerzschwelle auf ca. 4,5% des Ausgangswertes zu beobachten. Dieser Verlauf unterscheidet sich von dem Ablauf der Absenkung der Druckschmerzschwelle in der Gruppe der Männer, da hier eine weitere Absenkung der Druckschmerzschwelle ohne jede „Erholungsphase“ stattfindet.

Im Folgenden werden die jeweiligen Ergebnisse der Untersuchungen im Patientenkollektiv, nach Männer und Frauen getrennt, anhand der deskriptiven Statistik tabellarisch dargestellt. Die Daten werden zur Übersicht in einer tabellarischen Form durch Mittelwerte, Maximum, Minimum und Standardabweichung angegeben.

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
Mittelwert DSS TP vor Therapie	20	1,99	5,14	3,3255	0,7934
Mittelwert DSS TP nach Therapie	20	2,0	6,5	3,637	1,134
Mittelwert DSS TP n. 10 min.	20	2,3	6,1	3,483	1,124
Mittelwert DSS TP n. 20 min.	20	2,1	6,1	3,432	1,076
Occipital vor Therapie	20	1,4	4,1	2,864	0,783
Occipital nach Therapie	20	1,3	5,0	2,915	0,956
Occipital n.10 min.	20	1,1	4,1	2,792	0,836
Occipital n. 20 min.	20	1,4	5,0	2,746	0,860
Deltoideus vor Therapie	20	2,0	5,9	3,736	1,030
Deltoideus nach Therapie	20	2,0	6,7	3,986	1,337
Deltoideus n.10 min.	20	2,2	7,1	3,932	1,509
Deltoideus n. 20 min.	20	1,8	6,3	3,785	1,390
Trapezius vor Therapie	20	2,3	9,0	3,803	1,412
Trapezius nach Therapie	20	2,3	9,0	4,340	1,430
Trapezius n. 10 min.	20	2,1	9,0	4,008	1,609
Trapezius n. 20 min.	20	2,4	9,0	4,049	1,627
Epicondylus lat. v. Therapie	20	1,7	5,1	2,899	0,738
Epicondylus lat. n. Therapie	20	1,5	6,8	3,306	1,392
Epicondylus lat. n. 10 min.	20	1,8	4,8	3,200	1,012
Epicondylus lat. n. 20 min.	20	1,9	5,2	3,150	0,951
Gültige Werte (Listenweise)	20				

Tabelle 1: Tabellarische Darstellung der deskriptiven Statistik bei Männern im Patientenkollektiv

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
Mittelwert DSS TP vor Therapie	21	1,62	4,55	2,5559	0,8592
Mittelwert DSS TP nach Therapie	21	1,7	5,1	2,967	0,926
Mittelwert DSS TP n.10 min.	21	1,5	5,1	2,731	0,945
Mittelwert DSS TP n. 20 min.	21	1,5	5,2	2,706	0,929
Occipital vor Therapie	21	1,3	4,6	2,335	0,943
Occipital nach Therapie	21	1,4	4,1	2,600	0,845
Occipital n. 10 min.	21	1,3	3,6	2,311	0,751
Occipital n. 20 min.	21	1,2	3,6	2,266	0,714
Deltoideus vor Therapie	21	1,4	4,4	2,733	0,919
Deltoideus nach Therapie	21	1,6	6,4	3,250	1,165
Deltoideus n. 10 min.	21	1,4	5,1	2,845	1,007
Deltoideus n. 20 min.	21	1,5	5,9	2,865	1,030
Trapezius vor Therapie	21	1,5	4,5	2,686	0,902
Trapezius nach Therapie	21	1,9	6,6	3,426	1,167
Trapezius n. 10 min.	21	1,7	6,9	3,316	1,380
Trapezius n. 20 min.	21	1,6	6,6	3,287	1,236
Epicondylus lat. vor Therapie	21	1,4	5,6	2,470	1,041
Epicondylus lat. nach Therapie	21	1,4	5,2	2,593	0,896
Epicondylus lat. n. 10 min.	21	1,4	5,4	2,450	0,975
Epicondylus lat. n. 20 min.	21	1,4	5,2	2,406	1,028
Gültige Werte (Listenweise)	21				

Tabelle 2: Tabellarische Darstellung der deskriptiven Statistik bei Frauen im Patientenkollektiv

Abschließend wird auf den statistischen Signifikanznachweis der oben dargestellten Ergebnisse mittels Friedman-Tests eingegangen.

Der Friedman-Test stellt das nichtparametrische Äquivalent eines statistischen Tests mit Meßwiederholungen bei einer Stichprobe bzw. einer Zweifach-Varianzanalyse mit einer Beobachtung pro Zelle dar. Der Friedman-Test überprüft die Nullhypothese, wonach die k verbundenen Variablen aus derselben Grundgesamtheit stammen. Für jeden Fall werden den k Variablen Rangzahlen von 1 bis k zugewiesen. Die Teststatistik wird auf Grundlage dieser Ränge durchgeführt.

	Mittlerer Rang
Mittelwert DSS TP vor Therapie	2,12
Mittelwert DSS TP nach Therapie	3,32
Mittelwert DSS TP 10 min. n. Therapie	2,92
Mittelwert DSS TP 20 min. n. Therapie	2,35
N	20
Chi-Quadrat	8,859
Df	3
Asymptotische Signifikanz	0,031

Tabelle 3: Tabellarische Darstellung des Friedman-Tests bei Männern im Patientenkollektiv

	Mittlerer Rang
Mittelwert DSS TP vor Therapie	2,00
Mittelwert DSS TP nach Therapie	3,09
Mittelwert DSS TP 10 min. n. Therapie	2,88
Mittelwert DSS TP 20 min. n. Therapie	2,39
N	21
Chi-Quadrat	7,168
Df	3
Asymptotische Signifikanz	0,023

Tabelle 4: Tabellarische Darstellung des Friedman-Tests bei Frauen im Patientenkollektiv

Die oben dargestellten Ergebnisse zeigen, daß der Druckschmerzschwellenanstieg während der Untersuchungen insgesamt signifikant gewesen ist, da in der Gruppe der Männer $p = 0,031$ und in der Gruppe der Frauen $p = 0,023$ gelten. Bei der asymptotischen Signifikanz muß $p < 0,05$ sein, damit eine Signifikanzaussage getroffen werden kann.

Es stellt sich weiter die Frage, ob die dargestellte Signifikanz der Druckschmerzschwellensteigerung sich auf alle untersuchten Zeiten gleichmäßig bezieht. Dabei wird bezüglich des Friedman-Tests auf die Sichtweise „many to one problem“ eingegangen. Dies bedeutet wiederum, daß alle folgenden Stichproben (Mittelwert DSS TP nach Therapie, Mittelwert DSS TP 10 Minuten nach Therapie bzw. Mittelwert DSS TP 20 Minuten nach Therapie) auf den Mittelwert DSS TP Werte vor der Therapie bezogen werden. Dabei wird die Signifikanz des Druckschmerzschwellenanstiegs zwischen allen Meßzeitpunkten überprüft.

Somit entspricht „Mittelwert DSS TP vor Therapie“ der Variablen \bar{r}_1 , Mittelwert DSS TP nach Therapie \bar{r}_2 , Mittelwert DSS TP 10 Minuten nach Therapie \bar{r}_3 und schließlich Mittelwert DSS TP 20 Minuten nach Therapie \bar{r}_4 .

Grundsätzlich werden im folgenden die Zeiten \bar{r}_2 , \bar{r}_3 sowie \bar{r}_4 auf \bar{r}_1 bezogen und verglichen.

Somit gilt:

$$|r_0 - r_i|^2 \geq m * \left\{ \frac{(k + 1) * (k + 2)}{6 * n} \right\}$$

Wobei :

$$i = 2,3,4$$

m wurde aus der Tabelle IV (Continued) „Simultaneous Statistical Inference“ (60), Tabelle für Two-tailed $|d|_{k,v}^{\alpha}$ entnommen.

$$K = 3$$

$$n = 20$$

Männer:

$$| \bar{r}_1 - \bar{r}_2 |^2 = 1,2^2 = 1,44$$

$$| \bar{r}_1 - \bar{r}_3 |^2 = 0,8^2 = 0,46$$

$$| \bar{r}_1 - \bar{r}_4 |^2 = 0,23^2 = 0,0529$$

$$2,35 * \left\{ \frac{4 * 5}{6 * 20} \right\} = 0,391$$

Grundsätzlich kann man nun beobachten, daß $| \bar{r}_1 - \bar{r}_2 |^2 = 1,44 \geq 0,391$ ist. Damit ist bewiesen, daß die Druckschmerzschwelle direkt nach der Therapie um einen signifikanten Wert gestiegen ist. Weiterhin kann man in der Gruppe der Männer beobachten, daß die Erhöhung der Druckschmerzschwelle 10 Minuten nach der Therapie ebenfalls noch signifikant ist, da gilt:

$$| \bar{r}_1 - \bar{r}_3 |^2 = 0,46$$

Damit ist dieser Wert ebenfalls höher als 0,391.

Frauen:

$$| \bar{r}_1 - \bar{r}_2 |^2 = 1,09^2 = 1,188$$

$$| \bar{r}_1 - \bar{r}_3 |^2 = 0,88^2 = 0,774$$

$$| \bar{r}_1 - \bar{r}_4 |^2 = 0,39^2 = 0,1521$$

Beim Signifikanznachweis in der Gruppe der Frauen gilt:

$$2,35 * \left\{ \frac{4 * 5}{6 * 21} \right\} = 0,373$$

Somit ist erkennbar, daß zum Zeitpunkt $|\bar{r}_1 - \bar{r}_2|^2 = 1,188$ sowie zum Zeitpunkt $|\bar{r}_1 - \bar{r}_3|^2 = 0,774$ die Steigerung der Druckschmerzschwelle in der Gruppe der weiblichen Probanden hoch signifikant ist, da die Ergebnisse größer sind als 0,373. Zum Zeitpunkt 20 Minuten nach der Therapie ist die Druckschmerzschwelle nicht mehr signifikant erhöht.

Wenn man diese Ergebnisse den Daten aus der Kontrollgruppe gegenüber stellt, kann man die Feststellung machen, daß diese im Gegensatz signifikant absinken, wie die folgenden Berechnungen ergeben:

Die deskriptive Statistik beschreibt auch in dieser Gruppe die grafisch dargestellten Ergebnisse in Form von Mittelwert, Maximum, Minimum sowie Standardabweichung.

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
Mittelwert occipital zu Beginn	12	1,9	4,5	2,974	,852
Mittelwert occipital nach 3 min.	12	1,4	3,9	2,558	,742
Mittelwert occipital nach 10 min.	12	1,4	3,6	2,486	,696
Mittelwert occipital nach 20 min.	12	1,4	3,9	2,522	,717
Mittelwert Deltoideus zu Beginn	12	2,3	6,6	4,219	1,203
Mittelwert Deltoideus nach 3 min.	12	2,3	6,1	3,799	1,104
Mittelwert Deltoideus nach 10 min.	12	2,2	5,9	3,744	1,095
Mittelwert Deltoideus nach 20 min.	12	1,8	5,9	3,833	1,268
Mittelwert Trapezius zu Beginn	12	2,8	6,5	4,084	1,071
Mittelwert Trapezius nach 3 min.	12	2,6	6,1	3,885	,891
Mittelwert Trapezius nach 10 min.	12	2,5	6,1	3,726	,943
Mittelwert Trapezius nach 20 min.	12	2,4	6,3	3,694	,995
Mittelwert Epicondylus lat. zu Beginn	12	1,7	4,5	3,109	,753
Mittelwert Epicondylus lat. n.3 min.	12	1,4	4,0	2,854	,763
Mittelwert Epicondylus lat. n. 10 min.	12	1,6	3,7	2,694	,646
Mittelwert Epicondylus lat. nach 20 min.	12	1,6	5,6	2,908	1,010
Gültige Werte (Listenweise)	12				

Tabelle 5: Tabellarische Darstellung der deskriptiven Statistik bei Männern in der Kontrollgruppe

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
Mittelwert occipital zu Beginn	13	1,5	3,6	2,717	,656
Mittelwert occipital nach 3 min.	13	2,0	3,4	2,624	,434
Mittelwert occipital nach 10 min.	13	1,8	3,4	2,537	,482
Mittelwert occipital nach 20 min.	13	2,0	3,5	2,470	,406
Mittelwert Deltoideus zu Beginn	13	2,0	4,5	3,179	,785
Mittelwert Deltoideus nach 3 min.	13	2,3	4,5	3,179	,695
Mittelwert Deltoideus nach 10 min.	13	2,3	4,1	3,081	,468
Mittelwert Deltoideus nach 20 min.	13	2,3	3,8	2,965	,498
Mittelwert Trapezius zu Beginn	13	2,2	5,2	3,633	,849
Mittelwert Trapezius nach 3 min.	13	2,7	4,5	3,500	,488
Mittelwert Trapezius nach 10 min.	13	2,3	4,0	3,399	,538
Mittelwert Trapezius nach 20 min.	13	2,8	4,4	3,398	,513
Mittelwert Epicondylus lat. zu Beginn	13	1,5	3,9	2,546	,623
Mittelwert Epicondylus lat. n. 3 min.	13	1,9	3,8	2,520	,522
Mittelwert Epicondylus lat. n. 10 min.	13	1,6	3,6	2,421	,533
Mittelwert Epicondylus lat. n. 20 min.	13	1,4	3,6	2,444	,682
Gültige Werte (Listenweise)	13				

Tabelle 6: Tabellarische Darstellung der deskriptiven Statistik bei Frauen in der Kontrollgruppe

Nun wird abschließend für die Kontrollgruppe auch der Signifikanznachweis mittels Friedman-Test veranschaulicht.

Im folgenden werden die Ergebnisse der männlichen Probanden dargestellt.

	Mittlerer Rang
Mittelwert DSS TP zu Beginn	3,63
Mittelwert DSS TP nach 3 min.	2,42
Mittelwert DSS TP nach 10 min.	1,83
Mittelwert DSS TP nach 20 min.	2,13
N	12
Chi-Quadrat	13,487
df	3
Asymptotische Signifikanz	0,004

Tabelle 7: Tabellarische Darstellung des Friedmann-Tests bei Männern in der Kontrollgruppe

Die Signifikanz der Druckschmerzschwellenabsenkung in der Kontrollgruppe ohne Therapie wird durch den Wert $p=0,004$ nachgewiesen.

Die Fragestellung inwieweit zu jedem Zeitpunkt die Absenkung der Druckschmerzschwelle signifikant erfolgt ist, wird wiederum anhand der Signifikanz-Formel veranschaulicht.

Männer:

$$| \bar{r}_1 - \bar{r}_2 |^2 = 1,21^2 = 1,464$$

$$| \bar{r}_1 - \bar{r}_3 |^2 = 1,8^2 = 3,24$$

$$| \bar{r}_1 - \bar{r}_4 |^2 = 1,5^2 = 2,25$$

$$2,35 * \left\{ \frac{4 * 5}{6 * 12} \right\} = 0,652$$

Damit wird demonstriert, daß die Druckschmerzschwelle ohne Therapie zu jedem Zeitpunkt in der Gruppe der männlichen Probanden signifikant abnimmt, da die Ergebnisse alle größer als 0,652 sind.

In der Gruppe der Frauen wird nach demselben Verfahren veranschaulicht, inwiefern der Wert $p=0,016$ zu jedem Zeitpunkt der Messung gilt.

	Mittlerer Rang
Mittelwert DSS TP zu Beginn	3,38
Mittelwert DSS TP nach 3 min.	2,46
Mittelwert DSS TP nach 10 min.	2,38
Mittelwert DSS TP nach 20 min.	1,77
N	13
Chi-Quadrat	10,385
df	3
Asymptotische Signifikanz	,016

Tabelle 8: Tabellarische Darstellung des Friedman-Tests bei Frauen in der Kontrollgruppe

Frauen:

$$| \bar{r}_1 - \bar{r}_2 |^2 = 0,92^2 = 0,846$$

$$| \bar{r}_1 - \bar{r}_3 |^2 = 1,0^2 = 1,0$$

$$| \bar{r}_1 - \bar{r}_4 |^2 = 1,61^2 = 2,6$$

$$2,35 * \left\{ \frac{4 * 5}{6 * 13} \right\} = 0,602$$

Das Verfahren zeigt, daß auch in der Gruppe der Frauen zu jedem Zeitpunkt die Absenkung der Druckschmerzschwelle signifikant ist.

D) Diskussion

Die Untersuchungsergebnisse geben zu folgenden Schlußfolgerungen Anlaß.

Zunächst ist festzustellen, daß die Druckschmerzschwelle nach der Ganzkörperkältekammerbehandlung bei -110°C und einer Dauer von 3 Minuten einen statistisch signifikanten Anstieg aufweist. Da gleichzeitig bei der Kontrollgruppe bei einer Raumtemperatur von ca. 20°C , unter sonst gleichen Bedingungen, ein kontinuierlicher Abfall der Druckschmerzschwelle zu beobachten ist, ist die Schlußfolgerung zu ziehen, daß dieser Anstieg auf die Wirkung der Ganzkörperkältetherapie zurückzuführen ist.

In den eingangs vorgestellten Untersuchungen konnte gezeigt werden, daß sowohl lokal applizierte Kälte, wie auch eine Ganzkörperkältekammertherapie bei verschiedenen Temperaturen und Dauern, nicht nur lokal oberflächliche Wirkungen erzielen, sondern auch eine Temperatursenkung in tieferen Gewebsschichten, zum Beispiel intraartikulär, erreichen kann (7, 29, 39, 50, 58, 74). Eine in der postoperativen oder konservativen Frakturbehandlung, sowie in der Behandlung von degenerativen Gelenkerkrankungen eingesetzte Kältetherapie bewirkt einen Rückgang der Gewebeschwellung sowie aufgrund der Schmerzlinderung die Möglichkeit einer Dosisreduktion der analgetischen Medikation (12, 14, 25, 29, 30, 36, 77, 79, 81, 82). Weiterhin bleiben die positiven Auswirkungen einer Kältetherapie in der Behandlung von chronisch rheumatischen Erkrankungen, autoimmunogenen Krankheiten und in der Sportmedizin festzuhalten (4, 10, 21, 22, 38, 54, 56, 57, 59, 84).

Hinsichtlich der systemischen metabolischen Auswirkungen einer Ganzkörperkältetherapie wurden verschiedene Untersuchungen vorgestellt. Hervorzuheben sind in diesem Zusammenhang vor allem immunmodulatorische Effekte, die eine Absenkung der entzündlichen Aktivität von rheumatischen Erkrankungen bewirken. (5, 16, 17, 23, 55, 66, 76, 80)

Mehrere verschieden angelegte Untersuchungen konnten eine signifikante Anhebung der Schmerzschwellen und Druckschmerzschwellen an Gelenken und der

Haut nachweisen (2, 43, 44, 47, 48, 49). Auch die eingeschränkte Gelenkbeweglichkeit bei an rheumatischen Erkrankungen leidenden Patienten konnte durch Kälteanwendung verbessert werden (41, 53).

In der vorliegenden Untersuchung werden im Grundsatz die Ergebnisse jener Studien bestätigt, die die analgetische Wirkung einer Kältebehandlung aufgezeigt haben. Im Gegensatz zu den Studien, die sich vornehmlich mit der lokalen Wirkung einer Kältebehandlung befaßt haben, zeigt die vorgelegte Untersuchung erstmals, daß eine generelle Analgesie - hier nachgewiesen durch die Steigerung des Mittelwertes der Druckschmerzschwelle an den Tenderpoints - erreicht werden kann.

Speziell bezüglich der systemischen Beeinflussung der Druckschmerzschwelle liegen bisher wenige - vor allem die Mechanismen dieser Beeinflussung betreffend - Daten vor. So beschreibt Gutenbrunner zum Beispiel in einer Publikation eine fehlende systemische Anhebung der Druckschmerzschwelle (26) bei Anwendung einer Ganzkörperkältetherapie bei -60°C . Im Vergleich hierzu konnten wir bei -110°C an einer geschützten Körperstelle eine Anhebung der Druckschmerzschwelle feststellen. Zur näheren Klärung dieses Sachverhaltes erscheinen noch weitere Untersuchungen nötig.

Mit der Ganzkörperkältetherapie läßt sich somit eine den ganzen Körper umfassende analgetische Wirkung erreichen. Dies dürfte möglicherweise zu einem niedrigeren Einsatz nichtsteroidaler Antirheumatika bei Patienten führen, die unter rheumatischen Erkrankungen mit einem Schmerzsyndrom leiden.

Des weiteren ist zu beobachten, daß die Druckschmerzschwelle in der Gruppe der weiblichen Probanden generell im Schnitt um ca. 1 kg / cm^2 niedriger liegt als in der Gruppe der männlichen Probanden. Dies könnte möglicherweise in einer unterschiedlichen Beschaffenheit der Hautschichten begründet liegen, wie zum Beispiel der unterschiedlichen Verteilung des subcutanen Fettgewebes.

Hier könnte aber auch eine Kombination von systematischen Fehlern und psychologischen Faktoren bei der Vermeldung des Schmerzreizes an den Untersucher eine Rolle spielen. So könnten einige männliche Probanden

möglicherweise absichtlich das Erreichen der Druckschmerzschwelle später mitgeteilt haben, um eine höhere Schmerztoleranz zu simulieren. Generell liegt - wie auch in der Literatur beschrieben - eine Schwäche der Druckschmerzschwellenmessung darin begründet, daß der Proband das Erreichen der Schwelle verbal äußern muß, was einerseits zu Unsicherheiten beim Probanden führen kann, wann die Druckschmerzschwelle erreicht ist, andererseits auch gewisse zeitliche Verzögerungen zwischen Perzeption und Vermeldung des Schmerzreizes zustande kommen. Mit ähnlichen Problemen sind auch andere standardisierte Untersuchungen wie zum Beispiel die Audiometrie behaftet. Die dadurch hervorgerufene Beeinflussung der Untersuchungsergebnisse dürfte durch entsprechend hohe Probandenzahlen teilweise auszugleichen sein.

Zudem läßt sich feststellen, daß die weiblichen Probanden einen prozentual höheren Anstieg der Druckschmerzschwelle – nämlich um ca. 22,1% sofort nach der Therapie - aufweisen. Hingegen ist in der Gruppe der männlichen Probanden eine Steigerung der Druckschmerzschwelle um lediglich 13,1% zu verzeichnen. Daraus läßt sich die Schlußfolgerung ziehen, daß Frauen intensiver auf die Behandlung in der Ganzkörperkältekammer mit einer Temperatur um -110°C reagieren. Dies mag darin begründet sein, daß zwischen Männern und Frauen Unterschiede in der Schmerzempfindlichkeit bestehen. Eine Erklärung hierfür könnte die im Verhältnis zu Frauen im überwiegenden Fall dickere Cutis des Mannes liegen.

Auch dieses Ergebnis dürfte durch die oben genannten psychologischen Faktoren und systematischen Fehler beeinflusst sein.

Neben den gerade aufgeführten Resultaten ist eine weitere Besonderheit im Bereich der occipitalen Meßpunkte zu beobachten. Die Veränderungen der dort gemessenen Druckschmerzschwellen fallen bei beiden Probandengruppen deutlich geringer aus als die Veränderungen an den übrigen Meßpunkten.

Dieses für sich gesehen überraschende Ergebnis läßt sich auf die zwei folgende Gründe zurückführen. Zum einen liegt der occipitale Tenderpoint unter dem Haaransatz, ist also zumindest zum Teil von Haaren bedeckt. Zum anderen tragen die Probanden bei Begehung der Kältekammer zum Schutz der Ohren ein Stirnband.

Aus diesen beiden Gründen ist die Region der occipitalen Tenderpoints vor der lokalen Wirkung der Kältetherapie geschützt. Die Ergebnisse der occipitalen Druckschmerzschwelle können daher nicht dem Ausmaß der an den übrigen Punkten gemessenen Ergebnisse entsprechen.

Aus der Tatsache, daß sich an den occipitalen Tenderpoits trotz Abschirmung gegenüber der lokalen Kälte eine Anhebung der Druckschmerzschwelle um durchschnittlich 12% (Frauen) sowie 3% (Männer) erreichen ließ, kann meiner Meinung nach durchaus auf eine systemische Wirkung der Kältetherapie geschlossen werden. Möglicherweise liegt der Widerspruch zu den von Gutenbrunner beschriebenen Ergebnissen (Ganzkörperkältekammertherapie bei -60°C , Dauer 3 Minuten) und in den bei dieser Untersuchung (Ganzkörperkältekammertherapie bei -110°C , Dauer 3 Minuten) fast doppelt so tiefen Temperaturen in der Kältekammer begründet.

Möglicherweise ist zur Erreichung systemischer Auswirkungen eine gewisse „Kältemenge“ erforderlich. Die tiefere Temperatur setzt den Körper einem erheblich stärkeren Kältereiz aus, wodurch eine schnellere und intensivere Gewebeabkühlung erreicht wird. Hierdurch reichen offensichtlich bereits 3 Minuten Kälteexposition aus, um eine systemische Wirkung hervorzurufen, während bei einer Ganzkörperkältekammertherapie bei einer Temperatur von -60°C vermutlich eine längere Kälteexposition vonnöten ist.

Weiterhin führt die Blockierung von Nociceptoren in der Peripherie über zentrale Regulationsmechanismen zusätzlich zur Schmerzreaktionshemmung an den Tenderpoints der Muskulatur. Auch hier könnte die tiefere Kälteexpositionstemperatur eine schnellere und intensivere Wirkung erzielen.

Meines Erachtens muß in weiteren Untersuchungen geklärt werden, ob durch wiederholte Ganzkörperkältekammerexposition im Rahmen einer physikalischen Therapie ein „Abhärtungseffekt“ gegenüber Druckschmerzen eintritt. In der vorliegenden Untersuchung deutet der logarithmische Verlauf der Druckschmerzschwellenkurve darauf hin, daß die analgetische Wirkung der Ganzkörperkältekammertherapie initial sehr groß ist, bei Erwärmung des Körpers

aber nicht auf den Ausgangswert absinkt, sondern auf einem höheren Niveau verbleibt. Da in meiner Untersuchung jeder Proband nur einmal getestet wurde, kann eine valide Aussage hierüber allerdings nicht getroffen werden. Hierzu ist sicherlich eine Untersuchung des Patienten während der mehrwöchigen physikalischen Therapie wie auch über das Therapieende hinaus erforderlich.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß die Ganzkörperkältekammertherapie bei einer Temperatur von -110°C und einer Dauer von 3 Minuten eine statistisch signifikante Anhebung der Druckschmerzschwelle bewirkt - bei Frauen stärker als bei Männern - die nach unseren Untersuchungen mehr als 20 Minuten nach der Kälteexposition anhält. Es bedarf noch weiterer Untersuchungen, um die Dauer der Druckschmerzschwellenanhebung genauer zu ermitteln. Weiterhin bleibt festzuhalten, daß neben der durch die lokale Kälteeinwirkung erzeugten Analgesie auch an geschützten Körperstellen eine Anhebung der Druckschmerzschwelle zu verzeichnen war. Dies könnte ein Effekt der im Vergleich zu Voruntersuchungen tieferen Temperatur in der Kältekammer sein.

Die Ganzkörperkältekammertherapie bei einer Temperatur von -110°C und einer Dauer von 3 Minuten stellt eine wirkungsvolle Methode der physikalischen Medizin zur Schmerztherapie dar.

E) Literaturverzeichnis

- 1) Barovic J., Turk Z., Gschwandtner J.: Kryomassage in der Achillodynie-Therapie. „Zeitschrift Phys. Med. Baln. Med. Klim. 19“. (1990: 230).
- 2) Benson T.B., Copp E.P.: The effects of therapeutic forms of heat and ice on the pain threshold of the normal shoulder. „Rheumatol and Rehab“ (1974, 13: 101-104).
- 3) Beste K.-W., Elbert B.: Kapilläre Filtrationsrate und Muskeldurchblutung vor und nach Kryotherapie. „Zeitschrift Phys. Med. Baln. Med. Klim. 16“. (1987: 305).
- 4) Birwe G., Fricke R., Hartmann R.: Ganzkörperkältetherapie (GKKT) – Auswirkungen auf Gelenk- und WS-Funktion sowie das Beschwerdebild bei chronischer Polyarthrititis und Spondylitis Ankylosans. „Zeitschrift Phys. Med. Baln. Med. Klim. 15“ (1986: 313).
- 5) Brenke R., Siems W., Maaß R.: Abhärtung durch Kaltreiz unterschiedlicher Intensität: Wirkungen auf den Purin- und Radikalmetabolismus. „Wiener medizinische Wochenschrift, Themenheft: Physikalische Medizin“ (Heft 3, 1994: 66-68).
- 6) Brück K.: Physiologische Grundlagen der Kälteabwehrreaktion des Menschen. „Zeitschrift Phys. Med. Baln. Med. Klim. 17“ (1988: 183-195).
- 7) Curkovic B., Vitulic V., Babic-Naglic D., Dürriegl T.: The influence of heat and cold on the pain threshold in rheumatoid arthritis. „Zeitschrift Rheumatologie“ (1993, 52: 289-291).
- 8) Drez D. jr, Faust D.C., Evans J.P.: Cryotherapy and nerve palsy. „American J Sports Med“ (1981; 9: 256-257).

- 9) Ellssel J.: Abklärung der Hautnebenwirkungen der Ganzkörperkälteexposition (-110°C) auf anamnestisch, klinisch und laborchemisch faßbaren Risikofaktoren. „Zeitschrift Phys. Med. Baln. Med. Klim. 15“ (1986: 312-313).
- 10) Engel P., Fricke R., Taghawinejad M., Hildebrandt G.: Lungenfunktion und Ganzkörperkältetherapie bei Patienten mit chronischer Polyarthrit. „Zeitschrift Phys. Med. Baln. Med. Klim. 16“. (1987: 309).
- 11) Ernst E., Fialka V.: Ice freezes pain? A review of the clinical effectiveness of analgesic cold therapy. „ Journal of pain and symptom management“ (Januar 1994 : 56-59).
- 12) Fialka V., Ernst E.: Kryotherapie. Wiener medizinische Wochenschrift, Themenheft: „ Physikalische Medizin“ (Heft 3, 1994: 42-44).
- 13) Fischer A.A.: Pressure algometry over normal muscles. Standard values, validity and reproducibility of pressure threshold. „Pain 30“ (1987: 115-126).
- 14) Frank B., Lorenzoni E.: Ergebnisse der Kryotherapie bei Phantom- und Stumpfschmerzen. „Zeitschrift Phys. Med. Baln. Med. Klim. 16“. (1987: 307).
- 15) Fricke R.: Ganzkörperkältetherapie. „Zeitschrift Phys. Med. Baln. Med. Klim. 15“ (1986: 311-312).
- 16) Fricke L., Fricke R., Wiegmann: Beeinflussung hormoneller Reaktionen durch Ganzkörperkältetherapie. „Physikalische Medizin, Balneologie, Med. Klimatologie“ (1988, 17. Jahrgang: 363, 364).
- 17) Fricke R.: Lokale Kryotherapie bei chronisch entzündlichen Gelenkerkrankungen 3-4 mal täglich. „Physikalische Medizin, Balneologie, Med. Klimatologie“ (1988 August, 17. Jahrgang).

- 18) Fricke R.: Ganzkörperkältetherapie in einer Kältekammer mit Temperaturen um -110°C . „Physikalische Medizin, Balneologie, Med. Klimatologie“ (1989, 18. Jahrgang: 1-10).
- 19) Fricke R.: M. Bechterew - Therapie in der Kältekammer: Mit minus 110°C gegen den Schmerz. „Bechterew - Brief Nr. 69“ (1997 Juni, 31, 31 und 65).
- 20) Fricke R.: Was leistet die Kältetherapie bei rheumatischen Erkrankungen? „Rheuma-Journal“ (1999 März, 28 und 29).
- 21) Fricke R., Grapow G., Nobbe T., Knauer G.: Ganzkörperkältetherapie bei -110°C von zwei Minuten bewirkt Steigerung von Muskelkraft und Leistung. „Phys Rehab Kur Med 9“ (1999: 144).
- 22) Fricke R., Grapow G., Knauer G.: Steigerung von Muskelkraft und Leistung durch Ganzkörperkältetherapie -110°C über 1, 2 und 3 Minuten. 8. Rehabilitationswissenschaftliches Kolloquium vom 8. bis 10. März 1999 auf Norderney
- 23) Fricke R., Pohlen-Fricke B., Frye K., Linnemann E., Richter C., Fricke L., Wichman J.: Improvement of joint function and immunomodulation in rheumatoid arthritis and ankylosing spondylitis by cold air chamber treatment at -110°C , „6th European Congress on Research in Rehabilitation“ (1998 May 31-June 4).
- 24) Goder, Heinecke: Spss (6.1) for Windows. „Institut für Medizininformatik und Biomathematik“ (Sommersemester 1999).
- 25) Grant A.E.: Massage with ice (cryokinetics) in the treatment of painful conditions of the musculoskeletal system. „ Archives of physical medicine & rehabilitation“ (1964 May: 233-238).

- 26) Gutenbrunner C., Englert G., Neues-Lahusen M., Gehrke A.: Analgetische Wirkung von natürlichen Schwefelbädern und Kältekammerexposition bei Fibromyalgie. „Phys Rehab Kur Med 9“ (1999: 56-62).
- 27) Gutenbrunner C., Neues-Lahusen M.: Bad Nenndorf: Institut für Balneologie und Rehabilitationsforschung, Organisation, Ziele und erste Forschungsergebnisse, Heilbad und Kurort (1998 März, 64-67).
- 28) Häbler H.J., Jänig W.: Physiologische Grundlagen der Kryotherapie. „Zeitschrift Phys. Med. Baln. Med. Klim. 15“ (1986: 305-306).
- 29) Hocutt J.E., Jaffe R., Rylander C.R., Beebe J.K.: Cryotherapy in ankle sprains. „Am J Sports Med“ (1982, 10: 316-319).
- 30) Hoeft G.: Schmerzmessungen nach lokaler Kaltgastherapie am Knie. „Zeitschrift Phys. Med. Baln. Med. Klim. 15“ (1986: 309).
- 31) Hutzschenreuter P., Brümmer H.: Kryotherapie und interstitieller Flüssigkeitsdruck. „Zeitschrift Phys. Med. Baln. Med. Klim. 15“ (1986: 306).
- 32) Jänig W.: Physiologie der Kälteeinwirkung auf den menschlichen Organismus. „internationales Kryotherapie Symposium“ (2000, Feb: 1-2).
- 33) Jansen U., Fricke R.: Änderung der Hauttemperatur unter lokaler Kaltlufttherapie (-175°C) bei Kontrollpersonen und bei Patienten mit chronischer Polyarthrit. „Zeitschrift Phys. Med. Baln. Med. Klim. 15“ (1986: 308-309).
- 34) Jonderko G., Fricke R.: Einfluß einer Ganzkörperkältetherapie auf das Gallenblasenvolumen. „Zeitschrift Phys. Med. Baln. Med. Klim. 19“ (1990: 225).
- 35) Jonderko G., Galaszek Z., Konca A., Jonderko K., Galaszek E.: Einfluß der lokalen Kältetherapie auf das Elektrokardiogramm und den Blutdruck. „Zeitschrift Phys. Med. Baln. Med. Klim. 16“. (1987: 307).

- 36) Jonderko G., Galaszek Z., Rozmus I., Polko M., Krzewinski W., Lachowicz K.: Erfahrungen über die Anwendung der Kaltlufttherapie bei chronisch entzündlichen Gelenkerkrankungen. „Zeitschrift Phys. Med. Baln. Med. Klim. 15“ (1986: 309-310).
- 37) Jonderko G., Galaszek Z., Krzewinski W., Jonderko K., Galaszek E.: Einfluß der lokalen Kältetherapie auf einige immunologische Parameter bei Kranken mit chronischer Polyarthritis. „Zeitschrift Phys. Med. Baln. Med. Klim. 16“. (1987: 308).
- 38) Jonderko K., Marcisz Cz., Wieczorek-Latka U., Galaszek Z.: Lungenfunktionsparameter nach einer einzigen lokalen Kaltlufttherapiemaßnahme auf die Wirbelsäule bei Kranken mit Spondylitis ankylosans. „Zeitschrift Phys. Med. Baln. Med. Klim. 19“ (1990: 225-226).
- 39) Kern H., Fessl L., Trnavsky G., Hertz H.: Kryotherapie. Das Verhalten der Gelenktemperatur unter Eisapplikation – Grundlage für die praktische Anwendung. „Wiener klinische Wochenschrift“ (1984, 22: 832-837).
- 40) Kersch-Schindl K., Uher E.M., Zauner-Dungl A., Fialka-Moser V.: Kälte- und Kryotherapie. Eine Literaturübersicht über Grundlagen und praktische Anwendungen. „Acta-Med-Austriaca“ (1998 (3): 73-78).
- 41) Kirk J.A., Kersley G.D.: Heat and cold in the physical treatment of rheumatoid arthritis of the knee. „Annals of physical medicine“ (Vol. IX No. 7: 270-274).
- 42) Kleinschmidt J., Stappert W., Roider R., Diwersy C.: Die Qualität des thermophysikalischen Reizes beim Kneippschen Arm-Guß. „Zeitschrift Phys. Med. Baln. Md. Klim. 16“. (1987: 305).
- 43) Knollmann B.C., Berliner M.: Vergleichende Untersuchung zur Wirkung von drei verschiedenen Formen der Kryotherapie (Cryogelbeutel, Kaltluft und kalter Stickstoff) auf Hauttemperatur und Hautdurchblutung gesunder Probanden. „Zeitschrift Phys. Med. Baln. Med. Klim. 19“. (1990: 225).

- 44) Kober L., Kröling P., Grüniger M.: Einfluß von Kaltluft und Kältepackung auf die Schmerzschwelle und Mobilität bei der krankengymnastischen Kontrakturbehandlung des Kniegelenkes. „Phys Rehab Kur Med 5“ (1995: 125-130).
- 45) Kosek E., Ekholm J., Hanson P.: Pressure Pain thresholds in different tissues in one body region: the influence of skin sensitivity in pressure algometry. „Scand J Rehab Med 31“ (1999 Jun: 89-93).
- 46) Kröling P., Gottschild S.: TENS hebt die Druckschmerzschwelle in Abhängigkeit von elektrischen und topischen Parametern. „Phys Rehab Kur Med 9“ (1999: 48-55).
- 47) Kröling P., Kober L.: Ein automatisiertes Verfahren zur Druckschmerzschwellenbestimmung (Pressure Algometrie) am Beispiel der Wirkung von Eisbeutel und Kaltluft. „Phys Rehab Kur Med 4“ (1994: 173-176).
- 48) Kröling P., Mühlbauer M.: Einfluß von Eisbeutel, Kaltluft und N₂-Kaltgas auf die gelenknahe elektrische Schmerzschwelle. „Phys Rehab Kur Med 2“ (1992: 1-6).
- 49) Kröling P., Schöps P., Mühlbauer M., Senn E.: Einfluß von Eis und Kaltluft auf die Schmerzschwelle im Bereich der articulatio humeroscapularis. „Zeitschrift Phys. Med. Baln. Med. Klim. 19“. (1990: 227).
- 50) Krumpolt G., Lange A., Schneider R., Eichler W., Hänsgen H., Wobst E.: Temperaturverhalten durch Kälteanwendung am Körperstamm. „II. internationales Kryotherapiesymposium, Bad Seebruch, Vlotho“ (Februar 2000).
- 51) Lautenschläger J.: Die Messung der Druckschmerzschwelle bei Erkrankungen des Bewegungsapparates. 2nd Symposium „Sulfur in Health Resort Medicine“, Bad Nenndorf (1994 Mai).

- 52) Lautenschläger L., Brückle W., Schnorrenberger C.C., Müller W.: Die Messung von Druckschmerzen im Bereich von Sehnen und Muskeln bei Gesunden und Patienten mit generalisierter Tendomyopathie (Fibromyalgie-Syndrom). „Zeitschrift für Rheumatologie“ (1988, 47: 397-404).
- 53) Mandak M.: Behandlung des chronischen Cervicalsyndroms mit lokaler Kaltlufttherapie und Muskeldehnung. „Zeitschrift Phys. Med. Baln. Med. Klim. 16“. (1987: 308).
- 54) Meeusen R., Lievens P.: The use of cryotherapy in sports injuries. „Sports Med“ (1986, 3: 398-414).
- 55) Meineck U., John J., Dreher R.: Die lokale Kältetherapie von c.P.-Kniegelenken, eine symptomatische Therapieform. „Zeitschrift Phys. Med. Baln. Med. Klim. 19“. (1990: 226).
- 56) Menger W.: Atemfunktion junger Asthmatiker bei Kälte. „Zeitschrift Phys. Med. Baln. Med. Klim.15“ (1986: 306-307).
- 57) Menger W.: Physikalische Therapie des Kälte-induzierten Bronchospasmus bei jugendlichen Asthmatikern. „Zeitschrift Phys. Med. Baln. Med. Klim. 16“. (1987: 306).
- 58) Metzman L., Gamble J.G., Rinsky L.A.: Effectiveness of Ice Packs in Reducing Skin Temperature Under Casts. „Clinical Orthopaedics and Related Research“ (1996 Sep: 217-221).
- 59) Michael J.: Kryotherapie in der Sporttraumatologie. „Zeitschrift Phys. Med. Baln. Med. Klim. 16“. (1987: 306).
- 60) Miller R.G.: Simultaneous statistical Inference, „Springer Verlag“.

- 61) Neeck G.: Wenn es überall schmerzt: Fibromyalgie. „Rheuma-Journal“ (1999 Januar: 11-13).
- 62) Nussbaum E.L., Downes L.: Reliability of clinical pressure-pain-algometric measurements obtained on consecutive days. „Physical Therapy“ (1998 Feb: 160-169).
- 63) PD&T (pain diagnostic and treatment): Bedienungsanleitung für Schmerzschwellen-Meßgerät PTH und PTO.
- 64) Perkins J.F. jr, Li M., Nicholas C.H., Lassen W.H., Gertler P.E.: Cooling as a Stimulus to smooth muscles. „Am J Physiology“ (1950; 163: 14-26).
- 65) Pöllmann L., Pöllmann B.: Zur Beeinflussung der Schmerzschwelle durch Kälteanwendungen. „Zeitschrift Phys. Med. Baln. Med. Klim. 15“ (1986: 307).
- 66) Pohlen B., Fricke R.: Verhalten der Lymphozytenpopulation nach Kältekammertherapie. „Physikalische Medizin, Balneologie, Med. Klimatologie“ (1988, 17. Jahrgang: 363).
- 67) Pratzel H.G., Aigner U.M., Weinert D., Limbach B.: Zur analgetischen Wirksamkeit eines Schwefelmoorbades bei weichteilrheumatischen Beschwerden. 2nd Symposium „ Sulfur in Health Resort Medicine“, Bad Nenndorf. (Mai 1994)
- 68) Pratzel H.G., Aigner U.M., Weinert D., Limbach B.: Application of Pressure Algometry in Balneology for Evaluation of Physical Therapeutic Modalities and Drug Effects. „Review Article“ (1997: 1-28).
- 69) Pratzel H.G., Alken R.G., Ramm S.: Efficacy and tolerance of repeated oral doses of tolperisone hydrochloride in the treatment of painful reflex muscle spasm: results of a prospective placebo-controlled double-blind trial. „Pain 67“ (1996: 417-425).

- 70) Reeves J.L., Jaeger B., Graff-Radford S.B.: Reliability of the Pressure Algometer as a Measure of Myofascial Trigger Points Sensitivity. „Pain 24“ (1986: 313-321).
- 71) Richter C., Pohlen-Fricke B, Frye K., Linnemann E., Fricke R.: Cytokin- und CD 4-Zellsupprimierung im zirkulierenden Blut durch Kältekammer-Therapie von -110°C bei chronischer Polyarthritits und ankylosierender Spondylitis. Rheumatologie 65, „Suppliment 1“ (1997: 34).
- 72) Richter C., Fricke R.: Wirkung einer Ganzkörperkältetherapie auf Zytokin-Serumspiegel bei chronischer Polyarthritits. „Phys Rehab Kur Med 6“ (1996: 162).
- 73) Schmidt K.L.: Kältebehandlung rheumatischer Erkrankungen: Wirkungsweise, Verfahren und therapeutische Prinzipien. „Akt Rheumatol 6“ (1981: 88-94).
- 74) Schmidt K.L., Mäurer R., Rusch D.: Zur Wirkung örtlicher Wärme- und Kälteanwendung auf die Hauttemperatur am Kniegelenk. „Zeitschrift Rheumatologie“ (1979, 38: 213-219).
- 75) Sherwin S.W., Coel M.N., Kagawa R., Richardson A.B.: The effects of ice on blood flow and bone metabolism in knees. „American J Sports Med“ (1994, 22: 537-540).
- 76) Siems W., Brenke R.: Biochemische und immunologische Effekte regelmäßiger Ganzkörperkälteexposition – Messungen bei Winterschwimmern. „ II. internationales Kryotherapiesymposium, Bad Seebach, Vlotho“. (5. Februar 2000).
- 77) Speer K.P., Warren R.F., Horowitz L.: The efficacy of cryotherapy in the postoperative shoulder. „Journal of Shoulder and Elbow Surgery“ (1996 Jan-Feb: 62-68).

- 78) Szeffer-Marcinkowska B.: Die Verwendungsmöglichkeiten der Kalten Stickstoffdämpfe zur Behandlung der Hautbrandwunden: „Zeitschrift Phys. Med. Baln. Med. Klim. 15“ (1986: 308).
- 79) Taghawinejad M.: Therapieerfahrung bei lateralem Hüft-Oberschenkelsyndrom mit kombiniertem Kaltluft- und krankengymnastischem Übungsprogramm. „Zeitschrift Phys. Med. Baln. Med. Klim. 15“ (1986: 310-311).
- 80) Taghawinejad M., Birwe G., Fricke R., Hartmann R.: Ganzkörperkältetherapie – Beeinflussung von Kreislauf- und Stoffwechselfparametern. „Zeitschrift Phys. Md. Baln. Med. Klim. 18“ (1989: 23-30).
- 81) Wichmann J., Fricke R.: Ganzkörperkältetherapie von -110°C bei ankylosierender Spondylitis. „Phys Rehab Kur Med 7“ (1997: 210).
- 82) Wichmann J., Fricke R.: Ganzkörperkältetherapie bei Patienten mit ankylosierender Spondylitis. „Zeitschrift Phys. Med. Baln. Med. Klim. 19“ (1990: 226).
- 83) Yamauchi T.: Whole Body Cryo-therapie is method of extreme cold -175°C treatment initially uses for Rheumatoid Arthritis. „Zeitschrift Phys. Med. Baln. Med. Klim. 15“ (1986: 311).
- 84) Zimmer K., Zagrobelny Z.: Whole body cryotherapy effect on performance quality in high level athletes group. „II. internationales Kryotherapiesymposium, Bad Seebruch, Vlotho“. (Februar 2000).

F) Abbildungsverzeichnis:

- 1) Druckalgometer der Firma PD&T (pain diagnosis and treatment)
- 2) Darstellung der acht gemessenen Tenderpoints
- 3) Druckalgometer der Firma PD&T (pain diagnosis and treatment) während der Messung
- 4) Graphische Darstellung der Altersverteilung der Frauen im Patientenkollektiv
- 5) Graphische Darstellung der Altersverteilung der Männer im Patientenkollektiv
- 6) Fotografische Darstellung der Kältekammer mit Vor- und Hauptkammer
- 7) Photographische Darstellung der Kältekammer während der Therapie
- 8) Graphische Darstellung der Altersverteilung der Frauen in der Kontrollgruppe
- 9) Graphische Darstellung der Altersverteilung der Männer in der Kontrollgruppe
- 10) Graphische Darstellung der Ergebnisse mit Hilfe von „SPSS 9.0 für Windows“
- 11) Entwicklung der Mittelwerte der Druckschmerzschwelle (DSS) der Tenderpoints (TP) im Patientenkollektiv
- 12) Entwicklung der Mittelwerte der Druckschmerzschwelle der Tenderpoints im Patientenkollektiv bei Männern (m)
- 13) Entwicklung der Mittelwerte der Druckschmerzschwelle der Tenderpoints im Patientenkollektiv bei Frauen (w)
- 14) Entwicklung der Mittelwerte der Druckschmerzschwelle (DSS) der Tenderpoints (TP) in der Kontrollgruppe

- 15) Entwicklung der Mittelwerte der Druckschmerzschwelle der Tenderpoints in der Kontrollgruppe bei Männern (m)
- 16) Entwicklung der Mittelwerte der Druckschmerzschwelle der Tenderpoints in der Kontrollgruppe bei Frauen (w)
- 17) Entwicklung der occipitalen Druckschmerzschwelle im Patientenkollektiv
- 18) Entwicklung der Mittelwerte der occipitalen Druckschmerzschwelle im Patientenkollektiv bei Männer (m)
- 19) Entwicklung der Mittelwerte der occipitalen Druckschmerzschwelle im Patientenkollektiv bei Frauen (w).
- 20) Entwicklung der occipitalen Druckschmerzschwelle in der Kontrollgruppe
- 21) Entwicklung der Mittelwerte der occipitalen Druckschmerzschwelle in der Kontrollgruppe bei Männern (m)
- 22) Entwicklung der Mittelwerte der occipitalen Druckschmerzschwelle in der Kontrollgruppe bei Frauen (w)
- 23) Entwicklung der deltoidalen Druckschmerzschwelle im Patientenkollektiv
- 24) Entwicklung der Mittelwerte der deltoidalen Druckschmerzschwelle im Patientenkollektiv bei Männern (m)
- 25) Entwicklung der Mittelwerte der deltoidalen Druckschmerzschwelle im Patientenkollektiv bei Frauen (w)
- 26) Entwicklung der deltoidalen Druckschmerzschwelle in der Kontrollgruppe

- 27) Entwicklung der Mittelwerte der deltoidalen Druckschmerzschwelle in der Kontrollgruppe bei Männer (m)
- 28) Entwicklung der Mittelwerte der deltoidalen Druckschmerzschwelle in der Kontrollgruppe bei Frauen (w)
- 29) Entwicklung der trapezoidalen Druckschmerzschwelle im Patientenkollektiv
- 30) Entwicklung der Mittelwerte der trapezoidalen Druckschmerzschwelle im Patientenkollektiv bei Männern (m)
- 31) Entwicklung der Mittelwerte der trapezoidalen Druckschmerzschwelle im Patientenkollektiv bei Frauen (w)
- 32) Entwicklung der trapezoidalen Druckschmerzschwelle in der Kontrollgruppe
- 33) Entwicklung der Mittelwerte der trapezoidalen Druckschmerzschwelle in der Kontrollgruppe bei Männern (m)
- 34) Entwicklung der Mittelwerte der trapezoidalen Druckschmerzschwelle in der Kontrollgruppe bei Frauen (w)
- 35) Entwicklung der Druckschmerzschwelle am Epicondylus lateralis im Patientenkollektiv
- 36) Entwicklung der Mittelwerte der Druckschmerzschwelle am Epicondylus lateralis im Patientenkollektiv bei Männern (m)
- 37) Entwicklung der Mittelwerte der Druckschmerzschwelle am Epicondylus lateralis im Patientenkollektiv bei Frauen (w)
- 38) Entwicklung der Druckschmerzschwelle am Epicondylus lateralis in der Kontrollgruppe

- 39) Entwicklungen der Mittelwerte der Druckschmerzschwelle am Epicondylus lateralis in der Kontrollgruppe bei Männern (m)
- 40) Entwicklungen der Mittelwerte der Druckschmerzschwelle am Epicondylus lateralis in der Kontrollgruppe bei Frauen (w)

G) Tabellenverzeichnis

- 1) Tabellarische Darstellung der deskriptiven Statistik bei Männern im Patientenkollektiv
- 2) Tabellarische Darstellung der deskriptiven Statistik bei Frauen im Patientenkollektiv
- 3) Tabellarische Darstellung des Friedman-Tests bei Männern im Patientenkollektiv
- 4) Tabellarische Darstellung des Friedman-Tests bei Frauen im Patientenkollektiv
- 5) Tabellarische Darstellung der deskriptiven Statistik bei Männern in der Kontrollgruppe
- 6) Tabellarische Darstellung der deskriptiven Statistik bei Frauen in der Kontrollgruppe
- 7) Tabellarische Darstellung des Friedman-Tests bei Männern in der Kontrollgruppe
- 8) Tabellarische Darstellung des Friedman-Tests bei Frauen in der Kontrollgruppe

H) A n l a g e

I. Abkürzungsverzeichnis

DSS	Druckschmerzschwelle
ldfnr	Identifikationsnummer
sex	Geschlecht der Probanden
Alter	Alter der Probanden
ore0	occipitale DSS rechtsseitig vor Therapie
oli0	occipitale DSS linksseitig vor Therapie
ore1	occipitale DSS rechtsseitig unmittelbar n. Therapie
oli1	occipitale DSS linksseitig unmittelbar n. Therapie
ore10	occipitale DSS rechtsseitig 10 min. n. Therapie
oli10	occipitale DSS linksseitig 10 min. n. Therapie
ore20	occipitale DSS rechtsseitig 20 min. n. Therapie
oli20	occipitale DSS linksseitig 20 min. n. Therapie
dre0	deltoidale DSS rechtsseitig vor Therapie
dli0	deltoidale DSS linksseitig vor Therapie
dre1	deltoidale DSS rechtsseitig unmittelbar n. Therapie
dli1	deltoidale DSS linksseitig unmittelbar n. Therapie
dre10	deltoidale DSS rechtsseitig 10 min. n. Therapie
dli10	deltoidale DSS linksseitig 10 min. n. Therapie
dre20	deltoidale DSS rechtsseitig 20 min. n. Therapie
dli20	deltoidale DSS linksseitig 20 min. n. Therapie
tre0	trapezoidale DSS rechtsseitig vor Therapie
tli0	trapezoidale DSS linksseitig vor Therapie
tre1	trapezoidale DSS rechtsseitig unmittelbar n. Therapie
tli1	trapezoidale DSS linksseitig unmittelbar n. Therapie
tre10	trapezoidale DSS rechtsseitig 10 min. n. Therapie
tli10	trapezoidale DSS linksseitig 10 min. n. Therapie
tre20	trapezoidale DSS rechtsseitig 20 min. n. Therapie
tli20	trapezoidale DSS linksseitig 20 min. n. Therapie

ere0	DSS am Epicondylus lateralis rechtsseitig vor Therapie
eli0	DSS am Epicondylus lateralis linksseitig vor Therapie
ere1	DSS am Epicondylus lateralis rechtsseitig unmittelbar n. Therapie
eli1	DSS am Epicondylus lateralis linksseitig unmittelbar n. Therapie
ere10	DSS am Epicondylus lateralis rechtsseitig 10 min. n. Therapie
eli10	DSS am Epicondylus lateralis linksseitig 10 min. n. Therapie
ere20	DSS am Epicondylus lateralis rechtsseitig 20 min. n. Therapie
eli20	DSS am Epicondylus lateralis linksseitig 20 min. n. Therapie
diff1	ore1 – ore0
diff2	ore10 – ore0
diff3	ore20 – ore0
diff4	oli1 – oli0
diff5	oli10 – oli0
diff6	oli20 – oli0
diff7	dre1 – dre0
diff8	dre10 – dre0
diff9	dre20 – dre0
diff10	dli1 – dli0
diff11	dli10 – dli0
diff12	dli20 – dli0
diff13	tre1 – tre0
diff14	tre10 – tre0
diff15	tre20 – tre0
diff16	tli1 – tli0
diff17	tli10 – tli0
diff18	tli20 – tli0
diff19	ere1 – ere0
diff20	ere10 – ere0
diff21	ere20 – ere0
diff22	eli1 – eli0
diff23	eli10 – eli0
diff24	eli20 – eli0

morl0	$ore0 + oli0 / 2$
mdrl0	$dre0 + dli0 / 2$
mtrl0	$tre0 + tli0 / 2$
merl0	$ere0 + eli0 / 2$
morl1	$diff1 + diff4 / 2$
morl10	$diff2 + diff5 / 2$
morl20	$diff3 + diff6 / 2$
mdrl1	$diff7 + diff10 / 2$
mdrl10	$diff8 + diff11 / 2$
mdrl20	$diff9 + diff12 / 2$
mtrl1	$diff13 + diff16 / 2$
mtrl10	$diff14 + diff17 / 2$
mtrl20	$diff15 + diff18 / 2$
merl1	$diff19 + diff22 / 2$
merl10	$diff20 + diff23 / 2$
merl20	$diff21 + diff24 / 2$
gesamt1	$morl1 + mdl1 + mtrl1 + merl1 / 4$
gesamt10	$morl10 + mdl10 + mtrl10 + merl10 / 4$
gesamt20	$morl20 + mdl20 + mtrl20 + merl20 / 4$
gesamt0	$morl0 + mdl0 + mtrl0 + merl0 / 4$
pges1	$(gesamt1 * 100) / gesamt0$
pges10	$(gesamt10 * 100) / gesamt0$
pges20	$(gesamt20 * 100) / gesamt0$
ges1	$mo1 + md1 + mt1 + me1 / 4$
ges10	$mo10 + md10 + mt10 + me10 / 4$
ges20	$mo20 + md20 + mt20 + me20 / 4$
mo0	$ore0 + oli0 / 2$
mo1	$ore1 + oli1 / 2$
mo10	$ore10 + oli10 / 2$
mo20	$ore20 + oli20 / 2$
md0	$dre0 + dli0 / 2$
md1	$dre1 + dli1 / 2$

md10	$\text{dre10} + \text{dli10} / 2$
md20	$\text{dre20} + \text{dli20} / 2$
mt0	$\text{tre0} + \text{tli0} / 2$
mt1	$\text{tre1} + \text{tli1} / 2$
mt10	$\text{tre10} + \text{tli10} / 2$
mt20	$\text{tre20} + \text{tli20} / 2$
me0	$\text{ere0} + \text{eli0} / 2$
me1	$\text{ere1} + \text{eli1} / 2$
me10	$\text{ere10} + \text{eli10} / 2$
me20	$\text{ere20} + \text{eli20} / 2$

ldfnr	Sex	Alter	ore0	oli0	ore1	oli1	ore10	oli10	ore20	oli20	dre0	dli0	dre1	dli1	dre10	dli10	dre20	dli20	tre0	tli0	tre1
1	m	36	1,9	2	2,2	2	2,3	2,4	2,3	2,7	2,9	2,9	3,5	3,6	3,2	3,3	3,1	2,7	3,5	4,1	3,8
2	m	49	2,2	2,2	3,1	2,8	2,5	2,6	3,2	2,9	3,5	2,9	6,4	4,4	5,3	3,5	5,4	4,3	3,6	4,1	4,7
3	m	22	3,1	2,9	2,2	2,4	2,7	2,3	2,9	2,4	3,5	4,5	3,5	3,3	3,5	3,7	3,5	3,2	4	3,8	4,1
4	m	59	2,3	2,4	1,8	2,5	2,2	2,3	1,9	2,3	3,2	3,2	1,9	2,2	2,3	2,7	1,8	2,4	3,7	3,1	2,7
5	m	55	2,3	1,8	1,4	1,8	2,2	2,3	1,6	1,8	2,2	2,6	2,2	2,2	2,3	2,3	2	2,3	2,3	2,6	2,2
6	m	47	2,3	3,2	2,9	3,1	2,7	3,1	3,2	3,6	4,5	3,2	4,6	4,5	3,6	4,1	3,6	4,4	4	3,8	3,6
7	m	60	4,1	4,2	4,2	5	3,2	4,3	3,6	4,1	4,4	5,2	6,3	6,5	7,5	6,7	5,4	7,2	9	9	9
8	m	51	3,6	3,5	3,3	3,6	3,8	3,7	3,5	3,5	4,1	4,3	5,1	5,6	4,5	4,5	4,6	4	4,9	4,5	5,3
9	m	36	3,3	3,2	2,8	2,3	1,7	1,7	2	2	3,7	3,6	2,3	2,4	2,2	2,7	2	2	3,5	4	3,1
10	m	55	4,1	3,7	2,9	3	2,7	2,3	2,6	2,9	3,5	3,7	3,2	3,8	3,2	3,5	3,5	2,8	4,8	5,2	3,2
11	m	65	4,2	3,8	2,9	3,4	3,2	3,3	2,6	2,8	5	4,1	5,9	7,6	6,3	5,4	3,6	4,7	3,2	3,6	4,9
12	m	64	2,7	2,3	2,3	3,1	3,2	2,9	2,3	2,6	3,1	3,4	3,7	3,3	2,3	2,6	2,7	2,9	3,5	3,2	3,8
13	m	70	3,2	2,9	5	5	3,6	3,8	3,5	3,8	3,7	4,1	5,1	5,5	4,9	4,6	5,8	6,2	3,9	4,1	6,2
14	m	62	3,3	2,9	3,2	4,1	3,8	4,5	4,4	5,5	3,6	3,1	4,5	3,8	4,1	5,1	5,4	4,1	3,1	2,8	5,4
15	m	47	3,2	3,6	4,1	3,5	4,1	4,1	3,1	3	5,9	5,9	4,5	4,5	7,1	5,4	5	5,4	2,3	5	4
16	m	54	3,7	3,7	3,6	3,6	3,2	3,5	3,1	3,2	5,4	5,6	2,7	4,9	5,9	6,8	6,5	5,4	3,3	2,9	4,1
17	m	25	1,9	1,9	2	2	2	2	1,9	1,9	2	2	2,7	2,3	2,2	2,3	1,4	2,3	1,8	2,8	3,5
18	m	76	2,2	2,3	2,3	1,8	1,9	1,9	2	2	3,5	2	2,4	4,1	2,3	3,6	2,2	3,2	2,9	2,7	2,7
19	m	44	1,5	1,3	1,3	1,4	1,1	1,1	1,4	1,3	3,2	2,3	3,7	2,4	2,9	1,9	3,8	3,3	2,4	2,8	4,4
20	m	68	3,1	2,9	3,8	3,2	2,8	2,8	2,2	2,3	5,2	5	3,2	5,4	4	3,2	3,2	4,1	4,1	4,5	3,8
1	w	54	1,4	1,4	2	1,8	1,3	1,3	1,4	1,1	3,2	2,9	1,4	1,9	1,3	1,5	1,5	1,4	1,3	1,8	1,9
2	w	73	2,3	1,5	1,8	1,7	2,2	2,3	1,4	1,7	2,8	2,2	3,2	2,6	2,4	2,3	2,3	1,9	1,8	1,4	2,4
3	w	68	2,1	1,8	1,8	1,9	1,5	1,7	1,4	1,4	1,8	2,9	2,7	2,8	1,8	1,9	1,5	1,6	2,6	2,2	2,8
4	w	58	1,6	1,4	2,4	1,8	1,7	2	1,7	1,4	3,3	2,4	2,4	2,7	3,1	3,6	3,2	2,3	2,8	2,7	2,6
5	w	55	2,9	2,4	2,6	2,6	2,7	2,1	3,3	2,6	3,2	3,7	3,8	4	3,5	3,5	3,9	3,6	3,7	3,2	3,2
6	w	52	3,3	3,3	4,1	4,1	2,9	2,8	3,1	2,4	3,5	3,5	4,5	4	3,3	3,3	3,7	3,3	5	3,2	5,3
7	w	59	3,3	4	3,5	4	3,6	3,7	3,1	3,1	4,2	4,6	4,1	5	3,6	3,1	3,2	4,2	3,1	3,7	4,5
8	w	48	2,9	2,8	3,2	3,8	2,9	3,4	2,7	3,2	2,7	4,4	5,1	5,2	4,9	5,3	5,9	5,9	4,6	4,4	6,5
9	w	67	3,5	3,3	3,7	4,1	3,3	3,8	2,9	2,4	2,5	2,4	3,3	3,3	2,8	3,3	3,1	2,9	4,2	3,1	4
10	w	76	4,6	4,7	4	4,2	3,2	2,9	3,6	3,6	5,1	3,2	6,4	6,5	2,9	3,3	3,5	3,3	3,8	3,8	4,4
11	w	74	2,4	2	2,7	1,7	1,3	1,5	2	1,8	2,5	5	1,9	4,6	1,9	3,5	1,3	4,1	3,2	2,3	2,7
12	w	50	1,3	1,4	1,3	1,6	1,7	1,8	1,4	1,9	1,4	1,8	1,9	2	1,5	1,4	1,7	1,9	1,8	2,4	2,2
13	w	68	1,5	1,4	1,8	2,2	2	1,4	1,8	2,2	1,1	1,7	2,2	2,2	2	2	2	3,2	2,3	2	2,9
14	w	46	1,4	1,4	2,2	2	1,2	1,6	1,4	1,4	1,4	1,8	2,3	2	1,7	1,4	1,8	1,8	1,4	1,5	2,3
15	w	63	1,9	1,8	1,7	1,8	1,7	1,8	2,3	1,8	2,2	2,2	2,6	2,4	2,2	2,3	2,9	2,7	2,3	2,3	3,2
16	w	27	1,4	1,5	1,8	1,8	1,7	2,2	1,5	1,9	1,9	1,5	2,8	2,2	2,2	2,4	1,7	1,7	1,5	2	2,7
17	w	74	3,3	3,5	2,7	2,8	1,9	2,2	1,9	2,7	4	3,1	3,2	3,6	2	3,3	1,8	3,6	2,6	2,4	4,1
18	w	43	1,2	1,8	2,2	2,6	2,2	2,4	1,7	2,4	2,1	2,2	4,5	3,1	3,5	3,5	3,6	3,1	2,1	2,3	2,8
19	w	25	2,4	3,2	2,3	3,6	2,7	2,7	2	3,2	2,2	1,9	2,6	2,3	3,5	2,4	2,8	2,3	2,3	2,9	4
20	w	54	1,5	1,9	3,2	2	2,4	2,7	2,7	2,6	1,8	1,6	2,7	2,9	3,1	2,7	3,2	3,1	1,5	2,2	3,2
21	w	53	2,3	3,2	3,3	2,9	3,8	3,3	3,3	3,8	3,7	3,2	3,8	4,1	5,3	5	4,4	3,5	3,8	3,6	5,4

ldfnr	Sex	tli1	tre10	tli10	tre20	tli20	ere0	eli0	ere1	eli1	ere10	eli10	ere20	eli20	diff1	diff2	diff3	diff4	diff5	diff6	diff7
1	m	3,5	3,8	4,2	3,8	3,6	2,8	2,3	2,8	2,5	3,2	3,8	2,8	2,7	0,27	0,36	0,45	0	0,45	0,76	0,63
2	m	5,3	4,1	4,5	5	6,5	3,1	2,9	7,3	6,4	4,4	4,7	4,9	5,4	0,9	0,36	0,99	0,63	0,45	0,72	2,88
3	m	4,4	2,8	2,7	3,5	4,1	3,2	2,6	2,7	3,2	2,9	2,7	3,2	2,4	-0,9	-0,4	-0,18	-0,45	-0,63	-0,45	0
4	m	2,7	2,3	2	2,7	2,3	2,9	2,6	1,9	1,9	2,3	2,7	2,4	2,5	-0,45	-0,09	-0,36	0,09	-0,09	-0,18	-1,26
5	m	2,4	2,4	2,3	2,6	2,4	2,3	2,2	2,3	1,8	2,2	2,2	1,8	2	-0,99	-0,18	-0,72	0	0,5	0	0
6	m	4,1	4,5	3,3	2,9	3,7	2,2	3,1	2	4,4	1,4	3,3	1,7	3,6	0,63	0,45	0,9	-0,09	-0,09	0,45	0,05
7	m	9	9	9	9	9	2,3	2,9	6,4	5,6	5,3	3,5	6,2	4,2	0,18	-0,85	-0,4	0,72	0,09	-0,09	1,89
8	m	5	3,3	4,9	3,9	4	3,7	4,2	4,7	6,3	3,5	4	2,9	2,8	-0,27	0,18	-0,09	0,09	0,18	0	0,99
9	m	3,2	2,4	2,9	2,4	2,4	3,5	2,7	2,3	2,7	2,4	2,7	2,4	2,3	-0,54	-1,62	-1,35	-0,81	-1,44	-1,17	-1,44
10	m	3,7	3,7	3,1	3,2	3,5	3,5	2	3,1	3,2	2,7	2,8	3,6	3,1	-1,26	-1,44	-1,53	-0,72	-1,35	-0,81	-0,36
11	m	5	3,3	4,5	4,4	4,9	4,4	5,8	4	3,7	3,3	5,1	3,3	4,6	-1,35	-0,99	-1,62	-0,36	-0,45	-0,99	0,9
12	m	4,3	2,8	2,4	3,5	3,3	2,9	2,7	3,3	2,3	2,3	2,3	3,1	2,6	-0,45	0,54	-0,36	0,72	0,54	0,27	0,63
13	m	5,4	5,3	6,3	5,4	6	2,9	3,5	3,6	4,4	4,4	4,6	2,9	4,7	1,8	0,5	0,36	2,16	0,9	0,9	1,44
14	m	4,4	5,4	4,9	4,9	7,2	2,6	3,1	2,4	2	3,2	4,2	2,8	3,1	-0,09	0,45	1,08	1,17	1,62	2,61	0,9
15	m	5	3,1	5,3	2	2,8	3,2	4,1	5	3,2	4,6	4,5	3,6	4,6	0,81	0,81	-0,18	-0,09	0,45	-0,59	-1,35
16	m	4,6	6,8	5,4	5	4,9	2,7	3,9	2,6	3,2	5	4,6	4,2	3,8	-0,09	-0,45	-0,63	-0,09	-0,18	-0,45	-2,7
17	m	4,1	2,3	3	2,3	2,8	2	1,4	2,3	3,2	2,3	2,4	1,8	2,3	0,13	0,13	0	0,13	0,13	0	0,68
18	m	2,9	2,9	2,9	3,2	2,9	1,9	2,3	1,5	1,4	1,8	1,8	2	2	0,18	-0,27	-0,18	-0,54	-0,45	-0,36	-1,08
19	m	4,1	3,5	4	4,2	4,2	2,6	1,4	3,2	2,2	3,1	1,4	3,8	2,9	-0,27	-0,45	-0,09	0,09	-0,18	0	0,5
20	m	6,4	4,4	4,6	3,3	4,2	3,2	2,6	2,4	2,5	2,4	1,9	2,7	2,6	0,77	-0,27	-0,9	0,36	-0,09	-0,54	-2,03
1	w	1,8	1,8	1,6	1,5	1,7	1,4	1,9	1,5	1,5	1,4	1,4	1,5	1,8	0,63	-0,09	0	0,45	-0,09	-0,27	-1,89
2	w	2,4	3,1	2,9	2,7	1,8	1,4	2,3	1,9	2,6	2,3	2,3	1,7	1,5	-0,45	-0,09	-0,81	0,18	0,72	0,18	0,36
3	w	2,4	1,9	2,1	2,1	1,7	1,9	2,2	2,6	2,8	1,7	1,9	1,8	1,4	-0,27	-0,54	-0,68	0,09	-0,09	-0,45	0,9
4	w	2,8	2,3	2,3	2,4	3,1	2	1,8	1,4	1,8	2,7	1,9	1,5	2	0,86	0,14	0,14	0,36	0,54	-0,05	-0,9
5	w	3,5	3,3	3,7	3,6	3,8	2,8	2,8	3,3	3,7	2,7	3,7	2,8	3,1	-0,27	-0,18	0,45	0,18	-0,36	0,18	0,54
6	w	4,7	4,2	5	3,3	4	3,7	4,1	4	3,6	3,8	3,2	3,2	3,2	0,72	-0,45	-0,27	0,81	-0,54	-0,9	0,99
7	w	5,1	4,3	3,7	4,1	4	2,9	3,3	2,7	3,3	3,6	4,7	3,5	3,7	0,18	0,27	-0,27	0	-0,27	-0,9	-0,18
8	w	6,7	6,8	6,9	6,3	6,8	4,1	3,2	4,9	5,5	5,8	5	6,2	4,2	0,27	0	-0,14	0,99	0,63	0,36	2,43
9	w	4,7	4,5	3,3	3,2	4	5	2,3	4,3	2,6	3,8	2	3,5	2,4	0,18	-0,18	-0,63	0,81	0,45	-0,9	0,81
10	w	3,7	4,4	4,1	5	4,2	5,9	5,4	2,3	4	2,8	3,2	4,7	4,6	-0,59	-1,44	-0,99	-0,45	-1,8	-1,08	1,26
11	w	2,8	2,9	1,8	2,3	2,7	2,6	2,4	2	2,3	2,1	2,3	1,9	2,4	0,31	-1,17	-0,45	-0,27	-0,45	-0,18	-0,63
12	w	2,3	3,1	3,1	2,6	2,7	2	2	1,7	1	1	1,7	1,8	1,4	0	0,45	0,18	0,23	0,45	0,5	0,45
13	w	3,2	2,3	2,4	3,2	3,8	1,8	2,3	2,3	2,3	1,9	2,4	2,3	2	0,27	0,45	0,27	0,72	-0,09	0,72	1,08
14	w	2	1,7	1,7	1,8	1,8	2,4	1,5	2,6	2,7	1,8	1,4	2	1,9	0,81	-0,18	0,09	0,54	0,18	0	0,9
15	w	2,8	2,7	3,1	3,6	2,8	1,4	1,5	1,7	2	1,4	1,7	1,4	1,9	-0,18	-0,18	0,45	0,05	0,05	0,05	0,45
16	w	2,3	2,3	2,2	2,3	2,3	1,8	1,7	2,6	2,2	2	2,2	1,9	1,8	0,36	0,27	0,09	0,27	0,63	0,36	0,9
17	w	3,2	2,7	2,6	3,3	2,8	2,2	2,3	1,8	2	1,5	1,7	1,1	1,7	-0,63	-1,44	-1,44	-0,72	-1,35	-0,81	-0,72
18	w	3,6	3,4	4	2,7	3,2	1,6	1,4	2	2,3	2,2	2,2	2	2	0,99	0,99	0,54	0,81	0,63	0,63	2,43
19	w	3,3	2,6	3,2	2,8	3,3	1,9	1,7	2,7	2,2	2,7	1,8	2,4	2,3	-0,09	0,23	-0,45	0,41	-0,45	0	0,45
20	w	3,2	2,6	3,5	3,7	3,7	1,6	1,4	2,2	1,9	2,3	1,7	2,3	1,4	1,71	0,9	1,17	0,09	0,77	0,72	0,9
21	w	4,4	5,4	7,6	5,4	6,2	2,2	3,7	2,3	3,9	2,2	3,1	2,2	2,7	1,08	1,53	1,08	-0,27	0,18	0,63	0,09

ldfnr	Sex	diff8	diff9	diff10	diff11	diff12	diff13	diff14	diff15	diff16	diff17	diff18	diff19	diff20	diff21	diff22	diff23	diff24	morl0	mdrl0	mtrl0
1	m	0,27	0,18	0,72	0,45	-0,18	0,27	0,27	0,27	-0,54	0,18	-0,45	0	0,36	0	0,18	1,44	0,31	1,94	2,88	3,78
2	m	1,8	1,89	1,53	0,63	1,44	1,08	0,54	1,35	1,26	0,45	2,43	4,23	1,35	1,8	3,51	1,8	2,52	2,16	3,2	3,83
3	m	0	0	-1,17	-0,81	-1,3	0,09	-1,13	-0,45	0,63	-1,04	0,36	-0,54	-0,36	-0,09	0,63	0,09	-0,18	2,97	4,01	3,87
4	m	-0,81	-1,35	-0,99	-0,49	-0,72	-0,99	-1,44	-1,03	-0,36	-1,08	-0,76	-0,99	-0,54	-0,45	-0,72	0,09	-0,09	2,34	3,15	3,38
5	m	0,14	-0,18	-0,45	-0,36	-0,27	-0,18	0,09	0,27	-0,18	-0,31	-0,18	0	-0,14	-0,54	-0,32	0	-0,18	2,07	2,38	2,48
6	m	-0,94	-0,94	1,35	0,9	1,26	-0,36	0,54	-1,08	0,27	-0,45	-0,09	-0,18	-0,72	-0,45	1,35	0,27	0,54	2,7	3,85	3,87
7	m	3,06	1,04	1,26	1,44	1,98	0	0	0	0	0	0	4,05	2,97	3,87	2,7	0,63	1,35	4,14	4,81	9
8	m	0,36	0,45	1,26	0,18	-0,36	0,45	-1,53	-0,99	0,41	0,32	-0,58	0,99	-0,18	-0,81	2,07	-0,27	-1,44	3,56	4,23	4,7
9	m	-1,53	-1,71	-1,17	-0,9	-1,62	-0,45	-1,08	-1,08	-0,81	-1,08	-1,53	-1,17	-1,08	-1,08	0	0	-0,45	3,24	3,65	3,74
10	m	-0,27	0	0,09	-0,18	-0,9	-1,53	-1,08	-1,57	-1,53	-2,16	-1,71	-0,45	-0,81	0,09	1,22	0,77	1,04	3,92	3,6	4,99
11	m	1,35	-1,31	3,51	1,35	0,63	1,67	0,13	1,21	1,35	0,94	1,26	-0,45	-1,08	-1,13	-2,07	-0,63	-1,17	4,01	4,5	3,4
12	m	-0,72	-0,36	-0,09	-0,81	-0,54	0,27	-0,72	0	1,08	-0,81	0,09	0,45	-0,54	0,18	-0,36	-0,45	-0,09	2,52	3,24	3,38
13	m	1,17	2,07	1,4	0,5	2,12	2,34	1,44	1,53	1,26	2,16	1,89	0,72	1,53	0	0,9	1,08	1,17	3,02	3,89	4,01
14	m	0,45	1,8	0,72	2,07	1,08	2,34	2,34	1,8	1,62	2,07	4,41	-0,18	0,63	0,18	-1,08	1,17	0	3,11	3,33	2,93
15	m	1,26	-0,81	-1,44	-0,5	-0,54	1,71	0,81	-0,27	-0,09	0,27	-2,25	1,89	1,49	0,45	-0,85	0,41	0,5	3,42	5,9	3,65
16	m	0,54	1,08	-0,76	1,22	-0,22	0,81	3,42	1,71	1,71	2,52	1,98	-0,09	2,25	1,53	-0,63	0,72	-0,09	3,69	5,51	3,11
17	m	0,14	-0,58	0,32	0,23	0,23	1,71	0,54	0,54	1,26	0,18	0	0,32	0,23	-0,22	1,71	0,99	0,9	1,89	2,03	2,3
18	m	-1,26	-1,3	2,03	1,58	1,13	-0,18	0,04	0,36	0,18	0,18	0,18	-0,36	-0,09	0,09	-0,81	-0,45	-0,27	2,25	2,77	2,79
19	m	-0,36	0,54	0,18	-0,36	1,08	2,03	1,13	1,85	1,35	1,17	1,44	0,63	0,45	1,17	0,81	0,09	1,53	1,4	2,75	2,59
20	m	-1,21	-1,93	0,45	-1,71	-0,9	-0,27	0,36	-0,72	1,85	0,05	-0,31	-0,72	-0,72	-0,45	-0,09	-0,72	0	2,97	5,06	4,3
1	w	-1,98	-1,71	-0,95	-1,35	-1,44	0,67	0,54	0,27	0	-0,18	-0,09	0,14	0,05	0,14	-0,36	-0,45	-0,09	1,35	3,06	1,53
2	w	-0,36	-0,54	0,45	0,18	-0,27	0,63	1,26	0,9	1,08	1,53	0,45	0,54	0,9	0,36	0,36	0	-0,72	1,89	2,48	1,58
3	w	0	-0,27	-0,09	-0,99	-1,26	0,18	-0,72	-0,54	0,27	-0,09	-0,45	0,72	-0,18	-0,09	0,63	-0,27	-0,72	1,94	2,34	2,38
4	w	-0,27	-0,18	0,27	1,17	-0,09	-0,23	-0,49	-0,4	0,09	-0,36	0,36	-0,58	0,68	-0,49	0	0,09	0,18	1,51	2,88	2,77
5	w	0,23	0,68	0,27	-0,18	-0,09	-0,54	-0,36	-0,09	0,27	0,45	0,54	0,54	-0,09	0,04	0,9	0,95	0,27	2,66	3,47	3,47
6	w	-0,18	0,18	0,45	-0,18	-0,22	0,27	-0,81	-1,71	1,53	1,8	0,81	0,27	0,09	-0,49	-0,45	-0,9	-0,9	3,33	3,51	4,1
7	w	-0,63	-1,08	0,36	-1,53	-0,36	1,49	1,26	1,03	1,44	0	0,27	-0,18	0,76	0,63	0	1,35	0,36	3,65	4,41	3,38
8	w	2,16	3,24	0,81	0,9	1,53	1,89	2,25	1,75	2,25	2,52	2,38	0,81	1,71	2,16	2,25	1,71	0,99	2,84	3,56	4,5
9	w	0,27	0,54	0,9	0,9	0,45	-0,27	0,27	-1,08	1,62	0,27	0,9	-0,72	-1,26	-1,53	0,27	-0,32	0,09	3,42	2,48	3,65
10	w	-2,25	-1,62	3,33	0,18	0,18	0,63	0,63	1,21	-0,09	0,31	0,45	-3,51	-3,06	-1,17	-1,44	-2,25	-0,81	4,64	4,14	3,78
11	w	-0,63	-1,26	-0,45	-1,53	-0,99	-0,45	-0,27	-0,9	0,45	-0,5	0,36	-0,63	-0,49	-0,72	-0,09	-0,13	0	2,21	3,78	2,75
12	w	0,09	0,27	0,18	-0,36	0,09	0,36	1,26	0,81	-0,18	0,68	0,27	-0,27	-0,95	-0,18	-0,99	-0,27	-0,63	1,33	1,62	2,12
13	w	0,9	0,9	0,45	0,27	1,53	0,54	0	0,81	1,17	0,45	1,8	0,54	0,09	0,45	-0,09	0,09	-0,36	1,49	1,4	2,16
14	w	0,27	0,36	0,18	-0,45	0	0,9	0,27	0,36	0,45	0,18	0,27	0,18	-0,63	-0,41	1,17	-0,09	0,36	1,4	1,62	1,49
15	w	0	0,72	0,27	0,18	0,54	0,9	0,45	1,35	0,59	0,81	0,54	0,36	0	0,09	0,45	0,18	0,36	1,82	2,16	2,25
16	w	0,27	-0,18	0,63	0,9	0,18	1,17	0,81	0,72	0,36	0,18	0,36	0,81	0,18	0,09	0,45	0,45	0,09	1,49	1,71	1,76
17	w	-1,98	-2,16	0,54	0,27	0,54	1,44	0,09	0,72	0,72	0,18	0,36	-0,36	-0,63	-1,08	-0,36	-0,63	-0,63	3,42	3,51	2,52
18	w	1,44	1,53	0,9	1,35	0,9	0,72	1,35	0,63	1,35	1,71	0,9	0,4	0,54	0,36	0,81	0,72	0,54	1,49	2,12	2,16
19	w	1,35	0,63	0,36	0,54	0,36	1,76	0,36	0,54	0,45	0,36	0,45	0,81	0,81	0,54	0,45	0,09	0,54	2,79	2,03	2,57
20	w	1,31	1,4	1,31	1,08	1,53	1,71	1,08	2,16	1,08	1,35	1,53	0,63	0,68	0,72	0,45	0,27	0	1,71	1,69	1,85
21	w	1,62	0,72	0,9	1,71	0,27	1,62	1,62	1,62	0,81	3,96	2,61	0,09	0	0	0,18	-0,58	-0,99	2,7	3,47	3,69

ldfnr	Sex	merl0	morl1	morl10	morl20	mdr1	mdr10	mdr20	mtr1	mtr10	mtr20	mer1	mer10	mer20	gesamt	gesamt1	gesamt2	gesamt3	pges1	pges10
1	m	2,57	0,14	0,4	0,61	0,67	0,36	0	-0,13	0,23	-0,09	0,09	0,9	0,16	0,19	0,47	0,17	2,79	6,85	16,94
2	m	2,97	0,76	0,41	0,86	2,21	1,22	1,67	1,17	0,5	1,89	3,87	1,58	2,16	2	0,92	1,64	3,04	65,93	30,37
3	m	2,93	-0,68	-0,52	-0,31	-0,59	-0,41	-0,65	0,36	-1,08	-0,05	0,05	-0,13	-0,14	-0,21	-0,53	-0,29	3,44	-6,21	-15,52
4	m	2,75	-0,18	-0,09	-0,27	-1,12	-0,65	-1,03	-0,67	-1,26	-0,9	-0,86	-0,22	-0,27	-0,71	-0,56	-0,62	2,9	-24,4	-19,19
5	m	2,25	-0,5	0,16	-0,36	-0,22	-0,11	-0,22	-0,18	-0,11	0,04	-0,16	-0,07	-0,36	-0,26	-0,03	-0,23	2,3	-11,5	-1,47
6	m	2,61	0,27	0,18	0,68	0,7	-0,02	0,16	-0,05	0,04	-0,59	0,59	-0,22	0,05	0,38	-0,01	0,07	3,26	11,57	-0,17
7	m	2,61	0,45	-0,38	-0,25	1,58	2,25	1,51	0	0	0	3,38	1,8	2,61	1,35	0,92	0,97	5,14	26,26	17,83
8	m	3,96	-0,09	0,18	-0,05	1,12	0,27	0,05	0,43	-0,61	-0,79	1,53	-0,23	-1,13	0,75	-0,1	-0,48	4,11	18,19	-2,33
9	m	3,11	-0,67	-1,53	-1,26	-1,31	-1,21	-1,66	-0,63	-1,08	-1,31	-0,58	-0,54	-0,76	-0,8	-1,09	-1,25	3,43	-23,3	-31,8
10	m	2,77	-0,99	-1,4	-1,17	-0,13	-0,22	-0,45	-1,53	-1,62	-1,64	0,38	-0,02	0,56	-0,57	-0,82	-0,67	3,82	-14,9	-21,35
11	m	5,09	-0,86	-0,72	-1,31	2,21	1,35	-0,34	1,51	0,54	1,24	-1,26	-0,86	-1,15	0,4	0,08	-0,39	4,25	9,4	1,85
12	m	2,79	0,13	0,54	-0,05	0,27	-0,77	-0,45	0,68	-0,76	0,04	0,04	-0,5	0,04	0,28	-0,37	-0,1	2,98	9,43	-12,45
13	m	3,2	1,98	0,7	0,63	1,42	0,83	2,09	1,8	1,8	1,71	0,81	1,31	0,59	1,5	1,16	1,25	3,53	42,58	32,85
14	m	2,84	0,54	1,03	1,85	0,81	1,26	1,44	1,98	2,21	3,11	-0,63	0,9	0,09	0,68	1,35	1,62	3,05	22,14	44,28
15	m	3,62	0,36	0,63	-0,38	-1,4	0,38	-0,67	0,81	0,54	-1,26	0,52	0,95	0,47	0,07	0,62	-0,46	4,15	1,76	15,06
16	m	3,29	-0,09	-0,31	-0,54	-1,73	0,88	0,43	1,26	2,97	1,85	-0,36	1,49	0,72	-0,23	1,25	0,61	3,9	-5,92	32,18
17	m	1,73	0,13	0,13	0	0,5	0,18	-0,18	1,49	0,36	0,27	1,01	0,61	0,34	0,78	0,32	0,11	1,99	39,38	16,15
18	m	2,07	-0,18	-0,36	-0,27	0,47	0,16	-0,09	0	0,11	0,27	-0,59	-0,27	-0,09	-0,07	-0,09	-0,04	2,47	-2,96	-3,64
19	m	1,98	-0,09	-0,32	-0,04	0,34	-0,36	0,81	1,69	1,15	1,64	0,72	0,27	1,35	0,66	0,19	0,94	2,18	30,49	8,53
20	m	2,88	0,56	-0,18	-0,72	-0,79	-1,46	-1,42	0,79	0,2	-0,52	-0,4	-0,72	-0,22	0,04	-0,54	-0,72	3,8	1,04	-14,2
1	w	1,64	0,54	-0,09	-0,14	-1,42	-1,67	-1,58	0,34	0,18	0,09	-0,11	-0,2	0,02	-0,16	-0,44	-0,4	1,9	-8,61	-23,44
2	w	1,8	-0,13	0,32	-0,31	0,4	-0,09	-0,41	0,86	1,4	0,68	0,45	0,45	-0,18	0,39	0,52	-0,06	1,94	20,35	26,74
3	w	2,03	-0,09	-0,32	-0,56	0,4	-0,5	-0,77	0,23	-0,4	-0,49	0,67	-0,22	-0,41	0,3	-0,36	-0,56	2,17	13,99	-16,58
4	w	1,91	0,61	0,34	0,05	-0,31	0,45	-0,14	-0,07	-0,43	-0,02	-0,29	0,38	-0,16	-0,02	0,19	-0,07	2,27	-0,74	8,19
5	w	2,79	-0,05	-0,27	0,31	0,41	0,02	0,29	-0,14	0,04	0,23	0,72	0,43	0,16	0,24	0,06	0,25	3,09	7,64	1,82
6	w	3,87	0,77	-0,49	-0,59	0,72	-0,18	-0,02	0,9	0,49	-0,45	-0,09	-0,4	-0,7	0,57	-0,15	-0,44	3,7	15,5	-3,95
7	w	3,11	0,09	0	-0,59	0,09	-1,08	-0,72	1,46	0,63	0,65	-0,09	1,06	0,49	0,39	0,15	-0,04	3,63	10,68	4,18
8	w	3,65	0,63	0,32	0,11	1,62	1,53	2,39	2,07	2,39	2,07	1,53	1,71	1,58	1,46	1,49	1,54	3,63	40,25	40,87
9	w	3,69	0,5	0,14	-0,76	0,85	0,58	0,49	0,68	0,27	-0,09	-0,23	-0,79	-0,72	0,45	0,05	-0,27	3,31	13,61	1,53
10	w	5,63	-0,52	-1,62	-1,04	2,3	-1,03	-0,72	0,27	0,47	0,83	-2,48	-2,66	-0,99	-0,11	-1,21	-0,48	4,55	-2,35	-26,61
11	w	2,52	0,02	-0,81	-0,32	-0,54	-1,08	-1,13	0	-0,38	-0,27	-0,36	-0,31	-0,36	-0,22	-0,65	-0,52	2,81	-7,8	-23
12	w	1,98	0,11	0,45	0,34	0,32	-0,14	0,18	0,09	0,97	0,54	-0,63	-0,61	-0,41	-0,03	0,17	0,16	1,76	-1,6	9,58
13	w	2,07	0,5	0,18	0,5	0,77	0,59	1,22	0,85	0,22	1,3	0,22	0,09	0,04	0,59	0,27	0,76	1,78	32,91	15,19
14	w	1,98	0,68	0	0,05	0,54	-0,09	0,18	0,68	0,23	0,31	0,68	-0,36	-0,02	0,64	-0,06	0,13	1,62	39,58	-3,47
15	w	1,44	-0,07	-0,07	0,25	0,36	0,09	0,63	0,74	0,63	0,95	0,41	0,09	0,23	0,36	0,19	0,51	1,92	18,77	9,68
16	w	1,76	0,31	0,45	0,22	0,77	0,59	0	0,77	0,5	0,54	0,63	0,32	0,09	0,62	0,46	0,21	1,68	36,91	27,52
17	w	2,25	-0,67	-1,39	-1,12	-0,09	-0,86	-0,81	1,08	0,14	0,54	-0,36	-0,63	-0,86	-0,01	-0,69	-0,56	2,93	-0,38	-23,46
18	w	1,53	0,9	0,81	0,59	1,66	1,39	1,21	1,03	1,53	0,76	0,61	0,63	0,45	1,05	1,09	0,75	1,82	57,72	59,88
19	w	1,8	0,16	-0,11	-0,22	0,4	0,94	0,49	1,1	0,36	0,49	0,63	0,45	0,54	0,57	0,41	0,33	2,3	25	17,89
20	w	1,51	0,9	0,83	0,95	1,1	1,19	1,46	1,4	1,21	1,85	0,54	0,47	0,36	0,98	0,93	1,15	1,69	58,33	55
21	w	2,93	0,41	0,86	0,86	0,5	1,67	0,49	1,22	2,79	2,12	0,14	-0,29	-0,49	0,56	1,25	0,74	3,2	17,61	39,26

ldfnr	Sex	pges20	ges1	ges10	ges20	mo0	mo1	mo10	mo20	md0	md1	md10	md20	mt0	mt1	mt10	mt20	me0	me1	me10	me20
1	m	6,05	3	3,3	3	1,9	2,1	2,3	2,5	2,9	3,6	3,2	2,9	3,8	3,6	4	3,7	2,6	2,7	3,5	2,7
2	m	54,07	5	4	4,7	2,2	2,9	2,6	3	3,2	5,4	4,4	4,9	3,8	5	4,3	5,7	3	6,8	4,5	5,1
3	m	-8,33	3,2	2,9	3,2	3	2,3	2,5	2,7	4	3,4	3,6	3,4	3,9	4,2	2,8	3,8	2,9	3	2,8	2,8
4	m	-21,32	2,2	2,3	2,3	2,3	2,2	2,3	2,1	3,2	2	2,5	2,1	3,4	2,7	2,1	2,5	2,7	1,9	2,5	2,5
5	m	-9,8	2	2,3	2,1	2,1	1,6	2,2	1,7	2,4	2,2	2,3	2,2	2,5	2,3	2,4	2,5	2,3	2,1	2,2	1,9
6	m	2,25	3,6	3,3	3,3	2,7	3	2,9	3,4	3,8	4,5	3,8	4	3,9	3,8	3,9	3,3	2,6	3,2	2,4	2,7
7	m	18,82	6,5	6,1	6,1	4,1	4,6	3,8	3,9	4,8	6,4	7,1	6,3	9	9	9	9	2,6	6	4,4	5,2
8	m	-11,63	4,9	4	3,6	3,6	3,5	3,7	3,5	4,2	5,4	4,5	4,3	4,7	5,1	4,1	3,9	4	5,5	3,7	2,8
9	m	-36,39	2,6	2,3	2,2	3,2	2,6	1,7	2	3,6	2,3	2,4	2	3,7	3,1	2,7	2,4	3,1	2,5	2,6	2,3
10	m	-17,67	3,3	3	3,1	3,9	2,9	2,5	2,7	3,6	3,5	3,4	3,2	5	3,5	3,4	3,4	2,8	3,2	2,7	3,3
11	m	-9,14	4,6	4,3	3,9	4	3,2	3,3	2,7	4,5	6,7	5,9	4,2	3,4	4,9	3,9	4,6	5,1	3,8	4,2	3,9
12	m	-3,4	3,3	2,6	2,9	2,5	2,7	3,1	2,5	3,2	3,5	2,5	2,8	3,4	4,1	2,6	3,4	2,8	2,8	2,3	2,8
13	m	35,57	5	4,7	4,8	3	5	3,7	3,6	3,9	5,3	4,7	6	4	5,8	5,8	5,7	3,2	4	4,5	3,8
14	m	53,14	3,7	4,4	4,7	3,1	3,6	4,1	5	3,3	4,1	4,6	4,8	2,9	4,9	5,1	6	2,8	2,2	3,7	2,9
15	m	-11,13	4,2	4,8	3,7	3,4	3,8	4,1	3	5,9	4,5	6,3	5,2	3,6	4,5	4,2	2,4	3,6	4,1	4,6	4,1
16	m	15,73	3,7	5,2	4,5	3,7	3,6	3,4	3,2	5,5	3,8	6,4	5,9	3,1	4,4	6,1	5	3,3	2,9	4,8	4
17	m	5,38	2,8	2,3	2,1	1,9	2	2	1,9	2	2,5	2,2	1,8	2,3	3,8	2,7	2,6	1,7	2,7	2,3	2,1
18	m	-1,82	2,4	2,4	2,4	2,3	2,1	1,9	2	2,8	3,2	2,9	2,7	2,8	2,8	2,9	3,1	2,1	1,5	1,8	2
19	m	43,15	2,8	2,4	3,1	1,4	1,3	1,1	1,4	2,7	3,1	2,4	3,6	2,6	4,3	3,7	4,2	2	2,7	2,3	3,3
20	m	-18,93	3,8	3,3	3,1	3	3,5	2,8	2,3	5,1	4,3	3,6	3,6	4,3	5,1	4,5	3,8	2,9	2,5	2,2	2,7
1	w	-21,07	1,7	1,5	1,5	1,4	1,9	1,3	1,2	3,1	1,6	1,4	1,5	1,5	1,9	1,7	1,6	1,6	1,5	1,4	1,7
2	w	-2,91	2,3	2,5	1,9	1,9	1,8	2,2	1,6	2,5	2,9	2,4	2,1	1,6	2,4	3	2,3	1,8	2,3	2,3	1,6
3	w	-25,65	2,5	1,8	1,6	1,9	1,8	1,6	1,4	2,3	2,7	1,8	1,6	2,4	2,6	2	1,9	2	2,7	1,8	1,6
4	w	-2,98	2,3	2,5	2,2	1,5	2,1	1,8	1,6	2,9	2,6	3,3	2,7	2,8	2,7	2,3	2,7	1,9	1,6	2,3	1,8
5	w	8	3,3	3,2	3,3	2,7	2,6	2,4	3	3,5	3,9	3,5	3,8	3,5	3,3	3,5	3,7	2,8	3,5	3,2	2,9
6	w	-11,85	4,3	3,6	3,3	3,3	4,1	2,8	2,7	3,5	4,2	3,3	3,5	4,1	5	4,6	3,6	3,9	3,8	3,5	3,2
7	w	-1,08	4	3,8	3,6	3,6	3,7	3,6	3,1	4,4	4,5	3,3	3,7	3,4	4,8	4	4	3,1	3	4,2	3,6
8	w	42,26	5,1	5,1	5,2	2,8	3,5	3,2	2,9	3,6	5,2	5,1	5,9	4,5	6,6	6,9	6,6	3,6	5,2	5,4	5,2
9	w	-8,16	3,8	3,4	3	3,4	3,9	3,6	2,7	2,5	3,3	3,1	3	3,6	4,3	3,9	3,6	3,7	3,5	2,9	3
10	w	-10,52	4,4	3,3	4,1	4,6	4,1	3	3,6	4,1	6,4	3,1	3,4	3,8	4,1	4,3	4,6	5,6	3,2	3	4,6
11	w	-18,4	2,6	2,2	2,3	2,2	2,2	1,4	1,9	3,8	3,2	2,7	2,7	2,7	2,7	2,4	2,5	2,5	2,2	2,2	2,2
12	w	9,27	1,7	1,9	1,9	1,3	1,4	1,8	1,7	1,6	1,9	1,5	1,8	2,1	2,2	3,1	2,7	2	1,4	1,4	1,6
13	w	43,04	2,4	2	2,5	1,5	2	1,7	2	1,4	2,2	2	2,6	2,2	3	2,4	3,5	2,1	2,3	2,2	2,1
14	w	7,99	2,3	1,6	1,7	1,4	2,1	1,4	1,4	1,6	2,2	1,5	1,8	1,5	2,2	1,7	1,8	2	2,7	1,6	2
15	w	26,69	2,3	2,1	2,4	1,8	1,8	1,8	2,1	2,2	2,5	2,3	2,8	2,3	3	2,9	3,2	1,4	1,8	1,5	1,7
16	w	12,75	2,3	2,1	1,9	1,5	1,8	1,9	1,7	1,7	2,5	2,3	1,7	1,8	2,5	2,3	2,3	1,8	2,4	2,1	1,8
17	w	-19,23	2,9	2,2	2,4	3,4	2,7	2	2,3	3,5	3,4	2,7	2,7	2,5	3,6	2,7	3,1	2,3	1,9	1,6	1,4
18	w	41,36	2,9	2,9	2,6	1,5	2,4	2,3	2,1	2,1	3,8	3,5	3,3	2,2	3,2	3,7	2,9	1,5	2,1	2,2	2
19	w	14,22	2,9	2,7	2,6	2,8	2,9	2,7	2,6	2	2,4	3	2,5	2,6	3,7	2,9	3,1	1,8	2,4	2,3	2,3
20	w	68,33	2,7	2,6	2,8	1,7	2,6	2,5	2,7	1,7	2,8	2,9	3,2	1,8	3,2	3,1	3,7	1,5	2	2	1,9
21	w	23,24	3,8	4,4	3,9	2,7	3,1	3,6	3,6	3,5	4	5,1	4	3,7	4,9	6,5	5,8	2,9	3,1	2,6	2,4

ldfnr	Sex	Alter	ore0	oli0	ore1	oli1	ore10	oli10	ore20	oli20	dre0	dli0	dre1	dli1	dre10	dli10	dre20	dli20	tre0	tli0	tre1	tli1
1	m	36	2,2	2,2	2,2	2,2	1,9	2,2	2	2	3,3	3,2	2,7	2,8	3,2	2,9	3,2	3,1	3,3	4,1	2,9	3,3
2	m	49	3,2	2,6	1,8	2,2	1,9	1,9	2,2	2,3	3,6	3,3	3,8	2,9	3,2	4,1	3,7	4,1	2,7	2,9	3,7	3,6
3	m	22	2,8	2,9	2	2,2	2,4	2,3	2,6	2,6	4,4	4,6	4,1	4,1	2,9	3,2	3,7	5,1	3,6	3,8	4,1	4,1
4	m	59	4,5	4,5	2,9	3,5	2,9	3,1	3,1	2,9	7,7	4,5	5,9	4,5	5,9	4,7	6	5,6	5,4	5,4	4,2	4,2
5	m	55	2,3	2,2	2,3	2,3	2,3	2,4	2,2	2,6	3,2	4	3,2	4,1	3,1	3,6	3,3	3,2	4	4	4,3	3,6
6	m	47	2,3	2,3	2,2	2	2,2	2,2	2	2	4,5	3,2	4,4	3,2	3,6	2,9	3,6	3,2	4	3,8	3,6	3,6
7	m	60	4,1	4,2	3,8	4,1	3,2	4,1	3,6	4,1	4,4	4,5	4,1	4,5	4,1	4,4	4,1	3,6	4,5	4,5	4,4	4,4
8	m	51	3,6	3,5	3,5	3,3	3,4	3,4	3,5	3,3	4,1	4,3	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,9	4,5	4,4	4
9	m	60	2,3	2,4	2,3	2,3	2,2	2,3	2,3	2,3	6,7	6,6	6,1	6,1	5,9	5,9	5,9	5,9	6,4	6,7	6,1	6,2
10	m	36	3,3	3,2	2,8	2,3	1,9	2,3	2	2	3,7	3,6	2,3	2,4	2,2	2,7	2	1,8	3,5	4	3,1	3,2
11	m	54	3,7	3,7	3,2	3,4	3,2	3,5	3,1	3,2	5	4,5	2,7	4,9	4,4	4,5	4,5	4,5	3,8	2,9	3,6	3,6
12	m	25	1,9	1,9	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	2,3	2,3	2,3	2,3	2,2	2,3	1,4	2,3	2,8	2,8	2,5	2,7
13	w	54	1,5	1,8	2	2	1,5	2	1,8	2,3	2,3	2,7	2,3	2,3	2,3	2,3	2,6	2,3	3,5	3,2	2,7	2,7
14	w	36	2,3	3,3	2,3	2,7	2,4	2,2	2,2	2	3,2	3,2	2,9	2,4	2,6	2,7	2,6	2,7	3,5	3,8	2,7	2,8
15	w	68	1,9	2,4	1,7	2,3	1,5	2,2	2,4	2,4	2,4	3,3	2,7	3,1	2,7	3,2	2,8	3,2	4	3,8	3,5	3,3
16	w	22	2,7	2,7	2,4	2,3	2,6	2,3	2	2	3,3	2	2,6	2,4	2,8	2,8	2,7	2	3,6	3,3	3,6	3,2
17	w	55	2,8	2,2	2,3	2,3	2,6	2,8	2,6	2,6	2,8	2,8	2,3	2,8	2,8	2,8	2,3	2,6	4,1	4,1	3,2	3,7
18	w	41	3,3	3,3	3,1	3,1	2,9	2,8	3,1	2,4	3,5	3,5	2,9	3,6	3,3	3,3	3,7	3,3	4,3	3,2	4,1	3,1
19	w	45	2,9	2,9	2,7	2,7	3,1	2,7	2,7	2,7	4,5	4,6	4,1	5	3,6	3,1	3,2	4,2	4,4	4,3	4,1	4,1
20	w	32	3,8	3,3	3,6	3,2	3,6	3,2	3,8	3,2	4,5	4,3	4,3	4,2	4,1	4,1	3,8	3,7	5,4	5	4,5	4,5
21	w	48	2,5	2,7	2,5	2,8	2,7	2,7	2,7	2,3	3,2	4,4	3,2	3,6	3,6	3,6	3,2	3,4	4,6	4,4	3,4	4,4
22	w	67	3,5	3,3	3,2	3,2	3,1	3,2	2,6	2,7	3,4	3,6	3,3	3,3	2,8	3,3	3,1	2,9	4,5	3,1	4	2,7
23	w	74	3,3	3,5	2,7	2,8	1,9	2,2	1,9	2,7	4	3,1	3,2	3,6	2	3,3	1,8	3,6	2,6	2,4	4,1	3,2
24	w	43	1,2	1,8	2,2	2,6	2,2	2,4	1,7	2,4	2,1	2,2	4,5	3,1	3,5	3,5	3,6	3,1	2,1	2,3	2,8	3,6
25	w	25	2,4	3,2	2,3	3,6	2,7	2,7	2	3,2	2,2	1,9	2,6	2,3	3,5	2,4	2,8	2,3	2,3	2,9	4	3,3

ldfnr	Sex	tre10	tli10	tre20	tli20	ere0	eli0	ere1	eli1	ere10	eli10	ere20	eli20	diff1	diff2	diff3	diff4	diff5	diff6	diff7	diff8
1	m	2,9	3,3	3,1	3,8	3,2	2,6	2,7	2,3	1,8	2,9	2,9	2,4	0	-0,3	-0,2	0	0	-0,2	-0,6	-0,1
2	m	4,4	3,3	3,3	3,2	2	3,7	2,9	4	3,2	3,3	2,9	3,8	-1,3	-1,3	-1	-0,4	-0,7	-0,3	0,2	-0,5
3	m	3,8	3,3	3,8	4,1	3,7	4,1	2,8	4,1	2,3	3,3	3,5	3,2	-0,8	-0,4	-0,2	-0,7	-0,6	-0,3	-0,4	-1,5
4	m	4,5	4,5	3,5	4,1	4,2	4,7	4,4	3,5	2,9	4,6	4,6	6,7	-1,6	-1,6	-1,4	-1	-1,4	-1,6	-1,8	-1,8
5	m	4	3,3	4,4	4,1	3,2	4,1	3,2	4	2,8	3,2	3,2	3,7	0,1	0,1	-0,1	0,2	0,3	0,4	0,1	-0,1
6	m	3,4	3,3	2,9	3,2	2,2	3,1	2	2,3	1,4	3,1	1,7	2,8	-0,1	0	-0,2	-0,2	-0,1	-0,2	-0,1	-0,9
7	m	4,4	3,8	4,3	3,9	2,3	2,9	2,3	2,5	2	2,5	2,3	2,7	-0,2	-0,9	-0,4	-0,2	-0,2	-0,1	-0,4	-0,4
8	m	3,3	4	3,9	4	3,7	4,2	3,6	3,6	3,5	3,8	2,9	2,8	-0,1	-0,2	-0,1	-0,2	-0,1	-0,2	-0,1	-0,1
9	m	6,1	6,2	6,3	6,3	2,9	2,8	2,7	2,8	2,7	2,8	2,7	2,6	0	-0,1	0	-0,1	-0,2	-0,2	-0,5	-0,8
10	m	2,4	2,9	2,4	2,4	3,4	2,8	2,3	2,7	2,4	2,7	2,3	2,3	-0,5	-1,4	-1,3	-0,8	-0,9	-1,2	-1,4	-1,5
11	m	3,6	3,6	3,4	3,4	2,7	2,7	2,6	2,6	1,5	2,6	2	2,6	-0,5	-0,4	-0,6	-0,3	-0,2	-0,4	-2,3	-0,6
12	m	2,3	2,7	2,3	2,8	2	1,4	1,4	1,4	1,8	1,4	1,8	1,4	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	0	-0,1
13	w	3,7	3,3	3,2	2,4	2,8	2,6	1,9	2,3	1,9	2,4	2,4	2,4	0,5	0	0,3	0,2	0,2	0,5	0	0
14	w	3,1	2,9	3,2	3,2	2,3	2,7	2,2	2,4	2	2,4	2	2,2	0	0,2	-0,1	-0,6	-1,2	-1,3	-0,3	-0,5
15	w	4,1	3,6	2,6	3,1	2	2,7	2,6	3,1	2,7	3,5	3,2	3,6	-0,2	-0,4	0,5	-0,2	-0,3	0	0,3	0,3
16	w	3,5	3,5	4	3,2	2,8	2,4	2,2	2,7	2,3	2,3	1,8	2	-0,3	-0,1	-0,7	-0,5	-0,4	-0,7	-0,7	-0,5
17	w	3,7	4	3,3	3,6	2,5	2,8	2,4	2,6	2,3	2,6	2,3	2,2	-0,5	-0,2	-0,2	0,2	0,6	0,4	-0,4	0
18	w	2,5	2	3,2	4	3,8	4,1	4	3,6	3,6	3,6	3,6	3,2	-0,3	-0,4	-0,3	-0,3	-0,5	-0,9	-0,6	-0,2
19	w	4,3	3,7	4,1	4	2,9	3,3	2,7	3,3	2,4	3,2	3,5	3,7	-0,2	0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,5	-0,9
20	w	3,8	3,4	4,3	4	3,4	3,1	3,2	2,9	2,9	2,7	2,9	2,9	-0,2	-0,2	0	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,5
21	w	3,6	4,2	4,4	4,3	1,8	2,5	1,8	2,3	1,6	2,5	1,8	2,3	0	0,2	0,3	0,1	0	-0,5	0,1	0,5
22	w	3,6	3,3	3,2	3,2	2	2,6	1,8	2,6	1,8	2	1,8	2,3	-0,4	-0,4	-0,9	-0,2	-0,2	-0,7	0	-0,6
23	w	2,7	2,6	3,3	2,8	2,2	2,3	1,8	2	1,5	1,7	1,1	1,7	-0,6	-1,4	-1,4	-0,7	-1,3	-0,8	-0,7	-2
24	w	3,4	4	2,7	3,2	1,6	1,4	2	2,3	2,2	2,2	2	2	1	1	0,5	0,8	0,6	0,6	2,4	1,4
25	w	2,6	3,2	2,8	3,3	1,9	1,7	2,7	2,2	2,7	1,8	2,4	2,3	-0,1	0,2	-0,5	0,4	-0,4	0	0,4	1,3

ldfnr	Sex	diff9	diff10	diff11	diff12	diff13	diff14	diff15	diff16	diff17	diff18	diff19	diff20	diff21	diff22	diff23	diff24	morl0	mdrl0	mtrl0	merl0
1	m	-0,1	-0,4	-0,3	-0,1	-0,4	-0,4	-0,3	-0,7	-0,7	-0,3	-0,4	-1,3	-0,3	-0,4	0,3	-0,2	2,2	3,2	3,7	2,9
2	m	0,1	-0,4	0,8	0,8	1	1,7	0,6	0,7	0,4	0,4	0,9	1,3	0,9	0,3	-0,4	0,1	2,9	3,5	2,8	2,8
3	m	-0,7	-0,5	-1,4	0,5	0,4	0,2	0,2	0,3	-0,5	0,3	-0,9	-1,4	-0,2	0	-0,8	-0,9	2,8	4,5	3,7	3,9
4	m	-1,6	0	0,2	1,1	-1,2	-0,9	-1,9	-1,2	-0,9	-1,3	0,2	-1,4	0,4	-1,2	-0,1	2	4,5	6,1	5,4	4,5
5	m	0,2	0,2	-0,4	-0,7	0,4	0	0,4	-0,4	-0,6	0,1	0	-0,5	0	-0,1	-0,8	-0,4	2,2	3,6	4	3,6
6	m	-0,9	0	-0,2	0	-0,4	-0,5	-1,1	-0,2	-0,5	-0,6	-0,2	-0,7	-0,5	-0,8	0	-0,3	2,3	3,8	3,9	2,6
7	m	-0,4	0	-0,1	-0,9	-0,1	-0,1	-0,2	-0,1	-0,7	-0,6	-0,1	-0,3	0	-0,4	-0,4	-0,2	4,1	4,5	4,5	2,6
8	m	0	-0,2	-0,2	-0,2	-0,5	-1,5	-1	-0,6	-0,6	-0,6	-0,1	-0,2	-0,8	-0,6	-0,5	-1,4	3,6	4,2	4,7	4
9	m	-0,8	-0,5	-0,7	-0,7	-0,3	-0,3	-0,1	-0,4	-0,4	-0,4	-0,2	-0,2	-0,3	0	0	-0,2	2,3	6,6	6,5	2,9
10	m	-1,7	-1,2	-0,9	-1,8	-0,4	-1,1	-1,1	-0,8	-1,1	-1,5	-1	-0,9	-1	-0,1	-0,1	-0,6	3,2	3,6	3,7	3,1
11	m	-0,5	0,4	0	0	-0,2	-0,3	-0,5	0,7	0,7	0,5	-0,1	-1,2	-0,7	0	0	0	3,7	4,7	3,4	2,7
12	m	-0,8	0	0	0	-0,3	-0,4	-0,4	-0,1	-0,1	0	-0,7	-0,2	-0,2	-0,1	-0,1	0	1,9	2,3	2,8	1,7
13	w	0,3	-0,4	-0,4	-0,5	-0,8	0,2	-0,4	-0,5	0,1	-0,8	-0,9	-0,9	-0,4	-0,3	-0,2	-0,2	1,7	2,5	3,4	2,7
14	w	-0,5	-0,7	-0,4	-0,4	-0,8	-0,4	-0,3	-1	-0,9	-0,5	-0,1	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,5	2,8	3,2	3,6	2,5
15	w	0,4	-0,3	-0,1	-0,2	-0,5	0,2	-1,4	-0,5	-0,2	-0,7	0,6	0,7	1,3	0,4	0,8	0,9	2,2	2,9	3,9	2,3
16	w	-0,6	0,5	0,8	0	0	-0,1	0,4	-0,2	0,2	-0,2	-0,6	-0,4	-1	0,3	-0,1	-0,5	2,7	2,7	3,5	2,6
17	w	-0,5	0	0	-0,2	-0,9	-0,5	-0,8	-0,4	-0,1	-0,4	-0,1	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,6	2,5	2,8	4,1	2,7
18	w	0,2	0,1	-0,2	-0,2	-0,2	-1,8	-1,1	-0,1	-1,1	0,8	0,1	-0,2	-0,2	-0,4	-0,4	-0,9	3,3	3,5	3,7	3,9
19	w	-1,4	0,4	-1,5	-0,4	-0,4	-0,1	-0,3	-0,2	-0,6	-0,3	-0,2	-0,5	0,6	0	-0,2	0,4	2,9	4,5	4,3	3,1
20	w	-0,7	-0,1	-0,2	-0,6	-0,9	-1,6	-1,1	-0,5	-1,6	-1	-0,2	-0,4	-0,4	-0,1	-0,4	-0,1	3,6	4,4	5,2	3,2
21	w	0	-0,8	-0,8	-1	-1,2	-1	-0,2	0	-0,2	-0,1	0	-0,2	0	-0,2	0	-0,3	2,6	3,8	4,5	2,2
22	w	-0,3	-0,2	-0,2	-0,7	-0,5	-0,9	-1,4	-0,4	0,3	0,1	-0,2	-0,2	-0,3	0	-0,6	-0,3	3,4	3,5	3,8	2,3
23	w	-2,2	0,5	0,3	0,5	1,4	0,1	0,7	0,7	0,2	0,4	-0,4	-0,6	-1,1	-0,4	-0,6	-0,6	3,4	3,5	2,5	2,3
24	w	1,5	0,9	1,3	0,9	0,7	1,4	0,6	1,4	1,7	0,9	0,4	0,5	0,4	0,8	0,7	0,5	1,5	2,1	2,2	1,5
25	w	0,6	0,4	0,5	0,4	1,8	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4	0,8	0,8	0,5	0,5	0,1	0,5	2,8	2	2,6	1,8

ldfnr	Sex	mor1	mor10	mor120	mdr1	mdr10	mdr120	mtr1	mtr10	mtr120	mer1	mer10	mer120	gesamt1	gesamt10	gesamt20	gesamt0	pges1	pges10
1	m	0	-0,1	-0,2	-0,5	-0,2	-0,1	-0,6	-0,6	-0,3	-0,4	-0,5	-0,2	-0,4	-0,4	-0,2	3	-12,4	-12
2	m	-0,9	-1	-0,6	-0,1	0,2	0,5	0,9	1,1	0,5	0,6	0,5	0,5	0,1	0,2	0,2	3	3,4	6
3	m	-0,8	-0,5	-0,2	-0,5	-1,4	-0,1	0,4	-0,1	0,2	-0,5	-1,1	-0,5	-0,3	-0,8	-0,2	3,7	-8,7	-21,4
4	m	-1,3	-1,5	-1,5	-0,9	-0,8	-0,2	-1,2	-0,9	-1,6	-0,5	-0,7	1,2	-1	-1	-0,5	5,1	-18,9	-19,4
5	m	0,1	0,2	0,2	0,1	-0,2	-0,3	0	-0,3	0,3	0	-0,6	-0,2	0,1	-0,2	0	3,3	1,7	-7,4
6	m	-0,2	-0,1	-0,2	-0,1	-0,6	-0,5	-0,3	-0,5	-0,9	-0,5	-0,4	-0,4	-0,2	-0,4	-0,5	3,1	-7,9	-12
7	m	-0,2	-0,5	-0,2	-0,2	-0,2	-0,6	-0,1	-0,4	-0,4	-0,2	-0,4	-0,1	-0,2	-0,4	-0,3	3,9	-4,6	-9,5
8	m	-0,1	-0,2	-0,1	-0,2	-0,1	-0,1	-0,5	-1,1	-0,8	-0,4	-0,3	-1,1	-0,3	-0,4	-0,5	4,1	-7,1	-10,1
9	m	-0,1	-0,1	-0,1	-0,5	-0,7	-0,7	-0,4	-0,4	-0,2	-0,1	-0,1	-0,2	-0,3	-0,3	-0,3	4,6	-5,9	-7,4
10	m	-0,7	-1,2	-1,3	-1,3	-1,2	-1,8	-0,6	-1,1	-1,3	-0,6	-0,5	-0,8	-0,8	-1	-1,3	3,4	-23,3	-29,2
11	m	-0,4	-0,3	-0,5	-1	-0,3	-0,2	0,2	0,2	0	-0,1	-0,6	-0,4	-0,3	-0,2	-0,3	3,6	-8,2	-6,7
12	m	-0,5	-0,5	-0,5	0	0	-0,4	-0,2	-0,3	-0,2	-0,4	-0,1	-0,1	-0,3	-0,2	-0,3	2,2	-12,7	-11,2
13	w	0,3	0,1	0,4	-0,2	-0,2	-0,1	-0,7	0,1	-0,6	-0,6	-0,5	-0,3	-0,3	-0,1	-0,1	2,6	-11	-4,8
14	w	-0,3	-0,5	-0,7	-0,5	-0,5	-0,5	-0,9	-0,7	-0,4	-0,2	-0,3	-0,4	-0,5	-0,5	-0,5	3	-15,7	-16
15	w	-0,2	-0,3	0,3	0	0,1	0,1	-0,5	0	-1	0,5	0,8	1,1	0	0,1	0,1	2,8	-1,2	4,8
16	w	-0,4	-0,2	-0,7	-0,1	0,1	-0,3	-0,1	0	0,1	-0,2	-0,3	-0,7	-0,2	-0,1	-0,4	2,9	-6,7	-2,8
17	w	-0,2	0,2	0,1	-0,2	0	-0,4	-0,6	-0,3	-0,6	-0,1	-0,2	-0,4	-0,3	-0,1	-0,3	3	-9,7	-1,9
18	w	-0,3	-0,5	-0,6	-0,2	-0,2	0	-0,2	-1,5	-0,2	-0,2	-0,3	-0,5	-0,2	-0,6	-0,3	3,6	-5,7	-17,1
19	w	-0,2	0	-0,2	0	-1,2	-0,9	-0,3	-0,3	-0,3	-0,1	-0,3	0,5	-0,2	-0,5	-0,2	3,7	-4,2	-12,7
20	w	-0,2	-0,2	-0,1	-0,2	-0,3	-0,6	-0,7	-1,6	-1,1	-0,2	-0,4	-0,3	-0,3	-0,6	-0,5	4,1	-7,6	-15,5
21	w	0,1	0,1	-0,1	-0,4	-0,2	-0,5	-0,6	-0,6	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,2	-0,2	-0,2	3,3	-7,6	-5,9
22	w	-0,3	-0,3	-0,8	-0,1	-0,4	-0,5	-0,4	-0,3	-0,6	-0,1	-0,4	-0,3	-0,2	-0,4	-0,5	3,2	-7,5	-11,1
23	w	-0,7	-1,4	-1,1	-0,1	-0,9	-0,8	1,1	0,1	0,5	-0,4	-0,6	-0,9	0	-0,7	-0,6	2,9	-0,4	-23,5
24	w	0,9	0,8	0,6	1,7	1,4	1,2	1	1,5	0,8	0,6	0,6	0,5	1,1	1,1	0,8	1,8	57,7	59,9
25	w	0,2	-0,1	-0,2	0,4	0,9	0,5	1,1	0,4	0,5	0,6	0,5	0,5	0,6	0,4	0,3	2,3	25	17,9

ldfnr	Sex	pges20	ges1	ges10	ges20	mo0	mo1	mo10	mo20	md0	md1	md10	md20	mt0	mt1	mt10	mt20	me0	me1	me10	me20
1	m	-6,4	2,6	2,6	2,8	2,2	2,2	2	2	3,2	2,7	3,1	3,2	3,7	3,1	3,1	3,4	2,9	2,5	2,3	2,7
2	m	6,8	3,1	3,2	3,2	2,9	2	1,9	2,3	3,5	3,3	3,6	3,9	2,8	3,6	3,9	3,3	2,8	3,4	3,3	3,3
3	m	-4,2	3,4	2,9	3,6	2,8	2,1	2,3	2,6	4,5	4,1	3,1	4,4	3,7	4,1	3,6	3,9	3,9	3,5	2,8	3,4
4	m	-10,7	4,1	4,1	4,6	4,5	3,2	3	3	6,1	5,2	5,3	5,8	5,4	4,2	4,5	3,8	4,5	4	3,7	5,6
5	m	0	3,4	3,1	3,3	2,2	2,3	2,4	2,4	3,6	3,7	3,3	3,3	4	4	3,6	4,2	3,6	3,6	3	3,5
6	m	-15,2	2,9	2,8	2,7	2,3	2,1	2,2	2	3,8	3,8	3,3	3,4	3,9	3,6	3,4	3	2,6	2,1	2,3	2,3
7	m	-8,9	3,7	3,6	3,6	4,1	3,9	3,6	3,9	4,5	4,3	4,2	3,8	4,5	4,4	4,1	4,1	2,6	2,4	2,3	2,5
8	m	-13,3	3,8	3,7	3,6	3,6	3,4	3,4	3,4	4,2	4,1	4,1	4,1	4,7	4,2	3,6	3,9	4	3,6	3,6	2,8
9	m	-7,2	4,3	4,3	4,3	2,3	2,3	2,2	2,3	6,6	6,1	5,9	5,9	6,5	6,1	6,1	6,3	2,9	2,8	2,8	2,6
10	m	-37,4	2,6	2,4	2,1	3,2	2,6	2,1	2	3,6	2,3	2,4	1,9	3,7	3,1	2,7	2,4	3,1	2,5	2,6	2,3
11	m	-7,9	3,3	3,4	3,3	3,7	3,3	3,4	3,2	4,7	3,8	4,5	4,5	3,4	3,6	3,6	3,4	2,7	2,6	2,1	2,3
12	m	-14,8	1,9	1,9	1,8	1,9	1,4	1,4	1,4	2,3	2,3	2,2	1,8	2,8	2,6	2,5	2,6	1,7	1,4	1,6	1,6
13	w	-5,7	2,3	2,4	2,4	1,7	2	1,8	2	2,5	2,3	2,3	2,4	3,4	2,7	3,5	2,8	2,7	2,1	2,2	2,4
14	w	-16,8	2,5	2,5	2,5	2,8	2,5	2,3	2,1	3,2	2,7	2,7	2,7	3,6	2,7	3	3,2	2,5	2,3	2,2	2,1
15	w	3,6	2,8	2,9	2,9	2,2	2	1,8	2,4	2,9	2,9	3	3	3,9	3,4	3,9	2,8	2,3	2,8	3,1	3,4
16	w	-14,6	2,7	2,8	2,4	2,7	2,3	2,5	2	2,7	2,5	2,8	2,3	3,5	3,4	3,5	3,6	2,6	2,4	2,3	1,9
17	w	-10,5	2,7	2,9	2,7	2,5	2,3	2,7	2,6	2,8	2,6	2,8	2,4	4,1	3,5	3,8	3,5	2,7	2,5	2,5	2,3
18	w	-9	3,4	3	3,3	3,3	3,1	2,8	2,7	3,5	3,3	3,3	3,5	3,7	3,6	2,3	3,6	3,9	3,8	3,6	3,4
19	w	-5,9	3,6	3,3	3,5	2,9	2,7	2,9	2,7	4,5	4,5	3,3	3,7	4,3	4,1	4	4	3,1	3	2,8	3,6
20	w	-12,8	3,8	3,5	3,6	3,6	3,4	3,4	3,5	4,4	4,2	4,1	3,8	5,2	4,5	3,6	4,1	3,2	3	2,8	2,9
21	w	-6,7	3	3,1	3	2,6	2,7	2,7	2,5	3,8	3,4	3,6	3,3	4,5	3,9	3,9	4,4	2,2	2,1	2	2
22	w	-16,8	3	2,9	2,7	3,4	3,2	3,1	2,6	3,5	3,3	3,1	3	3,8	3,3	3,5	3,2	2,3	2,2	1,9	2
23	w	-19,2	2,9	2,2	2,4	3,4	2,7	2	2,3	3,5	3,4	2,7	2,7	2,5	3,6	2,7	3,1	2,3	1,9	1,6	1,4
24	w	41,4	2,9	2,9	2,6	1,5	2,4	2,3	2,1	2,1	3,8	3,5	3,3	2,2	3,2	3,7	2,9	1,5	2,1	2,2	2
25	w	14,2	2,9	2,7	2,6	2,8	2,9	2,7	2,6	2	2,4	3	2,5	2,6	3,7	2,9	3,1	1,8	2,4	2,3	2,3

I) Danksagung

Zu sehr großem Dank bin ich dem wissenschaftlichen Leiter der Weserlandklinik Bad Seebruch, Vlotho – Herrn Prof. Dr. med. R. Fricke – für die großzügige Überlassung des Themas und für die geduldige Betreuung der Arbeit verpflichtet.

Großen Dank schulde ich auch dem Leiter der Weserlandklinik Bad Seebruch, Vlotho - Herrn Dr. Dr. Nebel – für die Bereitschaft, mir die Einrichtungen seiner Klinik für die Untersuchung zur Verfügung zu stellen.

Mein Dank gilt auch dem Institut für Biomathematik der Westfälischen – Wilhelms – Universität Münster – Herrn Dr. Heinecken – für die Unterstützung bei der statistischen Auswertung der Untersuchung.

Des weiteren möchte ich mich für die Unterstützung eines guten Freundes – Herrn H. Bilke - bedanken, der mir beim Korrekturlesen der Arbeit zur Seite stand und meinem Bruder – Herrn K. Fakhari, der mir beim Layout der Arbeit sehr geholfen hat.

Zuletzt bedanke ich mich bei meinem Mann – Herrn B. Hollensteiner, der mir bei kleineren und größeren Schwierigkeiten zuverlässig zur Seite steht.

Lebenslauf von

Bahar Hollensteiner

** 12.04.1974*

1. Persönliche Daten:

Name : Bahar Hollensteiner, geb. Fakhari
Wohnort : Bahnweg 26, 45721 Haltern am See
Geburtsdatum : 12.04.1974
Geburtsort : Shiraz /Iran
Eltern : Mohammad Hassan Fakhari
Azam Shirazi-Ashtiani
Staatsangehörigkeit : deutsch
Familienstand : verheiratet

2. Schulausbildung:

Grundschule : September 1980 bis Juni 1985
Hedjrati Grundschule, Teheran/Iran

Orientierungsschule : September 1985 bis Juni 1988
Felestin Orientierungsschule, Teheran/Iran

August 1988 **Einreise in Deutschland**

August 1988 bis Dezember 1988
Aufenthalt im **Kinderheim Kronberg/Frankfurt**
- Besuch des Deutschkurses
- Besuch der Realschule

Dezember 1988 bis August 1989
Besuch des **Landschulheimes Buldern**

Gymnasium : August 1989 bis 1995
Besuch des **Städtischen Gymnasiums
Nepomucenum/Coesfeld**

Schulabschluß : 1995, **Abitur**

3. Studium:

Humanmedizin	:	Oktober 1995 bis November 2001 an der Westfälischen-Wilhelms-Universität Münster
Examina	:	Ärztliche Vorprüfung August 1997 Erster Abschnitt der Ärztlichen Prüfung August 1998 Zweiter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung August 2000 Dritter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung November 2001
Praktisches Jahr	:	Chirurgie Oktober 2000 – Februar 2001 Clemenshospital Münster (Prof. Dr. med. G. Wintzer) Innere Medizin Februar 2001 – Juni 2001 Clemenshospital Münster (Prof. Dr. med. P. Baumgart) HNO-Heilkunde Juni 2001 – September 2001 UKM Münster (Prof. Dr. med. Stoll)
Ärztin im Praktikum:		HNO-Heilkunde Januar 2002 – April 2002 Kreiskrankenhaus Lüdenscheid Lehrkrankenhaus der Universität Bonn (Dr. med. Davids) Chirurgie Mai 2002 – Dezember 2002 St. Sixtus Hospital Haltern (Dr. med. Harding) Innere Medizin (Kardiologie) Januar 2003 – Juni 2003 St. Vincenz Hospital Coesfeld (Dres Drücke, Strick, Schweers)
Assistenzärztin:		Innere Medizin seit Juli 2003 St. Vincenz Hospital Coesfeld (Dres Drücke, Strick, Schweers)
Weiterbildungsziel:		Allgemeinmedizin

Haltern am See, 20.03.2004

Bahar Hollensteiner