



Gesundheitsresort*****

LEBENSQUELL

BAD ZELL

Wirksamkeit und Verträglichkeit von **Radonbädern**

**bei Patienten mit schmerzhaften
Beschwerden bei degenerativer
Erkrankung der Wirbelsäule
oder Gelenke**

Helmut G. Pratzel

Institut für Medizinische Balneologie und Klimatologie
der Ludwig-Maximilians-Universität München



Gesundheitsresort*****

LEBENSQUELL

BAD ZELL

Index

Deckblatt.....	1
Zusammenfassung.....	3
Summary.....	4
Einleitung.....	5
Degenerative Wirbelsäulen- und Gelenkerkrankungen.....	6
Patienten und Methoden.....	8
Untersuchungsmethode und -technik	11
Statistische Methoden.....	11
Ergebnisse	13
Diskussion.....	17
Literatur	23
Danksagung:	27
Danksagung:	27
Adresse des Autors:.....	27





Gesundheitsresort*****

LEBENSQUELL

BAD ZELL

Zusammenfassung

Radonhaltige Bäder werden in Kurorten seit der Jahrhundertwende zur Behandlung von Erkrankungen des rheumatischen Formenkreises eingesetzt. Die Erfahrungsmedizin weist auf eine schmerzlindernde Wirkung von Radonbädern hin.

Im Therapievergleich wurden Patienten mit zervikalem und lumbalem Schmerzsyndrom in zwei unabhängigen, randomisierten Doppelblindstudien (1993 in Schlema/Sachsen und 1995 in Bad Steben/Bayern) nach GCP-konformen Prüfplänen hinsichtlich der schmerzlindernde Wirkung von radonhaltigen Bädern mit derjenigen von radonfreien Wasserbädern verglichen.

46 Patienten wurden in Schlema und 52 Patienten in Bad Steben nach vorher festgelegten Ein- und Ausschlusskriterien in die Studie aufgenommen und nach einem Randomisierungsverfahren in eine Verum- und eine Placebogruppe aufgeteilt. Nach einer Eingewöhnungswoche erhielt jede Gruppe 8 oder 9 Bäder innerhalb von 3 Wochen. Die Radonbäder hatten eine Aktivitätskonzentration von durchschnittlich 3 kBq/L in Schlema und 0,8 kBq/L in Bad Steben. Neben der Bäderserie erhielten in Schlema alle Patienten als standardisierte Begleittherapie jeweils zwischen den Badetagen Massage und Krankengymnastik. In Bad Steben wurde keine Begleitbehandlung zugelassen.

Als Hauptzielparameter für die Schmerzempfindlichkeit wurde der Minimaldruck zur Auslösung von Druckschmerz an 16 typischen myofascialen Druckpunkten gemessen. Zusätzlich – als Nebenzielparameter – wurden das subjektive Schmerzempfinden mit Hilfe einer visuellen Analogskala, das Allgemeinbefinden und der Ruhe- und Bewegungsschmerz notiert. Die Haupt- und Nebenzielparameter der Studie wurden wöchentlich im Laufe der 4wöchigen Kur sowie 2 und 4 Monate nach Kuranfang erfasst.

Während der Kurbehandlung besserten sich alle Parameter ohne Unterschied in den beiden Gruppen. Nach Abschluss der Kur setzten jedoch bei der Leitungswassergruppe die vorherigen schmerzbezogenen Beschwerden allmählich wieder ein und alle gemessenen Zielparameter verschlechterten sich. Bei der Radongruppe besserten sich dahingegen alle Parameter und waren zwei und vier Monate nach Therapiebeginn gegenüber denen der Placebogruppe signifikant verbessert. Die Druckschmerzschwelle stieg in der Radongruppe in Schlema innerhalb von 3 Monaten nach der Kur nochmals um fast den gleichen Betrag wie während der dreiwöchigen Bäderbehandlung.

Die übereinstimmenden Ergebnisse von zwei unabhängigen Studien belegen die aus der Erfahrung bekannten schmerzlindernden Wirkungen der Radonbäder. Die sich über mehrere Monate nach der Kurbehandlung auswirkenden Unterschiede zu Bädern mit Leitungswasser weisen auf eine Stimulation endogener Funktionsabläufe durch α -Strahlung auf die Haut hin und sind nicht mit der akuten analgetischen Wirkung üblicher Analgetika zu beschreiben.



Gesundheitsresort*****

LEBENSQUELL

BAD ZELL

Summary

Baths containing radon have been used at health resorts and spas since the turn of the century for treatment of various rheumatic diseases. Clinical experiences suggests a pain-reducing effect for radon baths.

About two randomised double-blind trials carried out in Schlema 1993 and in Bad Steben 1995 (Germany) will be reported. During a course of treatment the pain-reducing effects of radon baths were compared with those of tap water baths on patients with cervical and lumbal pain. In Schlema all patients received, in addition, massage, physical training and health education in Bad Steben only baths treatment was used.

On the basis of inclusion and exclusion criteria, 46 patients were recruited into the trial in Schlema and 52 in Bad Steben. They were randomised into the verum or placebo group. After a week of adjustment and acclimatisation, each group received 8 or 9 baths over a 3-week period. The used activity concentration in Schlema was 3 kBq/L and 0,8 kBq/L in Bad Steben.

The minimum pressure needed to cause pain at 16 typical myofascial pressure points was measured. In addition, the subjective pain perception was determined with the aid of a visual analogue scale. Also, general well-being, pain at rest and pain during movement were ascertained. The examinations were made during the course of the 4-week treatment, as well as 2 and 4 months after the onset of treatment.

During treatment, the values of all measured parameters showed marked improvement (pain-reducing, increased well-being) for both verum and placebo groups. After completion of the treatment course, however, these values gradually fell again in the placebo group. In the radon group, in contrast, all measure parameters showed an additional improvement relative to the time at end of treatment. Painrelated complaints in the radon group fell significantly in this time span. At three months after end of treatment in Schlema, the pain threshold had increased to nearly the same proportion as during the 3-week period of balneotherapy itself.

These two randomised, double-blind trials with radon baths correlated with a significant dose controlled pain-reducing effect of radon with a maximum three months after the onset of therapy. Radon stimulates in the skin by a-rays impulses the metabolism of pain reducing substances. This effect is quiet different from the acute analgesic effect of drugs.





Einleitung

Die bewusste therapeutische Verwendung von Radon begann etwa mit der Jahrhundertwende. Sie geht auf die Beobachtung zurück, dass die Bergarbeiter in Joachimstal trotz gleichartig ungünstig erscheinenden Arbeitsbedingungen wie in anderen Bergwerken, auffallend weniger an rheumatischen Beschwerden litten. Seit dieser Zeit haben Rheumatologen und Balneologen eindrucksvolle Erfahrungen gesammelt [64] und sowohl bei der Anwendung künstlich erzeugten Radons aus Radiumquellen, als auch natürlicher Radonvorkommen in Form von Wasser- und Luftbädern, von Trinkkuren und Inhalationen klinische Erfolge erbracht, über die in zahlreichen Publikationen [15, 17, 19, 27, 43, 54, 56, 57, 58, 65] und ebenso in alten und neuen Lehrbüchern [71, 72] berichtet wurde. Radonbäder können die Einnahme von Medikamenten bei der Behandlung entzündlich rheumatischer Erkrankungen reduzieren oder hinauszögern [43].

Von einer Radonbehandlung sind bisher keine Nebenwirkungen beschrieben oder bekannt geworden. Nach Angaben von *Oshima* [49] haben in dem seit 800 Jahren bekannten Bad Misasa (Japan) die heißen Quellen, in denen die Bevölkerung mehrmals täglich badete, eine Radonkonzentration bis zu 162,8 kBq/L (Messung 1953: 9,5 kBq/L bei 65 °C, an den meisten anderen Stellen <700 Bq/L [43]), ohne dass vermehrte Missbildungen, erhöhte Krebshäufigkeit (*Morinaga* berichtet im Gegenteil über eine signifikant verminderte Krebssterblichkeit von 3,66% gegenüber 6,68% in den Nachbarorten), vermehrte Sterilität oder ein abnormes Blutbild bei der Bevölkerung gefunden wurden. Bei der Radontherapie werden die niedrigsten Strahlendosen im Vergleich zu anderen diagnostischen und therapeutischen radiologischen Verfahren angewendet [3, 56, 58, 67]. Nach wissenschaftlich fundierten Arbeiten unterscheidet sich das durch die Radonbehandlung zu erwartende Risiko durch Strahlenexposition der Patienten nicht von dem Risiko durch die natürliche Strahlenexposition [1, 2, 3, 61].

Als Grundlage der Radontherapie gelten folgende, bisher für niedrig dosierte Alphastrahlung tierexperimentell und in vitro nachgewiesenen Wirkungen: entzündungshemmend [28], immunmodulierend [18, 31], Hemmung der Zellteilung [47], Aktivierung der Repair-Mechanismen [29, 50, 68], Steigerung der Strahlenresistenz [14].

Heute benötigt jede Therapie zu ihrer Rechtfertigung den nach wissenschaftlichen Kriterien durchgeführten klinischen Nachweis ihrer Wirksamkeit. Unter den wissenschaftlich anerkannten Studienanordnungen hat die randomisierte Doppelblindstudie einen besonders hohen Stellenwert.

In dieser Arbeit wird über zwei unabhängig durchgeführte randomisierte und kontrollierte klinische Doppelblindstudien zur Frage der Wirksamkeit von Radonbädern während und nach einer kurmedizinischen Behandlung berichtet. Hierzu lagen nach einem international anerkannten Standard ausgearbeitete GCP-konforme Studienpläne vor (GCP: „*Good Clinical Practise*“, eine Norm für Arzneimittelstudien nach den Europäischen Arzneimittelprüfrichtlinien). Eine Studie wurde im ehemaligen und jetzt im Wiederaufbau befindlichen Kurort Schlema/Sachsen durchgeführt und eine weitere im bayerischen Radonheilbad Bad Steben. Radonbäder sind für einen Doppelblindversuch besonders geeignet, weil man diese weder am Geruch noch an der Farbe noch am Geschmack von Leitungswasserbädern unterscheiden kann. Ähnlich aufgebaute Studien zum Nachweis der Wirksamkeit des Radons sind in der deutschsprachigen Literatur bisher nicht beschrieben worden.



Degenerative Wirbelsäulen- und Gelenkerkrankungen

Definition

Die Arthrosis deformans der Extremitätengelenke entsteht durch mechanische Zerstörung der Gelenkknorpeloberfläche, die aus einem Missverhältnis zwischen Belastung und Belastbarkeit resultiert. Als Folge treten Schmerzen und Bewegungseinschränkung am betroffenen Gelenk auf. Durch reaktive Entzündungsprozesse an der Synovialis kann es zu Reizerscheinungen am Gelenk mit Schwellung und Ergussbildung kommen („aktivierte Arthrose“). An der Wirbelsäule treten ähnliche Veränderungen auf. Degenerative Erscheinungen an Bandscheiben, Wirbelkörperdeckplatten (Osteochondrose) und Wirbelbogengelenken (Spondylarthrose) verursachen Schmerzsyndrome am Achsen skelett (z.B. Zervikalgien, Lumbalgien) sowie Reizerscheinungen an den austretenden Nervenwurzeln (z.B. Ischiassyndrom).

Häufigkeit

Aufgrund der physiologischen Alterungsprozesse sind jenseits des 50. Lebensjahres fast immer Röntgensymptome im Sinne von Osteoarthrosen nachweisbar, doch nur ein kleiner Teil der Betroffenen entwickelt entsprechende Schmerzen und Ausfallserscheinungen. Dennoch treten Beschwerden durch degenerative Wirbelsäulen- und Gelenkerkrankungen in der Gesamtbevölkerung so häufig auf, dass sie sozialmedizinisch (langjährige Therapiekosten, Arbeitsunfähigkeit, frühe Berentung) von hoher Bedeutung sind.

Ätiologie und Pathogenese

Als Hauptursachen der Knorpelschädigung gelten mechanische Belastungen (Übergewicht, Schwerarbeit, Summationstraumen durch Sport und Beruf, abnormer Belastungsdruck bei primären und sekundären Gelenkschäden verschiedener Art, veränderte Körperstatik) und Alterungsvorgänge im bradytrophischen Knorpelgewebe. Seltener finden sich metabolische (z.B. Ochronose) oder endokrinologische (z.B. Hyperparathyreoidismus) Störungen. Auch ein Zusammenhang mit familiärer Belastung wird diskutiert.

Charakteristisch für den pathologisch-anatomischen Befund ist die Unregelmäßigkeit der Gelenkoberfläche mit Knorpelrissen, -usuren und -defekten. Daneben findet eine Neubildung von Knochensubstanz statt, die man klinisch (harte Schwellung) und röntgenologisch (Osteophytose, Spondylose) nachweisen kann.

Klinik

Im Vordergrund des klinischen Bildes steht der Gelenkschmerz. Dieser kann als Anlaufschmerz nach längerer Ruhe des Gelenks oder bei stärkerer Belastung auftreten. Bei schwerem Krankheitsbild treten Schmerzen auch in Ruhe, vor allem nachts auf. Schreitet das Leiden fort, büßen die Gelenke ihre Form und Beweglichkeit ein. Der Untersucher stellt eine harte Schwellung (kompensatorischer Knochenanbau bei Knorpelschwund) und gelegentlich einen Erguss fest. Mit der aufgelegten Hand kann charakteristischerweise arthrotisches Reiben im Gelenk (Krepitation) wahrgenommen werden. Meist sind die tragenden Gelenke der unteren Extremitäten betroffen.

Im Wirbelsäulenbereich verursachen degenerative Veränderungen der Bandscheiben Schmerzzustände, vor allem wenn es zu einem Prolaps von Bandscheibenmaterial in den Wirbelkanal kommt. Nicht selten treten dabei neurologische und sensomotorische Ausfälle durch Wurzelkompression (am häufigsten sind L4/L5 bzw. L5/S1 betroffen) auf. Osteophytäre Neubildungen an veränderten Wirbelbogengelenken können die austretenden Nervenwurzeln irritieren und zu neurogenen Rückenbeschwerden mit entsprechender Ausstrahlung führen.



Gesundheitsresort*****

LEBENSQUELL

BAD ZELL

Diagnose

Die Laborparameter sind im Gegensatz zum entzündlichen Rheumatismus nicht verändert. Das Röntgenbild zeigt bei einer Arthrosis deformans typischerweise Verschmälerung des Gelenkspalts, subchondrale Spongiasklerose und osteophytäre Knochenneubildung am Gelenkrand. An der Wirbelsäule sieht man entsprechend Osteochondrose mit erniedrigtem Intervertebralraum, Arthrose der Wirbelbogengelenke und osteophytäre Ausziehungen (Spondylose).

Therapie

Eine kausale Therapie der Osteoarthrosen steht bislang nicht zur Verfügung. Daher sollten präarthrotische Bedingungen rechtzeitig erkannt und behandelt werden (z. B. Verhütung chronischer Traumatisierung des Ellenbogens bei Arbeit mit dem Presslufthammer, Umstellungsosteotomie bei Coxa vara bzw. valga). Bei klinisch manifester Arthrose muss für Entlastung gesorgt werden (Gehstock, Gewichtsabnahme). Nichtsteroidale Antirheumatika können den Gelenkschmerz lindern, sind aber häufig mit Nebenwirkungen belastet. Die physikalische Therapie bietet ein weites Spektrum von Behandlungsmöglichkeiten. Sie erzielt analgetische Effekte durch Thermal-, Dampf-, und Heißluftbäder, lokale Physiotherapie und Elektrotherapie. Krankengymnastik hat eine Remobilisierung der Gelenke und Kräftigung der Muskulatur zum Ziel. Weitgehend zerstörte Gelenke können durch Endoprothesen ersetzt werden und operative Eingriffe an der Wirbelsäule sind bei neurologischen Komplikationen (Wurzelkompressionssyndrome) angezeigt.





Patienten und Methoden

Studiendesign

Die vorliegenden Studien wurden entsprechend den Richtlinien des AMG auf der Grundlage eines detaillierten Prüfplanes als randomisierte Doppelblindstudien im Parallelgruppenvergleich (1:1) durchgeführt. Es wurden von den Hausärzten in Schlema 46 Patienten, in Bad Steben 52 Patienten, nach den Ein- und Ausschlusskriterien ausgewählt. Durch Blockrandomisierung wurden mittels Zufallsgenerator Randomisierungslisten entsprechend der Patientenzahlen erstellt und nach Placebo und Verum differenziert. In Schlema bereitete eine Vertrauensperson, die weder mit den Behandlern oder Patienten in Kontakt kam, nach diesem Code entsprechende Kanister mit Radonkonzentrat oder Leitungswasser vor. In Bad Steben bekamen die Patienten eine Karte mit einem verschlüsselten Strichcode mit dem über einen vor der Badekabine installierten Barcodeleser der entsprechend dem Code programmierte Zulauf von Radonwasser (Tempelquelle) oder Leitungswasser ausgelöst werden konnte.

Bei 42 Patienten in Schlema und 52 Patienten in Bad Steben lag ein zervikales Schmerzsyndrom mit degenerativen Veränderungen an der HWS, in Bad Steben auch an der LWS oder an großen Gelenken vor.

Dabei wurde auf eine weitere Differenzierung nach unterschiedlichen Ursachen des zervikalen Schmerzsyndroms verzichtet, weil auf Grund der bisher beschriebenen Anwendungsbeobachtungen davon ausgegangen werden konnte, dass für die schmerzsenkende Wirkung des Radons das Indikationsspektrum sehr breit ist und die schmerzhaften Beschwerden mit einer pathologisch erhöhten Schmerzwahrnehmung verknüpft sind. Patienten mit ausgeprägtem Wurzelreizsyndrom nahmen deshalb an der Studie nicht teil.

In Schlema reisten die Patienten alle zum gleichen Zeitpunkt an und wurden parallel, aus technischen Gründen in zwei Gruppen (unabhängig von der Prüfsubstanz) um einen Tag versetzt, behandelt. In Bad Steben nahmen Patienten der näheren Umgebung teil, die zwischen den Bäderbehandlungen ihren gewohnten Tätigkeiten nachgingen.

Einschlusskriterien

- Alter: 45-72 Jahre (Schlema), 18-75 Jahre (Bad Steben) beiderlei Geschlechts
- Diagnose Schlema: Rezidivierendes zervikales Schmerzsyndrom über mind. 1 Jahr, charakterisiert durch Nackenschmerzen und /oder Schmerzausstrahlung in Schultern und/oder Hinterkopf.
- Diagnose Bad Steben: Klinisch manifeste degenerative Erkrankung der Wirbelsäule und /oder der großen Gelenke.
- Einverständniserklärung des Patienten zur Teilnahme an der Studie nach §§ 40/41 AMG.

Ausschlusskriterien

Schwangere und stillende Frauen, entzündliche Systemerkrankungen, klinisch relevante Herz-(z.B. Herzinsuffizienz Stadium NYHA III-IV), Kreislauf-, Nieren-, Leber-, Lungen-, ZNS-Erkrankungen, Muskel- und Skeletterkrankungen, die möglicherweise mit der Bewertung der Prüftherapie interferieren können, maligne Tumoren, bekannte Thromboseneigung, Alkohol- oder Medikamentenabusus.



Gesundheitsresort*****

LEBENSQUELL

BAD ZELL

Badeablauf

Die Badeserie bestand aus insgesamt 8 (in Schlema 9) Bädern, welche jeden zweiten Tag und am Wochenende jeden dritten Tag jeweils zur vergleichbaren Zeit verabreicht wurden. Die Ausgangstemperatur des Vollbades betrug dabei 36-37 °C. Die Wanne wurde mit 150 Litern gefüllt, wobei der Patient bis zum Hals mit Wasser bedeckt war. Die Radonbäder hatten in Schlema eine Aktivitätskonzentration von 3 kBq/L, in Bad Steben von 0,8 kBq/L. Die Badedauer betrug 20 Minuten. Gebadet wurde jeweils im gleichem Raum, unter gleicher Aufsicht und etwa zur gleichen Tageszeit. Anschließend folgte eine Ruhepause von 30 Minuten.

Vorgehen bei den Visiten

Die Visiten erfolgten vor dem ersten Bad und jeweils nach einer Woche, sowie zwei und vier Monate nach Beginn der Studie immer durch denselben Untersucher im gleichen Untersuchungszimmer. Dabei wurden alle Nebenwirkungen, interkurrente Erkrankungen, Begleittherapien und Wirksamkeitsparameter genau dokumentiert.

Wirksamkeitsparameter

Durch die Erfassung der Druckschmerzschwelle an Triggerpunkten mittels Dolorimetern lässt sich die Schmerzsensibilität eines Patienten, der im Rahmen einer degenerativen Gelenkerkrankung an einem myofaszialen Schmerzsyndrom leidet, ohne aufwendige apparative Untersuchungen quantifizieren.

Hauptzielgröße war deshalb die Druckschmerzschwelle an je acht bilateralen symmetrischen maximalen myofaszialen Schmerzpunkten (Triggerpunkte) und an einem individuell ausgewählten muskulären Maximalpunkt.

Als besonders handlich und zweckdienlich gilt das von *Fischer* in den 80iger Jahren entwickelte und auf seine Verwendbarkeit überprüfte „Pressure Threshold Meter“ (PTM) [23, 24]. Der Gummimeschkopf ist flach und ca. 1 cm² groß. Die analoge Skala reicht in 100 g-Schritten bis zu 10 kg. Zur Ermittlung der Schmerzschwelle wird das PTM senkrecht auf die Hautoberfläche am palpieren Druckpunkt aufgesetzt. Der Untersucher steigert den Druck um ca. 100 g/sec., bis der Patient Schmerzen verspürt. Darauf hin wird das Gerät sofort entfernt und der erreichte Druck (die Anzeige bleibt auch nach Beendigung des Untersuchungsvorganges erhalten) kann abgelesen werden.

Die Schmerzschwellen können vom gleichen Untersucher in engen Grenzen reproduziert werden. Das PTM ist ein daher verlässlich und ein gutes Hilfsmittel zur Bestimmung der Schmerzschwelle und zur Beurteilung des damit korrelierenden Therapieerfolges.

Begriffserklärung und Lokalisation

Triggerpunkte sind palpable, sich selbst unterhaltende hyperirritable Foci, die in Muskulatur, Fascien, Haut, Narbengewebe, Periost, Gelenkkapseln oder Bändern auftreten können. Bei längerem Bestehen können sie auch nach Beseitigung der eigentlichen Ursache persistieren. Oft strahlen die dort maximal spürbaren Schmerzen aus.

Man unterscheidet aktive und latente Triggerpunkte. Aktive Triggerpunkte sind spontan schmerzhaft und können die Funktion des Muskels stark einschränken. Latente Triggerpunkte werden oft erst bei der Untersuchung aufgrund ihrer Druckschmerzhaftigkeit entdeckt. Sie sind nicht spontan schmerzhaft, können aber ebenfalls Kraft und Dehnbarkeit eines Muskels vermindern.



Gesundheitsresort *****

LEBENSQUELL

BAD ZELL

Myofasciale Triggerpunkte entstehen direkt (durch Überlastung, Fehlbelastung, inadäquate Bewegungsabläufe, andauernde Muskelkontraktionen, Traumata oder thermische Einflüsse) oder indirekt (durch andere Triggerpunkte, Erkrankungen von Skelettsystem und Gelenken, viszerale Erkrankungen, emotionale und psychische Einflüsse).

Unter dem Begriff **Tenderpoint** wird ein Bereich umschriebener Schmerzhaftigkeit verstanden, der in vielen Geweben auftreten kann und der häufig in der Zone des übertragenen Schmerzes liegt. Das bedeutet, alle Triggerpunkte sind so genannte Tenderpoints, nicht aber umgekehrt.

An dieser Stelle muss, um Missverständnissen vorzubeugen, ausdrücklich darauf hingewiesen werden, dass es sich bei den in dieser Studie verwendeten Triggerpunkten um allgemeine Schmerztestpunkte handelt, die nicht immer mit den zur Diagnose der Fibromyalgie verwendeten Tenderpoints übereinstimmen.

Die Entstehung von Triggerpunkten ist bis jetzt noch nicht völlig geklärt. Nach *Saller* können sie zumindest zu Beginn als neuromuskuläre Funktionsstörung betrachtet werden. Spannung und Energiebedarf im Gewebe sind erhöht, die Blutzufuhr ist vermindert, Stoffwechselprodukte akkumulieren. Dadurch werden die sensiblen Nervenendigungen im Bereich des Triggerpunktes irritiert, was seine Überempfindlichkeit sowie die Phänomene in der Ausstrahlungszone erklären könnte. Aber auch lokale Entzündungen mit nachfolgender Sensibilisierung werden diskutiert. Für eine entzündliche Komponente spricht die größere Wirksamkeit von örtlich applizierten Prostaglandinsynthesehemmern als von Lokalanästhetika.

Auffinden der Triggerpunkte und Messung der Schmerzstelle mit dem Pressure Threshold Meter

Sind aktive und passive Streckung eines Muskels schmerzhaft oder tritt Schmerz bei stärkerer isometrischer Anspannung auf, kann man vom Vorhandensein von Triggerpunkten ausgehen. Zur palpatorischen Untersuchung dehnt man die entsprechenden Muskelpartien bis knapp unter die Schmerzgrenze. Oft kann man im Verlauf des Muskels einen verhärteten Strang, das so genannte „taut band“ tasten. Der Triggerpunkt stellt in der Regel die empfindlichste Stelle dieses Muskelstranges dar. Meist löst mechanische Stimulation eine tastbare Muskelzuckung aus („twitch response“). Bei entsprechend langer Palpation entsteht auch ein zugehöriger Projektionsschmerz („referred pain“). Starker Druck führt oft zu unwillkürlichen Ausweichbewegungen des Patienten („jumping sign“), die als sicheres Anzeichen für die Reizung eines Triggerpunktes gelten.

Der Schmerz am Triggerpunkt ist reproduzierbar. Thermographisch lässt sich oft eine umschriebene Temperaturerhöhung („hot spot“) nachweisen.

Nebenzielparameter

Zur Abschätzung der Plausibilität wurden Nebenzielparameter gewählt, die in ihrer Tendenz einen ähnlichen Verlauf wie der Hauptzielparameter zeigen müssten. Für statistische Aussagen bei der gewählten Fallzahl sind diese Nebenzielparameter nicht geeignet, da die betreffenden Standardabweichungen der Individualwerte zu hoch sind.

Die Patienten wurden zu jedem Visitertermin aufgefordert, ihre allgemeine subjektive Schmerzempfindung anhand einer 100 mm langen visuellen Analogskala anzugeben. Diese Skala war linksseitig gekennzeichnet mit: „kein Schmerz“, rechtsseitig mit „extrem starker Schmerz“ und zeigte sonst keine Markierungen.



Gesundheitsresort *****

LEBENSQUELL

BAD ZELL

Außerdem beurteilten die Patienten ihr allgemeines Befinden (sehr gut, gut, mittel, schlecht, sehr schlecht), die Schmerzhäufigkeit (kein Schmerz, nicht täglich, täglich aber nicht ständig, ständig jede Stunde) sowie die Schmerzintensität bei Ruhe und Bewegung an Hand der Auswahl einer von fünf Möglichkeiten (kein, leicht, mittel, stark und sehr starker Schmerz).

Verträglichkeitsparameter

Aufgetretene Nebenwirkungen und interkurrente Erkrankungen wurden zu den Visiten erfaßt und genau dokumentiert, ebenso die zusätzlich verordneten Medikamente.

Im Rahmen der Untersuchung am Kurende erfolgte eine globale Beurteilung der Verträglichkeit der Behandlung durch Arzt und Patient (sehr gut, gut, mäßig oder schlecht).

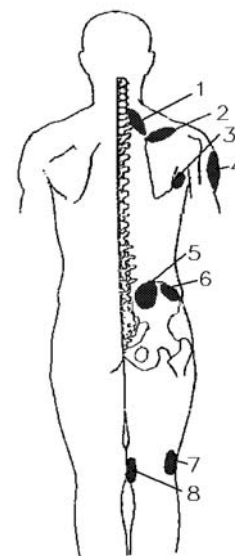
Untersuchungsmethode und -technik

Ausgegangen wurde von 8 bilateralen symmetrischen maximalen Schmerzpunkten (Abb.1) sowie einem zusätzlich vom Patienten angegebenen muskulären Maximalpunkt. Die Lagerung des Patienten zur Untersuchung erfolgte muskelentspannt und schmerzfrei.

Der Untersucher palpierete in den jeweiligen Schmerzzonen zunächst mehrere Druckpunkte. Der empfindlichste wurde ausgewählt. Entscheidend war dabei die Mitarbeit des Patienten, da er angeben musste, wenn der Untersucher einen solchen Triggerpunkt getroffen hatte. Die maximalen Schmerzpunkte wurden nicht markiert und mussten bei jeder Visite neu bestimmt werden.

Zuerst erklärte der Untersucher dem Patienten das Algometer und verdeutlichte seine Funktionsweise durch Druckausübung auf z.B. den Unterarm. Dann erläuterte er, daß mit einer allmählichen Drucksteigerung der zur Schmerzauslösung notwendige Mindestdruck gemessen werden sollte. Sobald unter der Druckstelle starkes Unbehagen oder Schmerz einsetzte, musste der Patient dieses durch ein deutliches „Ja“ anzeigen. Danach erfolgte der eigentliche Messvorgang: Das Algometer wurde senkrecht zur Hautoberfläche mit dem Gummikopf auf die ausgewählten Triggerpunkte gesetzt und der Druck gesteigert, bis der Patient Schmerzen verspürte und mit „Ja“ antwortete. Hierauf entfernte der Untersucher das Gerät sofort und las den aufgewendeten Druck in kg/cm² von der Messskala ab.

Abb.1: Untersuchte Schmerzzonen (1. M. levator scapulae; 2. M. supraspinatus; 3. M. teres minor; 4. M. deltoideus; 5. M. gluteus max.; 6. M. gluteus medius; 7. M. biceps femoris; 8. M. semimembranosus)



Statistische Methoden

Für die Fallzahlab-schätzung wurde die Standardabweichung der Individualwerte aus der Druckpunktmessung aufgrund von früheren Messungen mit 0,25 kg/cm² angesetzt. Als minimaler relevanter Therapieunterschied wurde 0,5 kg/cm² gewählt. Die für die Studie vorgegebene nominelle Irrtumswahrscheinlichkeit wurde auf p=0,05 festgelegt.

Zielkriterium: Mit der Studie sollten zwei unabhängige Effekte des Kurerfolgs getestet werden, der Kureffekt nach *Lühr* und der Hafteffekt nach *Jordan*. Als Zielkriterium für die



Gesundheitsresort*****

LEBENSQUELL

BAD ZELL

Evaluation des **Kureffektes** wurde festgelegt: „Median des Hauptzielparameters unmittelbar nach Abschluss der Behandlung“. Als Zielkriterium für die Evaluation des **Hafteffektes** wurde festgelegt: „Median des Hauptzielparameters zwei und vier Monate nach Behandlungsbeginn“.

Die Nullhypothese sowohl für den Kureffekt, als auch für den Hafteffekt lautete: „Es besteht kein Unterschied zwischen beiden Behandlungsgruppen zu den ausgewählten kritischen Messterminen“. Alle Daten wurden zunächst mit Mitteln der deskriptiven Statistik untersucht. Als Testverfahren für die Hauptzielparameter wurde der U-Test von Mann & Whitney für Medianunterschiede zwischen den Behandlungsgruppen benutzt.

Aus den 8 bilateral gemessenen Druckpunkten wurde der Mittelwert zu jedem Messzeitpunkt als Zielgröße gebildet. Der durchschnittliche Druck an den definierten Druckpunkten, der Druck am individuell unterschiedlich festgestellten maximalen Schmerzpunkt (außerhalb der vordefinierten Druckpunkte) und die subjektive Schmerzintensitätsbewertung mittels visueller Analogskala (VAS) wurden in die konfirmatorische Analyse einbezogen.

Alle weiteren Parameter wurden mit Mitteln der deskriptiven Statistik analysiert. Die statische Auswertung erfolgte mit dem Programmpaket SPSS für Windows, Version 6.0, auf einem Pentium PC.





Ergebnisse

Tab. 1: Vergleich der beiden Behandlungsgruppen (MW bzw. Summe) Allgemeinzustand (1=sehr gut, 2=gut, 3=mittel, 4=schlecht), Einschränkung des Bewegungsumfanges (1=nein, 2=selten, 3=häufig, 4=anhaltend), Beurteilung der Funktionsfähigkeit des Wirbelsäulen-, Armbereichs und des Gehapparates (1=voll vorhanden, 2=leicht vermindert, 3=vermeidet Bewegung, 4=eingeschränkt)

	Schlema		Bad Steben	
	Placebo	Radonbäder	Placebo	Radonbäder
Gesamtzahl	23	23	27	25
weiblich	14	16	20	20
männlich	9	7	7	5
Alter	61,09	60,27	50,96	54,00
Größe	163,48	167,13	166,66	167,00
Gewicht	72,17	73,07	76,16	72,70
RS	94,13	88,91	83,40	84,42
RD	158,48	147,17	138,60	137,69
Puls	78,04	79,87	75,44	74,59
Hb	8,95	8,89	14,08	14,01
Hkt (%)	0,43	0,43	0,41	0,41
Ery	4,21	5,20	4,73	4,68
Leuko	7,71	7,72	6,09	5,80
BSG1	8,45	10,05	8,33	8,48
BSG2	20,95	23,73	17,42	18,90
Druckschmerz	1,04	1,01	1,46	1,54
Maximalpunkt			1,12	1,17
VAS			51,85	51,16
Bereiche mit schmerzhaften Beschwerden				
	Häufigkeit		Mittelwert	
HWS	23	23		
BWS	2	3		
LWS	20	19		
Hüfte links	0	4		
Hüfte rechts	1	2		
Knie links	9	12		
Knie rechts	9	8		
Schulter links	17	17		
Schulter rechts	16	13		
Ellenbogen links	0	4		
Ellenbogen rechts	2	3		
Schmerzdauer			13,44	13,67
Allgemeinzustand			2,15	2,20
Bewegungsumfang			3,22	3,08
Wirbelsäule			2,59	2,48
Arme			1,96	2,20
Gehapparat			1,63	1,68

Ausgangssituation in den Gruppen

In Tab 1 sind die demographischen Daten der zum Vergleich anstehenden Patientengruppen dargestellt. Die zahlenmäßigen Unterschiede sind klinisch nicht relevant. Die Gruppen sind deshalb in ihrer Ausgangslage als nicht verschieden zu beurteilen, womit eine wesentliche Voraussetzung für die Bewertbarkeit des Parallelgruppenvergleichs der Studien erfüllt ist.



Die Abbildung 2 zeigt als Boxplots die Mediane der Druckschmerzschwellen der Verum- und Placebogruppe während der ersten bis sechsten Untersuchung. Jede Box kennzeichnet den Median und den Bereich, der 50% aller Punkte um den Median einschließt.

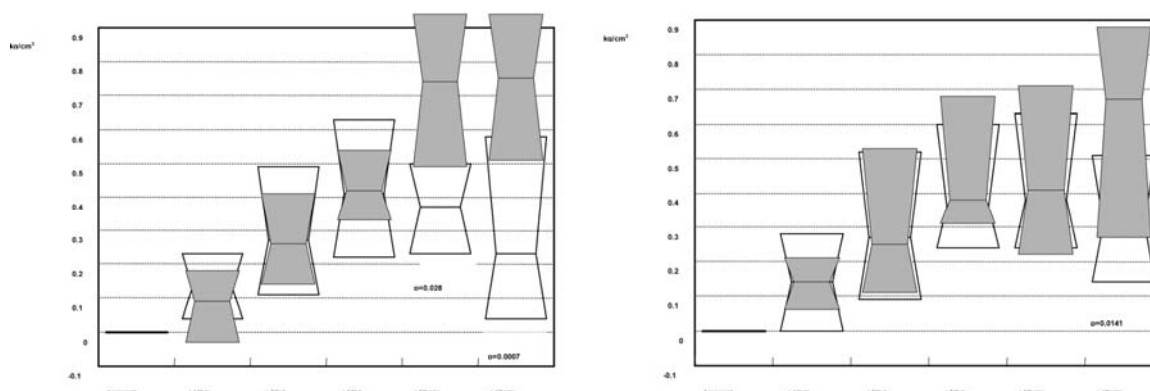


Abb. 2: Verlauf der mittleren Mediane der 8 bilateralen schmerzhaften Druckpunkte (links: Schlema; rechts: Bad Steben). Radongruppe: dunkel; Placebogruppe: hell

Die Druckempfindlichkeit nahm während der Kur zunächst sowohl in der Verum- als auch in der Placebogruppe kontinuierlich ab, ohne dass zwischen beiden Gruppen ein signifikanter Unterschied im Kureffekt erkennbar war. Die besondere Reaktion auf die Radonbäder war als Follow-up-Effekt nach der Kur nachzuweisen. Während die Schmerzlinderung bei den mit Radonwasser Gebadeten nach 2 und 4 Monaten noch deutlich zunimmt, kommt es bei den mit Leitungswasser Gebadeten wieder zu einem leichten Anstieg der Beschwerden.

Dieser Effekt ist auch am Verlauf der an unterschiedlichen Körperstellen gemessenen maximalen Schmerzpunkte festzustellen (Abb. 3).

Auch das subjektiven Schmerzempfinden im Verlauf der Bäderbehandlung, welches mit einer visuellen Analogskala erfasst wurde, zeigt für beide Gruppen gleich gute Besserungen innerhalb der 4 Wochen. Nach der Kur bleibt auch hierbei in der Radongruppe der Kurerfolg erhalten. In der Placebogruppe nimmt das subjektive Schmerzempfinden wieder deutlich zu (Abb. 4).



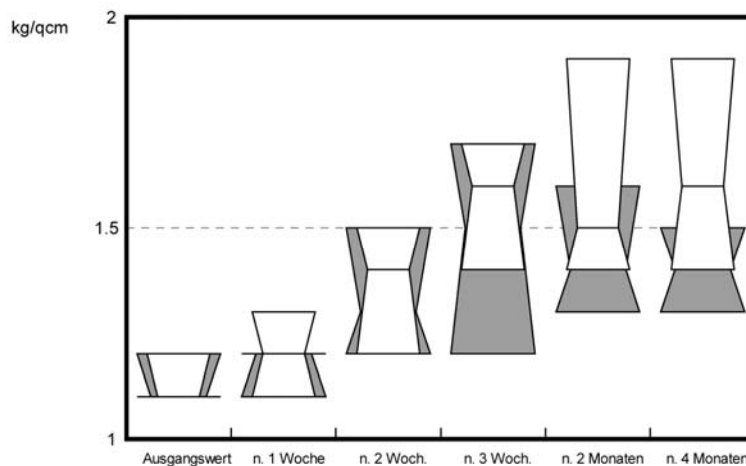


Abb.3: Verlauf der mittleren Mediane am individuell bestimmten maximalen Schmerzpunkt (Bad Steben). Radongruppe: hell; Placebogruppe: dunkel; nach 4 Monaten: $p=0,041$

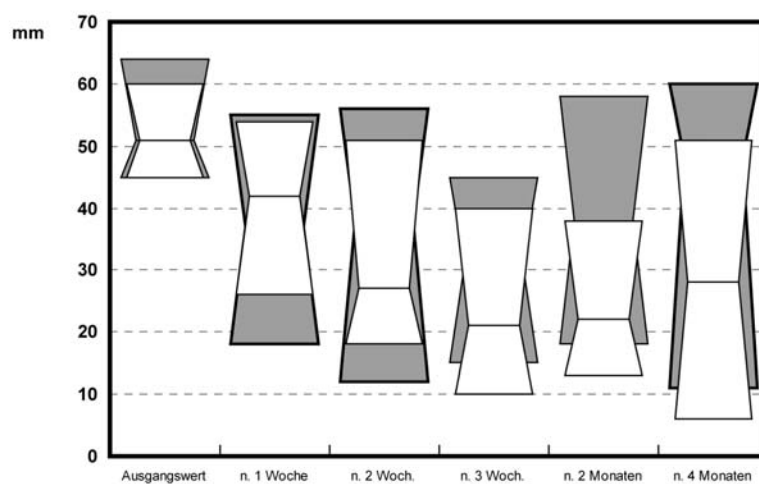


Abb. 4: Verlauf der mittleren Mediane der Schmerzintensität anhand der visuellen Analogskala (Bad Steben). Radongruppe: hell; Placebogruppe: dunkel; nach 4 Monaten: $p=0,036$



In den Abbildungen 5 bis 7 sind die Häufigkeitsverteilungen der angegebenen Einschätzungskriterien zur allgemeinen Befindlichkeit, sowie Bewegungs- und Ruheschmerz für die Schlema-Studie und in Abb. 8 für Bad Steben dargestellt. Auch hier verhalten sich während der Kur beide Gruppen gleich. Nach der Kur verbessern sich in der Radongruppe alle von den Patienten subjektiv beurteilten Parameter.

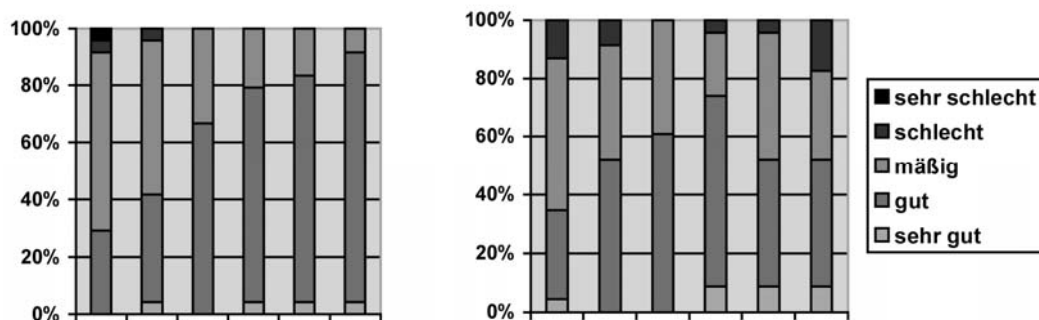


Abb. 5: Subjektives Allgemeinbefinden der Wassergruppe (rechts) und Radongruppe (links) (Situation am Anfang, nach 1, 2, 3 Wochen sowie nach 2 und 4 Monaten) (Schlema)

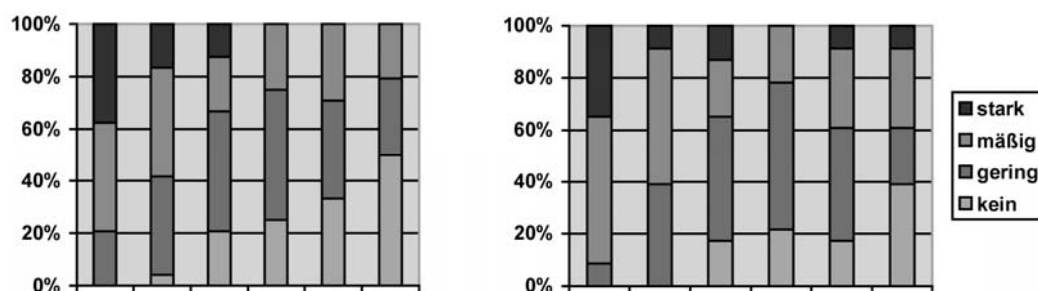


Abb. 6: Bewegungsschmerz der der Wassergruppe (rechts) und Radongruppe (links) (Situation am Anfang, nach 1, 2, 3 Wochen sowie nach 2 und 4 Monaten) (Schlema)

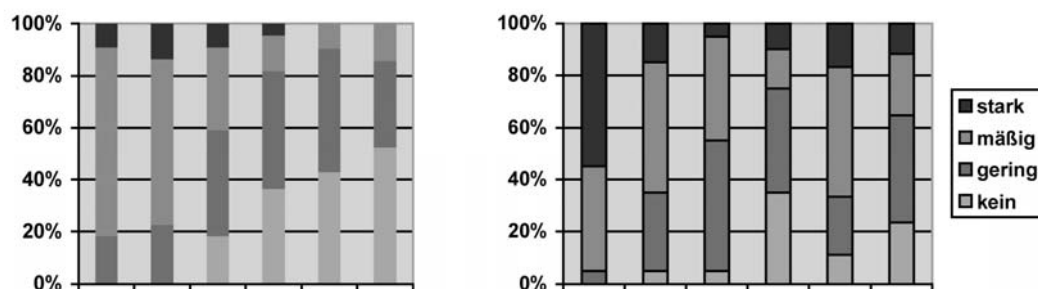


Abb. 7: Ruheschmerz der Wassergruppe (rechts) und Radongruppe (links) (Situation am Anfang, nach 1, 2, 3 Wochen sowie nach 2 und 4 Monaten) (Schlema)



Gesundheitsresort *****

LEBENSQUELL

BAD ZELL

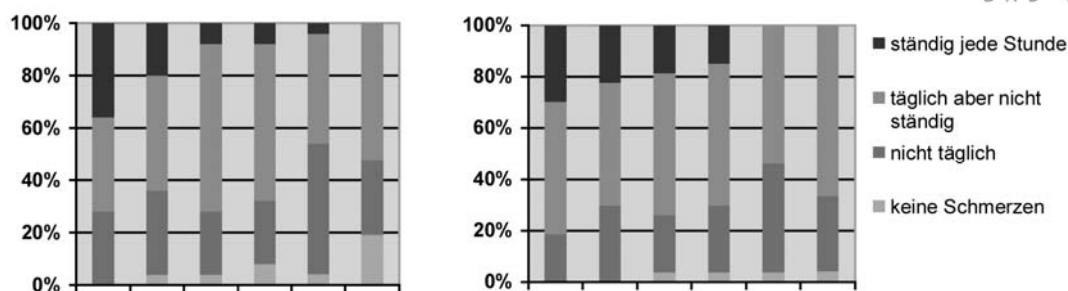


Abb. 8: Häufigkeit auftretender Schmerzen der Wasserguppe (rechts) und Radongruppe (links) (Situation am Anfang, nach 1, 2, 3 Wochen sowie nach 2 und 4 Monaten) (Bad Steben)

Bei ähnlicher Ausgangssituation ist für beide Gruppen der Abb. 8 eine Besserung der Schmerzhäufigkeit im Verlauf zu erkennen, wobei in der zweiten Therapiewoche in beiden Gruppen bei einigen Teilnehmern eine Zunahme der Häufigkeit der Schmerzereignisse zu verzeichnen war. Diese bildete sich in der Regel in der Woche darauf wieder zurück. Nach der Badeserie zeigten beide Patientenkollektive eine deutliche Abnahme der Schmerzhäufigkeit. Der Prozentsatz der Patienten, die unter ständigen Schmerzen litten, war in der Radongruppe von 32% auf 8% und in der Kontrollgruppe von 30% auf 15% zurückgegangen.

Ebenfalls größer als in der Placebogruppe war der Anteil an schmerzfreien Patienten in der Radongruppe am Ende der Studie. Während der Badeserie stieg er von 0% auf 8% an. In den folgenden zwei bäderefreien Monaten war noch einmal eine Zunahme des schmerzlindernden Effekts zu verzeichnen, so dass am Studienende 19% der Teilnehmer (4 von 21) angaben, schmerzfrei zu sein.

In der Placebogruppe war 1 Patient (4%) am Ende der zweiten Behandlungswoche ohne Schmerzen. Diese Zahl erhöhte sich nicht mehr.

Diskussion

Diskussion der Versuchsergebnisse

Die seit langem bekannte schmerzlindernde Wirkung von Radonbädern sollte in Schlema und Bad Steben vergleichend zu Placebobädern mit Leitungswasser unter kontrollierten Bedingungen untersucht werden.

Die Schlema-Studie fand unter stationären und die Studie in Bad Steben unter ambulanten Bedingungen während 4 Wochen statt. Beide Studien wurden mit Patienten, die klinisch und anamnestisch an Beschwerden durch Spondylosen und/oder Arthrosen litten, durchgeführt. Die Versuchsanordnung war doppelblind, d. h. weder Patient noch Untersucher waren informiert, welches der Bäder radonhaltig war. Radonwasser ist farb-, geschmack- und geruchlos und kann daher von Leitungswasser nicht unterschieden werden.

In Schlema wurde eine komplexe kurortmedizinische Behandlung mit Massage und Krankengymnastik kombiniert, bei der in der Kontrollgruppe nur das Radon fehlte. Es wurden keine Medikamente erlaubt, die das Untersuchungsergebnis beeinflussen hätten. Während der ambulanten Behandlung in Bad Steben wurde eine Monotherapie mit Bädern durchgeführt,



Gesundheitsresort*****

LEBENSQUELL

BAD ZELL

wobei keine zusätzlichen Therapien (physikalisch und medikamentös) in Anspruch genommen werden durften.

Das Zielkriterium für den Hafteffekt nach *Jordan* ergab einen signifikanten Unterschied im Kurerfolg zu Gunsten der Radontherapie. Alle Nebenzielparameter unterstützen diesen Befund durch ihr tendenziell gleichartiges Verhalten. Die Tatsache, dass sich trotz dieses Befundes kein signifikanter Unterschied zwischen beiden Gruppen im Kureffekt nach *Lühr* einstellte, deutet auf ein reaktives Verhalten der Patienten durch die Radonwirkung während der Kur hin, welches von *Hildebrandt* auch für andere Therapiemaßnahmen in Kuren beschrieben wurde und durch einfache Wasserbäder offenbar in diesem Ausmaß nicht erreichbar ist.

Ausgangssituation

Bei den meisten Patienten konnten die schmerzhaften Verschleißerscheinungen an Wirbelsäule und Gelenken auf die Belastung durch jahrelange schwere körperliche Arbeit z.B. in der Landwirtschaft und in der lederverarbeitenden Industrie zurückgeführt werden.

Alle Teilnehmer wiesen umschriebene Schmerzen in muskulären und sehnigen Bereichen auf, wobei hauptsächlich Schultern, Nacken und der lumbo-sakrale Abschnitt der Wirbelsäule betroffen waren.

Laborchemisch fanden sich keine groben Abweichungen. Wenige Werte lagen außerhalb des Referenzbereiches. Die demographische Erhebung ergab keine Unterschiede in der Patientenauswahl der Gruppen.

Aus Tab. 1 sind die Stichproben-beschreibenden Parameter zu Kurbeginn zu entnehmen, die den Erfolg der durchgeführten Randomisierung belegen. Auch nach der Kur waren systematische Unterschiede in der Verhaltensweise der Patienten trotz eingehender Befragung nach Durchsicht der Protokolle nicht aufgefallen. Von keinem Patienten wurden Medikamente eingenommen, die auf das Zielkriterium Einfluss haben könnten. Dies bestärkt die Vermutung, dass der beobachtete Abfall der Schmerzempfindlichkeit in der Radongruppe auf die Wirkung des Radons zurückzuführen ist.

Verlaufsbetrachtung

Ab der ersten Behandlungswoche zeigte sich in beiden Gruppen eine subjektive, mit der visuellen Analogskala quantifizierte Abnahme der Beschwerden und eine mit dem „Pressure Threshold Meter“ objektivierte Anhebung der Druckschmerzschwelle. In der zweiten Behandlungswoche kam es in Bad Steben bei einigen Patienten beider Gruppen zu einer vorübergehenden Verschlechterung des Allgemeinzustandes und einer Verstärkung der lokalen Beschwerden. Nach wenigen Tagen kehrte jedoch das Wohlbefinden zurück. Dabei handelte es sich vermutlich um eine klassische Badereaktion, die typischerweise in der zweiten Behandlungswoche auftritt und für die neuroendokrine Mechanismen verantwortlich gemacht werden [36, 44].

Im weiteren Verlauf nahm die Schmerzempfindlichkeit der Patienten kontinuierlich ab, ohne dass ein signifikanter Unterschied zwischen beiden Kollektiven festgestellt werden konnte. Am Ende der Kur waren beide Gruppen deutlich gebessert. Zu diesem Zeitpunkt unterschied sich also der analgetische Effekt der Radonbäder nicht von dem der Leitungswasserbäder.

Dies muss jedoch nicht verwundern, da eine Schmerzlinderung bei Erkrankungen des rheumatischen Formenkreises durch die unspezifische und thermische Wirkung von Vollbädern schon seit langem bekannt und oft beschrieben ist [20, 37].



Gesundheitsresort *****

LEBENSQUELL

BAD ZELL

Die eigentliche Radonwirkung wurde erst später sichtbar. Zwei bzw. vier Monate nach Kurbeginn zeigte sich bei den Nachuntersuchungen ein verändertes Bild: Während der Kureffekt in der Kontrollgruppe nachließ und die Schmerzempfindlichkeit wieder zunahm, fand man bei den mit Radonwasser Gebadeten einen weiteren Anstieg der Schmerzschwelle und damit eine nachhaltige Schmerzlinderung, die selbst nach vier Monaten noch in Zunehmen begriffen war. Diese besondere Reaktion auf die Radonbäder konnte als signifikante Spätwirkung ($p < 0,05$) nach der Kur nachgewiesen werden.

Erwähnenswert ist noch, dass keiner der Teilnehmer über unerwünschte Nebenwirkungen klagte, die einen Abbruch der Bäderserie erforderlich machten. Bei den aufgetretenen Begleiterscheinungen wie Müdigkeit, Herzklopfen, Nervosität, Schwindel, Muskelschmerzen und passagere lokale Schmerzzunahme handelt es sich um Erscheinungen, die durch die Umstimmung des vegetativen Nervensystems und des endokrinen Systems bedingt sind. Sie sind charakteristisch für die Balneotherapie im Sinne einer Reiz-Reaktionstherapie [19, 20, 37, 38].

Radonbalneologie in der ehemaligen Sowjetunion

Anders als in Deutschland hat in Rußland die Radontherapie einen hohen Stellenwert und die Radonforschung eine lange Tradition. Tausende von Arbeiten sind dort bisher über die Therapie mit radonhaltigem Wasser angefertigt und teilweise veröffentlicht worden [39]. Russland verfügt über mehr als 30 Kurorte mit natürlichen Radonquellen. Zusätzlich wird seit den 20er Jahren an Methoden zur Herstellung und Anwendung von künstlichem Radon gearbeitet [8, 39, 53]. Die Verwendung von künstlichem Radon ermöglichte nicht nur Forschungen zu seiner Wirkung [3, 5, 7, 12, 13], sondern auch Untersuchungen zu beliebig abgestuften Konzentrationen mit dem Ziel, die effektivste Dosis zu ermitteln. Dieses Thema ist für die Radonforschung in Deutschland von großem Interesse, da hier noch keine wissenschaftlich fundierten Aussagen zur Beziehung von Radonkonzentration und -wirkung im balneotherapeutischen Bereich gemacht werden konnten.

Mit der Frage der optimalen Radonkonzentration in der Balneologie bei verschiedenen Erkrankungen des rheumatischen Formenkreises beschäftigte sich u. a. *Strelkowa* [66]. Am effektivsten erwies sich in ihren Untersuchungen eine Konzentration von 1500-4500 Bq/L: 40% der Radongruppe gaben gute und sehr gute Besserung versus 25% der Placebogruppe an. Oberhalb 7500 Bq/L war die analgetische Wirkung zwar stärker ausgeprägt (55% gute und sehr gute Besserung), doch traten häufig Nebenwirkungen in Form von Tachykardien und Schmerzen in der Herzgegend sowie eine Verschlechterung der peripheren Durchblutung auf [66].

Die Indikationen für eine Radontherapie in Russland sind vielfältig. Durch Wirksamkeitsnachweise gesichert gelten sie für Erkrankungen des Herz-Kreislaufsystems, der Atemwege, des Stütz- und Bewegungsapparates, des Nervensystems, der Haut und der Verdauungsorgane, für Durchblutungsstörungen und für gynäkologische Erkrankungen. Die besten Resultate sollen bei rheumatischen, gynäkologischen und dermatologischen Erkrankungen sowie bei Hypertonie erzielt werden [39].

Auch die Anwendungsformen gehen weit über die in Deutschland geläufigen hinaus. Sie umfassen Wasserbäder, Luftbäder, Inhalationen, orale Einnahme, Einspritzungen, Spülungen und lokale Applikationen [6].



Gesundheitsresort*****

LEBENSQUELL

BAD ZELL

Zum Strahlenrisiko in der Radonbalneotherapie

In den letzten Jahren wurde das Edelgas Radon in den Medien zunehmend als Umweltgift herausgestellt. Auch die Balneotherapie mit radonhaltigem Wasser geriet ins Kreuzfeuer der Kritik. Zwar ist die Radontherapie diejenige Form der Strahlentherapie, bei der die bei weitem geringste Strahlendosis appliziert wird, dennoch sehen Kritiker in ihr ein nicht zu vertretendes Strahlenrisiko. Ärzte, die Radonbäder verordnen, müssen sich mit dem Vorwurf der unnötigen Gefährdung ihrer Patienten auseinandersetzen.

Dieser Vorwurf gründet sich auf die Theorie, dass es für die Schädlichkeit ionisierender Strahlung keine Schwelle nach unten gibt, und sie in allen Expositionsbereichen gefährlich ist. Diese Theorie ging auch in die meisten gesetzlichen Festlegungen und Strahlenschutzverordnungen ein [35].

Anwender der Radontherapie müssen sich also eingehend mit einem eventuellen Strahlenrisiko bei ihrer Behandlung beschäftigen. Einmal um diesbezüglicher Kritik begegnen zu können, zum anderen um der Aufgabe der Indikationsstellung gerecht zu werden, da der Arzt gesetzlich verpflichtet ist, das Risiko einer möglichen Strahlenschädigung gegen den therapeutischen Nutzen für den Patienten abzuwägen.

Wie *Schüttmann* ausführt, wurden seit Beginn der Radontherapie Überlegungen zu möglichen Neben- und Schadefekten angestellt [61]. Vor allem nach der Entdeckung des Radons als Verursacher des Lungenkrebses bei Bergleuten, die in radioaktivem Untertageklima arbeiteten (Schneeberger Lungenkrankheit), flammte die Diskussion wieder auf [62].

Nach dem Stand der heutigen Forschung kann der Kritik an Radonanwendungen folgendermaßen begegnet werden: Selbst bei Annahme eines linear dosisabhängigen Strahlenrisikos, wie sie von der ICRP (International Commission on Radiological Protection) vertreten wird, ergibt sich für die Lunge als das am höchsten exponierte Organ bei der **Inhalationstherapie** ein extrem niedriges Risiko (1-3 Neoplasien auf 10000-100000 Patienten einer Inhalationstherapie in Bad Gastein). Die Belastung der Lunge kommt vor allem durch die Ablagerung der -strahlenden Radonzerfallsprodukte zustande. Bei der **Bäderanwendung** dagegen treten die Zerfallsprodukte nicht aus dem Wasser aus und die Inhalation frisch entstandener radioaktiver Teilchen kann durch geeignete Luftführung weitgehend vermieden werden [17, 22, 53, 60, 61, 63]. Hier beträgt das Risiko der Induktion eines Lungenkarzinoms nach der „linearen Extrapolation“ 1:100 Millionen [9].

In den letzten Jahren ist das Konzept der linearen Dosis-Wirkungs-Beziehung jedoch ins Wanken geraten. Biophysiker und Strahlenbiologen erheben Einwände und stellen vor allem die Nichtexistenz eines Schwellenwertes in Frage. Seit den Veröffentlichungen Luckey's zum Hormesiskonzept [40, 41] – Hormesis bezeichnet das Phänomen eines stimulierenden, „biopositiven“ Effekts geringer Dosen ionisierender Strahlung auf lebende Organismen – mehren sich wissenschaftliche Untersuchungen zu diesem Thema [7, 16, 21, 26, 30, 32, 34, 48, 59, 70]. Im März 1994 entschloss sich UNSCEAR, die internationale wissenschaftliche Autorität auf dem Gebiet der Strahlenforschung, zur Veröffentlichung des Reports „*Adaptive Responses to Radiation in Cells and Organisms*“. Hier wird über mehr als 1000 Untersuchungen berichtet, die einen stimulierenden Effekt niedriger Strahlendosen belegen können [69].

Einsichten in die Reparaturkapazitäten des Zellkerns legen den Schluss nahe, dass diese Reparaturmechanismen vor allem im Schwankungsbereich der natürlichen Strahlenbelastung wirksam sind. Da sich das Leben unter dieser Strahlung auf seinen



jetzigen Stand entwickelt hat, wird ihr eine zweckdienliche und notwendige Funktion zugeschrieben, ein sogenannter biopositiver Effekt, der auch von der Radontherapie angenommen wird, da sie eine Strahlenexposition in oben genannter Größenordnung verursacht [61]. Für die Radonbalneologie bedeutet das Hormesiskonzept nicht nur den Ausschluss eines Strahlenrisikos und damit ihre Legitimierung, sondern auch einen Wegweiser zur weiteren Erforschung ihrer therapeutischen Effekte.

Mögliche analgetische Wirkmechanismen von Radonbädern

Da die vorhandene Literatur sehr umfangreich ist, sollen hier nur einige Schwerpunkte der Forschung zur Wirkung niedrig dosierter α -Strahlung aufgeführt werden. In einem noch nicht veröffentlichten Artikel weist *Schüttmann* auf folgende hin:

- Durch den hohen Lipoidgehalt der Nebennierenrinde kommt es hier bei einer Anwendung radonhaltiger Medien zu einer Anreicherung der Radonzerfallsprodukte. Histochemische Untersuchungen an Tieren zeigten eine „Anreicherung der sudanophilen Substanzen in der Rinde im Sinne einer Stimulation“. Ebenfalls im Tierexperiment konnte ein Anstieg des Corticoidspiegels im Blut nachgewiesen werden.
- α -Strahlung lässt entlang ihrer Ionisationsspuren konzentriert freie Radikale entstehen. Dies wiederum stimuliert die Produktion enzymatischer Radikalfänger. Ein durch Strahlung bewirkter Überschuss an Radikalfängern kann in krankhafte Prozesse, die mit vermehrter Radikalbildung einhergehen, eingreifen.
- Eine ähnliche Stimulation konnte für die Reparaturmechanismen an der DNS des Zellkerns nachgewiesen werden. Die α -Strahlung des Radons induzierte bei hoch exponierten Personen im Raum Bad Gastein eine vermehrte Synthese von Reparaturenzymen.
- Kleine Strahlendosen sollen das Immunsystem stimulieren. Bei Patienten mit erniedrigter Killerzellen-Aktivität wurde eine Normalisierung am Ende einer Radonkur festgestellt [63].
- *Bernatzky* et al. konnten im Tierversuch nachweisen, dass regulatorische Peptide wie Neurokinin A und Substanz P in Lungengewebe und Bronchien sowie Calcitonin-Gen-Related Peptide im Rückenmark nach Radonexposition in höherer Konzentration zu finden sind [11].
- Nach täglich verabreichten Bädern mit radonhaltigem Wasser konnten vermehrt signifikante Tagesrhythmen bei chronisch kranken Patienten beobachtet werden, die vorher weniger circadianen Rhythmen als gesunde junge Männer aufwiesen [33].
- *Luger* schließlich belegte 1992, dass die Haut die Fähigkeit zur Freisetzung von ACTH und Endorphinen besitzt [42]. Damit stellt sich die Frage, ob eine Radontherapie die Haut zur Endorphinausschüttung veranlassen kann, und ob diese Stoffe die Schmerzschwelle beeinflussen können.
- In eigenen Untersuchungen wurde durch Bestrahlung der Haut mit einer Alphastrahlenquelle (Am-241) ein dosisabhängiger Effekt auf die Aktivität der Langerhanszellen der Epidermis festgestellt (Abb. 9). Ein solcher Effekt ist auch für Schwefelbäder, die im gleichen Indikationsbereich verwendet werden und ebenfalls zu einer Schmerzlinderung führen, gefunden worden.

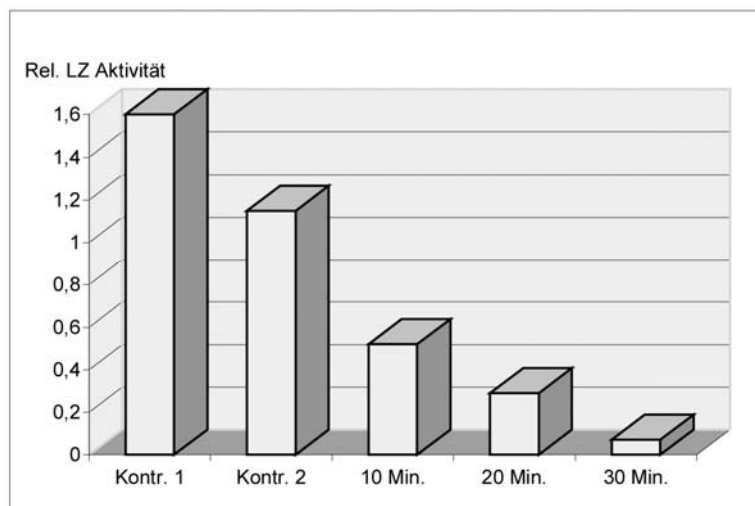


Fig. 9: Dosisabhängiger Effekt auf die Aktivität der Langerhanszellen der Epidermis durch Alphastrahlung mit einem Am-241-Strahler

Trotz der Fülle der experimentellen Befunde aus der strahlenbiologischen Grundlagenforschung ist es noch zu früh, eine definitive Aussage zum Wirkmechanismus von Radonbädern zu treffen. Weitere klinische Untersuchungen zur Erklärung der Effektivität der Radonbalneologie sind notwendig.

Vorschläge zu weiterführenden Studien

Da die analgetische Wirksamkeit von Radonbädern an sich bei Patienten mit degenerativer Erkrankung von Wirbelsäule und Gelenken in zwei Studien klinisch belegt werden konnte, stellt sich nun die Frage nach dem bestmöglichen erreichbaren therapeutischen Effekt.

Eine vergleichende Untersuchung von Radonwässern verschiedener Konzentrationen in der Balneologie ist in Deutschland wohl nicht möglich, da die rechtliche Voraussetzung der künstlichen Radonherstellung für therapeutische Zwecke fehlt. Hier kann die russische Literatur zu Rate gezogen werden. In russischen Studien wurde ein Wirksamkeitsmaximum bei ca. 3000 Bq/L festgestellt; unter 370 Bq/L erwiesen sich die Bäder als unwirksam, sofern sie mit Indifferenztemperatur appliziert wurden. Bei Anwendung in Form von Thermalbädern verschob sich die Wirksamkeit jedoch zu niedrigeren Konzentrationen [17].

Ebenfalls von Interesse ist die Frage, ob sich der analgetische Effekt von Radonbädern durch Zusatz anderer in der Balneologie verwendeter Substanzen (z.B. Schwefel, Moor, CO₂) steigern lässt.

Des Weiteren sollte die Wirksamkeit von Radonbädern nicht nur bei Erkrankungen des rheumatischen Formenkreises, sondern auch bei ihren anderen „klassischen“ Indikationen (z.B. Psoriasis, Sklerodermie, Frauenleiden, Neuralgien) wissenschaftlich überprüft werden. Aber auch Erkrankungen, die in Mitteleuropa bislang nicht mit Radon behandelt wurden und mit gestörten Regulationsmechanismen einhergehen, könnten im Hinblick auf Therapieerfolge in der ehemaligen Sowjetunion mit in die Untersuchungen einbezogen werden.



Abschließende Stellungnahme

Die serielle Anwendung von Radonbädern bei Patienten mit degenerativer Erkrankung von Wirbelsäule und Gelenken stellt eine wirksame und sinnvolle Therapie dar. Die Indikation sollte nach Anamnese, körperlicher Untersuchung und Diagnosestellung durch eine/n Arzt/Ärztin gestellt werden, damit die Kontraindikationen zur Radonbalneotherapie erfaßt und unerwünschte Nebenwirkungen vermieden werden. Obwohl wir der Meinung sind, dass mit der Radontherapie kein erhöhtes Strahlenrisiko verbunden ist, unterliegt die Anwendung radonhaltigen Wassers den Prinzipien des Strahlenschutzes. Das heißt, der verordnende Arzt muss ein mögliches, wenn auch minimales Restrisiko gegen einen kalkulierbaren Nutzen für den Patienten abwägen und ihn darüber aufklären.

Andere Therapien der Erkrankungen des rheumatischen Formenkreises, vor allem die Einnahme nichtsteroidaler Antiphlogistika, setzen den Patienten Gefahren aus, die deutlich größer veranschlagt werden müssen, als das Strahlenrisiko bei der Radontherapie. Diese Überlegung sollte in den Risikovergleich einbezogen werden.

Abschließend ist noch die hohe Akzeptanz der Radonbäder durch die Patienten hervorzuheben. Vier Monate nach Kurbeginn zeigten sie sich fast ausnahmslos mit der Durchführbarkeit und dem schmerzlindernden Effekt der Therapie sehr zufrieden und sprachen ihr Interesse an einer Wiederholung der Bäderserie aus.

Literatur

1. I. Bad Kreuznacher Protokoll vom 25.-26.3.1957 über den therapeutischen Nutzen radioaktiver Isotope.
2. II. Bad Kreuznacher Protokoll vom 21.8.1992 über den therapeutischen Nutzen des Radons.
3. Andrejew, S. V.: Die Bestrahlung des menschlichen Organismus bei der Radonbehandlung. Z. Physiother. 25 (1973) 161-171.
4. Andrejew, S. V., Abramow, V. I.: Ein Messverfahren und eine Vorrichtung zur Bestimmung von Radonkonzentrationen. Z. Fragen der Kurortwissenschaft, Physiotherapie und Heilkörperkultur (Moskau/Russland) 1985 Nr. 2, 67-69.
5. Andrejew, S. V., Semjonow, B. N., Tauchert, D.: Zum Wirkungsmechanismus von Radonbädern. Z. Phys. Med. Baln. Med. Klim. 13 (1990) 83-89.
6. Andrejew, S. V.: Formen und Methoden der Radontherapieanwendungen. Übersetztes Manuskript, persönliche Mitteilung, Nr. 1.
7. Andrejew, S. V., Selenezkaja, V. S.: Hormesiskonzeption im Rahmen des Problems der stimulierenden Wirkung von geringen Dosen chemisch-physikalischer Reize. Übersetztes Manuskript, persönliche Mitteilung, Nr. 2.
8. Andrejew, S. V., Selenezkaja, V. S.: Die Grundetappen der Geschichte der Radontherapie in der UdSSR. Übersetztes Manuskript, persönliche Mitteilung, Nr. 3.
9. Andrejew, S. V.: Missverständnis oder Absicht? Stellungnahme zu einigen Aussagen über das Risiko-Nutzen Problem der Radontherapie. Beitrag des Senders I.E.C. vom 13. 7. 1995.
10. Bernatzky, G., Graf, A.-H., Saria, A., Lettner, H., Hofmann, Adam, H. W., Leiner, G.: Schmerzhemmende Wirkung einer Kurbehandlung bei Patienten mit Spondylarthritis Ankylopoetica. In: Pratzel, H. G., Deetjen, P. (Hrsg.), Radon in der Kurortmedizin. I. S. M. H. Verlag Geretsried 1997.
11. Bernatzky, G., Sasria, A., Holzleitner, H., Kronberger, C., Wittauer, U., Blum, F., Hacker, G. W., Kullich, W., Leiner, G., Adam, H.: Auswirkungen niedrig dosierter ionisierender Strahlung auf regulatorische Peptide im Blut und in Geweben. Z. Phys. Med. Baln. Med. Klim. 19 (1990) 36-53.



Gesundheitsresort*****

LEBENSQUELL

BAD ZELL

12. Bogoljubov, W. M., Rachmanova, T. B., Gusarov, I. I., Chudotjoply, A. S.: Biologische und klinische Wirkungsmechanismen von verschiedenen Arten der Radonbehandlung. Z. Phys. Med. Baln. Med. Klim. 13 (1984) 25-31.
13. Bogoljubov, W. M., Gusarov, I. I., Rachmanova, T. B., Chudotjoply, A. S.: Der Mechanismus der Radonwirkung in der Kur. Zentralinstitut für Balneologie und Physiotherapie Moskau Übersetztes Manuskript, persönliche Mitteilung
14. Burkart, W.: Die adaptive Reaktion menschlicher Lymphozyten auf kleine Strahlendosen. Z. Phys. Med. Baln. Med. Klim. 19 (1990) 19-27.
15. Dafinova, Y.: The Therapeutic Effect of Radon Baths and Magnetotherapy on Rheumatoid Arthritis Patients. In: Pratzel, H. G. (Hrsg.), Health Resort Medicine. I. S. M. H. Verlag Geretsried (1995), ISBN 398044370-1.
16. Deetjen, P.: Biologische und medizinische Wirkungen niedrig dosierter ionisierender Strahlen. Z. Phys. Med. Baln. Med. Klim. 13 (1984) 6-10.
17. Deetjen, P.: Radon-Balneotherapie – neue Aspekte. Phys. Reha. Kur. Med. 2/3 (1992) 700-703.
18. Egg, D., Gastl, G., Altmann, H., Günther, R., Huber, C.: Immunologische Untersuchungen während Radon-Balneotherapie. Z. Phys. Med. Baln. Med. Klim. 13 (1984) 56-68.
19. Enders, W.: Die Emanationstherapie im Lichte einer Reizkörpertherapie. Verlag Rudolf Kramer, Radiumbad Oberschlema (1930).
20. Evers, A.: Spezifische und unspezifische Wirkungen in der Balneotherapie. Münchner Medizinische Wochenschrift, 101. Jahrgang 1959 Nr. 11 461-464.
21. Feinendegen, L. E.: The Cell Dose Concept; a Potential Tool for Analyzing the Net Effect of Radiation in Multicellular Systems. Z. Phys. Med. Baln. Med. Klim. 19 (1990) 8-11.
22. Feiereis, H., Saller, R. (Hrsg.): Strahlenrisiko bei Radontherapie. Aus: 170 neue, noch unveröffentlichte Fragen und Antworten aus der Praxis. Band 5; Marseille Verlag München; 1996, 231-233.
23. Fischer, A. A.: Pressure Threshold Meter: Ist Use for Quantification of Tender Spots. Arch Phys Med Rehabil 67: 836-838, 1986.
24. Fischer, A. A.: Documentation of Myofacial Trigger Points. Arch Phys Med Rehabil 69: 286-291, 1988.
25. Fischer, A. A.: Pressure Dolorimetry for Differential Diagnosis of Pain in Rheumatology Practice. Vortrag anlässlich des Symposiums über Generalisierte Tendomyopathie (Fibromyalgie) 27.-30. Juni 1990 in Bad Säckingen (D) / Rheinfelden (CH) in W. Müller (Hrsg.), Generalisierte Tendomyopathie Steinkopff Verlag Darmstadt 87-94.
26. Fleck, M.: Die Strahlenhormesis und die Konsistenz ihrer experimentellen Befunde. Z. Phys. Med. Baln. Med. Klim. 19 (1990) 59-68.
27. Freeb, E., Hoschek, R.: Radiumschwachtherapie mit Alphastrahlern. Die Medizinische 19 (1956) 324-326.
28. Frick, H., Pfaller, W.: Die Auswirkung niedriger -Strahlendosis auf epitheliale Zellkulturen. Z. Phys. Med. Baln. Klim. 17 (1988) 23-31.
29. Frick, H., Pfaller, W.: DNS-Strangbruchmessungen nach Einwirkung niederer -Strahlendosen an Zellkulturen nicht transformierter und transformierter Zellen. Z. Phys. Med. Baln. Med. Klim. 19 (1990) 28-35.
30. Fritz-Niggli, H.: Mögliche Wirkungen kleiner Strahlendosen. Naturwissenschaftliche Rundschau 47. Jahrgang Heft 3 (1994).
31. Gastl, G., Egg, D., Herold, M., Födinger, A. M., Huber, Ch., Günther, R.: Influence of Finnish Bath and Radon Balneotherapy on the Frequency and Activity of Natural Killer Cells in Peripheral Blood. Z. Phys. Med. Baln. Med. Klim. 17 (1988) 47-53.



32. Gerber, G., Mol, B.: Biopositive Strahlenwirkungen? Neue Aufgaben für die strahlenbiologische Forschung. In: Materialien zum Strahlenschutz, Nutzen und Risiko bei der Einwirkung kleiner Dosen ionisierender Strahlung. Tagungsband 2, Kolloquium 4. - 6. Oktober 1993 Schlema/Sachsen.
33. Herold, M., Günther, R.: Chronobiologische Untersuchungen während Radon-Balneotherapie. Z. Phys. Med. Baln. Med. Klim. 13 (1984) 68-76.
34. Hofmann, W.: Gibt es „biopositive“ Effekte bei der Radontherapie? Z. Phys. Med. Baln. Med. Klim. 19 (1990) 69-77.
35. Kiefer, H., Koelzer, W.: Strahlen und Strahlenschutz. 3. Auflage Springer-Verlag 1992 ISBN 3-540-55525-0.
36. Kihn, L.: Die Badereaktion früher und heute. Z. Münchner Medizinische Wochenschrift, 101. Jahrgang (1959) Nr. 44 1959-1961.
37. Kowarschik, J.: Worauf beruht die Wirkung der Heilbäder? Z. Medizinische Klinik, 53. Jahrgang Nr. 26, 27. Juni 1958 1117-11.
38. Lambeck, M.: Radon: Gesundheitsrisiko oder Jungbrunnen? Z. Skeptiker Jahrgang 3, Heft 3, September 1990.
39. Legler, B.: Wirksamkeitsuntersuchungen bei der Anwendung von Radon in den Bädern der ehemaligen Sowjetunion. Manuskript, persönliche Mitteilung.
40. Luckey, T. D.: Beneficial Physiologic Effects of Ionizing Radiation. Proceedings of the 24th Annual Meeting of Vereinigung deutscher Strahlenschutzärzte. Reinbeck, Germany, May 1983.
41. Luckey, T. D.: Hormesis bei Krebsinduktion durch radioaktive Strahlung hoher Ionisationsdichte. Z. Phys. Med. Baln. Med. Klim. 13 Sonderheft 1 (1984) 11-16.
42. Luger, T.A.: UV-Licht und Neuropeptide. Klinik und Poliklinik für Hautkrankheiten Münster/Westfalen 1992 (persönliche Mitteilung des Verfassers).
43. Morinaga, H.: Medical Experiences in the Japanese Radon Spa Misasa. Z. Phys. Med. Baln. Klim. 17 (1988) 67-71.
44. Müller, G. M.: Über das Wesen der so genannten Badekrise und deren Behandlung. Münchner Medizinische Wochenschrift, 97. Jahrgang 1955 Nr. 11 332-333.
45. Müller, W., Lautenschläger, J.: Die generalisierte Tendomyopathie (GTM). Teil I: Klinik, Verlauf und Differentialdiagnose. Zeitschrift f. Rheumatologie 49: 1-21, 1990.
46. Müller, W., Lautenschläger, J.: Die generalisierte Tendomyopathie (GTM). Teil II: Pathogenese und Therapie. Zeitschrift f. Rheumatologie 49: 22-29, (1990).
47. Pfaller, W., Loidl, P., Gstraunthaler, G., Gröbner, P.: Auswirkung von Alphastrahlen auf das Proliferationsverhalten von kultivierten Zellsystemen. Z. Phys. Med. Baln. Klim 13 (1984) 17-24.
48. Planel, H., Caratero, C., Tixador, R., Conter, A., Richoilley, G., Croute, F.: A Demonstration of the Radiation Hormesis Concept. Z. Phys. Med. Baln. Klim 19 (1990) 12-18.
49. Oshima, Y.: The Shinshu Medical Journ. 3 (1954) 302.
50. Pohl-Rühling, J., Fischerm P., Pohl, E.: Chromosomenaberrationen nach Inhalation von Radon und seinen Zerfallsprodukten. Z. f. Angewandte Bäder- und Klimaheilkunde, 26/4 (1979) 437-443.
51. Pratzel, H. G.: Die klinische Wirksamkeit von Radonbädern ist bewiesen. Heilbad und Kurort 44 11-12 (1992).
52. Pratzel, H. G., Legler, B., Aurand, K., Baumann, K., Franke, Th.: Wirksamkeitsnachweis von Radonbädern im Rahmen einer kurortmedizinischen Behandlung des zervikalen Schmerzsyndroms. Phys. Reha. Kur. Med. 3 (1993) 76-82.
53. Pratzel, H. G.: Über die Wirksamkeit von Radonanwendungen. Rheuma-Journal 2 (1995).



Gesundheitsresort*****

LEBENSQUELL

BAD ZELL

54. Consigli, V. P.: Le odierne conoscenze sulle azioni fisicochimiche elementari delle radiazioni in rapporto agli effetti biologici delle acque radioattive. In: Atti del Congresso Internazionale di idrologia e climatologia, Lacco Ameno D'Ischia 4 - 8 Ottobre 1958 Ed.: Centro studi e recherche delle terme radioattive Regina Isabella.
55. Saller, R., Hellenbrecht, D.: Schmerzen, Therapie in Praxis und Klinik. Marseille Verlag, München (1991) 263-329.
56. Schoger, G. A. Was ist von der Behandlung mit natürlichen radioaktiven Wässern zu erwarten? MedWelt (1962) 34.
57. Scheminzky, F.: Die biologische Wirkung der radioaktiven Mineralwässer und der radioaktiven Thermalgase. In: Atti del Congresso Internazionale di idrologia e climatologia, Lacco Ameno D'Ischia 4-8 Ottobre 1958, Ed.: Cento studi e ricerche delle terme radioattive Regina Isabella.
58. Schoger, G. A., Kern, H.: Radium-bzw. Radonbalneologie. In: Amelung, W. und Evers, A. Handbuch der Bäder- und Klimaheilkunde, (1962) 429-460.
59. Schüttmann, W.: Das Hormesis-Prinzip – vom biologischen Nutzen radioaktiver Strahlung. Rundfunksendung „Landwirtschaft und Umwelt“, 4. 6. 1989, 6.35-7.15 Uhr, RIAS 1.
60. Schüttmann, W.: Radon – das natürliche Radionuklid – seine gesundheitliche Bewertung. Rundfunksendung „Landwirtschaft und Umwelt“, 6. 8. 1989, 6.35-7.15 Uhr, RIAS 1.
61. Schüttmann, W.: Das Strahlenrisiko des Patienten bei der Radontherapie. Z. ärztl. Fortb. Jena 84 (1990) 1244-1249.
62. Schüttmann, W.: Geschichte der Schneeberger Lungenkrankheit. Broschüre des Bundesamt für Strahlenschutz, Fachbereich Strahlenschutz, 2. Biophysikalische Arbeitstagung Schlema, 11. Bis 13. September 1991 BfS-ST-3/92.
63. Schüttmann, W.: Radonbalneologie im Spannungsfeld der Strahlenschutzpolitik. In: Pratzel, H. G., Deetjen, P. (Hrsg.), Radon in der Kurortmedizin. I. S. M. H. Verlag, Geretsried.
64. Happel, P.: Z. angew. Bäder- und Klimaheilkunde, 2 (1954) 433.
65. Engelmann, W.: Das Heidelberger Radium-Solbad. MMW (1953) 11.
66. Strelkowa, N. I.: Anwendung der Radonbäder mit verschiedenem Radongehalt in der neurologischen Praxis. Allunionssymposium für Radontherapie, Radonbad Chmelnik, 24.-25. 4. 1980: Vortragsthesen in Z. f. Kurortwissenschaft und Physiotherapie Moskau.
67. Strassburger, J.: Radiumemanationstherapie. Verlag Bieger & Jank, Stuttgart.
68. Tuschl, H., Klein, W.: Reparaturprozesse in Lymphozyten beruflich strahlenexponierter Personen. Z. Phys. Med. Baln. Klim 13 (1984) 44-55.
69. UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation) Report Adaptive Responses to Radiation in Cells and Organisms. General Assembly Official Records, forty-ninth Session, Supplement No. 46 (A/49/46), United Nations, New York, (1994), Paragraphs 28-34.
70. Weber, K.-H.: Hormesis des durch Alpha-Teilchen induzierten Lungenkrebses. Broschüre des Bundesamt für Strahlenschutz, Fachbereich Strahlenschutz, 2. Biophysikalische Arbeitstagung Schlema, 11. Bis 13. September 1991 BfS-ST-3/92.
71. Vogt, H.: Lehrbuch der Bäder- und Klimaheilkunde, Berlin Julius Springer (1940).
72. Hildebrandt, G.: In: Amelung, W. und Hildebrandt, G. Balneologie und medizinische Klimatologie, Band 2 (1985) 228-242.



Gesundheitsresort*****

LEBENSQUELL

BAD ZELL

Danksagung:

Der Autor bedankt sich bei allen Beteiligten für die Mitarbeit und Unterstützung bei der Durchführung dieser Untersuchung ohne die dieser wichtige Meilenstein zur Radonbalneologie nicht erreicht werden konnte, bei Frau Biedenkopf für die Schirmherrschaft und politische Unterstützung der Schlemastudie, für die finanzielle Förderung beim Deutschen Bäderverband, bei der Gemeinde Schlema, beim Kurortforschungsverein Bad Steben; für die statistische Auswertung beim Forschungsinstitut für Balneologie und Kurortwissenschaft Bad Elster und Herrn und Frau Drs. Franke; für die organisatorische Hilfe bei Herrn Prof. Dr. K. Aurand und dem Radon-Dokumentations und Informationszentrum (RADIZ), Herrn Bürgermeister Barth von Schlema, Herrn Chefarzt Dr. med. Klein von der LVA-Klinik Frankenwarte in Bad Steben, für die ärztliche Hilfe bei Frau B. Legler, Frau Dr. med. Baumann und Frau Dr. med. S. Heisig.

Danksagung:

Der Autor bedankt sich bei allen Beteiligten für die Mitarbeit und Unterstützung bei der Durchführung dieser Untersuchung ohne die dieser wichtige Meilenstein zur Radonbalneologie nicht erreicht werden konnte, bei Frau Ingrid Biedenkopf für die Schirmherrschaft und politische Unterstützung der Schlemastudie, für die finanzielle Förderung beim Deutschen Bäderverband, bei der Gemeinde Schlema, beim Kurortforschungsverein Bad Steben; für die statistische Auswertung beim Forschungsinstitut für Balneologie und Kurortwissenschaft Bad Elster und Herrn und Frau Dr. Franke; für die organisatorische Hilfe bei Herrn Prof. Dr. med. K. Aurand und dem Radon-Dokumentations- und Informationszentrum (RADIZ), Herrn Bürgermeister K. Barth von Schlema, Herrn Chefarzt Dr. med. Klein von der LVA-Klinik Frankenwarte in Bad Steben und nicht zuletzt für die ärztliche Hilfe bei Frau Dipl.-Med. Britt Legler, Frau Dr. med. K. Baumann und Frau Dr. med. Saskia Heisig.

Adresse des Autors:

Univ.-Prof. Dr. med. habil. Dr. rer.nat. Helmut G. Pratzel
Institut für Medizinische Balneologie und Klimatologie der Ludwig-Maximilians-Universität
München, Marchioninstr. 17, D-81377 München

