

Effekt einer Leberbehandlung auf den Laktatwert im Blut von gesunden Erwachsenen

Master Thesis zur Erlangung des akademischen Grades
„Master of Science“ in Osteopathie

an der **Donau-Universität Krems -**
Zentrum für chin. Medizin & Komplementärmedizin

niedergelegt
an der **Wiener Schule für Osteopathie**

von **Elke Hieden**

Rein, Mai 2014

Betreuer/in: Jan Porthun MMSc DPO
Statistik von DI Dr. Johannes Hofrichter

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit versichere ich, die vorgelegte Masterthese selbständig verfasst zu haben.

Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder nicht veröffentlichten Arbeiten anderer übernommen wurden, wurden als solche gekennzeichnet. Sämtliche Quellen und Hilfsmittel, die ich für die Arbeit genutzt habe, sind angegeben. Die Arbeit hat mit gleichem Inhalt weder im In- noch im Ausland noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegen.

Diese Arbeit stimmt mit der von dem/der Gutachter/in beurteilten Arbeit überein.

Datum

Unterschrift

VORWORT

Ich danke meinem lieben Freund und Kollegen, Herrn Mag. **Bernhard Wolf**, ohne den es diese Arbeit nicht geben würde. Du hast an mich geglaubt, du hast mich begleitet und warst die ganze Zeit über für mich da. DANKE!

Von der Freundschaft

Euer Freund ist die Antwort auf eure Nöte.

Er ist das Feld, das ihr mit Liebe besät und
mit Dankbarkeit erntet.

Und er ist euer Tisch und euer Herd.

Denn ihr kommt zu ihm mit eurem Hunger,
und ihr sucht euren Frieden bei ihm.

Wenn euer Freund frei heraus spricht,
fürchtet ihr weder das "Nein" in euren Gedanken,
noch haltet ihr mit dem "Ja" zurück.

Und wenn er schweigt, hört euer Herz nicht auf,
dem seinen zu lauschen;

Denn in der Freundschaft werden alle Gedanken,
alle Wünsche, alle Erwartungen ohne Worte geboren
und geteilt, mit Freude, die keinen Beifall braucht.

Khalil Gibran, Der Prophet

weitere danke ich auch folgenden Personen:

- ✓ Herrn **Uwe Aufhauser**, der nicht nur bei allem assistiert hat, sondern auch für reichlich Spass an der Sache gesorgt hat.
- ✓ Herrn DI Dr. **Johannes Hofrichter** für die Statistik Hilfe und Frau **Karoline Götz** für die Übersetzung ins Englische.

INHALTSVERZEICHNIS

1. EINLEITUNG.....	8
2. ALLGEMEINE GRUNDLAGEN.....	11
2.1. Die anaerobe Energiegewinnung.....	12
2.1.1. Die anaerob – alaktazide Energiegewinnung.....	12
2.1.2. Die anaerob – laktazide Energiegewinnung.....	13
2.2. Die aerobe Energiegewinnung.....	15
2.3. Laktat.....	17
2.3.1. Der Laktatabbau.....	18
2.3.2. Der Cori-Zyklus.....	21
2.3.3. Laktatmessung mittels Leistungsdiagnostik.....	24
2.3. Die Leber.....	24
2.3.1. Embryologie.....	25
2.3.2. Vaskularisation.....	26
2.3.3. Neuronale Faktoren.....	27
2.3.4. Topographie.....	28
2.3.5. Funktionen der Leber.....	29
2.3.5.1. Funktionen der Leber unter Belastung.....	30
2.3.5.2. Emotionaler Bezug.....	31
2.3.6. Behandlungsansätze innerer Organe in der Osteopathie.....	33
2.3.6.1. Direkte Techniken.....	33
2.3.6.2. Indirekte bzw. funktionelle Techniken.....	33
2.3.6.3. Induktionstechniken.....	33
2.3.6.4. Kompression und Vibration.....	34
3. METHODOLOGIE.....	35
3.1. Studiendesign.....	35
3.2. Stichprobenbeschreibung.....	35
3.2.1. Stichprobengröße.....	35

3.2.2. Einschlusskriterien.....	37
3.2.3. Ausschlusskriterien.....	37
3.3. <i>Laktatmessung</i>	38
3.4. <i>Behandlungsablauf</i>	40
3.4.1. Erster Termin.....	40
3.4.2. Zweiter Termin.....	42
3.5. <i>Behandlungsschema</i>	44
3.6. <i>Behandelnde Personen</i>	48
3.7. <i>Materialien</i>	48
3.7.1. Art der Materialien.....	48
3.7.1.1. Das Laufband.....	48
3.7.1.2. Das Fahrrad.....	50
3.7.2. Validität und Reliabilität (Gold Standard).....	50
4. ERGEBNISSE.....	51
4.1. <i>Verwendete Statistik</i>	51
4.2. <i>Ausgangslage nach drei Minuten</i>	52
4.3. <i>Laktatreduktion</i>	55
4.4. <i>Modellierung der Reduktion</i>	57
4.5. <i>Unterschied Geschlecht</i>	59
4.6. <i>Unterschied Sportart</i>	61
4.7. <i>Analyse „ohne“ Behandlung erster und zweiter Termin</i>	63
4.8. <i>Anmerkung zur Modellierung</i>	64
4.9. <i>Fazit</i>	64
5. DISKUSSION.....	65
5.1. <i>Allgemeine Auffälligkeiten</i>	65
5.2. <i>Methodendiskussion</i>	66
5.2.1. <i>Gesunde Probanden</i>	66
5.2.2. <i>Einfluss des Geschlechts auf die Ergebnisse</i>	66
5.2.3. <i>Einfluss der Ernährung auf die Ergebnisse</i>	67

5.2.4. Einfluss der Messgröße Laktat auf die Ergebnisse.....	68
5.2.5. Wahl der Materialien.....	68
5.2.6. Wahl des Behandlungszuganges.....	68
5.3. <i>Diskussion der Ergebnisse</i>	69
5.3.1. Hat es einen Einfluss auf die Ergebnisse, ob die osteopathischen Techniken beim ersten oder beim zweiten Termin durchgeführt wurden?.....	69
5.3.2. Hat es einen Einfluss auf die Ergebnisse, ob die Leistungsdiagnostik am Fahrrad oder am Laufband durchgeführt wurde?.....	69
6. Konklusion	71
6.1. Zusammenfassung.....	71
6.2. Schlussfolgerung.....	71
6.3. Ausblick.....	72
7. LITERATURVERZEICHNIS	73
8. ENGLISCHE ZUSAMMENFASSUNG	79
9. TABELLENVERZEICHNIS	92
10. ABBILDUNGSVERZEICHNIS	93
11. ANHANG	95
11.1. Informationsblatt.....	95
11.2. Behandlungsprotokoll.....	96
11.3. Patienteninformation und Einverständniserklärung.....	97
11.4 Rohdaten.....	101

Zusammenfassung

Name: Hieden

Vorname: Elke

Titel: Effekt einer Leberbehandlung auf den Laktatwert im Blut von gesunden Erwachsenen

Hintergrund: In der Osteopathie gibt es kaum Studien, die objektiv belegen, dass wir, wenn wir vorgeben, ein Organ zu behandeln, dieses auch tatsächlich in seiner Funktion beeinflussen. Die Leber ist die größte exokrine Drüse im Körper und spielt eine zentrale Rolle im Stoffwechsel- und Energiehaushalt. Im Rahmen der Osteopathie - Ausbildung wird ihr große Aufmerksamkeit geschenkt. Wenn es, wie die Osteopathie vorgibt, möglich ist, ein Organ zu behandeln, so sollte es auch möglich sein, den Stoffwechsel des Organs mittels osteopathischer Techniken zu beeinflussen.

Zielsetzung:

Das Ziel dieser Studie war es herauszufinden, ob es möglich ist, mittels osteopathischer Techniken, die auf Höhe der Leber angewandt wurden, den Stoffwechsel des Organs objektiv messbar zu beeinflussen. Im vorliegenden Fall wurde die Rolle der Leber beim Kohlenhydratstoffwechsel beleuchtet und das Laktat als Messgröße herangezogen.

Studiendesign: An der „Within subject Design“ Studie nahmen 12 gesunde Frauen und neun gesunde Männer (Durchschnittsalter 30 Jahre) teil. Als Messparameter wurde das Laktat, welches auch über die Leber verstoffwechselt wird, herangezogen. Die Studienteilnehmer mussten eine Laktatleistungsdiagnostik absolvieren, um möglichst hohe Laktatwerte als Ausgangsbasis zu erreichen. Diese Testung wurde bei 11 Teilnehmern am Fahrradergometer und bei 10 Teilnehmern am Laufband durchgeführt. Nach absolvierter Leistungsergometrie und erfolgter Laktatmessung wurde erneut nach dreiminütiger Pause Laktat gemessen. Dann wurden an den Probanden osteopathische Techniken auf Höhe der Leber durchgeführt. Laktatmessungen fanden nach weiteren 12 und 27 Minuten statt, sodass sich eine Gesamtbehandlungszeit nach erfolgter Ergometrie von 30 Minuten ergab. Beim zweiten Termin erfolgte wieder eine Leistungsdiagnostik. Diesmal mußten die Teilnehmer die ersten 12 Minuten im Sitzen und die restlichen 15 Minuten im Liegen

verbringen. Laktat wurde - wie beim ersten Termin - gemessen. Aus zeitlichen Gründen wurden 50 % der Teilnehmer beim ersten und 50 % beim zweiten Termin mit osteopathischen Techniken behandelt.

Ergebnisse: Es kam bei beiden Gruppen zu keinem signifikanten Unterschied in der Geschwindigkeit des Laktatabbaus. Auch hatte es keinen Einfluss auf das Ergebnis ob die durchgeführte Leistungsdiagnostik am Fahrradergometer oder am Laufband gemacht wurde. Es zeigten sich keine geschlechtsspezifischen Auffälligkeiten und es hatte auch keinen Einfluss auf das Ergebnis, ob die Probanden beim ersten oder beim zweiten Termin die osteopathische Behandlung bekamen.

Zusammenfassung: Es zeigt sich, dass auf Höhe der Leber angewandte osteopathische Techniken in einem Zeitrahmen von 30 Minuten keinen messbaren Einfluss auf den Laktatwert von gesunden Erwachsenen im Blut haben. Der Laktatabbau wird durch die Intervention nicht beeinflusst.

Schlüsselwörter: Leber, Laktat, Laktatabbau, Osteopathie, osteopathische Behandlung

Abstract

Name: Hieden

First name: Elke

Titel: The effect of an osteopathic treatment of the liver on the blood lactate level of healthy adults.

Background: In osteopathy, there are hardly any studies which prove that if we pretend to treat an organ we actually affect it in its function. The liver is the largest exocrine gland in the human body and plays a central role in metabolism and energy balance. In the context of osteopathy it receives widespread attention. If it is possible to treat an inner organ, as osteopathy claims, it should also be possible to influence the metabolism of the body by means of osteopathic techniques.

Aim: The aim of this study is to find out whether it is possible to influence the metabolism of the liver by means of osteopathic techniques which are applied at the level of the liver. In addition, it should be possible to measure this influence in an objective way. In the present case the role of the liver in carbohydrate metabolism was examined and lactate was used as an indicator.

Study design: Twelve healthy women and nine healthy men (average age of 30 years) took part in this within subject design study. Lactate, which is metabolized via the liver, was used as a parameter.

At the first appointment the study participants had a lactate performance diagnostics in order to achieve the highest possible levels of lactate. This test was carried out with 11 participants on the bicycle ergometer and 10 participants on the treadmill. Immediately after finishing the performance diagnostics lactate measurements took place. They were repeated after a three minute break. Afterwards osteopathic techniques were applied at the level of the liver. Lactate measurements were made after a further 12 and 27 minutes in order to achieve a total of 30 minutes of treatment time.

At the second appointment the performance diagnostics was repeated, but this time the participants had to spend the first 12 minutes in a sitting position (again after a three minute

break), and the remaining 15 minutes in a lying position. Lactate was measured as in the first appointment. For reasons of time about 50% (11 persons) of the participants were treated with osteopathic techniques in the first and 50% (10 persons) in the second session .

Results: In both groups, there was no significant difference in the rate of lactate degradation. Also, it did not affect the results whether the test persons did the performance diagnostics on a bicycle ergometer or the treadmill. There were also no gender abnormalities and it also had no influence on the results whether the subjects were given the osteopathic treatment in the first or in the second session.

Conclusion: It turns out that osteopathic techniques at the level of the liver for a period of 30 minutes do not show a measurable influence on the blood lactate level. The lactate degradation is not affected by the intervention.

Key words: Liver, lactate, lactate removal, osteopathy, osteopathic treatment

1. Einleitung

Die Leber ist die größte exokrine Drüse im Körper und spielt eine zentrale Rolle im Stoffwechsel- und Energiehaushalt. Obwohl diesem Organ in der osteopathischen Ausbildung eine sehr große Aufmerksamkeit geschenkt wird, und es auch zahlreiche Literatur zum Thema Leberbehandlung gibt, findet man kaum fundierte osteopathische Studien, die belegen können, dass viszerale osteopathische Behandlungsansätze auch wirklich objektiv nachweisbar am Organ wirken (Haermeyer & Pott, 2009; Riegler, 2000; Spring, 2008).

Die Osteopathie ist ein sehr ganzheitlicher Ansatz und eines der Grundprinzipien der Osteopathie ist, dass der Körper eine Einheit ist, das heißt, dass sich alle Teile des Ganzen gegenseitig beeinflussen. Osteopathische Behandlungen beziehen immer das Körperganze mit ein und sind nicht auf bloße Anwendung von Techniken beschränkt. Doch dieser holistische Ansatz macht es schwer nachzuvollziehen, was - wenn überhaupt - dem jeweiligen Patienten wirklich geholfen hat. Für mich stellt sich daher die Frage, ob es möglich ist, einzelne Behandlungstechniken und ihre Auswirkungen auf die Struktur bzw. den Menschen zu untersuchen, oder ob es eben genau dieser ganzheitliche Zugang ist, der die jeweiligen Effekte bringt?

Gerade im Bereich der alternativen Medizin erscheint es mir von enormer Wichtigkeit, dass Ergebnisse wissenschaftlich nachvollziehbar sind, um so die Glaubwürdigkeit der Behandlungsformen zu unterstützen. Obwohl es nicht meiner gewohnten Behandlungsweise entspricht, einzelne Organe isoliert zu behandeln, war ich dennoch neugierig zu erfahren ob sich die im Unterricht gelernten Techniken angewandt am Organ - auch objektiv nachweisbar - messen lassen.

In der Osteopathie gibt es kaum Studien, die objektiv belegen, dass wir, wenn wir vorgeben ein Organ zu behandeln, dieses auch tatsächlich in seiner Funktion beeinflussen. Spring, 2008 konnte in seiner Studie „Der Einfluss einer Leber- und Nierenbehandlung eines Leistungssportlers“ aufzeigen, dass es durch die osteopathische Behandlung eine Tendenz zu einem rascheren Laktatabbau gibt. Er konnte gemäß der statistischen Analyse knapp keinen signifikanten Unterschied zwischen Experimental- und Kontrollgruppe feststellen ($p=0.060$). Möglicherweise ist die Tatsache, dass das Ergebnis nicht statistisch signifikant war, auf die geringe Stichprobengröße zurückzuführen. Spring hat in seiner Studie

einerseits die jeweiligen zur Leber bzw. Niere gehörenden ortho- und parasympathischen Segmente untersucht und bei Bedarf manipuliert, andererseits auch das Omentum minus, den Sphincter oddi und das Duodenum behandelt. Damit ist nur schwer zu sagen, welcher Behandlungsansatz letztendlich zu welcher Veränderung geführt hat. Oder ist es vielleicht gerade die Summe der Behandlungsansätze, die eine Veränderung ermöglicht ?

Es erscheint mir daher wichtig, nur den Effekt osteopathischer Techniken auf Höhe eines Organs - im vorliegenden Fall der Leber - zu untersuchen. Ich möchte ganz bewusst keine gesamte osteopathische Behandlung, welche eine genaue Befundung und darauf aufbauende Behandlung beinhaltet, durchführen, sondern die durchgeführten Techniken lediglich auf die Leber beschränken. Da die Leber ein zentrales Organ im menschlichen Stoffwechsel darstellt und eine wichtige Rolle im Kohlenhydratstoffwechsel spielt, wurde dieses Organ für die vorliegende Studie gewählt. Um einen objektiv messbaren Wert zu erhalten, habe ich mich für den Laktatwert, der im Blut messbar ist entschieden. Da Laktat über die Leber verstoffwechselt wird und es mittels Laktatmessgerät sehr minimal invasiv messbar ist, möchte ich den Effekt einer Leberbehandlung auf den Laktatwert im Blut bei gesunden Erwachsenen untersuchen.

Die Arbeit könnte aufzeigen, dass durch eine osteopathische Arbeit an einem Organ direkt objektiv messbare Ergebnisse erzielt werden. Damit würde diese Arbeit eine wichtige Basisarbeit für nachfolgende Arbeiten zum Thema viszerale Osteopathie sein. Die viszerale Osteopathie ist ein Basisbestandteil der Osteopathie und dennoch gibt es noch wenige Arbeiten, die wissenschaftlich belegen, dass viszerale Zugänge auch das behandeln, was sie vorgeben zu behandeln. Für die Osteopathen wäre es auch im Umgang mit Ärzten und Patienten sehr hilfreich, wenn es auf diesem Gebiet mehr Grundlagenforschung geben würde. Laut Wiesend (2009) ist der Hauptgrund, warum ein Arzt nicht mit der Osteopathie zusammen arbeitet, das Fehlen an Wissenschaftlichkeit und die fehlenden Wirksamkeitsnachweise. Laut Wotruba (2011) fühlen sich 70% der in seiner Studie befragten Ärzte nicht sicher, was ihr Wissen über Osteopathie angeht und 75% würden gerne mehr Information über die Osteopathie haben. Auch ist es für Klienten, die noch nichts über Osteopathie wissen, nur sehr schwer vorstellbar, dass man innere Organe be"handeln" kann.

Die Forschungsfrage, die sich aus meinen Überlegungen ergibt, lautet wie folgt: Hat eine Behandlung der Leber mittels osteopathischer Techniken einen Einfluss auf den Laktatwert von erwachsenen Probanden im Blut, gemessen in einem Zeitraum von 30 Minuten nach vorangegangener Leistungsdiagnostik?

Die Nullhypothese, die dieser Arbeit zu Grunde liegt, lautet: 30 Minuten nach absolvierter Leistungsdiagnostik haben osteopathische Techniken auf Höhe der Leber keinen Einfluss auf den Laktatwert von Erwachsenen im Blut.

Osteopathische Studien zum Thema Leberbehandlung

Trotz intensiver Recherche im Internet auf diversen Suchmaschinen (Pubmed, Cochrane Library, Biomed Central, Med Pilot, MetaGer, Osteopathic Research Web, Ostmed-DR und Google-scholar) konnten neben der Studie von Spring (2008) nur wenige Studien zum vorliegenden Thema gefunden werden.

Hendrix (2001) untersuchte den Effekt einer Leberentstauungstechnik nach Weischenk auf die Laktatelimination aus dem Blut. Ähnlich wie in der hier vorliegenden Studie wollte der Autor den Einfluss einer manuellen Intervention auf ein inneres Organ untersuchen. Auch er erwähnte, dass er in seiner Literaturrecherche keine ähnlichen Studien finden konnte. Hendrix fand heraus, dass die in der Studie angewandte Leberentstauungstechnik nach Weischenk zwar in der gesamten Erholungszeit von 15 Minuten keinen Einfluss auf die Laktatelimination hatte, es aber sehr wohl eine signifikante Steigerung ($p < 0.05$) der Laktatelimination gab, wenn man sich die letzten Minuten der Gesamterholungszeit (11. bis 15. Minute) genauer ansah.

Gallagher (2011) und Halbeisen (2008) untersuchten in ihren Studien den Einfluss von viszeralen Techniken auf die Kapazität der Vena portae. Halbeisen (2008) konnte nach einer Mobilisation des Omentum minus keinen signifikanten Unterschied im Effekt auf die Kapazität der Vena portae im Vergleich zu einer placebo behandelten Vergleichsgruppe finden. Die Validität seiner Ergebnisse ist aber durch die geringe Gruppengröße von nur 10 Teilnehmern pro Gruppe beeinträchtigt.

Gallagher (2011) versuchte mittels viszeraler recoil Techniken den venösen Durchfluss der Vena portae zu steigern. Auch er konnte seine Nullhypothese nicht statistisch signifikant widerlegen, wobei auch bei ihm eine relativ geringe Anzahl an Probanden (jeweils 10 Personen pro Gruppe) an der Studie teilnahm.

Haermeyer & Pott (2009) untersuchten den Einfluss osteopathischer Entstauungstechniken auf die Durchflussrate der Lebervenen. Auch ihre Gruppengröße war mit jeweils 10 Probanden relativ gering. Während sich in einer Gruppe gesunde männliche Probanden befanden, bestand die zweite Gruppe aus Teilnehmern, die an einer nicht Alkohol

induzierten Steatohepatitis litten. Ihren Interpretationen nach konnten sie belegen, dass eine lokale Behandlung der Leber signifikanten Einfluss auf die Flussrate der rechten Lebervene ($p = 0.016$) und die mittlere Lebervene ($p = 0,019$) hat. Sie konnten keinen signifikanten Unterschied zwischen gesunden und nicht gesunden Patienten herausarbeiten. Sie folgerten aus dem Ergebnis auch, dass drei Behandlungen der Leber nur einen angedeuteten Effekt auf die Flussrate der Lebervenen haben.

Riegler (2000) untersuchte in seiner Studie den Einfluss einer osteopathischen Behandlung auf die Leberfunktion. Riegler hatte in seiner Studie Probanden mit leichter bis mittlerer Leberfunktionsstörung und eine Gruppengröße von 20 Probanden pro Gruppe, wobei es in der Behandlungsgruppe zu vier und in der Kontrollgruppe zu zwei Ausfällen kam. Als Messparameter wählte er die Gamma-Glutamytransferase (GGT), welche einen wesentlichen labortechnischen Parameter zur Beurteilung der Leberfunktion darstellt. Leider konnte er zwar einen Trend zur Verbesserung des GGT Wertes, aber auch keine statistische Signifikanz aufzeigen. Auffallend war, dass es individuell sehr unterschiedliche Reaktionen gab und es vor allem bei Patienten mit hohen GGT Werten zu deutlichen Verbesserungen kam. Laut dem Autor könnte es sinnvoll sein, in weiteren Untersuchungen Patienten mit höheren GGT Werten zu inkludieren.

2. Allgemeine Grundlagen

Zum besseren Verständnis der vorliegenden Studie bedarf es der Erklärung einiger grundlegender Dinge zum Thema Energiebereitstellung, Laktat und der Rolle der Leber im menschlichen Stoffwechsel.

Energiebereitstellung in der Muskelzelle:

Zum Leben benötigt ein Organismus Energie, die ihm kontinuierlich bereit gestellt werden muss. Das Adenosintriphosphat, im weiteren Verlauf ATP genannt, ist diese energiereiche Substanz für alle Zellen des Körpers. Das ATP setzt sich zusammen aus Adenin, einem Zuckermolekül Ribos und drei energiereichen Phosphatgruppen.

Bei der Abspaltung einer Phosphatgruppe vom ATP wird Energie freigesetzt, welche den Zellen sofort zur Verfügung gestellt wird. Dieser Prozess wird hydrolytische Reaktion

genannt, da er unter Mithilfe von Wasser statt findet.



Aus dem ATP entsteht Adenosindiphosphat, des weiteren auch ADP genannt (Dickhuth, 2000). Die daraus frei werdende Energie wird für den Kontraktionsvorgang der Muskelzelle verwendet. Dies reicht für maximal ein bis drei Muskelkontraktionen und dienen dem ständigen Wiederaufbau (Resynthese) von ATP. Die Resynthetisierung kann aerob oder anaerob stattfinden. Die anaerobe Energiebereitstellung unterteilt man in anaerob-alkalazide Prozesse (Kreatinphosphatspaltung) und anaerob-laktazide Prozesse (anaerobe Glykolyse). Die anaerobe-laktazide Energiebereitstellung erreicht nach 30-40 Sekunden ihr Maximum und wird bei leichter körperlicher Arbeit nach zirka 60 Sekunden vom aeroben Glucoseabbau abgelöst.

Bei schwerer körperlicher Arbeit läuft der anaerobe Abbau von Glucose zu Milchsäure neben dem aeroben Glucoseabbau weiter. Bis zu einer Dauer von einer bis zwei Minuten dominieren die anaeroben laktaziden Prozesse und die dabei anfallenden Zwischen- und Endprodukte des Stoffwechselgeschehens. Bei etwa zwei Minuten intensiver körperlicher Arbeit liefert die anaerobe Glykolyse 50% der benötigten Energie. Mit zunehmender Arbeitsdauer gewinnt der aerobe Stoffwechsel an Bedeutung. Bei sehr langen Ausdauerbelastungen, beispielsweise beim Marathonlauf, ist die anaerobe Glykolyse noch mit etwa ein Prozent an der Energiebereitstellung beteiligt, die restlichen 99 Prozent der benötigten Energie werden über die aerobe Verstoffwechslung von Glucose und Fetten gedeckt (H.-J. Hass in: F. van den Berg 2001)

2.1. Die Anaerobe Energiegewinnung

Es kommt zur Bildung von ATP ohne Verbrauch von Sauerstoff. Dieser Vorgang findet im *Zytosol* (Zellplasma) statt.

2.1.1. Die anaerob – alkalazide Energiegewinnung

Am Beginn jeder sportlichen Belastung, die mit höheren Intensitäten einhergeht, kann der Energiebedarf nicht ausreichend oxidativ gedeckt werden. Daher ist der Körper gezwungen,

die notwendige Energie im Muskel auf anaerobem Wege zu erzeugen (Hermansen, 1969). Die erste Energie liefernde Reaktion ist die Spaltung von ATP in ADP und anorganisches Phosphat. Da der ATP Vorrat im Muskel mit etwa 6mmol/kg Muskelfeuchtgewicht (Keul, Doll & Keppler, 1969 in Weineck 1990) relativ gering ist, reichen diese maximalen Muskelkontraktionen für etwa 2-3 Sekunden. Um weitere Muskelarbeit zu ermöglichen, wird ATP mit sehr hoher Geschwindigkeit durch den zellulären Kreatinphosphatspeicher wieder aufgefüllt. Dieser beträgt etwa 20-30mmol/kg Muskelfeuchtgewicht (Keul, Doll & Keppler, 1969 in Weineck 1990b). Für eine Muskelarbeit bis zu etwa sieben Sekunden Dauer erfolgt die Energiebereitstellung anaerob und alaktazid, das heißt, es erfolgt keine nennenswerte Milchsäureproduktion (Weineck,1990b).

2.1.2. Die anaerobe – laktazide Energiegewinnung

ist der entscheidende Mechanismus, welcher dafür sorgt, dass die nötige Energie für eine sehr intensive, maximal mögliche Leistung zwischen 15 und 45 (max. 60) Sekunden zur Verfügung steht. Für eine reine alaktazide Energiebereitstellung wäre diese Belastungszeit bereits zu lang, für eine Mitbeteiligung der aeroben Glucoseverbrennung ist sie zu kurz und die Belastungsintensität zu hoch. Die aus dem Muskelglykogen stammende Glucose wird unvollständig abgebaut, sodass Laktat entsteht, das sich infolge der Protonenbildung (H⁺) in der beanspruchten Muskulatur anhäuft (Moosburger,1995). Laktat wird aber nicht nur in dieser Situation gebildet und eliminiert. Selbst in Ruhe ist im arteriellen Blut eine geringe Menge (ca. 1mmol/l) vorhanden und selbst bei wenig intensiven Aktivitäten steigt der Laktatspiegel an. Maximale Werte werden bei hochintensiven Belastungen über 40-50 Sekunden erreicht (ca. 25mmol/l im Blut und 30mmol/l im Muskel) (Van den Berg, 2001). Dabei wird auch der pH-Wert stark gesenkt (6,4 im Muskelgewebe, 6,8 im arteriellen Blut) und hat eine Enzymhemmung zur Folge, die den lokalen glykolytischen Stoffwechsel zum Erliegen bringt (Weineck 1990b). Die Eliminierung des Laktats erfolgt in der Leber (Glucogenese), der Niere, in der weniger intensiv benutzten Muskulatur, im Herzmuskel und über den Schweiß. Hierbei hängt die Geschwindigkeit der Elimination von der Laktatkonzentration und der Kapazität des aeroben Stoffwechsels ab. In Ruhe und bei leichter Aktivität besteht ein sogenanntes „steady state“, ein Gleichgewicht zwischen der Produktion und Elimination. Auch bei gesteigerter Intensität kann sich erneut ein Gleichgewicht einstellen, bis ein gewisser Grenzwert erreicht wird und die Laktatproduktion die Eliminierungsrate übersteigt und es eine Laktatakkumulation gibt. Der Grenzwert, wo sich noch ein Gleichgewicht einstellt, wird maximales Laktat-steady-State (max Lass) genannt

und liegt bei Fahrradergometer- oder Laufbandtests im Mittel bei 4 mmol/l (Schwellenkonzept nach Mader, 1976) wobei Einzelwerte von 2,5 - 7mmol/l schwanken können (Van den Berg, 2001).

Der maxLass ist theoretisch identisch mit der anaeroben Schwelle (Übergang von rein aerober zu teilweise anaerob-laktazider Energiebereitstellung). Ist diese Schwelle erstmal überschritten, akkumuliert Laktat weiter und nach kurzer Zeit muss die Belastung abgebrochen werden oder die Intensität vermindert werden. Die aerobe Schwelle liegt bei 2 mmol/l (bis dahin läuft die Energiebereitstellung ausschließlich aerob ab).

Zu einer zusätzlichen Konzentrationserhöhung des Laktats im Blut kann auch der Umstand führen, dass die Leber durch die Minderdurchblutung während der muskulären Arbeit ihrer Klärfunktion nur eingeschränkt nachkommen kann. Nicht wie oft angenommen das Laktat sondern die bei der Glykolyse von Glucose zusätzlich anfallenden H⁺-Ionen, sind für die Senkung des pH-Wertes verantwortlich und verursachen eine Azidose. Die H⁺-Ionen und die Azidose führen über eine Reduzierung der Enzymaktivität zu Störungen des Energiestoffwechsels, genauer zu einer Hemmung des Glykogenabbaus und somit zu einer raschen Abnahme der verfügbaren ATP-Menge. Normalerweise werden die H⁺-Ionen durch Puffersysteme abgefangen und eliminiert, damit der pH-Wert stabil bleibt. Die Pufferkapazität des Muskels ist aber relativ gering und reicht ca. für eine intensive Belastung von 10 -15 Sekunden. Dabei können die H⁺-Ionen an Laktat gebunden werden und als Milchsäure die Zellwand passieren, wo sie wieder in Laktat und H⁺-Ionen zerfallen. Das effektivere Puffersystem der Blutbahn, Bikarbonat/Co₂-System fängt die Wasserstoffionen nach der Formel:



Die CO₂-Abgabe erfolgt über die Lunge. Bei maximaler anaerober Belastung genügen die Puffersysteme nicht und es kommt zu einer intramuskulären pH-Wert-Senkung auf bis zu 6,2 (normal: 7,2). Außerdem treten die H⁺-Ionen als Konkurrenz zu Kalzium an die Ca²⁺-Bindungsstellen des Troponins und beeinträchtigen damit die Interaktion der Aktin-und Myosinfilamente während der Kontraktion. Diese beiden Funktionen der H⁺-Ionen können zumindest teilweise für die Ermüdung bei hoch-intensiven Muskelarbeiten verantwortlich gemacht werden. (Brooks et al, 1996; Van den Berg, 2001)

In den meisten Büchern wird zur schnelleren Eliminierung des Laktates eine leichte Aktivität empfohlen (Van den Berg 2001; Weineck 1990a,)

2.2. Die Aerobe Energiegewinnung

Es kommt zur Bildung von ATP unter Verbrauch von Sauerstoff. Dieser Vorgang findet in den *Mitochondrien* statt. Bei ausreichender Sauerstoffzufuhr wird Pyruvat durch Decarboxilierung oxidiert. Es entsteht Acetyl-CoA, welches dem Citratzyklus und der Atmungskette zugeführt wird (Buddecke, 1989).

Dauert die körperliche Belastung einer größeren Muskelgruppe länger als 90 Sekunden, beginnt die aerobe (=oxidative) Energiegewinnung die entscheidende Rolle zu spielen. Bei der oxidativen Verbrennung entstehen aus Glucose ATP, CO₂ und H₂O (Weineck, 1990b). Es werden sowohl Kohlenhydrate als auch Fette als Energielieferanten herangezogen und je nach Belastungsintensität gibt es einen fließenden Übergang in der anteilmäßigen Energiebereitstellung. Der aerobe Stoffwechsel ist bezogen auf die Möglichkeit seiner Nutzung begrenzt durch die maximal aufnehmbare und der ATP-Resynthese zuführbare Menge Sauerstoff. Auch in Ruhe und bei Belastungen geringer Intensität ist eine Laktatbildung vorhanden (Stegmann and Kindermann, 1982). Unter rein aeroben Bedingungen ist der Laktatproduktion eine gleich große Laktatelimination gegenübergestellt, sodass es zu keiner Laktatakkumulation kommt. Die Elimination des Laktats erfolgt zum Teil durch Gluconeogenese, dem Resyntheseweg der Glykolyse (Buddecke, 1989), bzw. durch Oxidation zu Pyruvat, welches dann über den Citratzyklus und die Atmungskette weiter abgebaut wird. Somit stellt die Höhe der oxidativen Leistungsfähigkeit eine Limitierung für die Höhe der Laktatelimination dar (Heck, 1990b). Bei intensiven Ausdauerbelastungen wird die Glukose zum Teil unvollständig verbrannt, somit ist also auch die anaerobe Glykolyse zu einem gewissen Prozentsatz an der ansonsten aeroben Energiebereitstellung mitbeteiligt. In diesem Fall müssen sich aber Laktatbildung (anaerob) und Laktatabbau (aerob) die Waage halten, um eine Übersäuerung zu vermeiden. Dies entspricht dann der individuell maximal möglichen Intensität, die über einen längeren Zeitraum aufrecht erhalten werden kann. Diese anaerobe Schwelle wird oft mit 4 mmol/l Laktat angegeben, dies ist jedoch nur ein Durchschnittswert, weshalb sie im Leistungssport individuell ermittelt werden sollte (Moosburger, 1995).

Das Maximale Laktat –steady-state

Das maximale Laktat-steady-state (maxLass) wird als die Leistung angesehen, bei der sich während einer Dauerbelastung eine erhöhte, jedoch gleichbleibende Laktatkonzentration

gerade noch einstellt, wobei ein Gleichgewicht zwischen Laktatbildung und Laktatelimination besteht. Die auf empirischen Befunden basierende und von Mader (Mader et al., 1976) eingeführte aerob-anaerobe Schwelle liegt bei einem mittleren Blutlaktatwert von 4 mmol/l und stimmt theoretisch mit dem maximalen Laktat-steady-state überein. Heck (1990b) konnte zeigen, dass diese "fixe" aerob-anaerobe Schwelle bei 4 mmol/l Laktat das beobachtete MaxLass näherungsweise nicht weniger korrekt bestimmt als die "individuelle" anaerobe Schwelle mit individuell variablen Laktatwerten (Bunc et al., 1982; Kindermann et al., 1979; Keul et al., 1979;). Eine geringe Erhöhung der Belastung führte zu einem Anstieg und damit zu einer Akkumulation des Laktats. Belastungen bis zum maximalen Laktat-steady-state werden energetisch rein aerob erbracht, da das gebildete Laktat in gleichem Maße oxidiert wird (Heck, 1990a). Bei rein aerober Energiebedarfsdeckung sind kaum Änderungen in der ATP-Konzentration erkennbar (Heck, 1990a), eine Laktat bedingte Azidose und die damit verbundenen Veränderungen im Gasaustausch mit der Konsequenz eines Leistungsabbruchs sind nicht präsent. Das maximale Laktat-steady-state wird daher als theoretische Dauerleistungsgrenze (im Zeitbereich bis ca. 60 Minuten) betrachtet.

2.3. Das Laktat

Als Laktat bezeichnet man Salze und Ester der Milchsäure. Das Ergebnis der anaeroben Glykolyse ist die Laktatbildung. Laktat entsteht, wenn das aus Glykogen und Glukose gewonnene Pyruvat (Brenztraubensäure) auf Grund von mangelnder O₂ - Einwirkung nicht mehr zu H₂O und CO₂ verarbeitet, und so auch kein weiteres ATP zur Verfügung gestellt werden kann. Mit Hilfe des Enzyms Laktat-Dehydrogenase wird Pyruvat zu Laktat bzw. Laktat zu Pyruvat umgewandelt (siehe Abb.1). Laktat wird unter Abgabe eines Wasserstoffes zu Pyruvat (Marées, 1989).

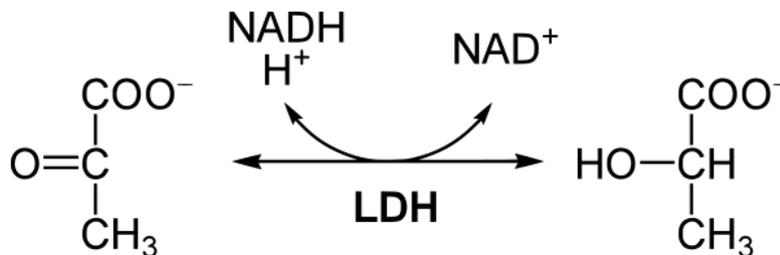


Abb. 1: Umwandlung von Pyruvat zu Lactat (Wikimedia, 2014)

Benötigt der Organismus schnell große Mengen an Energie, fallen bei der Glycolyse große Mengen an Pyruvat an. Dieses anfallende Pyruvat kann nicht mehr schnell genug oxidiert (da nicht ausreichend Sauerstoff vorhanden ist) und zu Acetylsäure (Essigsäure) umgewandelt werden. Dies würde sich aber wie ein Stau auf den Stoffwechsel auswirken und eine weitere ATP Gewinnung blockieren. Eine Möglichkeit, diese zu verhindern und das Pyruvat schnell umzubauen, ist nur durch eine Reduzierung zu Laktat gegeben. Obwohl dieser Stoffwechselweg nur eine geringe ATP Ausbeute liefert, ist er so breit, dass innerhalb kürzester Zeit dennoch viel ATP erzeugt werden kann (Badtke, 1995).

Laktat ist demnach eine Säure und besteht aus negativ geladenen Molekülen. Seine Entstehung hat es im Plasma der Muskelzellen. Da es keine Phosphatverbindungen mehr enthält kann es ins Blut ausgeschwemmt werden. Gemeinsam mit CO₂ (Kohlendioxid), das mit Wasser verbunden zu H₂CO₃ (Kohlensäure) wird, verursacht das gebildete Laktat eine starke Säuerung. Das Laktat bewirkt eine Senkung des für die mechanische Arbeit optimalen PH - Wertes der Muskulatur und des Blutes. Dies wirkt sich auf die Aktivität von Enzymen

hemmend aus. Enzyme, welche als Biokatalysatoren dienen, beschleunigen chemische Reaktionen oder machen solche erst möglich, ohne in das Endprodukt einzugehen. Somit sind sie praktisch an jedem Stoffwechselschritt beteiligt (Badtke, 1995). Der Organismus muss daher bemüht sein, den Laktatgehalt möglichst rasch zu reduzieren. Das geschieht durch die Utilisation, vorwiegend durch Leber, Herzmuskel und die nicht arbeitende Muskulatur. Diese Organe können das Laktat direkt verwerten oder wieder zur Glykogenproduktion heranziehen. Nimmt die Intensität der Belastung jedoch weiter zu, oder kann der Körper kein Steady State mehr erreichen, dann führt die Laktatproduktion zu einer Übersäuerung (=Azidose) des Organismus, was einen Leistungsabbruch nach sich zieht, da das empfindliche Säure - Basen - Gleichgewicht gestört ist. Die Menge Laktat, die zum Abbruch einer Belastung führt, ist für jeden Menschen verschieden (Prestwich, 2003).

2.3.1. Laktatabbau

Laktat ist lediglich für die Muskulatur ein Stoffwechselabfallprodukt, da der Muskel selbst das anfallende Laktat nicht weiter verstoffwechseln kann. Tatsächlich ist das anfallende Laktat aber noch sehr reich an Energie und daher für den restlichen Körper alles andere als ein Abfallprodukt.

Das in den Blutkreislauf ausgeschwemmte Laktat wird einerseits von der Herzmuskulatur und auch vom Gehirn zur Energiegewinnung herangezogen, andererseits in der Leber und in unbelasteter Muskulatur über Glukose zu Glykogen aufgebaut (Brooks et al, 1996).

Die Oxidation des Laktats: Das Herz an sich hat normalerweise eine sehr gute Sauerstoffversorgung und arbeitet hauptsächlich aerob. Diese aerobe Form der Energie benutzt es für die Kontraktion der Herzmuskulatur. Während erhöhter Aktivität steigt auch die Nachfrage des Herzens nach Brennstoff, da gleichzeitig auch mehr Blut für Muskulatur und Haut (zur Kühlung) benötigt wird. Laktat ist der bevorzugte Brennstoff für das mehr arbeitende Herz. Über einen Reflex wird das Herz auch dann noch mit genügend Sauerstoff versorgt, wenn für die arbeitende Muskulatur nicht mehr genügend Sauerstoff geliefert werden kann. Das somit noch gut mit Sauerstoff versorgte Herz kann das anfallende Laktat vollständig verbrennen und die Energie voll nutzen (Badtke, 1995). Wenn es also auf Grund von gesteigerter körperlicher Aktivität zu einem Laktatanstieg kommt, kann das Herz dieses Laktat als Energielieferant gebrauchen und verbrennt es zu CO_2 und H_2O . Nach Beendigung der Aktivität benötigt das Herz noch eine Zeit das Laktat, die Nachfrage sinkt aber gleichzeitig mit der sinkenden Herzfrequenz. Zu diesem Zeitpunkt tritt ein weiterer Prozess in

Gang, die Glukoneogenesis : Die Leber kann aus dem anfallenden Laktat Glukogen synthetisieren. Aus zwei Molekülen Laktat kann ein Glucosemolekül aufgebaut werden (Badtke, 1995). Dieser Prozess findet sehr langsam auch während der gesteigerten Belastung statt, ist aber für die Laktateliminierung aus dem Blut erst dann relevant, wenn die Herzaktivität sinkt und damit das Herz kaum mehr Laktat verstoffwechselt. In dieser späteren Erholungsphase nach körperlicher Anstrengung ist die Neoglykogenese seitens der Leber der vorrangige Weg, um Laktat zu eliminieren (Prestwich, 2003).



Die anfallende Glukose speichert die Leber entweder als Glykogen oder setzt sie direkt in die Blutbahn frei und versorgt damit Strukturen wie das Gehirn und die Muskulatur (speichert Glykogen) mit Energie.

Eine weitere Verstoffwechslung findet in den Nieren statt. Laktat ist somit kein „Abfallprodukt“, sondern dient sowohl der Energiespeicherung als auch als Energielieferant. Die Laktateliminierungsrate beträgt 0,5 mmol/min. Eingetretene Azidosen normalisieren sich innerhalb von 30 bis 60 Minuten (Badtke, 1995; Moosburger, 1995; Prestwich, 2003).

Trotz verschiedenster Untersuchungen am Modell oder auch in vivo, bleiben in der Literatur einige Fragen zum Thema Laktat offen. Klar geht aber aus der Literatur hervor, dass Laktat und Ermüdung kein Äquivalent darstellen. Auch der Gedanke, dass Laktat nur ein „Abfallprodukt“ sei, sollte laut Philip (2005) nicht mehr vorherrschen. Laktat ist ein Metabolit mit einem eigenen Shuttle System, welches unter anderem auch als Signal für die Stoffwechselwege dient und so auch Glycogen schont. Laktat erhöht die Leistungsfähigkeit der Muskulatur und schützt möglicherweise sogar vor Schäden. Auch Gladden (2004) erwähnt in seiner Studie, dass Laktat eine wesentliche Rolle im zellulären Metabolismus des Körpers spielt und weit mehr ist, als nur ein Abfallprodukt. Es scheint, dass Laktat auch eine Schlüsselrolle in der Wundheilung spielt.

In der Literatur finden sich sehr große Unterschiede in den Angaben darüber, welche Rolle die Leber im Laktatabbau spielt. Laut Watkins (1986, in Marées, 1989) wird das anfallende Laktat schon während der körperlichen Belastung weiterverwertet. 70-90% des gebildeten Laktats werden z.B. bei einer Belastung von 40 -75% der $V_{O_2 \max}$ im Muskel oxidiert und somit als Brennstoff verwertet. Nur 15% des anfallenden Laktats werden in der Leber

verstoffwechselt. Diese Rate sinkt sogar laut Astrand (1986 in Marées,1989) in Ruhe noch unwesentlich. Nur 10% des anfallenden Laktats werden in der Leber aufgenommen. Marées (1989) weicht damit sehr stark von anderen Angaben in der Literatur ab.

Laut Laut Phypers und Pierce (2006) wird 70 % des anfallenden Laktats von der Leber verstoffwechselt. Mitochondrienreiches Gewebe, wie z.B. die Skelettmuskulatur und das Herz entfernen den Rest des anfallenden Laktats. Weniger als 5% werden von der Niere ausgeschieden (siehe Abb.?).

Badtke (1995) erwähnt die Wichtigkeit der Leber in Bezug zum Laktatabbau. Laut Badtke übernimmt die Leber 50% des Abbaus, während die Muskulatur 30 %, die Herzmuskulatur und die Nieren jeweils nur 10 % übernehmen. Er erwähnt auch, dass eine mittlere Belastung wie z.B. lockeres Auslaufen den Laktatabbau zusätzlich beschleunigt. Die durch die Aktivität erhaltene Mehrdurchblutung der Muskulatur fördert den Übertritt des Laktats aus der Muskelzelle in die Blutbahn und somit den Transport zur Leber und zum Herzen.

Laut einer Studie von Consoli et al. (1990) werden 35 bis 50% des anfallenden Laktats über die Leber wieder ab- bzw. umgebaut.

Gimbel (2003) gibt in seiner Studienarbeit zur Bedeutung des Laktats an, dass ca 40 % des in der Leber vorhandenen Leberglykogens aus der Laktatremetabolisierung stammen.

Abbildung 3 zeigt die Hauptwege der Laktateliminierung aus dem Blutplasma.

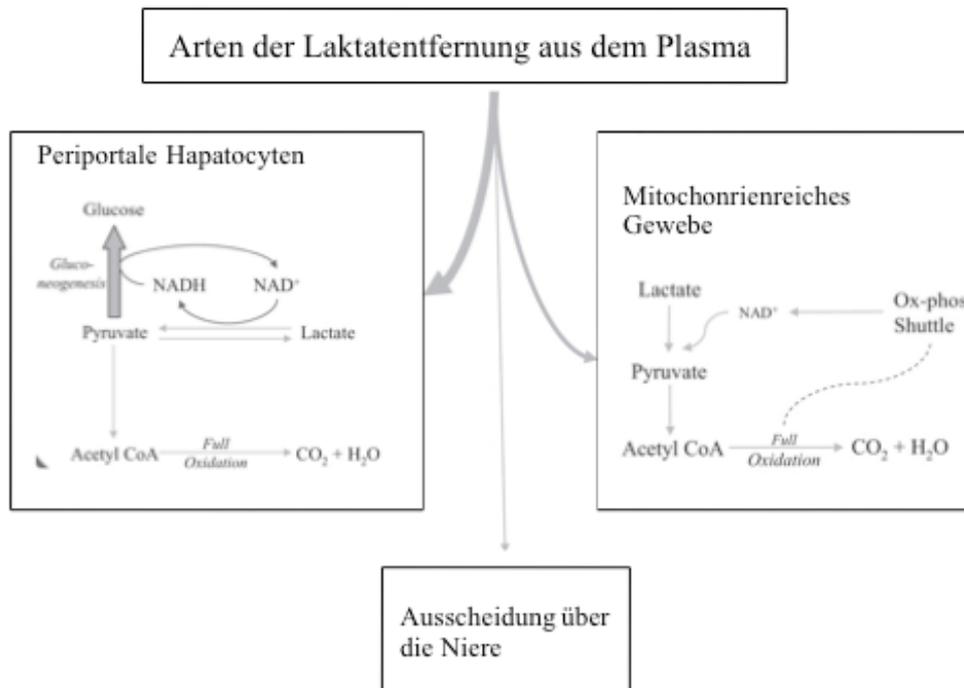


Abb. 2: Laktatentfernung aus dem Plasma (© Elke Hieden)

Halbwertszeit: Die Blutlaktatkurve steigt in der Regel nach intensiver Belastung (z.B. 400-m-Lauf) noch an und erreicht in Abhängigkeit von der Belastungsdauer und Laktatkonzentration ein Maximum nach 1-15 Minuten Erholungszeit. Ursache hierfür ist der Konzentrationsgradient zwischen Muskel- und Blutlaktatkonzentration. Die mittlere Halbwertszeit der Laktatelimination liegt bei ca. 15 min, wobei die Geschwindigkeit der Laktatabnahme von der Höhe des maximal erreichten Laktatwertes abhängt. Die 15-minütige Halbwertszeit bezieht sich auf Blutlaktatwerte von ca. 10 mmol/l. Bei Werten um 5 mmol/l liegt sie bei ca. 10 min, und bei sehr hohen Konzentrationen von mehr als 20 mmol/l kann sie 25 min überschreiten (Heck, 1990b).

2.3.2 Cori-Zyklus

Unter dem Cori-Zyklus, der nach seinen Erfindern, den beiden österreichischen Biochemikern Carl und Gerty Cori, benannt wurde, versteht man den gegenseitigen Austausch zwischen dem im Muskel anfallenden Laktat und Glucose aus der Leber.

Im Skelettmuskel fehlen die Enzyme der Gluconeogenese. Dieses Gewebe ist deshalb auch bei Sauerstoff Zufuhr nicht in der Lage, aus Laktat wieder Glucose aufzubauen. Das Laktat wird daher an das Blut abgegeben und in der Leber zur Gluconeogenese verwendet. Bei anhaltender Arbeit der Skelettmuskeln kommt es somit zu einer Verschiebung von Laktat vom Muskel zur Leber, von dort während der Erholungsphase in Form von Glucose wieder zum Muskel, der seine Glykogen-Reserven daraus aufbaut. Das Glykogen der Leber ist also ein Speicher für die Glucose, die dem Muskel bei Bedarf wieder zugeführt werden kann. Abbildung 4 verdeutlicht dies nochmal.

In der Leber wird Laktat durch Laktatdehydrogenase (LDH) zu Pyruvat dehydrogenisiert, und dann entweder im Citrat-Zyklus und der Atmungskette in Energie umgewandelt oder via Gluconeogenese unter Fettsäureverbrennung zu Glucose oder Glykogen metabolisiert. Die dabei entstehende Glucose wird bei Bedarf wieder in die Blutbahn abgegeben und schließt so den Cori-Zyklus.

Unter anaeroben Bedingungen wird das in der Muskelzelle gebildete Pyruvat jedoch nicht vollständig zu Laktat reduziert, sondern in Alanin umgewandelt und an die Zirkulation abgegeben. In der Leber wird dann dieses Alanin wieder zu Pyruvat und kann dann über die Gluconeogenese wieder zu Glucose bzw. Glykogen umgewandelt werden. Dieser Glucose-Alanin-Zyklus stellt neben dem Cori-Zyklus eine wichtige Stoffwechselverbindung zwischen Muskulatur und Leber her (Buddecke, 1985).

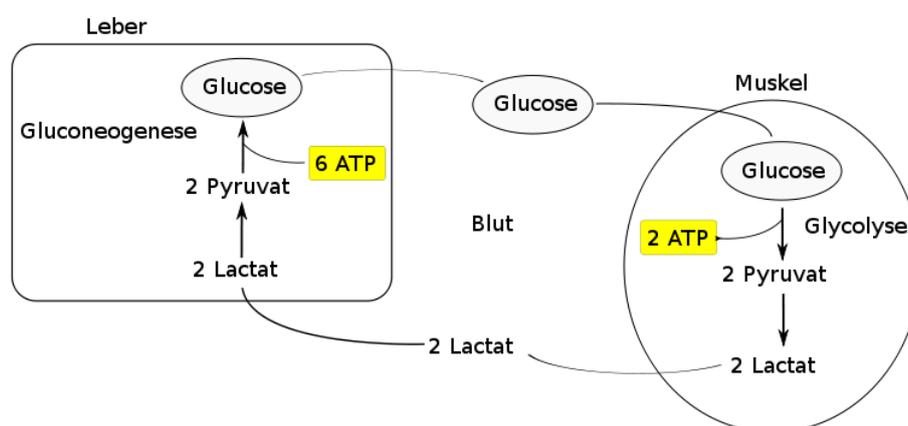


Abb. 3: Cori Zyklus (Wikimedia, 2014)

2.3.3. Laktatmessung mittels Leistungsdiagnostik

Ein wichtiges leistungsdiagnostisches Verfahren, welches in der vorliegenden Studie verwendet wurde, ist der Stufentest. Dieses Verfahren lässt sich sowohl im Labor als auch als Feldtest durchführen. Die Wahl der Belastungsdauer und des Belastungsanstieges setzen einen hohen Wissens- und Erfahrungsschatz des Testleiters voraus. Es gelten folgende Anforderungen an einen Stufentest (Hottenroth & Zülch, 1995, 26):

- ✓ *Streckenlänge bzw. Zeit sind auf jeder Stufe gleich.*
- ✓ *Geschwindigkeit und Leistung sind während der Belastungsstufe konstant zu halten.*
- ✓ *Die Dauer der Stufe beträgt mindestens drei Minuten (bzw. fünf bis zehn Minuten).*
- ✓ *Die geforderte Leistung auf der ersten Behandlungsstufe und die Belastungssteigerung wird unterschiedlich beurteilt. Es sind mindestens drei – optimalerweise - fünf bis sechs Leistungsstufen notwendig.*
- ✓ *Ausbelastungen sind nicht unbedingt notwendig, allerdings müssen Laktatwerte die Grenze von vier mmol/l für eine gesicherte Aussage übersteigen.*

Zur Energiebereitstellung werden auf zellulärer Ebene neben Fetten (Lipolyse) vor allem bei höheren Intensitäten Glukose aus der Muskulatur und Glykogen aus der Leber im Rahmen der Glykolyse verstoffwechselt. Für das hierbei gebildete Pyruvat stehen zwei Stoffwechselwege zur Verfügung. Zum einen kann es unter ausreichender Sauerstoffversorgung in den Mitochondrien zu Acetyl-CoA metabolisiert und in den Zitazyklus eingeschleust werden, oder aber temporär zu Laktat umgewandelt werden, wenn die aeroben Kapazitäten erschöpfen (Rost, 2002). Das gebildete Laktat diffundiert in den Blutkreislauf und kann peripher leicht gemessen werden. Ein Tropfen kapillarisierten Blutes aus Ohrläppchen oder Fingerbeere genügt, um die Laktatkonzentration mittels einfacher enzymatischer Testverfahren zu bestimmen (Olbrecht et al 1985). Während der Belastung findet neben der Laktatproduktion gleichzeitig die Laktatelimination/ -utilisation in der nicht aktiv eingesetzten Skelettmuskulatur und dem Herzmuskel statt (Gluconeogenese). Die Summe der gleichzeitig ablaufenden Prozesse der Laktatproduktion bzw. -elimination stellt die jeweilige aktuelle Blutlaktatkonzentration dar. Sind Laktatproduktion bzw. -elimination gleich groß, so ist das Verhältnis ausgeglichen, und es besteht ein so genannter „steady state“. Kommt es jedoch zu einer Intensitätssteigerung, mit steigender Laktatkonzentration, so dekompensiert das System rasch, und es kommt zum exponentiellen Anstieg der Laktatkurve mit finalem Belastungsabbruch.

Abbildung 5 zeigt exemplarisch eine Laktatkurve, wie sie in der vorliegenden Studie für jeden Teilnehmer erstellt wurde.

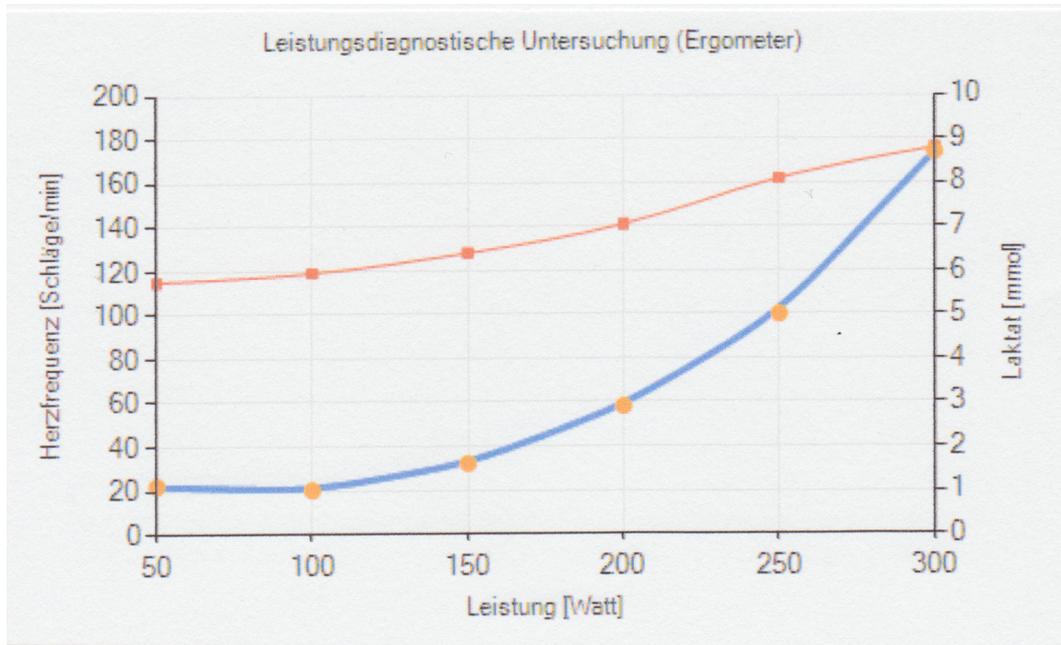


Abb. 4: Beispiel einer Laktatkurve (Wolf, 2013).

2.3. Die Leber

Die Leber ist die größte exokrine Drüse des menschlichen Körpers und spielt eine sehr wichtige Rolle im menschlichen Energie- und Stoffwechselhaushalt. Sie hat ein Gewicht von zirka 2 kg und eine Blutfülle von 500 bis 1000g (Barral, 2005; Hafferl, 1969; Liem et al 2005).

Anatomisch liegt die Leber im rechten Oberbauch unter der Zwerchfellkuppel und reicht weit ins linke Hypochondrium hinein und kreuzt dabei die Vorderseite des Ösophagus und Magens. Ihre Bewegungen werden aufgrund der sie umgebenden Haltestrukturen vorgegeben und finden um eine transversal laufende Hauptachse statt. Sie teilt sich in einen großen Lobus dexter, der unter der rechten Zwerchfellkuppel liegt und einen kleineren Lobus sinister. Am Lobus dexter findet man zusätzlich einen Lobus quadratus und einen Lobus

caudatus. Geteilt werden die beiden Leberlappen durch das Lig. falciforme (Barral, 2005; Hafferl, 1969; Kopsch et al.,1987; Sobotta & Putz 1993).

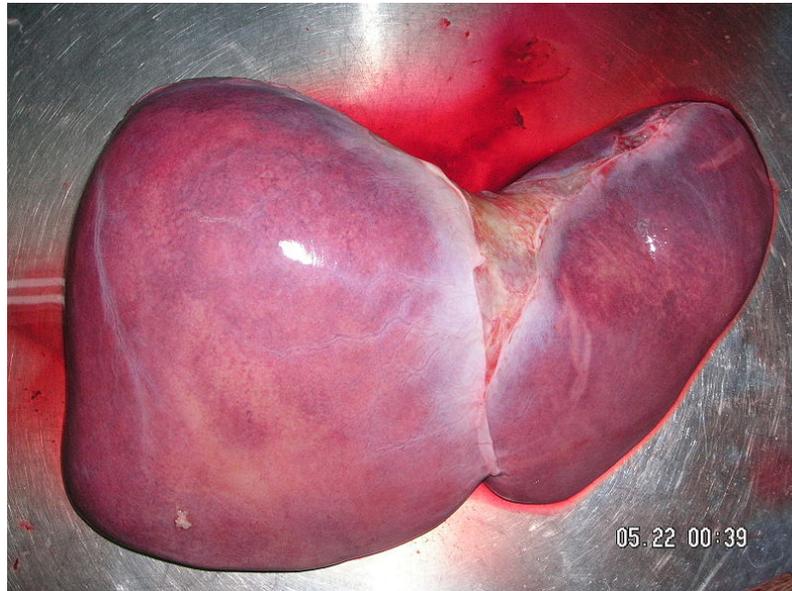


Abb. 5: Die menschliche Leber (Wikipedia, 2014)

2.3.1. Embryologie

Die Leberanlage wird schon am 25./26. Tag von der angrenzenden Herzanlage als primäres intraembryonales Organ für die Blutbildung induziert. Sie erfährt schon sehr frühzeitig eine ungewöhnlich rasche und wachstumsintensive Entwicklung, was auf eine für die Keimentwicklung besonders wichtige Funktion schließen lässt (Rohen & Lütjen-Drecoll, 2006). Die frühe Entwicklung des Herzens und des Gehirns scheint von enormer Wichtigkeit für die Leberentwicklung zu sein, denn das enorme Wachstum des Gehirns erfordert eine verstärkte Blutzufuhr. Um diese zu gewährleisten, muss das Herz wachsen. Dieses wiederum benötigt die Leber, welche dem Herzen als Blutlieferant dient. Die Leber scheint auch als eine Art Filter zu dienen, bevor das Blut zum Herzen fließt. Während das Herz und die Leber zunehmend wachsen, wird das Gewebe dazwischen stark komprimiert und bildet das spätere Centrum tendineum des Zwerchfells (Blehschmidt & Gasser, 2012). Für die Osteopathie besonders interessant ist die Tatsache, dass die Leberknospe in das Septum transversum, das später ein Teil des Zwerchfells wird, einwächst (Rohen & Lütjen-

Drecoll, 2006). Dadurch erklärt sich die über die anatomische Nachbarschaft hinausgehende funktionelle Verbindung zwischen Leber und Zwerchfell.

Im Laufe des Wachstums kommt es wie bei allen Organen auch bei der Leber zu einer Migration und Rotation. Während der vierten Embryonalwoche liegt das Septum transversum noch auf Höhe der oberen zervicalen Somiten. Es kommt zu einem Absinken des Zwerchfells, welches das Herz und das Perikard mit sich nimmt. Alle zervikalen Eingeweide bewegen sich wiederum mit dem Herzen mit nach kaudal. Das Zwerchfell nimmt seine Innervation aus dem dritten, vierten und fünften Zervikalsegment mit nach kaudal, woraus sich der spätere Verlauf der Nervi phrenici über die Skelettmuskulatur und in unmittelbarer Nähe zum Perikard ergibt (Blechsmidt & Gasser, 2012).

In Abb. 7 soll veranschaulicht werden, wie eng die Beziehung zwischen Leber, Herz und vor allem dem Centrum tendineum des Zwerchfells ist, in das die Leber im Laufe ihrer Ontogenese hineinwächst.

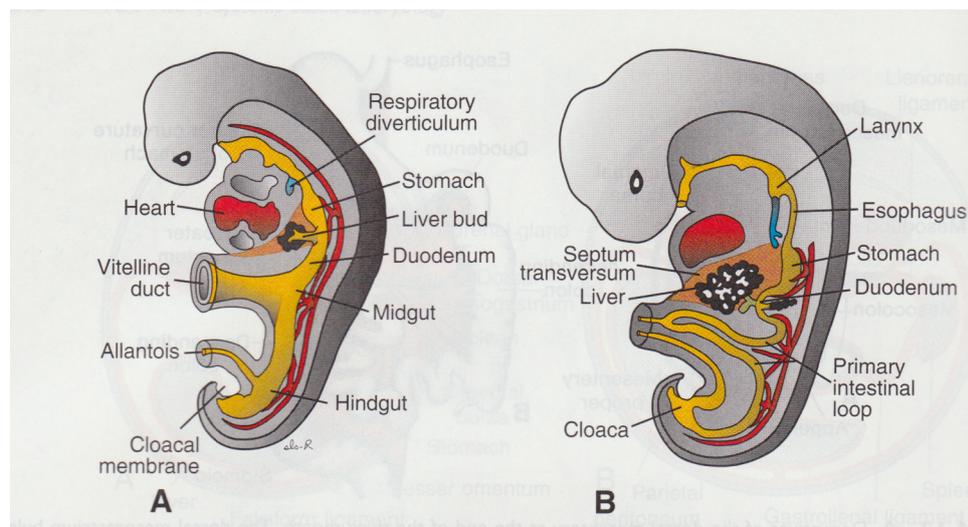


Abb. 6: 3mm Embryo (ca.25 Tage) Entwicklung des primitiven Gastrointestinaltraktes (Sadler, 2006, S.212)

2.3.2. Vaskularisation

Die Leber erhält ihr Blut über die Arteria hepatica propria, welche sauerstoffreiches Blut zur Versorgung der Leber selbst bereit stellt und die Vena portae hepatis, welche sauerstoffarmes und nährstoffreiches Blut zur Verstoffwechslung in die Leber bringt. Beide Gefäße ziehen gemeinsam mit dem Ductus hepaticus an der Porta hepatis als „portale Trias“ in die Leber hinein (Benninghof & Drenckhahn, 2008; Hafferl, 1969; Schünke et al., 2005).

Die Arteria hepatica propria teilt sich in 75% der Fälle in einen rechten und einen linken Ast auf. Sie ist auch das sogenannte *vas privatum*, da sie für die Eigenversorgung der Leber zuständig ist. Die Vena portae hepatis hingegen wird als *vas publicum* bezeichnet, da sie der Leber Blut im Sinne des systemischen Stoffwechsels zuführt. Die Organe des Verdauungssystems, mit Ausnahme des distalen Rectumabschnittes, leiten ihr Blut nicht direkt in die Vena cava, sondern bringen ihr nährstoffreiches Blut zuerst in die Leber, um es dort den zahlreichen Stoffwechselprozessen zuzuführen. Erst dann kann das venöse Blut in die Vena cava und somit in die rechte Herzhälfte weiter transportiert werden (Hafferl, 1969; Kopsch et al, 1987; Schünke et al., 2005).

2.3.3. Neuronale Faktoren

Die Leber wird vom sympathischen und parasympathischen Nervensystem innerviert. Fasern des Nervus splanchnicus und des Nervus vagus treten gemeinsam mit den Blutgefäßen und den Gallengängen in die Leber ein.

Die sympathische Innervation der Leber erfolgt vom Segment Th (5)6-9 (Benninghof & Drenckhahn, 2008; Rohen, 2001), aus den Ganglia coeliaca. Die postganglionären Fasern verlaufen mit den Ästen des Truncus coeliacus, die praeganglionären Fasern kommen aus den Nn. splanchnici und schalten im Ganglion auf das zweite Neuron um (Schünke, Schulte, Schuhmacher, Voll & Wesker, 2005). Die Aktivität des Sympatikus beeinflusst die hepatische Durchblutung. Eine Stimulation des N. sympaticus führt zu einem erhöhten arteriellen und portalen Widerstand, was zu einem verminderten Blutfluss und Blutvolumen führt (Lautt, 1980).

Parasympatisch wird die Leber über die Trunci vagales anterior und posterior versorgt. Sympathische und parasympathische Fasern ziehen als Plexus hepaticus gemeinsam mit der Arteria hepatica propria zur Leberpforte (Hafferl, 1969; Schünke et al., 2005). Die Parasympatikuswirkung steigert die Leberdurchblutung (Badtke, 1995).

Sensibel werden die Leberkapsel und das Ligamentum falciforme vom Plexus hepaticus und dem Nervus phrenicus dexter (C3 – C5) innerviert, wobei ein kleiner Teil auch vom linken Nervus phrenicus (Peritonealüberzug im Bereich der Gallenblasenbucht) versorgt wird (Benninghof & Drenckhahn, 2008; Liem, Dobler & Puylaert, 2005).

2.3.4. Topographie

Um ein Organ behandeln zu können, ist es von großer Wichtigkeit zu wissen, welche Strukturen dieses Organ in seiner Dynamik beeinflussen. Die Leber steht in ihrem kranialen Bereich mit dem kostodiaphragmalen Raum in Verbindung, wobei die diaphragmale Verbindung vorwiegend im posterioren Leberbereich ist. Die anteriore Seite der Leber hingegen ist gut zugänglich und über den entspannten Bauchraum auch leicht zu palpieren.

Ligamentäre Verbindungen: Das Ligamentum coronarium an der Rückseite der Leber, mit seinen lateralen und medialen Ausläufern, dem Ligamentum triangulare sinister et dexter verbindet die Leber mit dem Zwerchfell. Das Ligamentum falciforme teilt die Leber in einen rechten und linken Leberlappen, verläuft vom Zwerchfell kommend der Bauchdecke entlang bis zum Nabel und verbindet damit die gewölbte Oberfläche der Leber mit dem Zwerchfell und der Bauchwand. Nach inferior hin setzt sich dieses Ligament in das Ligamentum teres fort, welches eine Bindegewebshülle für die Vena umbilicalis ist. Weiters ist die Leber über mehrere Bänder in der Bauchhöhle befestigt. Bei diesen Bändern handelt es sich meist um Duplikaturen (Doppelfalten) des Bauchfells wie zum Beispiel das Ligamentum hepatorenale, welches den rechten Leberlappen mit der Niere verbindet, oder das Ligamentum hepatoduodenale, welches eine Bauchfellplatte zwischen Leberpforte und dem Zwölffingerdarm ist. In diesem zuletzt genannten Ligament verlaufen auch der Ductus choledochus, die Aorta, die Pfortader sowie die Arteria hepatica propria (Barral, 2005; Hafferl, 1969).

Eine weitere wichtige Verbindung stellt die Vena cava inferior dar, welche mit dem Zwerchfell an ihrer Durchtrittsstelle eine enge Verbindung hat. Das Omentum minus verbindet die Leber mit dem Magen und Ösophagus und dem superioren Teil des Duodenums. Dieses Omentum ist unterteilt in das Ligamentum hepatogastricum, welches sehr zart und dünn ist und dem schon oben erwähnten Ligamentum hepatoduodenale, welches wiederum mit der Pars descendens des duodenums, der Flexura coli dextra sowie dem Omentum majus verbunden ist (Barral, 2005; Hafferl, 1969).

Die **Mobilität der Leber** wird stark von den umgebenden Strukturen beeinflusst und sieht folgendermaßen aus:

Nach Barral (in Liem et al., 2005; Hebgen, 2008) kommt es bei der respiratorischen Inspiration in der Sagittalebene zu einer Senkung und Rotation nach anterior, in der Frontalebene zu einer Rotation gegen den Uhrzeigersinn sowie in der Transversalebene zu

einer leichten Linksrotation.

Nach Finet und Wiliame (in Liem et al.; 2005, Hebgen, 2008) kommt es zu einer Senkung in frontaler und sagittaler Ebene.

Bei der **Motilität der Leber** finden weitgehend die gleichen Bewegungen wie bei der Mobilität statt, nur in geringerem Ausmaß und Rhythmus.

In Exspir dreht die Leber in der Frontalebene gegen den Uhrzeigersinn um eine antero-posteriore Achse, welche durch das Ligamentum triangulare sinister läuft. In der Sagittalebene kommt es zu einer leichten Rotation um eine Achse, welche zwischen den beiden Ligamenta triangularia verläuft. Dabei geht die anterior inferiore Seite nach kaudal dorsal (Barral, 2005; Liem et al., 2005; Hebgen, 2008).

2.3.5. Funktionen der Leber

Neben der Niere ist die Leber das wichtigste Organ der Ausscheidung nicht gasförmiger Stoffe. Exogene, körperfremde Stoffe, die mit der Nahrung als Genussmittel, Arzneimittel oder als Umweltschadstoffe aufgenommen werden, müssen aus dem Organismus eliminiert werden, wenn die Anhäufung dieser Stoffe zur Schädigung des Organismus führt. Die Leber besitzt die Fähigkeit, exogene und endogene Stoffe, die wegen ihrer lipophilen Eigenschaften nur minimal über Leber und Niere eliminiert werden können und sich deshalb im Organismus rasch anhäufen würden, in ausscheidungsfähige Derivate umzuwandeln und über die Galle auszuscheiden (Blum, 1995; Klinke, 1996; Liem et al, 2005).

Im Folgenden wird ein kurzer Überblick über die Hauptfunktionen der Leber gegeben. Da es sich bei der Leber um ein Organ handelt, das für sehr viele Stoffwechselabläufe im Körper zuständig ist, sind auch ihre Aufgaben sehr vielfältig. In diesem Organ werden sehr viele Stoffe des menschlichen Körpers in andere Stoffe umgebaut.

- ✓ Kohlenhydratstoffwechsel: Umwandlung von Einfachzucker in Glykogen und Speicherung in Leber und Muskulatur; Neusynthese von Glucose aus Aminosäuren, Laktat und Glycerin; Umwandlung von Zucker in Triglyceride sowie Rückwandlung von Glykogen in Glucose.
- ✓ Eiweißstoffwechsel: Synthese bestimmter Proteine wie Albumin, Prothrombin, Fibrinogen, Transferrin und Enzymen und Abbau von Proteinen zu Aminosäuren unter Bildung von Harnstoff, welcher über die Niere ausgeschieden wird.

- ✓ Fettstoffwechsel: Auf- und Abbau von Fettsäuren, Synthese aus Kohlenhydraten, Zerlegung der Fette durch Gallensäure sowie Bildung und Transport von Cholesterin sowohl von der Leber in die Peripherie (VLDL) als auch von der Peripherie zur Leber (HDL), Bildung von Hormonen.
- ✓ Produktion von Gallensekret, welches aus Gallensäuren, Gallenfarbstoffen Cholesterin, Salzen, Schleim, Stoffwechsel-, Abfallprodukten und Fremdstoffen besteht.
- ✓ Speicherung und Synthese von fettlöslichen Vitaminen wie z. B. Vitamin B12, Vitamin A, D und K sowie Speicherung von Eisen.
- ✓ Inaktivierung von Stoffwechselprodukten (Giftstoffen) durch chemische Veränderungen, Entgiftung von Hormonen wie z.B. Thyroxin, Steroidhormonen und Fremdstoffen wie z.B. Alkohol, Medikamente und Bilirubin.
- ✓ Immunabwehr durch lokale Makrophagen – Da sich in der Leber achtzig Prozent der nicht im Blut zirkulierenden Makrophagen (Kupfer-Sternzellen) befinden, ist die Leber ein wichtiges Organ der unspezifischen Immunabwehr. Durch ihre Anbindung an das Pfortadersystem schützt sie den Organismus besonders gegen Mikroorganismen, Viren und Fremdstoffe aus dem Darmtrakt.
- ✓ Bildung von Blutgerinnungsfaktoren.
- ✓ Hämatopoese in der Fetalzeit – bei einem Ausfall anderer Blutbildungszentren kann die Leber einspringen. So übernimmt die Leber z.B. bei einer fehlenden Milz die Blutwäsche (Liem, 2005).
- ✓ Die Leber als Organ der Blutspeicherung – bedingt durch ihre großen variablen Gefäßvolumina kann es zu einer aktiven oder passiven Zunahme des Blutvolumens in der Leber kommen.

2.3.5.1. Funktion der Leber unter Belastung

Das Leberglykogen ist neben dem im Muskel selbst enthaltenen Glykogenvorrat für die Glucoseversorgung des belasteten Organismus verantwortlich. Glykogen wird unter hormonellem Einfluss enzymatisch zu Glucose abgebaut und ins Blut abgegeben. Dabei ist allerdings der Glucoseverlust der Muskulatur deutlich höher als der in der Leber. Die Leber stellt des weiteren Glucose durch Neubildung (Gluconeogenese) hauptsächlich aus bestimmten Aminosäuren her. Dabei entsteht Ammoniak, welches ein starkes Zellgift ist und unter Belastung vermehrt anfällt und beseitigt werden muss. Hierzu steigt die Harnstoffbildung der Leber während und nach der Belastung deutlich an. Nach

Belastungsabbruch kommt es zu einem Wiederauffüllen der Glykogenvorräte in der Leber, welches vor allem durch den Umbau von Milchsäure zu Glucose gewährleistet ist. Ein Teil des Eiweißdefizits wird durch Resynthese ausgeglichen (Badtke, 1995).

Weiters kommt es bei erhöhter körperlicher Belastung und dem damit einhergehenden erhöhten Energieumsatz zu einer gesteigerten Wärmebildung im Organismus. Da auch die Leber eine erhöhte Stoffwechselsteigerung aufweist, kommt es zu einer Temperaturerhöhung im Körperkern. Der Leistungsumsatz im Lebergewebe führt zu einer Aufheizung des Leberblutes und damit zu einer Temperatursteigerung im abfließenden venösen Blut. Damit trägt die Leber zur Erwärmung des Gesamtorganismus bei. Unter hohen körperlichen Belastungen ist daher auf ausreichende Wärmeabgabe zu achten, um Gewebeschäden zu verhindern (Badtke, 1995). Nach hohen physischen Belastungsanforderungen, wie es bei intensivem sportlichen Training der Fall sein kann, kommt es zu einer Vergrößerung und Gewichtszunahme der Leber. Dies resultiert vorwiegend aus der erhöhten Glykogen-Speicherkapazität. Während der Belastung hingegen ist die Leber vermindert durchblutet, gibt ein erhebliches Speichervolumen an den Organismus ab und schwankt dadurch deutlich in ihrer Größe (Badtke, 1995).

2.3.5.2. Emotionaler Bezug

Ein wissenschaftlich schwer nachweisbarer Bezug ist der emotionale Bereich. Obwohl es sich hier um eine wissenschaftliche Studie handelt, scheint es mir dennoch wichtig zu sein, auch auf diese Thematik einzugehen. Aus persönlichen Erfahrungen mit den Klienten in meiner Praxis erlebe ich es immer wieder, dass Patienten nach der Behandlung sehr emotional reagieren. Dies kann sich z.B. als Ärger, Wut, Zorn aber auch Traurigkeit und depressiver Verstimmung zeigen. Natürlich ist auch das genaue Gegenteil, wie z.B. deutlich bessere Stimmungslage, mehr Energie oder Leichtigkeit als Reaktion möglich. Dies sind aber - wie schon erwähnt - nur persönliche Erfahrungen und stellen keinen Anspruch auf Richtigkeit. Da es aber nach den in der Studie durchgeführten Behandlungen genau zu ähnlichen Reaktionen gekommen ist, halte ich diese Thematik als erwähnenswert.

Laut Barral (2005) wird die Leber dem „tiefen Ich“, den Wurzeln, der eigenen Persönlichkeit zugeordnet. Die Leber spiegelt sehr häufig größere Belastungen dieses „tiefen Ichs“ wider. Die betroffenen Personen leiden an Antriebslosigkeit, Müdigkeit bis hin zu depressiver Verstimmung. Für sie ist es schwierig, sich für etwas zu begeistern, und sie reagieren auf jegliche Belastung rasch mit Überforderung. In der östlichen Medizin ist dieser

Zusammenhang zwischen Leber und Depression schon seit langem bekannt (Barral 2006).

Auch Martel (2011) sieht die Leber als Sitz von Emotionen, wobei vorrangig Wut und Kritik gespeichert werden. Negative Emotionen wie Kummer, Hass, Eifersucht, Neid, Aggressivität beeinträchtigen eine einwandfreie Leberfunktion. Ebenso werden bittere und gereizte Gedanken und Emotionen, die nicht zum Ausdruck gebracht werden können, in der Leber abgelegt. Ebenso wie Barral (2005) sieht auch er einen Zusammenhang zwischen Leber und Depressionen, die letztendlich nichts anderes sind, als Enttäuschung sich selbst gegenüber.

Für Rainville (2011) verkörpert die Leber die Anpassung. Leberprobleme können ihre Ursache auch darin haben, dass es zu Unruhe in Form von Sorgen wie z.B. Geldsorgen oder Existenzängsten kommt. Auch wenn man die Anpassung an eine bestimmte Situation verweigert und dies als Wut und Auflehnung erlebt wird, kann es letztendlich zu Leberproblemen kommen. Müller Kainz und Steingaszner (2001) sehen die seelische Ursache von Lebererkrankungen in der Charakterschwäche des „Nicht Vergeben Könnens“. Menschen, die nicht vergeben können, sind leicht zornig, ärgern sich rasch und sind eifersüchtig bzw. neidisch. Wieder sind es die Emotionen „Ärger und Wut“ die als negative Emotion unseren physischen Körper „vergiften“.

In der chinesischen Medizin ist die Leber für das freie Fließen der Lebensenergie Qi zuständig. Bei Leberstörungen kommt es vor allem zu starker Müdigkeit und unterdrückter Wut (Martel, 2011).

Wenngleich dies auch keine wissenschaftlich fundierten Quellen sind, so ist dennoch auffallend, dass viele verschiedene Autoren bzw. Zugänge ähnliche Ergebnisse aufweisen.

2.3.6. Behandlungsansätze innerer Organe in der Osteopathie

Für ein besseres Verständnis werden die in der Studie angewandten Zugänge kurz erläutert. Nach Barral (2005) ist die viszerale Manipulation eine Methode, um die Mobilität oder die Motilität eines Organes mit Hilfe von spezifischen, sanften Kräften wieder in Gang zu bringen.

2.3.6.1. Direkte Techniken:

Diese werden mit sanfter Kraft direkt am Organ in diesem Fall an der Leber durchgeführt. Es wird versucht, das Organ aus seiner eingeschränkten Beweglichkeit zu befreien, indem man versucht, das Organ direkt in die Richtung, in die es nicht gehen möchte, zu mobilisieren. Am Beispiel der Leber wurde z.B. im Sitzen versucht eine zu weit nach kaudal (in Inspiration) stehende Leber wieder nach kranial zu mobilisieren. Es wurden die Finger am Unterrand der Leber gelegt und diese in der respiratorischen Ausatemphase mit nach kranial geschoben.

2.3.6.2. Indirekte bzw. funktionelle Techniken:

Diese nutzen den „Weg des geringsten Widerstandes“, indem der Therapeut das Gewebe in die Richtung bewegt, in der es am wenigsten angespannt ist. In dieser Position wird das Organ gehalten, sodass es zu einer weiteren Entspannung kommen kann. Diese Techniken wurden vor allem im Bereich der ligamentären Restriktionen eingesetzt.

2.3.6.3. Induktionstechniken:

Sie wirken in erster Linie auf die Eigenbewegung (Motilität) innerer Organe. Nach dem Erfühlen der eingeschränkten Motilität des Organs in eine bestimmte Richtung wird versucht, die Symmetrie, Amplitude und Frequenz der Organmotilität wieder herzustellen, indem man durch Induktion die stärker ausgeprägte Bewegungsrichtung (Inspir oder Exspir) unterstützt bzw. verstärkt (Liem et al., 2005). Dadurch wird das Organ ermutigt, die normale Motilität mit den korrekten Achsen und einer guten Qualität von Amplitude und Richtung wieder aufzunehmen (Barral, 2005).

2.3.6.4. Kompression und Vibration:

Ergänzend zu den oben beschriebenen Techniken werden auch Kompression und Vibration an Organen angewandt. Die in der Studie angewandte Technik der Leberpumpe zielt darauf ab, die arterio-veno-lymphatische Zirkulation zu aktivieren, um so die Organfunktion zu stimulieren. (De Coster, 1995).

Es wurde bei der vorliegenden Studie bewusst auf einen ganzheitlichen Zugang verzichtet, um klarere Aussagen in Bezug darauf zu erhalten, ob man über osteopathische Techniken auf Höhe des Organs den Stoffwechsel desselben beeinflussen kann.

3. Methodologie

3.1.Studiendesign

Bei der vorliegenden Studie handelt es sich um eine Grundlagenstudie mit „within subject design“. Die Studienteilnehmer dienten als ihre eigene Vergleichsgruppe.

Für die Suche nach für diese Studie relevanter Literatur wurden die Datenbanken Medline, Cochrane Library, Biomed Central, Med Pilot, MetaGer und Tripdatabase sowie die osteopathischen Datenbanken Osteopathic Research Web und Ostmed-DR und die Suchmaschine Google-scholar genutzt.

Es wurde sowohl in Englisch als auch in Deutsch unter folgenden Stichwörtern gesucht: Lactate, lactate threshold, lactate degradation, liver, liver treatment, osteopathic liver treatment (Laktat, Laktatschwelle, Laktatabbau, Leber, Leberbehandlung, osteopathische Leberbehandlung). Der Suchzeitraum erstreckte sich von Mai 2013 bis März 2014. Die Suche wurde nicht durch zeitliche Vorgaben begrenzt, da ohnehin wenige Studien zum vorliegenden Thema zu finden waren und es vor allem zum Thema Laktat auch viele ältere Studien, die nach wie vor ihre Gültigkeit haben, gibt (siehe Literaturverzeichnis).

3.2.Stichprobenbeschreibung

3.2.1.Stichprobengröße

An der Studie nahmen 24 Probanden teil, die nach Reihenfolge der eingehenden Anmeldungen ausgewählt wurden. Bei den Probanden handelte es sich um gesunde männliche und weibliche Teilnehmer, welche zwischen 22 und 44 Jahre alt waren. Das Alter der Probanden ergab sich durch die eingehenden Anmeldungen und wurde nur durch das Auswählen der Grundpopulation beeinflusst. Die Probanden wurden durch Aussendung eines Informationsmails, welches an alle Studenten der FH-Joanneum Graz und private Bekannte gesandt wurde, rekrutiert. Die Studie wurde mit 21 Probanden beendet.

Um den Lesefluss nicht zu unterbrechen, werden im Verlauf der weiteren Arbeit die teilnehmenden Personen egal ob männlich oder weiblich als „der Proband“ bzw. „die

Probanden“ bezeichnet. Dies dient nur der Vereinfachung und schließt beide Geschlechter mit ein.

In Tabelle 1 sieht man die demographischen Angaben, das Alter, den BMI der Teilnehmer sowie die Tatsache, ob sie den Laktattest am Fahrradergometer oder am Laufband absolviert haben.

Proband	Alter	Geschlecht	BMI	Rad/Lauf
1	26	M	26	Rad
2	23	W	24	Rad
3	23	W	22	Lauf
4	44	M	26	Rad
5	38	W	21	Rad
6	24	W	17	Rad
7	30	M	22	Rad
8	24	W	19	Lauf
9	22	W	22	Lauf
10	24	M	20	Rad
11	35	W	23	Rad
12	29	M	20	Lauf
13	39	M	24	Rad
14	25	W	20	Lauf
15	33	W	24	Rad
16	23	W	20	Lauf
17	23	M	22	Lauf
18	36	M	24	Lauf
19	36	W	19	Rad
20	43	W	23	Lauf
21	31	M	24	Lauf

Tabelle 1: demographische Angaben

3.2.2. Einschlusskriterien

Da es sich bei den Teilnehmern um gesunde Probanden handelte, mussten die Teilnehmer versichern, dass sie zum Zeitpunkt der Studie folgende Ansprüche erfüllten:

- ✓ der Studienteilnehmer durfte an keiner physischen oder psychischen Erkrankung leiden und auch sonst keine bekannten chronischen Krankheiten oder Stoffwechselerkrankungen haben.
- ✓ Zum Zeitpunkt der Studie durfte keine akute Erkrankung bestehen.
- ✓ Da eine Leistungsdiagnostik durchgeführt wurde, durften die Probanden keinerlei Zeichen von Herz-Kreislauf-Erkrankungen aufweisen. Die Teilnehmer mussten in der Lage sein, zweimal innerhalb weniger Tage einer maximalen körperlichen Anstrengung Stand zu halten. Das heißt, sie mussten physisch in der Lage sein, maximale körperliche Anstrengung liefern zu können.
- ✓ Die Studienteilnehmer mussten in der Lage sein, die Einverständniserklärung zu lesen, zu verstehen und diese auch zu unterzeichnen.

Weiters mussten die Probanden vor der Testung ein Informationsblatt durchlesen und eventuell eingenommene Medikamente wie z.B. hormonelle Verhütungsmethoden oder Nahrungsergänzungsmittel angeben. Abgesehen von hormonellen Verhütungsmitteln und Nahrungsergänzungsmitteln, welche die Probanden regelmäßig zu sich nahmen, war keinerlei Medikamenteneinnahme erlaubt. Da Medikamente einen Einfluss auf den Leberstoffwechsel haben können (siehe Aufgaben der Leber) wurden diese bis auf oben genannte Ausnahmen grundsätzlich untersagt. Probanden, die dennoch eine Basismedikation (wie z.B. Antidepressiva) hatten, wurden aus der Studie ausgenommen.

3.2.3. Ausschlusskriterien

- ✓ Einnahme von unerlaubten Medikamenten
- ✓ Die Probanden durften im Zeitrahmen der Studie ihre Lebensgewohnheiten nicht verändern. Das heißt, sie durften z.B. mit keiner Diät beginnen, ihr Trainingsverhalten nicht ändern und mussten auch ihr normales Schlafverhalten beibehalten. Auch eine Vitamineinnahme war untersagt.
- ✓ Die Probanden mussten schon Erfahrung im Umgang mit einem Fahrradergometer bzw. einem Laufband haben, um gewährleisten zu können, dass beide Testungen miteinander vergleichbar sind und der Proband sich nicht erst an ein neues unbekanntes Gerät gewöhnen musste.

- ✓ Unsachgemäße Durchführung der Leistungsdiagnostik
- ✓ zu starke Leistungssteigerung des Probanden während der Studiendauer

Am Beginn nahmen 24 Probanden an der Studie teil. Ein Teilnehmer verließ die Studie aus terminlichen Gründen, ein weiterer Teilnehmer musste auf Grund von Medikamenten Einnahme (Antidepressiva) ausgeschlossen werden. Bei einem dritten Probanden wurde die Leistungsdiagnostik nicht sachgemäß ausgeführt, sodass auch er aus der Studie ausgeschlossen wurde. Die Studie wurde mit 21 Probanden beendet. Die Gruppe setzte sich aus 9 männlichen und 12 weiblichen gesunden Probanden, welche zwischen 22 und 44 Jahre alt waren, zusammen.

3.3. Laktatmessung

Um als Ausgangsbasis möglichst hohe Laktatwerte zu erreichen, wurde in der vorliegenden Studie eine Leistungsdiagnostik am Fahrradergometer bzw. am Laufband durchgeführt (vgl. Kapitel 2.3.3.). Dies wurde gewählt, um sicher zu stellen, dass der jeweilige Proband zu beiden Zeitpunkten der Testungen in einem vergleichbaren Zustand ist. Durch die Laktatkurve ist ersichtlich, ob der Proband zwischen den beiden Testungen eine körperliche Veränderung, z.B. eine Leistungssteigerung durchgemacht hat. Außerdem ermöglicht es die Leistungsdiagnostik den Laktatwert in die Höhe zu treiben, sodass uns für die Studie möglichst hohe Laktatwerte zur Verfügung stehen. Abbildung 8 zeigt die Leistungsdiagnostik am Fahrradergometer mit Blutabnahme über das Ohr.



Abb. 7: Leistungsdiagnostik am Fahrradergometer

Die Laktatmessungen wurden nach standardisiertem Protokoll wie folgt durchgeführt:

- ✓ Der Testleiter trägt Handschuhe;
- ✓ Säuberung der Entnahmestelle (Ohrläppchen) mit Desinfektionsmittel;
- ✓ Stich mit Lanzette;
- ✓ Erster Tropf wird mit Trockentupfer verworfen;
- ✓ Die Laktatentnahmestelle muss frei sein von altem Blut und Schweiß, da Schweiß eine wesentlich höhere Laktatkonzentration enthält;
- ✓ Bei Tests ohne Testpause ist der Beginn der Laktatentnahme (Blut auspressen) 10 Sekunden vor Stufenende (Fahrradergometrie), sonst zu Beginn der Pause (Laufband).

Da es für die vorliegende Studie wichtig war, hohe Laktatwerte zu erreichen, wurden die Testungen bis zur subjektiven Ausbelastung durchgeführt. Aus diversen Gründen, auf die im nächsten Kapitel noch näher eingegangen wird, wurden zirka die Hälfte der Probanden am Fahrrad und die andere Hälfte am Laufband getestet.

3.4. Behandlungsablauf

Die vorliegende Studie wurde im Juli und August 2013 in einer privaten Gemeinschaftspraxis für Osteopathie, Physiotherapie und Sportwissenschaft in Graz durchgeführt.

Im Folgenden werden die beiden Behandlungstermine genauer erklärt. Da die Versuchsgruppe als ihre eigene Vergleichsgruppe dient, musste jeder Proband zwei Mal zur Laufband- oder Fahrradergometrie und den anschließenden Messungen bzw. Behandlung oder Nicht Behandlung erscheinen.

Die osteopathische Behandlung nach der Laktatleistungsdiagnostik wurde aus zeitlichen Gründen entweder schon beim ersten oder erst beim zweiten Termin durchgeführt. So war es möglich, dass Herr Mag. Wolf die Leistungsdiagnostik durchführen konnte und parallel dazu ein schon getesteter Proband osteopathisch behandelt wurde. Die Probanden durften selbst entscheiden, ob sie die Ergometrie lieber am Fahrrad oder am Laufband machen wollten. Für die Studie war es interessant zu sehen, ob es einen Unterschied im Laktatabbau abhängig vom gewählten Gerät geben würde. Außerdem sollten die Probanden das ihnen vertrautere Gerät wählen, damit es zu keinen Problemen im Umgang mit den Geräten kommen konnte. Weiters war es auch ein zeitlicher Vorteil, zwei Probanden an zwei verschiedenen Geräten gleichzeitig testen zu können. Neun Probanden wählten das Laufband und 12 wählten das Fahrrad.

Vor dem ersten Termin fand ein ausführliches Anamnesegespräch statt, wobei die Probanden über den Ablauf der beiden Einheiten aufgeklärt wurden. Die Probanden mussten ein genaues Informationsblatt durchlesen und unterschrieben wieder bringen. Weiters wurden sie gebeten, auf etwaige psychische und physische Veränderungen nach der Behandlung zu achten und diese zu notieren.

3.4.1 Erster Termin

Nach Durchführung einer Ruhelaktatmessung zur Erhebung eines Basiswertes wurde eine Fahrradergometrie oder Laufbandergometrie bis zur subjektiven Ausbelastung durchgeführt.

Die Laktatmessung während der Fahrradergometrie erfolgte entsprechend den Empfehlungen der WHO nach den Kriterien der Vita-Maxima-Belastung im drei Minutenintervall. Es wurde nach Messung des Ruhelaktats mit 50 Watt begonnen, und es erfolgte alle drei Minuten eine Steigerung um weitere 50 Watt sowie eine Laktatmessung

(Badtke 1995). Der Laktatleistungstest ging bis zur individuellen Ausbelastung der Probanden und endete mit dessen Abbruch inklusive Messung. Eine weitere Laktatmessung wurde drei Minuten nach Beendigung der Testung durchgeführt, weil das Laktat nach Beendigung der Belastung noch weiter ansteigt.

Die Laufbandergometrie erfolgte ebenfalls nach allgemein in der Sportwissenschaft anerkannten Kriterien. Es wurde mit 6 km/h begonnen, und es erfolgte eine Steigerung um jeweils 2 km/h alle 3 Minuten. Die Messungen wurden vor Beginn der Leistungsdiagnostik und jeweils vor Erhöhung der Geschwindigkeit durchgeführt. Dazu mußten die Probanden eine Pause von 20 Sekunden einlegen (Heck et al., 1989).

Abbruchkriterien waren das Auftreten von Schwindel, Übelkeit oder vegetativer Entgleisung. Keiner der teilnehmenden Probanden zeigte diese Symptome.

Anschließend erfolgte die osteopathische Behandlung welche aus osteopathischen Techniken auf Höhe der Leber bestand und keine komplette osteopathische Behandlung darstellte. Es erfolgte wieder eine Laktatmessung während der Behandlung - nach 15 Minuten und am Ende der Behandlung nach 30 Minuten (vgl. Kapitel 2.3.1. Halbwertszeit). Die Laktatentnahme erfolgte in Rückenlage am Ohr und stellte weder für den Probanden noch für den Behandler ein Problem dar, da die Behandlung einfach kurz unterbrochen wurde.

In Abbildung 9 wurde das Laktatmessprotokoll schematisch zusammengefasst.

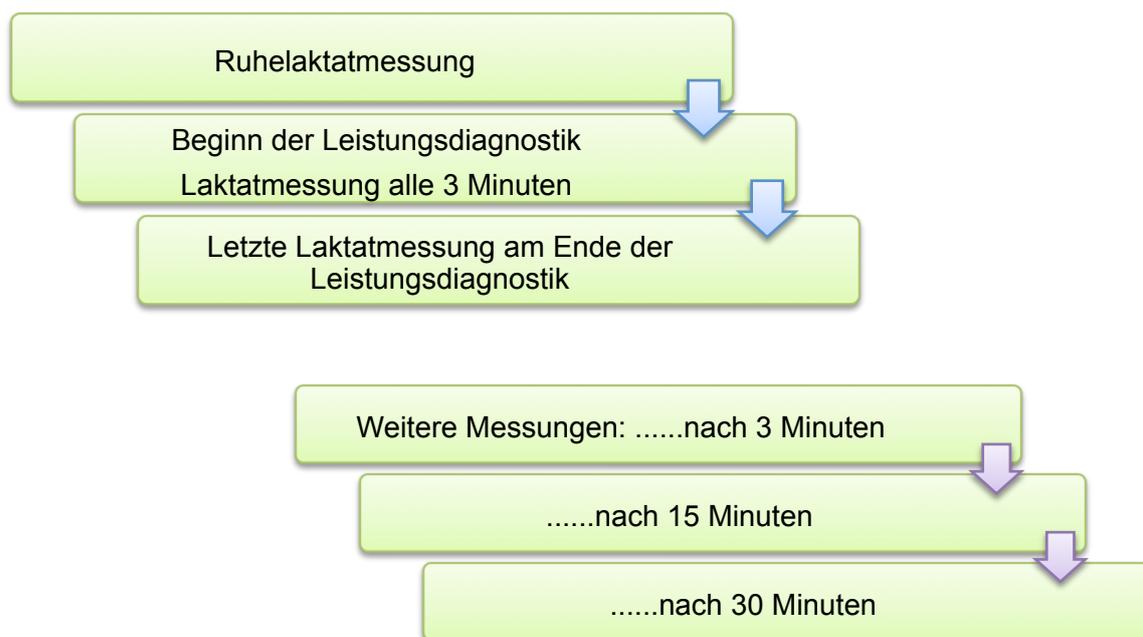


Abb. 8: Übersicht der Laktatmessungen

3.4.2. Zweiter Termin

Ruhelaktatmessung und Leistungsergometrie mit Laktatmessungen nach dem selben Protokoll wie beim ersten Termin. An Stelle der Behandlung mussten sich die Probanden nach Ausbelastung und drei Minuten Pause auf die Behandlungsliege setzen, und es wurde nach 15 Minuten das Laktat gemessen. Nach weiteren 15 Minuten, welche die Probanden im Liegen verbringen mussten, wurde die letzte Laktatmessung durchgeführt. Der Positionswechsel wurde durchgeführt, um die Rahmenbedingungen vergleichbar zu halten.

Aufgrund der Zeitintensität der Testungen wurden - wie schon oben erwähnt - 50 % der Probanden beim ersten Termin mit osteopathischen Techniken auf Höhe der Leber behandelt und 50 % der Probanden beim zweiten Termin.

Zwischen den einzelnen Testungen durften nur 3 bis maximal 7 Tage liegen. Dadurch war gewährleistet, dass die Probanden sich nach der ersten Testung ausreichend erholen konnten und laut persönlichen Aussagen von Herrn Mag. Wolf (persönliche Mitteilung, 23.05.2013) kann ein eventuell in der Zwischenzeit auftretender Trainingsreiz minimiert werden. Sollte es dennoch aufgrund zwischenzeitlich durchgeführter Trainingseinheiten zu einer Leistungssteigerung kommen, wäre das auf der Laktatkurve durch eine Rechtsverschiebung ersichtlich, und der Proband würde aus der Studie ausscheiden. Zum besseren Verständnis: Eine Rechtsverschiebung der Laktatkurve bedeutet eine Verbesserung der Ausdauerleistungsfähigkeit, da weniger Laktat bei gleichen Belastungen anfällt.

Um optimale Rahmenbedingungen zu schaffen, wurde darauf geachtet, dass beide Termine zur jeweils gleichen Uhrzeit durchgeführt wurden. Die Testungen verliefen über insgesamt 6 Wochen und wurden jeweils an zwei Vormittagen und an zwei Nachmittagen in der Woche durchgeführt. Sämtliche Teilnehmer hatten ihre beiden Termine zur gleichen Uhrzeit - entweder vormittags oder nachmittags. Die klimatischen Bedingungen im Raum gestalteten sich auch auf Grund des konstanten Schönwetters als sehr gleichmäßig. Da es relativ warm war und die Probanden stark schwitzten, durften sie nach der Leistungsergometrie Wasser trinken, dies musste jedoch bei beiden Terminen der Fall sein.

Für einen besseren Überblick wird in Abb.9 der Behandlungsablauf nochmals schematisch dargestellt.

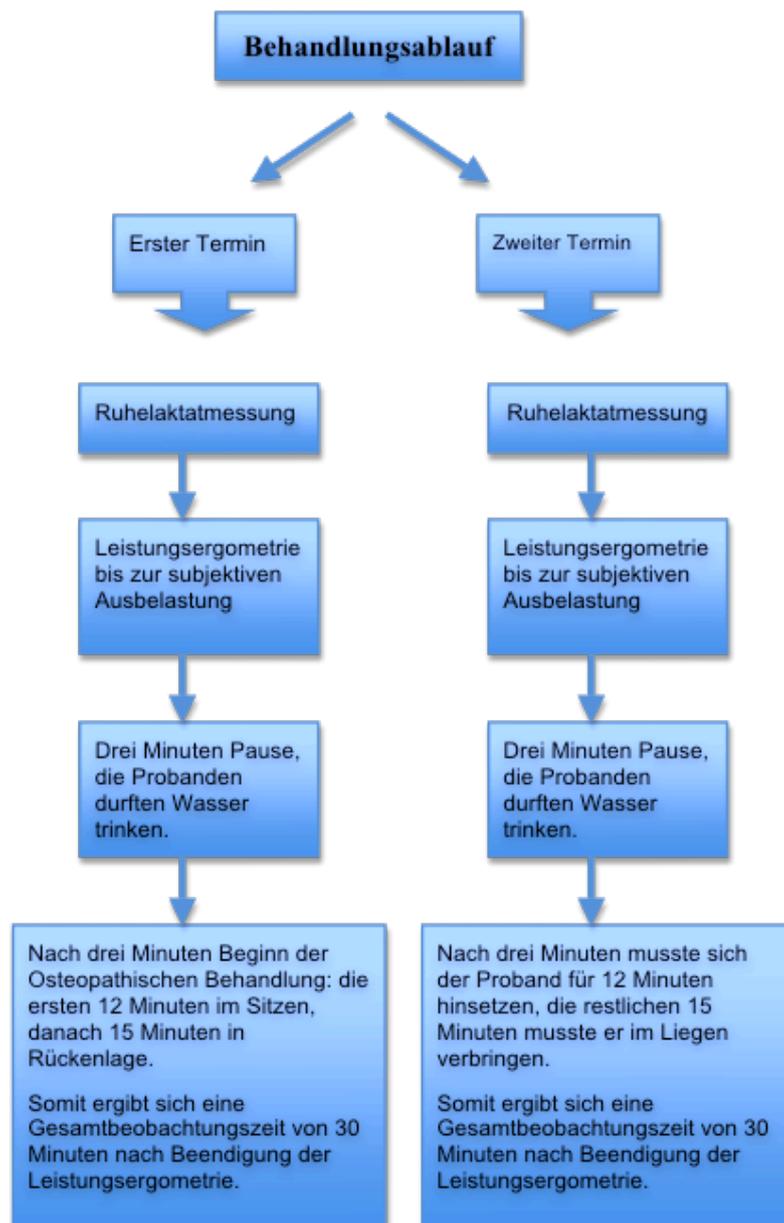


Abb. 9: Übersicht Behandlungsablauf

3.5. Behandlungsschema

Die Leberbehandlung umfasste ausschließlich Techniken direkt am Organ, um möglichst viele beitragende Faktoren ausschließen zu können. Es wurde wie bei Barral (2005) und De Coster (1995) empfohlen, zuerst mit einer allgemeinen Lebermobilisation begonnen. Die Mobilität der Leber wurde im Sitzen geprüft und je nach Befund behandelt. Die Dauer dieser Techniken war individuell unterschiedlich und betrug zwischen acht und fünfzehn Minuten. Daher wurden die Probanden beim Kontrolltermin auch aufgefordert, die ersten 15 Minuten im Sitzen zu verbringen. Anschließend wurde die Motilität der Leber in Rückenlage untersucht, und es wurden Techniken zur Verbesserung der Motilität durchgeführt. Dieser Teil der Behandlung dauerte im Allgemeinen ca. zehn Minuten. Als Abschluss der Behandlung wurde die Leberpumpe (De Coster, 1995) durchgeführt.

Es wurden nur der Sitz und die Rückenlage als Ausgangsstellungen gewählt, um eine gute Vergleichbarkeit zwischen der Behandlungseinheit und der Kontrolleinheit gewährleisten zu können. Am Beginn der Behandlung wurde der Sitz gewählt, da es für den Probanden einfacher war, die Muskulatur zu entspannen. Folglich konnte ein genauerer Befund erhoben werden und dementsprechend im Sitzen bzw. daran anschließend in Rückenlage behandelt werden. Auch können eventuelle Restriktionen im posterioren Bereich im Sitzen besser behandelt werden.

Es wurden keine Behandlungszugänge über den Brustkorb gewählt, um die Rippen bzw. andere angrenzende Strukturen als beitragende Faktoren ausschließen zu können. Auch wurde die Gallenblase und ihre Drainage nicht in die Behandlung mit einbezogen.

Die Behandlung erfolgte zwar nach einem vorgegebenen Schema, dennoch wurde nur das behandelt, was in der Palpation an Restriktionen gefunden wurde. Da bei manchen Probanden vor allem in Bezug zur Mobilität keinerlei Restriktion gefunden wurde, wurde in diesen Fällen die Leber in sämtliche Richtungen begleitend mobilisiert. Um den Zeitplan einzuhalten, wurde auch bei diesen Probanden erst nach ca. 10-15 Minuten in die Rückenlage gewechselt.

Das Behandlungsschema sah wie folgt aus:

✚ Palpation der Leber im Sitzen:

Es wurde die Mobilität der Leber in sämtliche Richtungen durchgetestet, wobei vor allem folgende ligamentäre Strukturen auf ihre Festigkeit geprüft wurden:

- das Ligamentum Triangulare dextrum (siehe Abb.10)
- das Ligamentum Coronarium
- das Ligamentum Triangulare sinistrum:

Je nach Befund wurden die Strukturen mittels indirekter Techniken behandelt.



Abb. 10: Behandlung des Lig. Triangulare dextrum

✚ Beurteilung der Mobilität (siehe Abb.11):

Palpation des Unterrands der Leber im Sitzen: Es wurde getestet, in wie weit die Leber bei der thorakalen Atmung dem Zwerchfell folgt. Als Befund wurde „Leber steht in Inspiration oder Expiration“ gewertet und bei Bedarf mobilisiert. Die Behandlung erfolgte mittels direkter Techniken entweder im Sitzen oder in Rückenlage.

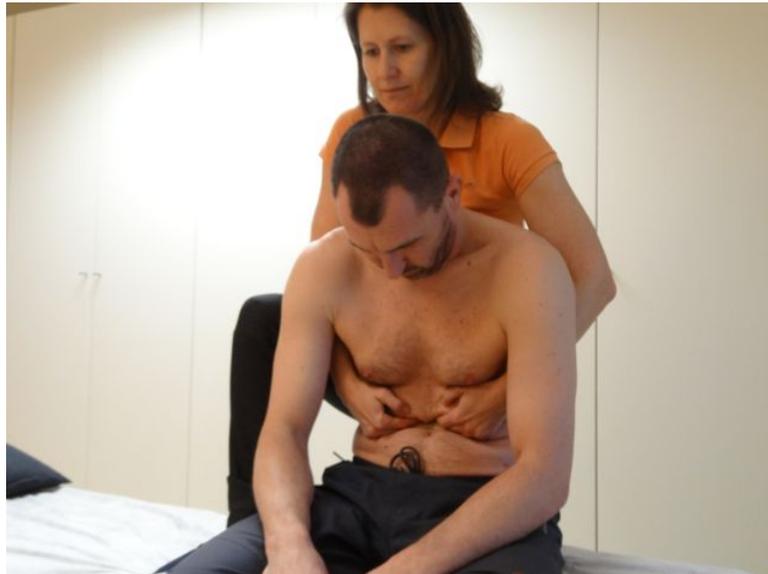


Abb. 11: Beurteilung bzw. Behandlung der Mobilität

- ✚ Testen der Motilität in Rückenlage (siehe Abb.12): Als Befund wurde „Leber steht in Inspir bzw. in Exspir“ gewertet. Der Übergang von Befund zur Behandlung erfolgte fließend, und es wurden vor allem Induktionstechniken angewandt.



Abb. 12: Test und Behandlung der Motilität

- ✚ Abschließend wurde eine Leberpumpe durchgeführt (siehe Abb.13).



Abb. 13: Leberpumpe

3.6. Behandelnde Personen

Sämtliche Messungen der Studie wurden von einem erfahrenen Sportwissenschaftler, Herrn Mag. Bernhard Wolf, und einem Studenten der Sportwissenschaft, Herrn Uwe Aufhauser, durchgeführt.

Die osteopathischen Techniken wurden von der Verfasserin der Studie, Frau Elke Hieden, selbst durchgeführt. Die Behandlerin ist seit 2010 fertig ausgebildete Osteopatin und hat ihre Ausbildung an der Wiener Schule für Osteopathie erfolgreich abgeschlossen. Sie ist daher befähigt, die in der Studie verwendeten viszerale Behandlungen selbständig durchzuführen. Zur Sicherheit wurden die Techniken aber mit zwei weiteren fertig ausgebildeten Osteopathen besprochen.

3.7. Materialien

Sämtliche in der Studie verwendeten Materialien entsprechen den momentanen Richtlinien für Laktatmessungen (Faude, 2008).

3.7.1 Art der Materialien

Zur Messung der Laktatwerte wurde das Laktatmessgerät Lactat Pro Arcrai verwendet. Weiters wurden folgende Einwegmaterialien verwendet: - Blutlanzetten – Zellstofftupfer – nicht sterile Vinylhandschuhe – hyperämischer Salbe – Desinfektionsmittel mit HIV-Virucide – Abfallbox.

Die Kontrolle der Herzfrequenz erfolgte mittels einheitlichen Pulsmessgeräten der Firma Suunto.

3.7.1.1. Das Laufband

Die Laufbandergometrien wurden auf dem Laufband Bremshey Course-S. Das Ergometer ließ sich in Bezug auf Geschwindigkeit, Neigung, Stufen- und Pausendauer frei programmieren. Änderungen der Geschwindigkeit kündigten sich dem Probanden und dem Untersuchenden mit drei aufeinander folgenden akustischen Signalen an. Die Lauffläche

betrug 142 x 51 cm. Aus Sicherheitsgründen befand sich hinter dem Gerät eine weiche Notfallmatte. Ferner gab es einen großen Notstoppschalter und eine seitliche Schiene zum Abstützen, im Falle einer vollkommenen Erschöpfung. Neben der Gesamttestzeit konnte die Zeit der jeweiligen Stufe bzw. Pause, die Geschwindigkeit und die Steigung auf dem Display der Steuerungseinheit abgelesen werden.



Abb. 14. Laufband Bremshey Course-S

3.7.1.2. Das Fahrrad

Die Fahrradergometrien wurden auf dem Daum Ergobike 8i durchgeführt. Bei diesem Modell ließ sich individuell die Sitzhöhe, Sattelposition, Lenkerhöhe und Position einstellen. Es bestand die Möglichkeit, die Pedale gegenüber anderen Pedalsystemen auszutauschen. Das Ergometer ließ sich frei in Bezug auf die Stufenlänge bzw. Steigerung des Widerstandes programmieren. Auf dem Display der Steuerungseinheit (hier nicht im Bild) ließen sich die aktuellen Testparameter (Zeit gesamt, Zeit Stufe, Herzfrequenz und Leistung) des Tests verfolgen.



Abb. 15: Daum Ergobike 8i

3.7.2. Validität und Reliabilität (Gold Standard)

Tragbare Laktatmessgeräte wie das in der Studie verwendete sind state of the art (Faude, 2008; Tanner et al. 2009). Das in der Studie verwendete Gerät weist einen Variationskoeffizienten von 2,6 -3,2% auf und eine Standarddeviation von 0,07 – 0,30 mmol/L. Laut Studien (Faude, 2008) weisen die meisten Geräte einen Variationskoeffizienten von unter 4% bei wiederholten Messungen auf.

4. Ergebnisse:

4.1. Verwendete Statistik

Die Analysen wurden mit der Open Source Software R 3-0.2 durchgeführt. Um herauszufinden, welche Faktoren einen Einfluss auf den Laktatabbau haben, wurde eine „Multiple Linear Regression“ verwendet. Als abhängige Variable wurde das Laktat in mmol verwendet. Als erklärende Variablen wurden die Zeit, das Geschlecht, die Sportart und die Behandlung herangezogen. Es wurde analysiert, ob die Reduktion der Laktatwerte über die Zeit abhängig von den einzelnen Variablen ist. Als Signifikanzniveau wurden 5% herangezogen. Um herauszufinden, welche Faktoren signifikant sind, wurde als erstes das volle Modell gerechnet. Das ist jenes Modell, bei dem alle Variablen im Modell enthalten sind. Dann wurde schrittweise immer jene Variable aus dem Modell genommen, die am wenigsten zur Erklärung des Laktatabbaus beiträgt. Dieser Vorgang wurde so lange wiederholt, bis nur mehr jene Variablen im Modell verblieben, die einen signifikanten Einfluss hatten. Als einzig signifikante Variable verblieb die Zeit im Modell (Tabelle 3), alle anderen Variablen haben keinen signifikanten Einfluss. Zur Überprüfung der Modellvoraussetzungen für die multiple lineare Regression wurde eine Residuenanalyse durchgeführt. Diese hat keine Abweichungen von den Modellvoraussetzungen gezeigt. Die Residuenanalyse hat auch gezeigt, dass die Annahme der Normalverteilung gerechtfertigt ist und ein lineares Modell für den Laktatabbau über die Zeit passend ist.

Bei der Analyse der Daten ohne Behandlung wurde gleich vorgegangen. Was sich geändert hat ist, dass nur die Daten ohne Behandlung herangezogen wurden. Es wurde wieder das Laktat als abhängige Variable betrachtet und die gleichen erklärenden Variablen wie oben verwendet. Die Modellreduktion wurde wie oben durchgeführt, wobei auch hier wieder nur die Zeit als einzige signifikante Variable übrig blieb.

Für die Auswertung der Ergebnisse wurden die Messungen bei drei, 15 und 30 Minuten herangezogen.

Bevor im Folgenden die Ergebnisse statistisch ausgewertet in Tabellen dargestellt werden, ist hinzuzufügen, dass es auffälliger Weise bei den Laktatwerten keine großen Unterschiede mit oder ohne Behandlung gab, viele Patienten aber nach der Behandlung deutliche Reaktionen angaben. Zwei Probanden hatten nach der Behandlung keine Kreuzschmerzen

mehr, wobei diese Schmerzen im Vorfeld bereits seit Monaten bis Jahren bestanden. Drei weitere Probanden gaben an, dass sie sich nach der Behandlung wesentlich leichter und wohler im Körper fühlten. Eine Teilnehmerin fühlte sich nach der Behandlung müde und sehr gereizt, wobei der Zustand einen Nachmittag und Abend anhielt. Außerdem hatte sie seit der Behandlung kein Seitenstechen mehr beim Laufen. Bei drei Teilnehmern kam es zu Reaktionen im Verdauungssystem, wobei eine Teilnehmerin vermehrten Stuhlgang hatte, eine andere eine dunklere Färbung des Stuhls und eine weitere Teilnehmerin hatte Magendrücken. Zwei Teilnehmerinnen gaben an, komplett „kaputt“ gewesen zu sein. Eine weitere Teilnehmerin litt an Schlafstörungen. Ein Teilnehmer (der Älteste) hatte in der Nacht nach der Behandlung starken Harndrang, Bauchstechen mit mehrmaligem Erbrechen und anschließend einen abgehenden Nierenstein.

4.2. Ausgangslage bei 3min

Als erstes wird die Situation zu Beginn betrachtet. Hier sollten die Laktatwerte ähnlich sein, damit auch die Ausgangssituation bei beiden Messreihen eine Ähnliche ist. Dazu gibt es folgende zwei Grafiken. Abbildung 16 zeigt zwei Boxplots, einen für die Werte bei der Messreihe ohne Behandlung und einen für die Messreihe mit Behandlung. Daraus ist ersichtlich, dass bei beiden Messreihen die Werte ähnlich sind. Die Linie in den Boxen beschreibt den Median, dieser ist bei beiden Boxen gleich. Die Boxen werden aufgespannt vom unteren und oberen Quartil. Das untere Quartil beschreibt jenen Wert, bei dem 25% der Werte kleiner oder gleich diesem Wert sind. Das obere Quartil beschreibt jenen Wert, bei dem 75% der Werte kleiner oder gleich diesem Wert sind. Somit liegen 50% der Werte innerhalb der Box, auch das ist bei beiden Messreihen sehr ähnlich. Dieser Bereich, oberes Quartil minus unteres Quartil wird auch als Interquartils Range (IQR) bezeichnet und ist ein Maß für die Streuung der Daten. Die Linien, auch Whiskers genannt, gehen bis zum kleinsten bzw. größten Wert innerhalb $1.5 \cdot \text{IQR}$ vom unteren bzw. oberen Quartil. Werte, die außerhalb dieser Grenzen liegen, werden als Punkte eingezeichnet (hier nicht der Fall).

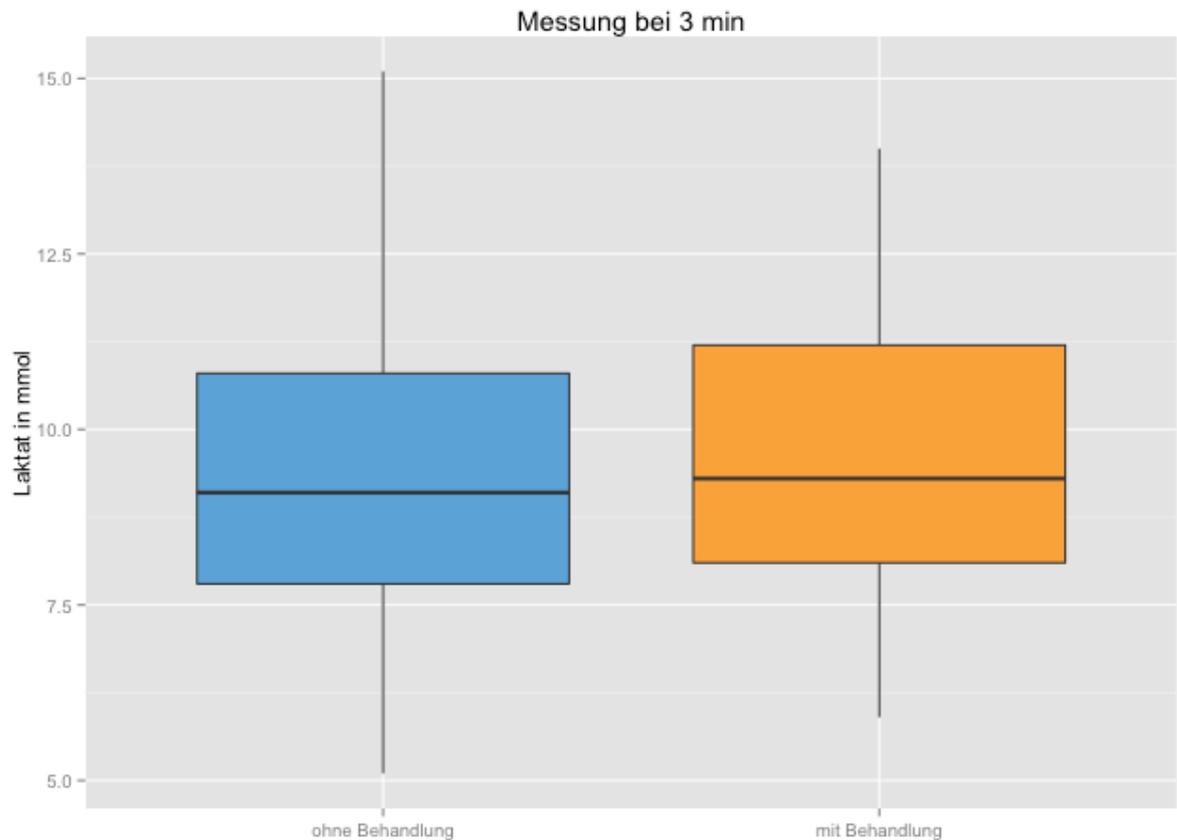


Abb. 16: Vergleich der Laktatwerte der beiden Messreihen bei 3 min.

In Abbildung 16 sind pro Person die Werte der beiden Messreihen gegenübergestellt. Hier ist gut zu sehen, dass die Anfangswerte bei 3 min bei den einzelnen Personen sehr ähnlich sind bzw. stark korrelieren. Das macht auch Sinn, denn wenn eine Person bei einer Messreihe einen hohen Laktatwert erreicht, so erreicht sie diesen auch bei der zweiten Messreihe. Auch das unterstreicht den Sachverhalt, dass die Ausgangssituation bei beiden Messreihen ähnlich ist und somit verglichen werden kann. Der Korrelationskoeffizient für diesen Zusammenhang ist 0.948 und somit sehr hoch.

In Abbildung 17 sind pro Person die Werte der beiden Messreihen gegenübergestellt. Hier ist gut zu sehen, dass die Anfangswerte bei 3 min bei den einzelnen Personen sehr ähnlich sind bzw. stark korrelieren. Das macht auch Sinn, denn wenn eine Person bei einer Messreihe einen hohen Laktatwert erreicht, so erreicht er diesen auch bei der zweiten Messreihe. Auch das unterstreicht den Sachverhalt, dass die Ausgangssituation bei beiden Messreihen ähnlich ist und somit verglichen werden kann. Der Korrelationskoeffizient für diesen Zusammenhang ist 0.948 und somit sehr hoch.

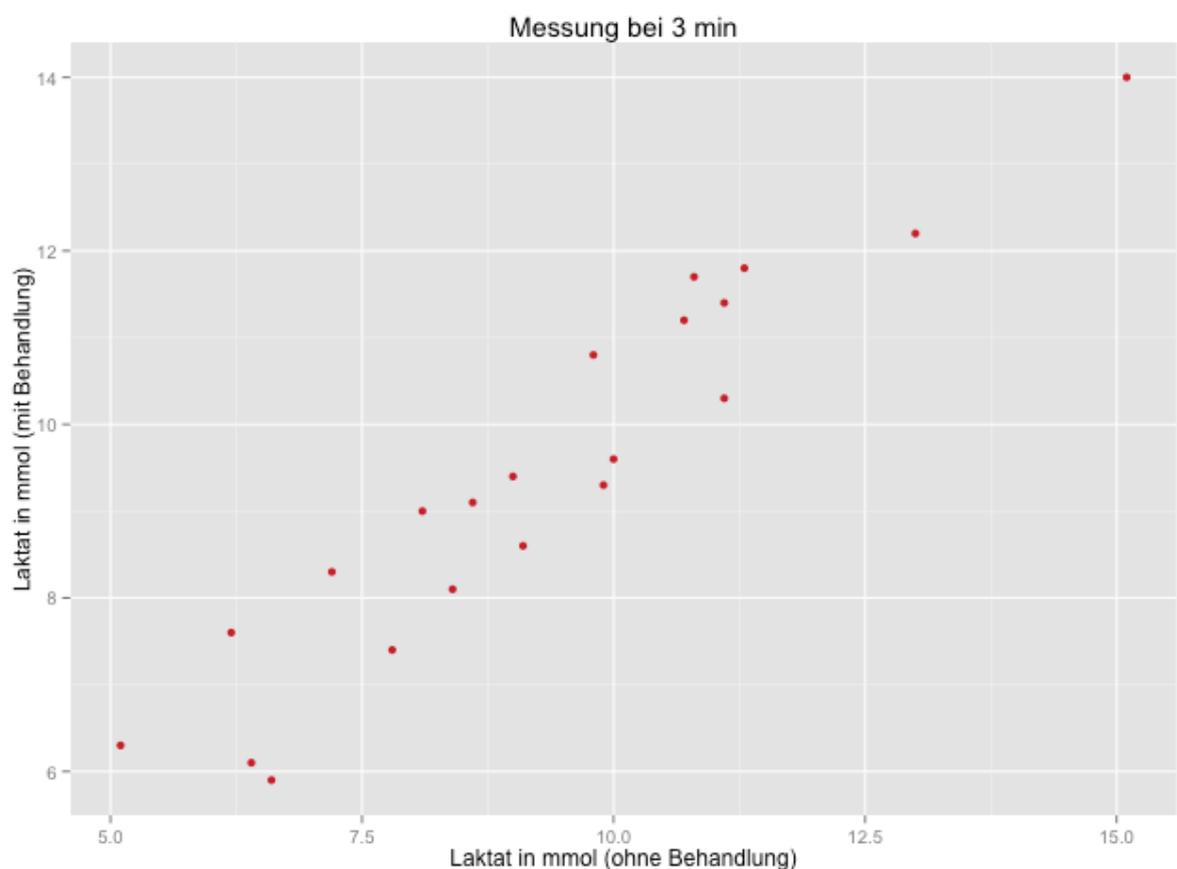


Abb. 17: Zusammenhang der Laktatwerte bei 3 min der einzelnen Personen bei den Messreihen mit und ohne Behandlung.

Fazit: Die Werte bei drei Minuten sind ähnlich, das heißt die Ausgangssituation ist bei beiden Messreihen die gleiche, und ein Vergleich ist zulässig.

4.3. Laktatreduktion

Für den Vergleich der Reduktion der Laktatwerte bei den beiden Messreihen ohne und mit Behandlung findet man folgende zwei Grafiken. In Abbildung 18 werden pro Zeitpunkt die Laktatwerte mittels Boxplots für die Werte ohne und mit Behandlung verglichen. Es ist zu erkennen, dass die Laktatwerte pro Zeitpunkt abnehmen, es allerdings zu keinem Zeitpunkt einen Unterschied zwischen den beiden Messreihen ohne und mit Behandlung gibt. Die Boxen sind bei allen drei Zeitpunkten sehr ähnlich. In Abbildung 19 ist die Reduktion der Laktatwerte pro Person über die Zeitpunkte getrennt nach den Messreihen dargestellt. Zusätzlich ist die Reduktion über die Zeit mittels einer linearen Regression geschätzt worden. Dieser Verlauf ist in der Abbildung 19 als blaue Linie eingezeichnet. Auch hier ist zu erkennen, dass diese beiden Linien fast identisch sind, was ebenfalls bestätigt, dass es zwischen den beiden Messreihen keinen Unterschied in der Abnahme der Laktatwerte gibt.

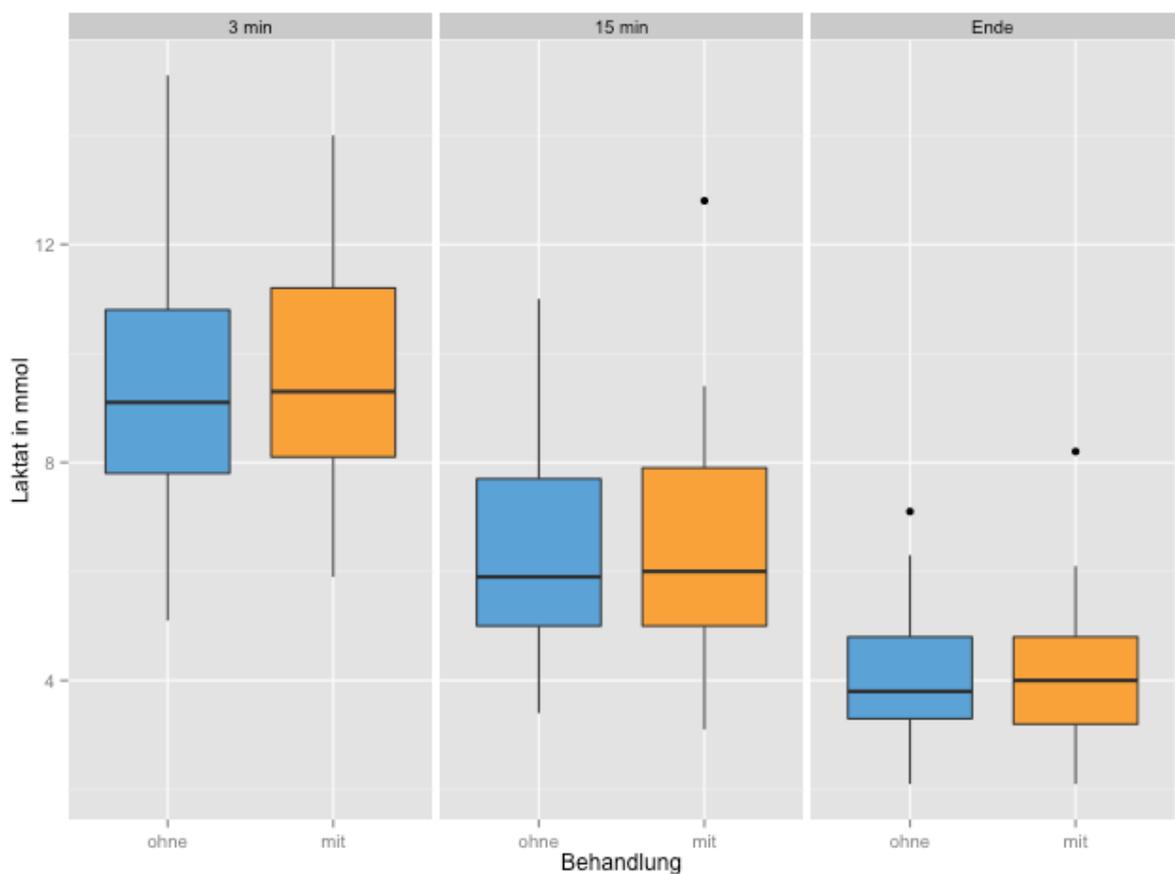


Abb. 18: Vergleich der Laktatwerte ohne und mit Behandlung je Zeitpunkt.

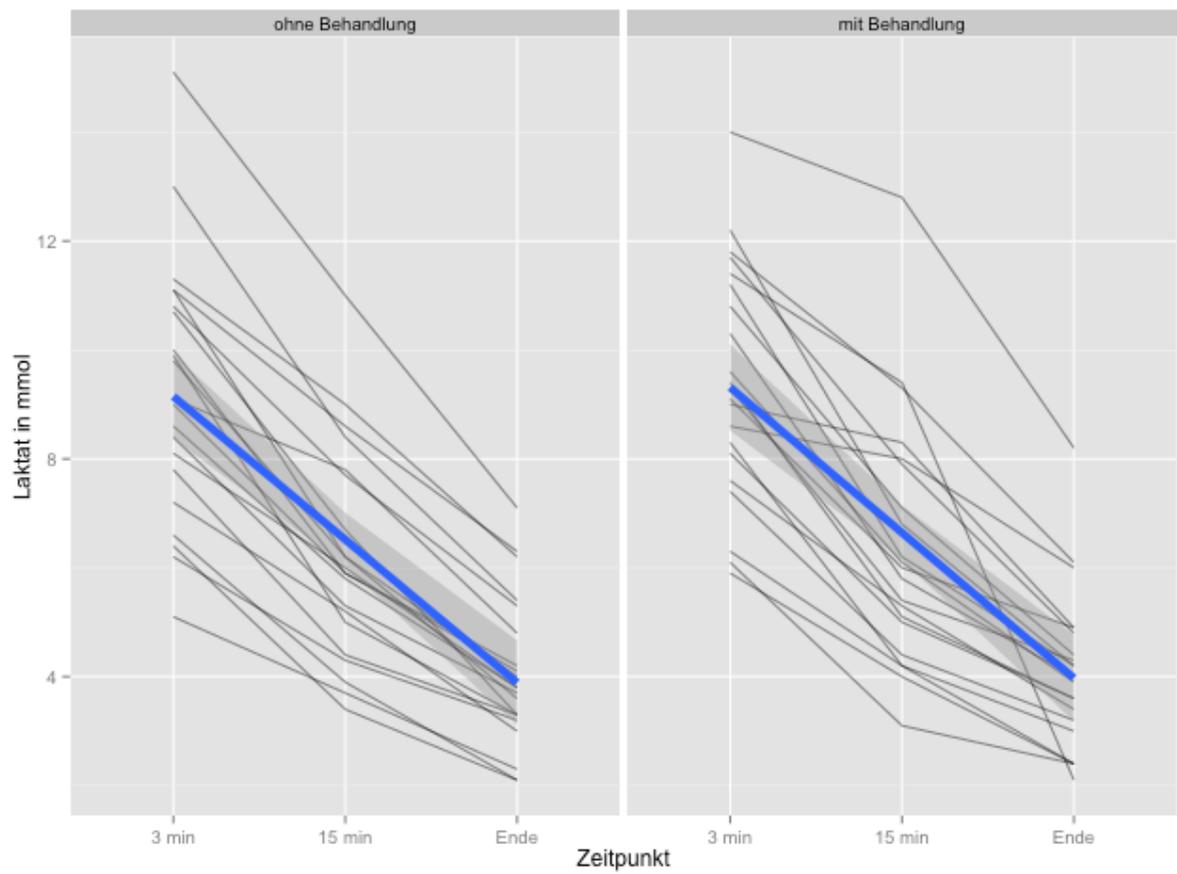


Abb. 19: Vergleich der Reduktion des Laktats über die Zeit je Messreihe und geschätzte mittlere Reduktion (blau)

4.4. Modellierung der Reduktion

Um diesen grafischen Eindruck auch statistisch abzusichern, wurde das Ganze modelliert. Weil die Reduktion sehr linear aussieht, wurde das mit einer linearen Regression gemacht. Die abhängigen Variablen sind die Laktatwerte und als erklärende Werte wurden die Sportart, die Behandlung und die Zeitpunkte herangezogen. Die Sportart und die Behandlung sind kategoriale Variablen mit jeweils nur zwei Ausprägungen, Ergometer und Laufband bzw. ohne und mit Behandlung. Der Zeitpunkt wurde als metrische Variable verwendet mit den Werten drei, 15 und 30 Minuten. Ziel ist es nun, anhand dieser drei erklärenden Variablen die Reduktion der Laktatwerte so gut wie möglich zu modellieren und herauszufinden, welche dieser erklärenden Variablen einen signifikanten Einfluss haben. Für die Bestimmung ob es einen Unterschied in der Reduktion in Abhängigkeit von der Behandlung gibt, ist der Wechselwirkungsterm zwischen der Behandlung und der Zeit relevant. Ist dieser signifikant, dann spielt die Behandlung für die Reduktion eine Rolle. Das Ergebnis für das volle Modell ist in der Tabelle 2 aufgelistet. In dieser Tabelle sind in der zweiten Spalte die geschätzten Parameter angeführt, und in der dritten Spalte die dazugehörigen standard errors. Aus dem Verhältnis geschätzter Parameter durch standard error ergibt sich der t-Wert. Anhand diesem wird der p-value für die Variablen berechnet (vierte Spalte). Aus der Tabelle ist ersichtlich, dass nur der konstante Wert und die Zeit eine Rolle spielen, alle anderen Variablen sind nicht signifikant. Das Ergebnis des auf die relevanten Variablen reduzierten Modells ist in der Tabelle 3 aufgelistet. Sowohl der konstante Wert als auch die Variable Zeit sind hoch signifikant. Anhand dieses Modells reduziert sich der Laktatwert um 0.194 mmol pro Minute. Das geschätzte mittlere Ausgangsniveau bei 3 Minuten lag bei 9.7 mmol. Die Hinzunahme eines quadratischen Effekts über die Zeit ist nicht signifikant und bringt keine wesentliche Verbesserung.

Tabelle 2: Output der linearen Regression des vollen Modells.

Variable	Parameter	Std. Error	t-Wert	P(> t)
Konstante	9.295	0.476	19.532	<0.0001
Ergometer	0.583	0.353	1.652	0.101
mit Behandlung	0.177	0.620	0.286	0.775
Zeit	-0.193	0.022	-8.541	<0.0001
Zeit * mit Behandlung	-0.003	0.032	-0.102	0.919

Tabelle 3: Output der linearen Regression mit den relevanten Variablen.

Variable	Parameter	Std. Error	t-Wert	P(> t)
Konstante	9.689	0.310	31.26	<0.0001
Zeit	-0.194	0.016	-12.19	<0.0001

4.5. Unterschied Geschlecht

Um herauszufinden, ob es einen Unterschied zwischen Frauen und Männern gibt, wurde der Laktatabbau betrachtet. Dieser Laktatabbau wurde einmal von der Messung bei drei Minuten zur Messung bei 15 Minuten betrachtet und einmal von der Messung bei drei Minuten zur Messung am Ende. Der Laktatabbau in den ersten 12 Minuten getrennt nach der Behandlung und Geschlecht ist in der Abbildung 20 dargestellt. Der Laktatabbau über den ganzen Zeitraum ist in Abbildung 21 dargestellt. In beiden Abbildungen ist zu erkennen, dass es kaum einen Unterschied gibt.

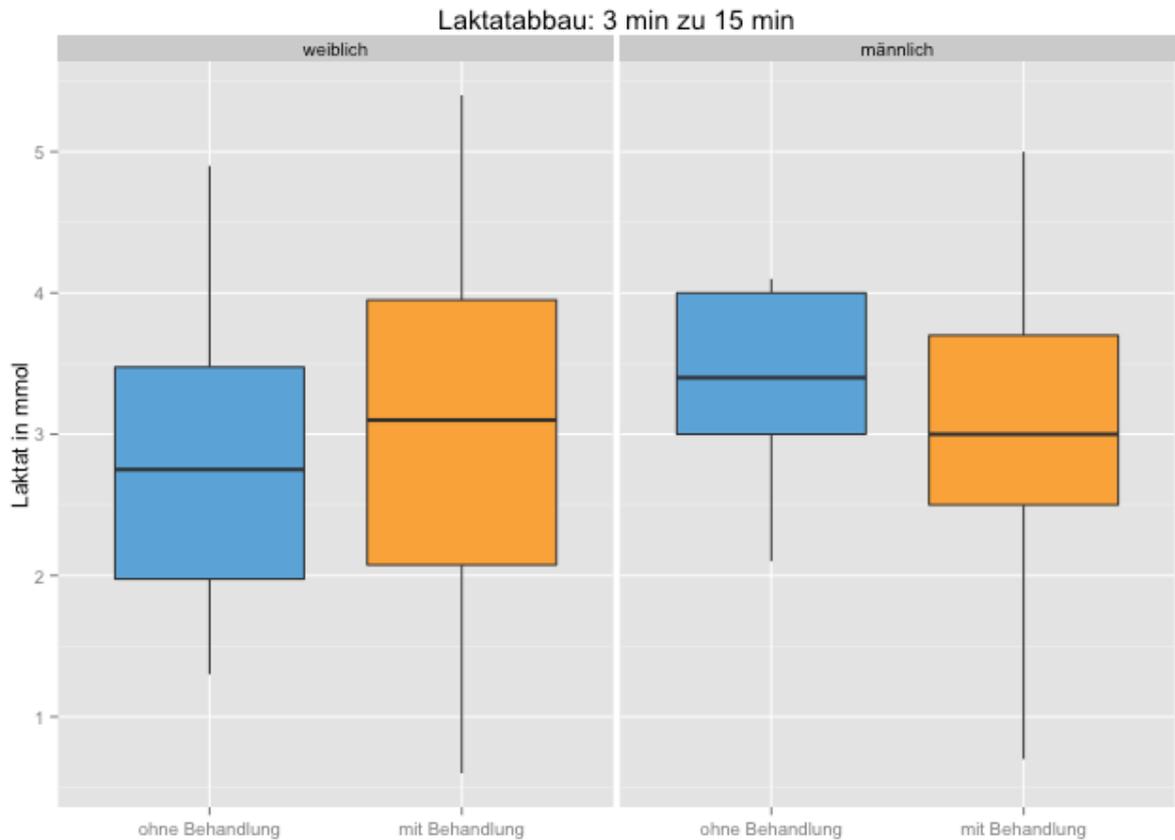


Abb. 20: Laktatabbau in den ersten 12 Minuten getrennt nach Behandlung und Geschlecht.

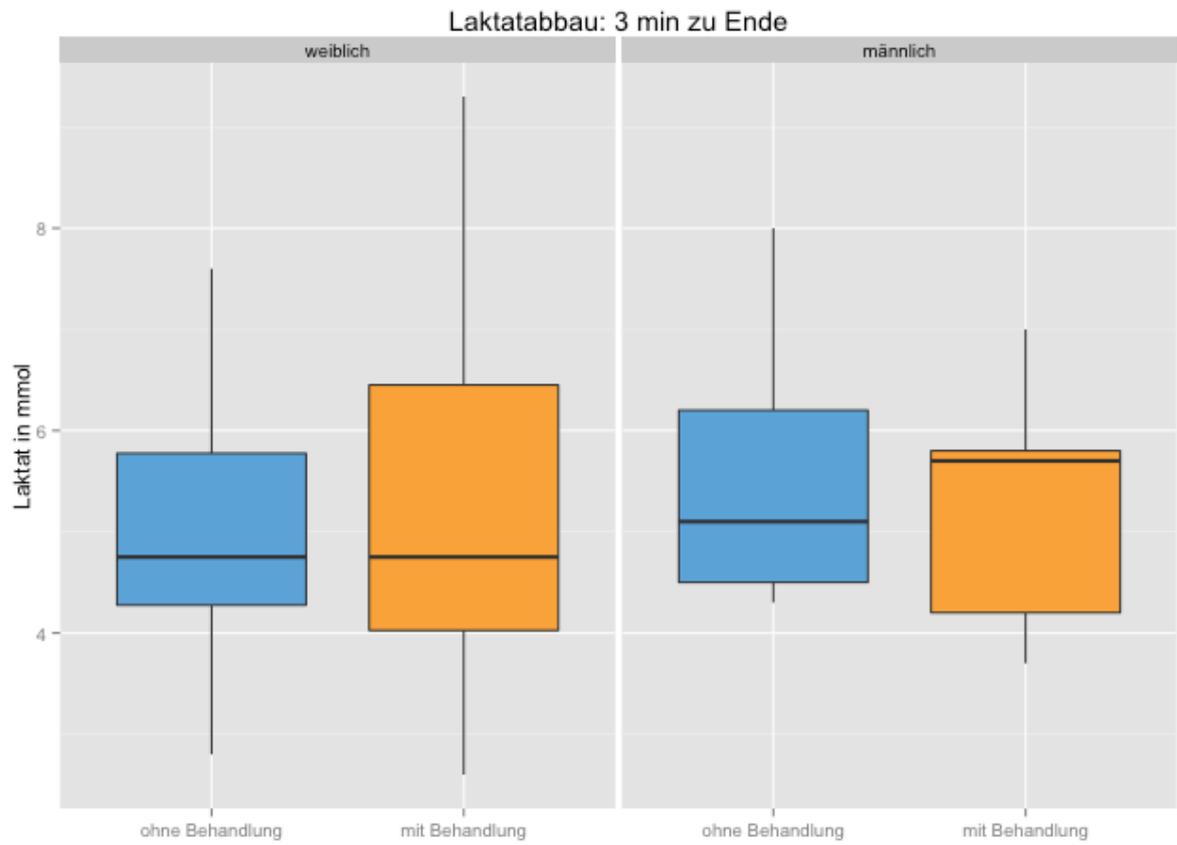


Abb. 21: Laktatabbau über den ganzen Zeitraum getrennt nach Behandlung und Geschlecht.

4.6. Unterschied Sportart

Um herauszufinden, ob es einen Unterschied zwischen Laufband und Ergometer gibt, wurde ebenfalls der Laktatabbau betrachtet. Der Laktatabbau in den ersten 12 Minuten ist in der Abbildung 22 dargestellt, und der Laktatabbau über den ganzen Zeitraum ist in Abbildung 23 dargestellt. Auch hier ist in beiden Abbildungen zu erkennen, dass es keinen Unterschied gibt.

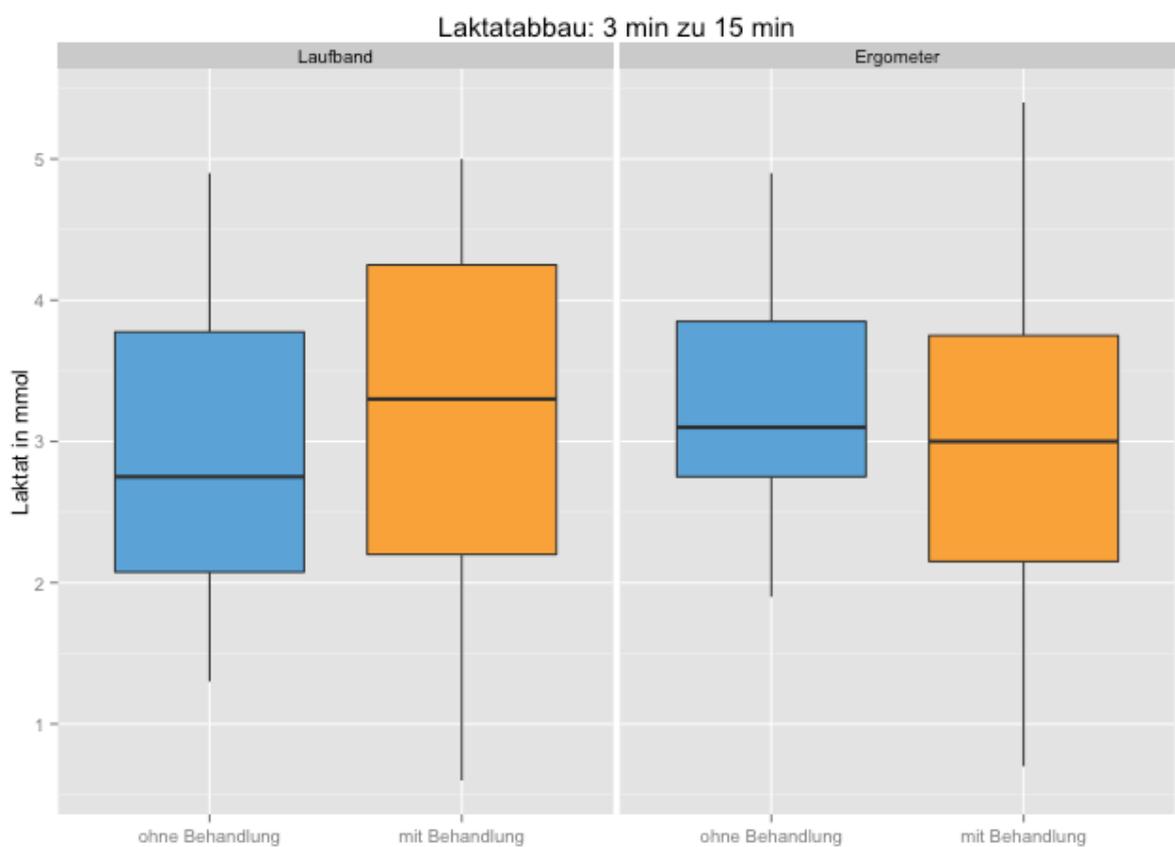


Abb. 22: Laktatabbau in den ersten 12 Minuten getrennt nach Behandlung und Sportart.

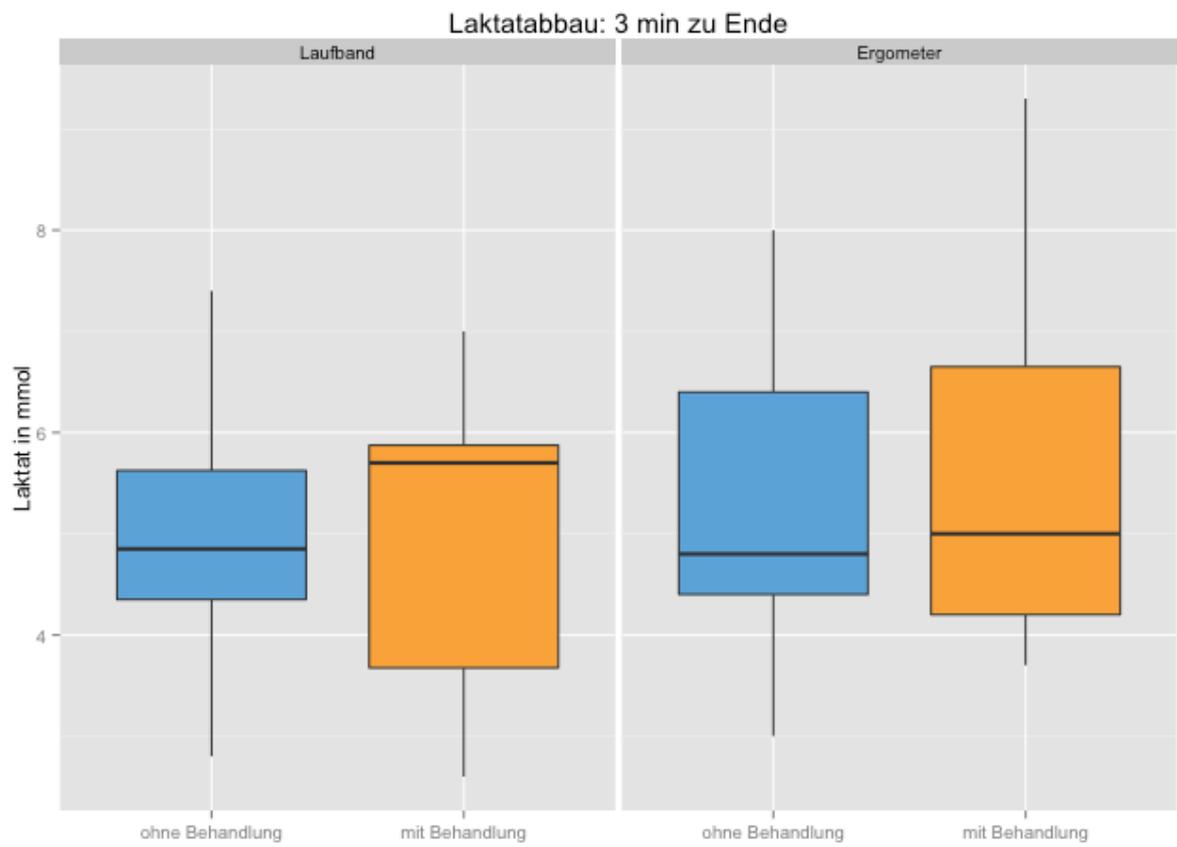


Abb. 23: Laktatabbau über den ganzen Zeitraum getrennt nach Behandlung und Sportart.

4.7. Analyse „ohne Behandlung“ 1. und 2. Termin

Ebenfalls von Interesse ist, ob der Laktatabbau ohne Behandlung schneller erfolgt, wenn beim ersten Mal eine Behandlung statt gefunden hat. Dazu werden nur die Fälle ohne Behandlung für die Analyse herangezogen. Der Laktatabbau über die Zeit getrennt nach den Terminen ist in der Abbildung 24 dargestellt. In dieser Abbildung ist zu erkennen, dass der Abbau bei beiden Terminen gleich groß ist. Es gibt hier keinen Unterschied. Unterschiedlich ist, dass beim Termin 2 die Laktatwerte im Allgemeinen etwas höher sind.

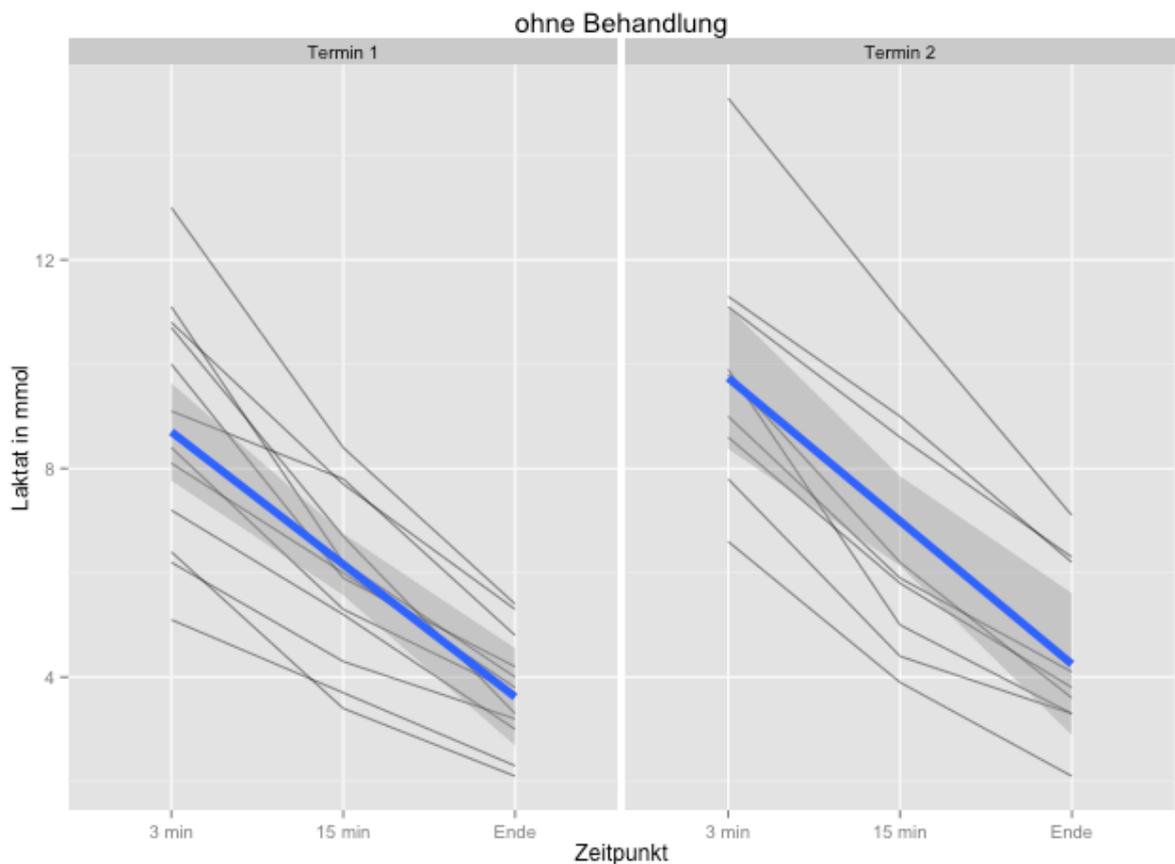


Abb. 24: Laktatabbau über die Zeit bei den Versuchsreihen ohne Behandlung, getrennt nach dem Termin, bei dem keine Behandlung erfolgte.

4.8. Anmerkung zur Modellierung (siehe Kap. 4.4)

Es wurde die Modellierung auch mit der Variablen Geschlecht durchgeführt, aber auch sie ist als nicht signifikant aus dem Modell hervorgegangen und damit aus der Modellierung „heraus gefallen“. Somit bleibt das Modell von oben das gleiche. Auch der Abbau bei den beiden Terminen wurde modelliert und es wurde geprüft ob es einen Unterschied gibt, aber auch hier konnte nichts Signifikantes festgestellt werden.

4.9. Fazit

Es gibt bei keiner dieser Betrachtungen einen signifikanten Effekt bzw. Unterschied zwischen den einzelnen Gruppen.

5. Diskussion

Die statistische Auswertung zeigt für die aufgestellte Hypothese keine signifikante Aussage (Als Signifikanzniveau wurden 5% herangezogen). Somit konnte die Nullhypothese nicht widerlegt werden.

5.1. Allgemeine Auffälligkeiten

Auffallend ist die Tatsache, dass vor allem die weiblichen Probanden Reaktionen nach der Behandlung angaben. Diese wurden zwar nicht statistisch erfasst, scheinen aber auf Grund der Ergebnisse doch aussagekräftig zu sein, denn 9 von 12 Teilnehmerinnen gaben deutliche Veränderungen nach der Behandlung an, im Gegensatz dazu nur drei von neun männlichen Teilnehmern. Es wurde den Probanden im Vorfeld nicht erklärt, zu welchen Reaktionen, körperlicher und physischer Natur es nach der Behandlung eventuell kommen könnte. Dadurch wurden die Probanden möglichst wenig beeinflusst. Sie wurden lediglich gebeten, nach der Behandlung auf Veränderungen psychischer und physischer Natur zu achten und diese zu notieren. In einer aufwendiger angelegten Studie könnten Ergebnisse dieser Art zur Erfassung der Lebensqualität mit einfließen.

Hendrix (2001) konnte in seiner Studie aufzeigen, dass es gegen Ende seiner Beobachtungsphase (nach 12 bis 15 Minuten) sehr wohl zu einem rascheren Laktatabbau durch die von ihm angewandte Leberbehandlungstechnik kam (vgl. Kapitel 1). Obwohl der von uns angesetzte Beobachtungszeitraum von 30 Minuten, doppelt so lang wie in der von ihm durchgeführten Studie war, konnten wir diese Beobachtung nicht machen. Es zeigte sich kein deutlicherer Einfluss der durchgeführten Behandlung in den ersten bzw. letzten 15 Minuten.

5.2. Methodendiskussion

5.2.1. Gesunde Probanden

An der Studie nahmen nur gesunde Probanden teil, was eventuell die Bestätigung der Nullhypothese erklären könnte. Da es sich um mündige Probanden handelte, wurde auf ein ärztliches Attest verzichtet.

Laut Casaburi & Oi (1989) haben Patienten mit einer Leberschädigung einen verlangsamten Laktatabbau. Sie fanden in ihrer Studie heraus, dass dieser Abbau vor allem in Ruhe im Vergleich zu gesunden Probanden deutlich verlangsamt ist. Lässt man die Patienten hingegen nach der Anstrengung locker ausgehen, ist der Unterschied in der Laktatelimination im Vergleich zu Gesunden nicht so gravierend. In der vorliegenden Studie wurden einerseits nur gesunde Probanden getestet, andererseits wurde auf ein lockeres Auslaufen bzw. Ausradeln verzichtet. Mir stellt sich daher die Frage, in wie weit es Sinn macht, bei gesunden Probanden in die normale Körperphysiologie einzugreifen. Außerdem nahmen an unserer Studie durchwegs junge sportliche Probanden teil (das Durchschnittsalter war 30 Jahre). Möglicherweise lässt sich ihre ohnehin gute Leberfunktion nicht noch weiter optimieren. Auf Grund der vorliegenden Ergebnisse stellt sich sogar die Frage, ob man die Körperphysiologie durch die Intervention nicht sogar eher negativ beeinflusst. Nach den vorliegenden Ergebnissen erscheint es mir daher für weitere Studien sinnvoll, die Techniken an Probanden mit vorgeschädigter Leber anzuwenden (vgl. auch Riegler, 2002).

Eine mögliche Erklärung für die vorliegenden Ergebnisse könnte darin liegen, dass an der Studie großteils sehr sportliche Probanden teilnahmen. Laut Brooks (1996) haben trainierte Menschen einen deutlich schnelleren Laktatabbau im Gewebe als Untrainierte. Laut Brooks ist vor allem die Muskulatur und weniger die Leber für einen Laktatabbau zuständig, und diese Umbauprozesse finden schon während der Belastungsphase statt. In Anbetracht der Ergebnisse, die Brooks in seinen Studien hatte, stellt sich die Frage, ob Laktat als Parameter für die Studie geeignet war.

5.2.2. Einfluss des Geschlechts auf die Ergebnisse

Da wir eine Grundlagenforschung an gesunden Probanden durchführten und möglichst realitätsnahe bleiben wollten, haben wir sowohl männliche als auch weibliche Probanden getestet, auch wenn in anderen Studien nur männliche Probanden an ähnlichen Studien

teilgenommen haben (Halbeisen, 2008; Gallagher, 2011). Halbeisen (2008) beruft sich darauf, dass es geschlechtsspezifische Unterschiede im Durchfluss der Vena portae gibt und hat daher nur männliche Probanden in seiner Studie inkludiert. Auch Spring (2008) hatte nur männliche Probanden, um eine gute Homogenität und Vergleichbarkeit der Versuchsgruppen zu erreichen.

Laut Barral (2005) spielt bei Männern die Leber nur selten eine Rolle, außer die Personen weisen alkoholische oder chemische Intoxikationen auf. Auch bei Frauen erweisen sich Behandlungen in der zweiten Zyklushälfte als nicht sehr wirkungsvoll, da die Leber nach dem Eisprung zunehmend mehr zu leisten hat (Barral, 2005). Dies wurde in unserer Studie nicht berücksichtigt. Aber aufbauend auf dieser Annahme wäre es interessant, eine Studie nur mit Frauen zu machen und ihren Zyklus mit zu berücksichtigen. Es wurde versucht, im Rahmen der Literaturrecherche weitere Quellen für diese Hypothese zu finden. Es zeigte sich allerdings, dass gerade die viszerale Osteopathie sehr stark von einigen wenigen Osteopathen geprägt ist, und wir dazu neigen, uns dieser Meinung einfach „blind“ anzuschließen. In diesem Zusammenhang ist zu erwähnen, dass Clostermann (2013) in seiner Übersichtsstudie über den Vergleich von viszeralen Zugängen an verschiedenen Deutschen Osteopathieschulen (Anm.: vom Autor selbst übersetzt) herausfand, dass der viszerale Zugang an den Osteopathieschulen in Deutschland sehr stark von J.P Barral geprägt ist. Auch wenn es meiner persönlichen Erfahrung entspricht, dass der weibliche Zyklus einen Einfluss auf das Behandlungsergebnis haben kann, so war es dennoch nicht möglich, wissenschaftliche Studien oder physiologische Quellen zu diesem Thema zu finden.

5.2.3. Einfluss der Ernährung auf die Ergebnisse

Ein weiterer Kritikpunkt ist die Tatsache, dass wir für unsere Studie die Ernährung völlig außer Acht gelassen haben. Unsere Teilnehmer sollten ihre Lebensgewohnheiten nicht verändern, um möglichst nahe an der Realität zu sein, sie mussten keine speziellen Ernährungsrichtlinien vor den Testungen einhalten. Wenn man bedenkt, dass Kohlenhydrate das Substrat für die Entstehung von Laktat sind, stellt sich die Frage, ob es nicht sinnvoll wäre auch die Ernährung vor den Testungen genauestens zu protokollieren bzw. vorzugeben. Da das Thema Ernährung allerdings sehr umfangreich ist, wurde in der Studie bewusst nicht darauf eingegangen, weil es den Rahmen sprengen würde.

5.2.4. Einfluss der Messgröße Laktat auf die Ergebnisse

Darüber hinaus ist die Eignung des Laktatwertes als Testvariable in Frage zu stellen. Es gibt in der Literatur sehr viel Unklarheit in Bezug auf die Rolle der Leber beim Laktatabbau. Um die Funktion eines Organs besser untersuchen zu können, wären weitere genaue Laborparameter wünschenswert. Eine exakte Blutgasanalyse kann allerdings nur an Kliniken mit professioneller Unterstützung durchgeführt werden. Dies war aber für die vorliegende Studie nicht möglich, da es als Einzelperson ohne ärztlichen Hintergrund finanziell nicht möglich ist, einen derartigen Aufwand zu betreiben. Diese Studie konnte auch nur durch die ehrenamtliche Mithilfe von zwei Sportwissenschaftlern durchgeführt werden, da der Aufwand auf Grund der Leistungsdiagnostik und der dafür verwendeten Materialien ohnehin schon relativ hoch war.

5.2.5. Wahl der Materialien

Was die Wahl der Materialien anbelangt, so wurde sehr professionell und standardisiert gearbeitet, sodass sich grobe Fehler ausschließen lassen. Sämtliche verwendete Geräte wie der Fahrradergometer, das Laufband, der Pulsmesser und das Laktatmessgerät entsprechen dem allgemeinen Standard (vgl. Kapitel 4.7. Materialien). Auch Fehler bei den Laktatmessungen bzw. gröbere Mängel bei der Durchführung der Messungen können ausgeschlossen werden, da es sich bei dem Tester um einen sehr erfahrenen Sportwissenschaftler handelt, der derlei Tests täglich durchführt. Außerdem wurde die Objektivität durch einen weiteren Assistenten, der für alle Notizen und Aufzeichnungen zuständig war, noch erhöht.

5.2.6. Wahl des Behandlungszugangs

Eine mögliche Fehlerquelle liegt natürlich immer in der angewandten Behandlung an sich. Da ein standardisiertes Vorgehen gewählt wurde, um möglichst vergleichbare Ergebnisse zu bekommen, konnte bei Bedarf nur sehr gering auf die jeweiligen Bedürfnisse des Probanden eingegangen werden. Es war bei einigen Patienten „komisch“, ein Organ zu behandeln, das keinerlei Einschränkungen aufwies und auf der anderen Seite, war der Drang sehr hoch, die Struktur zu behandeln, die eine Dysfunktion aufzuweisen schien. Da es sich aber um eine Studie handelte, wurden die Patienten wirklich nur an der Leber und ihren Haltestrukturen behandelt. Auch wenn z.B. der Magen ein Problem zu haben schien, wurde nicht darauf eingegangen. Dies war ethisch vertretbar, da es sich ja um gesunde Probanden handelte und diese zum Zeitpunkt der Behandlung keinerlei akute oder chronische Erkrankungen angaben. Vielleicht liegt es eben gerade an dieser nicht ganzheitlichen Vorgehensweise,

dass die Hypothese nicht verifiziert werden konnte. Der Osteopath behandelt immer das Körperganze und geht nicht nach „Schema F“ vor. Auch Barral (2005) erwähnt, dass eine erfolgreiche Behandlung der Leber voraussetzt, dass auch die angrenzenden Organe wie zum Beispiel der Magen, die Nieren, das Kolon und das Duodenum eine gesunde Mobilität und Motilität aufweisen. Nur wenn sich jedes Organ uneingeschränkt bewegt, spielen die Bewegungen aller Organe harmonisch zusammen.

Natürlich lässt auch die geringe Fallzahl von nur 21 Teilnehmern wenig Interpretationsspielraum.

5.3. Diskussion der Ergebnisse

5.3.1. Hat es einen Einfluss auf die Ergebnisse, ob die osteopathischen Techniken beim ersten oder beim zweiten Termin durchgeführt wurden?

Ein weiterer interessanter Faktor, war festzustellen, ob es einen Unterschied in der Geschwindigkeit des Laktatabbaus geben würde, wenn die Probanden schon bei der ersten Testung die Behandlung bekamen. Die Frage die sich stellte, war, ob es sich auf den Stoffwechsel der Leber auch auf längere Sicht (im vorliegenden Fall ca. 3 Tage) auswirken würde, wenn der Proband schon beim ersten Termin die osteopathischen Techniken bekommen würde. Es könnte ja sein, dass die Leber in ihre Funktion beeinflusst wird und der Laktatabbau beim nächsten Termin evt. rascher erfolgen würde. Aber es stellte sich an Hand der Ergebnisse heraus, dass es keine Rolle spielt, ob die Probanden vor der Laktatdiagnostik eine Leberbehandlung bekommen haben oder nicht.

5.3.2. Hat es einen Einfluss auf die Ergebnisse, ob die Leistungsdiagnostik am Fahrrad oder am Laufband durchgeführt wurde?

Die Tatsache, dass Laktat schon während der Belastungsphase in der Muskulatur wieder umgebaut wird, hat uns dazu veranlasst, die Leistungsdiagnostik sowohl am Laufband als auch am Fahrradergometer durchzuführen. Am Laufband sind deutlich mehr Muskelgruppen an der Testung beteiligt als am Fahrradergometer. Am Fahrrad hingegen könnte die Oberschenkelmuskulatur ein limitierender Faktor für die Diagnostik sein. Wenn ein Proband

sehr schwache Oberschenkel hat, könnte es sein, dass er auf Grund dieser Schwäche die Leistungsdiagnostik abbrechen muss, obwohl das Herz-Kreislaufsystem noch in der Lage wäre, eine höhere Leistung zu liefern. Sollten diese Faktoren eine große Rolle spielen, müsste es laut unseren Überlegungen Unterschiede in den Ergebnissen geben. Aber auch dies zeigte keine auffälligen Unterschiede.

6. Konklusion

6.1. Zusammenfassung

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurde untersucht, in wie weit es möglich ist, den Stoffwechsel eines Organs mittels osteopathischer Techniken, die auf Höhe des zu untersuchenden Organs angewandt wurden, zu beeinflussen. In der vorliegenden Studie wurde die Leber als zu untersuchendes Organ herangezogen, da sie eine zentrale Rolle im menschlichen Stoffwechsel spielt. Als Messparameter wurde Laktat, welches über die Leber verstoffwechselt wird, herangezogen.

Es wurde versucht herauszufinden, ob es möglich ist, den Stoffwechsel der Leber objektiv messbar zu beeinflussen. Dazu wurde eine „within subject design“ Studie durchgeführt, an der 21 Probanden teilnahmen und als ihre eigene Versuchsgruppe dienten. Die Studienteilnehmer mussten zwei Mal zur Studie erscheinen. Um hohe Laktatwerte und eine vergleichbare Ausgangssituation für beide Untersuchungsreihen zu haben, wurde jeweils eine Leistungsdiagnostik am Laufband oder Fahrradergometer durchgeführt. Die Behandlung selbst umfasste osteopathische Techniken, die auf Höhe der Leber angewandt wurden, die Laktatentnahme erfolgte über das Ohr.

Es wurde untersucht, ob es eine Rolle spielt, ob der Proband die Leistungsdiagnostik am Fahrrad oder am Laufband durchgeführt hatte, weiters wurde untersucht, ob es Unterschiede bei den Geschlechtern gab. Von Interesse war auch, ob es einen Einfluss auf die Leber hatte, wenn der Proband die osteopathische Behandlung schon beim ersten Untersuchungstermin bekommen hatte.

6.2. Schlussfolgerung

Die Ergebnisse zeigten, dass lediglich der Faktor Zeit einen Einfluss auf den Laktatwert im Blut hat. Damit konnte die aufgestellte Nullhypothese nicht widerlegt werden. Obwohl die gemessenen Daten darauf schließen lassen, dass die durchgeführten Techniken keinen Einfluss auf den Stoffwechsel des Organs haben, sprechen die Reaktionen der Patienten auf die Behandlung eine andere Sprache. Es gab deutliche Reaktionen physischer und psychischer Natur auf die durchgeführten Techniken. Es erscheint daher fraglich, ob Laktat die geeignete Messgröße war. Nach ausführlicher Recherche im Internet und Beschäftigung mit der Thematik zeigte sich, dass es zum Thema Laktat noch sehr viel Unklarheit in der Literatur gibt. Auch ist es fraglich, in wie weit man den normalen Stoffwechsel bei gesunden Probanden (wie in der vorliegenden Studie) beeinflussen soll oder kann.

Es wäre von Interesse, solch eine Studie mit einer genauen Blutanalyse durchzuführen und eventuell andere Messparameter heranzuziehen. Weiters wäre es interessant, die in der Studie aufgetretenen psychischen und physischen Reaktionen besser zu erfassen. Dafür würde sich eventuell ein Fragebogen zur allgemeinen Lebensqualität eignen.

6.3. Ausblick

Die in der Studie gewonnenen Ergebnisse könnten dazu beitragen, mehr Grundlagenforschung auf dem Gebiet der Osteopathie zu betreiben.

7. Literaturangabe

Badtke, G. (1995). Lehrbuch der Sportmedizin (3. Auflage). Heidelberg, Leipzig: Barth.

Badtke, G. (1999). Lehrbuch der Sportmedizin (4. neu bearb. Auflage). Heidelberg, Leipzig: Barth.

Barral, J.P., Mercier, P. (2005). Lehrbuch der Viszeralen Osteopathie Band 1 (2. Auflage). München: Urban und Fischer.

Barral, J.P. (2006). Die Botschaften unseres Körpers – Ganzheitliche Gesundheit ohne Medikamente. München: Süd-West.

Benninghof, A., Drenckhahn, D. (2008). Anatomie. Band 1 (17. Auflage). München, Jena: Urban & Fischer.

Berg van den, F. (2001). Angewandte Physiologie 3. Therapie, Training, Tests. Stuttgart, New York: Thieme.

Blechsmidt, E., Gasser, R.F. (2012). Biokinetics and Biodynamics of Human Differentiation, Principles and Applications. California: North Atlantic Books.

Blum, G. (1995). Hepatologie (2. Auflage). München, Wien: Urban & Schwarzenberg.

Brooks, G.A., Fahey, T.D., White, T.P. (1996). Exercise Physiologie (2nd Edition), Human Bioenergetics and Its Applications. California: Mayfield Publishing Company.

Buddecke, E. (1989). Grundriss der Biochemie. Berlin: Walter de Gruyter Verlag.

Bunc, V., Heller, J., Nowak, J., Leso, J. (1982). Determination of the individual anaerobic threshold. Acta Univ. Carol. Gymn., 21, 73-81.

Casaburi, R., Oi, S. (1989). Effect of liver disease on the kinetics of lactate removal after heavy exercise. European Journal of Applied Physiologie and Occupational Physiologie, 59 (1-2), 89-97.

Clostermann, A. (2013). Comparison of visceral approaches in different osteopathic schools in Germany. Survey. Deutschland: Akademie für Osteopathie.

Consoli A., Nurjhan N., Reilly J. J. Jr., Bier D. M., Gerich J. E. (1990). Contribution of liver and skeletal muscle to alanine and lactate metabolism. Am. J. Physiol., 259 (Endocrinol. Metab. 22), 677-684.

- De Coster, M., Opllaris A. (1995). Viszerale Osteopathie. Stuttgart: Hippokrates.
- De Marées, H. (1989). Medizin von heute (6.Auflage). Köln, Mühlheim: Tropon Werke.
- Dickhuth, H.H. (2000). Einführung in die Sport- und Leistungsmedizin (2.Auflage). Schorndorf: Karl Hoffmann.
- Faude, O., Meyer T. (2008): Methodische Aspekte der Laktatbestimmung. Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin, 59,(12), 305-309.
- Gallagher, A. (2011). Does blood flow increase through the hepatic portal vein after visceral recoil technique on the liver? United Kingdom: European School of Osteopathy.
- Gimbel, A. (2003). Anaerober Stoffwechsel: Bedeutung des Laktats. Studienarbeit. Universität Bayreuth Institut für Sportwissenschaft.
- Gladden, L. B. (2004). Lactate metabolism: A new paradigm for the third millennium. The Journal of Physiology, July 1, 558 (1), 5-30.
- Haermeyer, C., Pott, S. (2009). Do osteopathic liver-decongestion techniques influence the flow rate of the hepatic veins measurably? Deutschland: Akademie für Osteopathie.
- Hafferl, A. (1969). Lehrbuch der Topographischen Anatomie (3.Auflage). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Halbeisen, H. (2008). The Influence of a Mobilisation of the Lesser Omentum on the Capacity of the Portal Vein, Measured with Echo-Doppler. Krems: Wiener Schule für Osteopathie.
- Hebgen, E. (2008). Checkliste Viszerale Osteopathie. Deutschland: Hippocrates.
- Heck, H., Beckers, K., Lammerschmidt, W., Pruin, E., Hess, G., Hollmann, W. (1989). Bestimmbarkeit, Objektivität und Validität der Conconi-Schwelle auf dem Fahrradergometer. Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin, 40 (11), 388-402.
- Heck, H. (1990a). Energiestoffwechsel und medizinische Leistungsdiagnostik. Schorndorf: Hoffmann Verlag.
- Heck, H. (1990b). Laktat in der Leistungsdiagnostik. Wissenschaftliche Schriften des Deutschen Sportbundes. Band 22. Schorndorf: Hoffmann Verlag.

- Hendrix, J. (2001). Effectonderzoek naar de lactaateliminatie uit het bloed na toepassing van de leverdecongestietechniek volgens Weischenk. Belgien: College Sutherland.
- Hermansen, L., Saltin, B. (1969). Oxygen uptake during maximal treadmill and bicycle exercise. *J. Appl. Physiol.* 26:31-37.
- Hollmann, W., Hettinger, T. (2000). Sportmedizin, Grundlagen für Arbeit, Training und Präventivmedizin (4.Auflage). Stuttgart, New York: Schattauer Verlag.
- Hottenroth, K., Zülch M. (1995). Ausdauerprogramme. Reinbeck: Rowohlt.
- Keul, J., Simon, G., Berg, A., Dickhuth, H. H., Goerttler, I., Kübel, R. (1979). Bestimmung der individuellen anaeroben Schwelle zur Leistungsbewertung und Trainingsgestaltung. *Dtsch. Z. Sportmed.*, 30, 212-218.
- Kindermann, W. (2004). Standards der Sportmedizin - Anaerobe Schwelle. *Dtsch. Z. Sportmed.*, 6, 162.
- Kindermann, W., Simon, G., Keul, J. (1979). The significance of the aerobic-anaerobic transition for the determination of work load intensities during endurance training. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 42, 25-34.
- Klinke, R., Silbernagel S. (1996). Lehrbuch der Physiologie (2.neu gestaltete und überarbeitete Auflage). Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag.
- Kobsch, F., Rauber, A., Leonhardt, H. (1987). Anatomie des Menschen. Band 2. Innere Organe. Stuttgart: Thieme.
- Kurz, G., Härtel S. (2005). Grundlagen der Diagnose und Beratung. Vorlesungsskript. Universität Karlsruhe TH
- Lautt, W.W. (1980). Hepatic nerves: a review of their functions and effects. *Can. J. Pharmacol.* 58, 105-123.
- Liem, T. (2005). Kraniosacrale Osteopathie. Ein praktisches Lehrbuch (4.Auflage). Stuttgart: Hippokrates.
- Liem, T., Dobler, T.K., Puylaert M. (2005). Leitfaden Viszerale Osteopathie (1.Auflage). München: Urban und Fischer.

- Mader, A., Liesen, H., Heck, H., Philippi, H., Rost, R., Schürch, P., Hollmann, W. (1976). Zur Beurteilung der sportartspezifischen Ausdauerleistungsfähigkeit im Labor. Dtsch. Z. Sportmed., 27, 80-88. u. 109-112.
- Marées, H. (1989): Sportphysiologie (6.Auflage). Köln-Mülheim: Tropon Werke.
- Martel, J. (2011). Mein Körper: Barometer der Seele (8.erw.Auflage). Kirchzarten bei Freiburg: VAK Verlags GmbH.
- Moosburger K.A. (1995). Die Muskuläre Energiebereitstellung im Sport. Sportmagazin 1.
- Markworth, P. (1983). Sportmedizin. Hamburg: Rowohlt.
- Müller-Kainz, E., Steingaszner, B.(2001). Was Krankheiten uns sagen: Der Weg zur Heilung. München: Universitas.
- Nelson, D., Cox, M. (2001). Lehninger Biochemie. Berlin Heidelberg: Springer.
- Olbrecht, J., Madsen, O., Mader. A., Liesen, H., Hollmann, W. (1985). Relationship between swimming velocity and lactic concentration during continuous and intermittent training exercises. Int. J. Sports Med., 6 (2), 74-7.
- Philip, A., Mac Donald, A., Watt, P. (2005). Lactate – a signal co-ordinating cell and systemic function. Journal of Experimental Biology, 208 (24), 4561-4575.
- Phypers, B., Pierce, JM T. (2006). Lactate physiologie in health and disease. Continuing Education in Anaesthesia, Critical Care & Pain, 6, 3.
- Putz, R., Pabst, R. (2000). Atlas der Anatomie des Menschen: Sobotta, Band 2, Rumpf, Eingeweide, untere Extremität (21.Auflage). München Jena: Urban & Fischer.
- Prestwich, KN. (2003). Removal of Lactic Acid - Oxidation and Gluconeogenesis. Department of Biology, College of the Holy Cross, Worcester, MA 01610 USA.
- Probst, H.P., Comminot, Ch., Rojas J. (1989). Conconi-Test auf dem Fahrradergometer. Schweizerische Zeitschrift für Sportmedizin, 37, 141-147.
- Rainville, C. (2011). Metamedizin. Jedes Symptom ist eine Botschaft (4.Auflage). Göllesheim: Die Silberschnur GmbH.
- Riegler, G. (2002). Der Einfluss der osteopathischen Behandlung auf die Leberfunktion. Diplomarbeit. Krems: Wiener Schule für Osteopathie.

- Rohen, J.W., Lütjen-Drecoll, E. (2006). Funktionelle Embryologie (3.Auflage). Stuttgart, New York: Schattauer.
- Rost, R. (2002). Lehrbuch der Sportmedizin. Köln: Deutscher Ärzte-Verlag GmbH.
- Sadler, T.W. (2006). Langman`s Medical Embryologie (10. Auflage). USA: Lippincott Williams & Wilkins.
- Sander, F.F. (1999). Der Säure – Basenhaushalt des menschlichen Organismus (3.Auflage). Stuttgart: Hippokrates
- Schünke, M., Schulte E., Schumacher U., Voll M., Wesker K. (2005). Prometheus. Lernatlas der Anatomie. Stuttgart: Thieme.
- Schöttle, S., Gramm S. (2006). Der Einfluss der osteopathischen Behandlung auf den Blut-pH-Wert. Masterthese. Rohrdorf: Deutsches Osteopathie Kolleg.
- Sobotta, J., Putz, R. (1993). Atlas der Anatomie des Menschen (20., neubearb. Aufl. ed.). München: Urban & Schwarzenberg.
- Spring, M. (2008). Der Einfluss einer Leber- und Nierenbehandlung auf das Regenerationsvermögen eines Leistungssportlers. International Osteopathic Journal, 1, 1.
- Stegmann, H., Kindermann, W. (1982). Comparison of prolonged exercise tests at the individual anaerobic threshold and the fixed anaerobic threshold of 4 mmol/lactate. Int. J. Sports Med. 3, 105-110.
- Steinhausen, M. (1984). Vegetative Physiologie. München: Bergmann.
- Stux, G.(2003). Akupunktur: Einführung (6.Auflage). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Tanner, R.K., Fuller, K.L., Ross, M.L.R. (2009). Evaluation of Three Portable Blood Lactate Analysers – Lactate Pro, Lactate Scout and Lactate Plus. Cranberra.
- Tiberi, M., Böhle, E., Zimmermann, E., Heck, H., Hollmann, W. (1989). Vergleichende Untersuchung zwischen Conconi- und Laktatschwellen auf dem Laufband bei Mittelstreckenläufern. Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin, 40, (11), 410-412.
- Urhausen, A., Coen, B., Weiler, B., Kindermann, W. (1989). Bestimmung der anaeroben Schwelle mittels Conconi-Test und Laktatmessungen. Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin 40, (11), 402-410.

Weineck, J. (1990a). Optimales Training, Beiträge zur Sportmedizin. Band 10 (7. Auflage).
Erlangen: Perimed.

Weineck, J. (1990b). Sportbiologie, Beiträge zur Sportmedizin. Band 27 (3.Auflage).
Erlangen: Perimed.

Wiesend, K. (2009). Das Wissen zur Osteopathie und deren Akzeptanz bei Ärzten im Kanton
Zürich. Krems: Wiener Schule für Osteopathie.

Wotruba, S. (2011). The level of knowledge about osteopathy among medical doctors in
private practice in the rural and small-town Weinviertel region. Krems: Wiener Schule für
Osteopathie.

8. Englische Zusammenfassung

8.1. Summary

Background: In osteopathy, there are hardly any studies which prove that if we pretend to treat an organ we actually affect it in its function. The liver is the largest exocrine gland in the human body and plays a central role in metabolism and energy balance. In the context of osteopathy it receives widespread attention. If it is possible to treat an inner organ, as osteopathy claims, it should also be possible to influence the metabolism of the body by means of osteopathic techniques.

Aim: The aim of this study is to find out whether it is possible to influence the metabolism of the liver by means of osteopathic techniques which are applied at the level of the liver. In addition, it should be possible to measure this influence in an objective way. In the present case the role of the liver in carbohydrate metabolism was examined and lactate was used as an indicator.

Study design: Twelve healthy women and nine healthy men (average age of 30 years) took part in this within subject design study. Lactate, which is metabolized via the liver, was used as a parameter.

At the first appointment the study participants had a lactate performance diagnostics in order to achieve the highest possible levels of lactate. This test was carried out with 11 participants on the bicycle ergometer and 10 participants on the treadmill. Immediately after finishing the performance diagnostics lactate measurements took place. They were repeated after a three minute break. Afterwards osteopathic techniques were applied at the level of the liver. Lactate measurements were made after a further 12 and 27 minutes in order to achieve a total of 30 minutes of treatment time.

At the second appointment the performance diagnostics was repeated, but this time the participants had to spend the first 12 minutes in a sitting position (again after a three minute break), and the remaining 15 minutes in a lying position. Lactate was measured as in the first appointment. For reasons of time about 50% (11 persons) of the participants were treated with osteopathic techniques in the first and 50% (10 persons) in the second session .

Results: In both groups, there was no significant difference in the rate of lactate degradation. Also, it did not affect the results whether the test persons did the performance diagnostics on a bicycle ergometer or the treadmill. There were also no gender abnormalities and it also had no influence on the results whether the subjects were given the osteopathic treatment in the first or in the second session.

Conclusion: It turns out that osteopathic techniques at the level of the liver for a period of 30 minutes do not show a measurable influence on the blood lactate level. The lactate degradation is not affected by the intervention.

Key words: Liver, lactate, lactate removal, osteopathy, osteopathic treatment

8.2. Introduction

The liver is the biggest exocrine gland in the human body and it plays a central role in the metabolism household and energy balance. Although very much attention is given to this organ in the osteopathic training, and although there is enough literature on the subject of liver treatment, one hardly finds osteopathic studies which can prove that visceral osteopathic attempts of treatment are demonstrably effective (Haermeyer & Pott, 2009; Riegler, 2000; Spring, 2008). Osteopathy is a very comprehensive approach to healing the human body. One of the basic principles of osteopathy is that the body is a unity, and so all parts of the whole influence each other mutually. Osteopathic treatments always aim to treat the body as a whole and are not limited to mere use of certain techniques. However, this holistic approach makes it difficult to see what, if at all has actually helped the individual patient.

For me, this raises the question whether it is possible to examine individual treatment techniques and their impacts on the human body or whether it is precisely this holistic approach which causes the respective effects?

Especially in the field of alternative medicine, it seems of great importance to me that results are scientifically comprehensible in order to support the credibility of these ways of treatment. Although I usually do not treat organs separately, I was still curious to know whether the techniques I learned in the classroom applied on the body, can generate objectively verifiable data.

It therefore seems important to me to examine the effects of osteopathic techniques applied at the level of a special organ - in the present case at the level of the liver. I deliberately do not want to perform a whole osteopathic treatment, which includes an accurate diagnosis and the matching treatment, but limit the techniques only to the liver. Since the liver is a key organ in the human metabolism as it plays an important role in the carbohydrate metabolism, it was chosen for the present study. To get objectively measurable data, I decided to take the lactate value that is measurable in the blood. Since lactate is metabolized by the liver and tests are very minimally invasive, I want to examine the effect of an osteopathic treatment of the liver on the blood lactate level in healthy adults.

8.3. Material and Method

The present study is a baseline study with within subject design.

The study involved 24 participants, who were selected by order of incoming applications. The group consisted of healthy male and female subjects, who were between 22 and 45 years old. The age of the subjects is the result of the incoming notifications and was influenced only by the selection of the base population.

Inclusion criteria

Since the participants were all healthy individuals, they had to confirm that they met the following requirements at the time of the study:

- ✓ The study participant must not suffer from any physical or mental illness or any other known chronic disease or metabolic disorder.
- ✓ At the time of the study the participant must not suffer from any acute disease.
- ✓ As a performance analysis was conducted the test subjects must not show any sign of a cardiovascular disease. Participants had to endure a maximal physical exertion twice within only a few days. This means they had to be physically able to deliver maximum physical performance.
- ✓ The study participants had to be able to read, understand and to sign the consent form.

Exclusion criteria

- ✓ Taking illegal drugs.
- ✓ During the course of the study, the subjects were not allowed to change their lifestyle habits. This means they should not, for example, start a special diet, change their training habits and modify their normal sleep patterns. Also, taking vitamins was prohibited.
- ✓ The subjects had to have experience in dealing with a bicycle ergometer or a treadmill in order to be able to ensure that both tests can be compared to each other and that the subject did not have to get used to a new unknown device.
- ✓ Improper execution of the performance diagnostics.
- ✓ Excessive increase in performance of the subjects during the study period.

The study was finished with 21 subjects. The Study group consisted of nine male and 12 female healthy subjects, who were between 22 to 44 years old.

In order to achieve a high starting basis of lactate values, a performance analysis on the bicycle ergometer or on the treadmill was requested in the present study. This was done to ensure that the particular subject is in a similar state at both times of testing.

Course of treatment

The study was conducted in July and August 2013 in a private group practice for Osteopathy, physiotherapy and sports science in Graz. Since the experimental group served as its own control group, each subject had to show up twice for the treadmill or bicycle ergometer and the subsequent measurements and treatment or non-treatment. Osteopathic treatment after the lactate performance analysis was carried out either at the first or the second appointment due to time management issues. The subjects were allowed to decide for themselves whether they wanted to use the bicycle or treadmill ergometer. For the study, it was interesting to observe if there was a difference in lactate degradation depending on the selected device. Nine subjects chose the treadmill and 12 chose the bike.

First appointment

After a resting lactate measurement in order to obtain baseline data, a bicycle ergometer or treadmill exercise was performed until maximal subjective physical limits were reached.

The lactate measurement during the bicycle ergometer was conducted according to the WHO recommendations on the criteria of the vita-maxima-load in a three-minute interval. After measurements of the resting lactate, the bicycle ergometer started with 50 watt increasing a further 50 watt every three minutes while a lactate measurement was carried out (Badtke 1995). The lactate performance test went up to the individual maximal exertion of the subjects and ended with their decision to stop including lactate measurement. Another lactate measurement was performed three minutes after completion of the testing, because the lactate value increases further after completion of the physical activity still (Heck et al., 1989).

The treadmill ergometer was also carried out according to generally accepted criteria in sports science. It was started at 6 km/h and there was an increase of speed of 2 km/h every three minutes. The measurements were executed before the start of the performance diagnosis and every 3 minutes before increasing the speed. For the measurements the subjects had to make a break of 20 seconds (Heck et al., 1989).

Then the osteopathic treatment comprising osteopathic techniques at the level of the liver was carried out. It needs to be pointed out that this wasn't a complete osteopathic treatment. Again there were several lactate measurements during treatment— after 15 and 30 minutes. The lactate extraction was performed in the supine position at the ear which was no problem for the subjects nor the practitioner, because the treatment was only interrupted briefly.

Second appointment

Baseline lactate measurement and ergometer performance including lactate measurements according to the same procedure as at the first appointment took place. This time the subjects had to sit on the treatment table after the physical exertion and a three minutes rest for 15 minutes and after this time lactate was measured again. There was no treatment carried out. After another 15 minutes, which they spent in a lying position, the last lactate measurement was performed. The position change was necessary to keep the conditions comparable to the treatment conditions.

Due to the time intensity of testing, 50% of the subjects were treated at the first appointment with osteopathic techniques at the level of the liver and 50% of the subjects in the second session.

Treatment plan

The liver treatment exclusively consisted of techniques directly applied on the organ to make sure to eliminate as many contributing factors as possible. It was started as recommended by Barral (2005) and De Coster (1995) with a general liver mobilization. The mobility of the liver was tested in a sitting position and treated depending on the diagnostic findings. The duration of these techniques was individually different and ranged between eight and fifteen minutes. Therefore, the subjects were asked to spend the first 15 minutes in a sitting position at the control visit as well. Subsequently, the motility of the liver was investigated in the supine position and techniques were carried out to improve its motility. This part of the treatment generally lasted about ten minutes. On completion of the treatment the liver pump (De Coster, 1995) was performed.

Materials

All materials used in the study comply with the current guidelines for lactate measurements (Faude, 2008). To measure the levels of lactate, the lactate meter „Lactat pro Arcrai“ was used. Portable lactate measuring devices, such as the one used in the study, are state of the art (Faude, 2008;. Tanner et al 2009). The apparatus used in the study has a coefficient of variation of 2.6 - 3.2% and a standard deviation of 0.07 to 0.30 mmol/l. The control of the heart rate was carried out by standard pulse measuring devices by Suunto. The performance diagnostics were performed on the bicycle ergometer „Daum Ergo Bike 8i“ and on the „Bremshey Course Type-S“ treadmill.

8.4.Results

The analysis was carried out with the Open Source Software R 3-0.2. To find out which factors influence the lactate degradation, a multiple linear regression was used. As the dependent variable lactate was used and measured in mmol. As explanatory variables, time, sex, sport and treatment were used. It was examined whether the reduction of lactate levels is dependent on the individual variables over time. The significance level of 5% was determined. To find out which factors are significant, the whole model was calculated first. The whole model is that in which all the variables are contained in the calculation. Then, gradually the variables which contribute least to the lactate degradation were removed from the model. This process was repeated, until only those variables remained in the model that

had a significant impact. Finally, time was the only significant variable remaining in the model (Table 3), all other variables had no significant effect. To check the model requirements for the multiple linear regression, a residual analysis was conducted. This showed no deviations from the model requirements. The residual analysis has also shown that the assumption of normal distribution is justified and a linear model for the lactate degradation over time is accurate.

For the analysis of the data without treatment the same procedure was carried out. The only difference is that the data without treatment were used. Again lactate was considered as the dependent variable and the same explanatory variables were used as mentioned above. The model reduction was carried out as above, and again, only time was remaining as the only significant variable.

For the evaluation of the results, the measurements were taken at three, 15 and 30 minutes (after the performance diagnostics).

Before the results are statistically presented in tables, it should be noted that it was striking that although there were no major differences in the reduction of lactate levels with or without treatment, many patients reported significant bodily reactions after the treatment. Two subjects had no back pain after the treatment, although this pain had existed before for months to years. Three other subjects reported that they felt much lighter and more comfortable after being treated. One participant felt tired after treatment and very irritated, whereby the condition lasted an afternoon and evening. Besides, she never had stitches in the side while running since the treatment. Three participants reported of reactions in the digestive system. One participant had increased bowel movement, another a darker color of the faeces and a further participant had stomach ache. Two participants claimed to be completely exhausted afterwards. Another participant suffered from insomnia. One participant (the eldest) had a strong urge to urinate. This person also had abdominal pain with repeated vomiting resulting in an outgoing kidney stone the night after treatment.

Reduction of the lactate

To compare the reduction of lactate levels in the two measurement ranges with and without treatment we find the following two graphs. In figure 1, the lactate values are compared using box plots for the values with and without treatment at particular points in time. It can be seen that although the lactate values decrease over time, there is at no difference between the two measurement ranges with and without treatment.

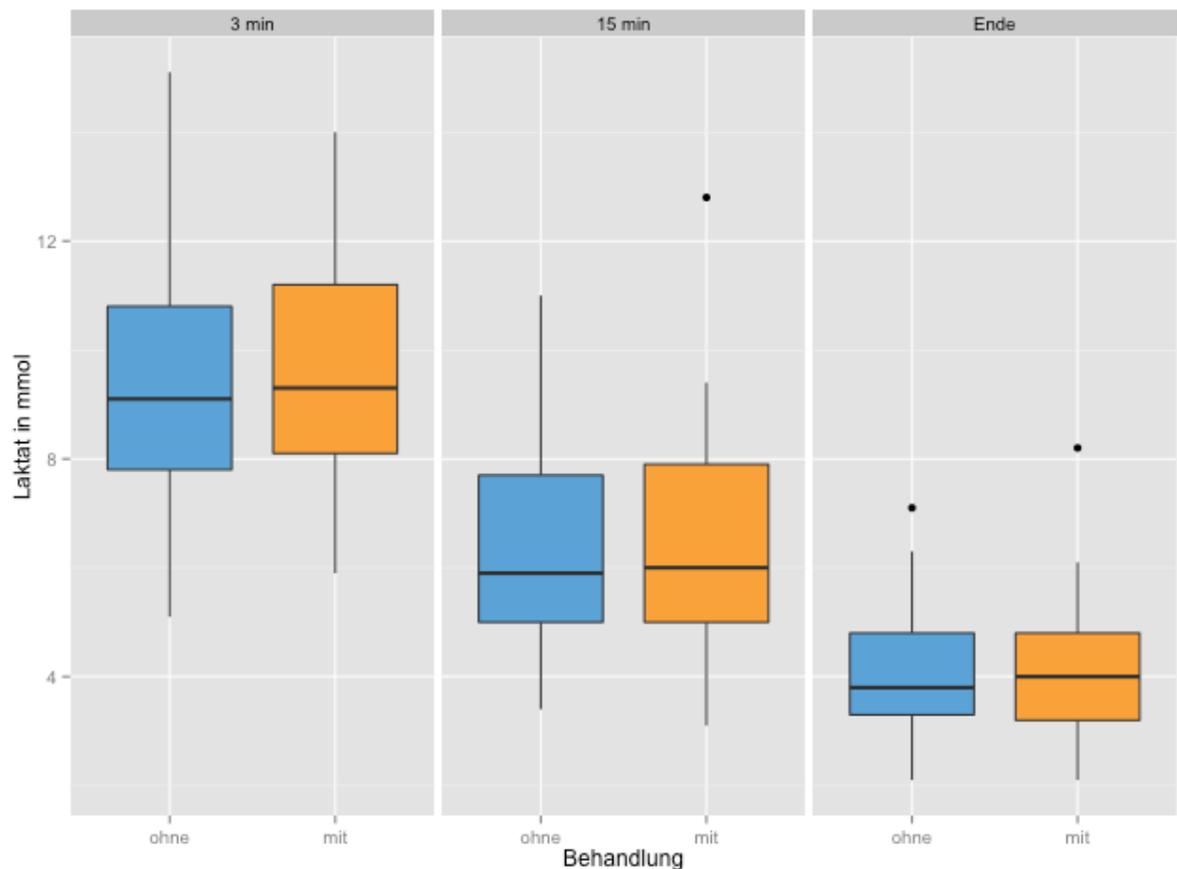


Figure 1: Comparison of lactate values with and without treatment at particular points in time.

Difference concerning sex

Another interesting aspect of the study was to find out whether there is a difference in lactate degradation between men and women. This lactate degradation was once considered in the measurement at 3 minutes compared to the measurement at 15 minutes and again from the measurement at 3 minutes to the measurement at the end. The lactate reduction within the first 12 minutes sorted by treatment and sex is shown in figure 2. The lactate degradation over the whole period of time is shown in figure 3. In both figures it can be seen that there is hardly any difference in lactate degradation between sexes.

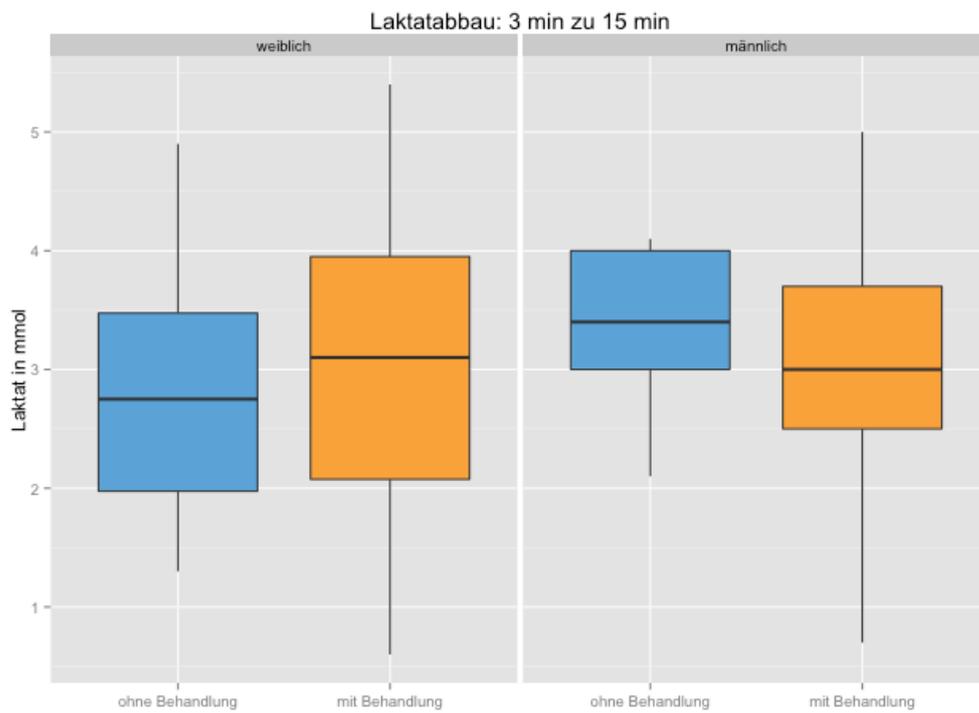


Figure 2: Lactate reduction within the first 12 minutes sorted by treatment and sex.

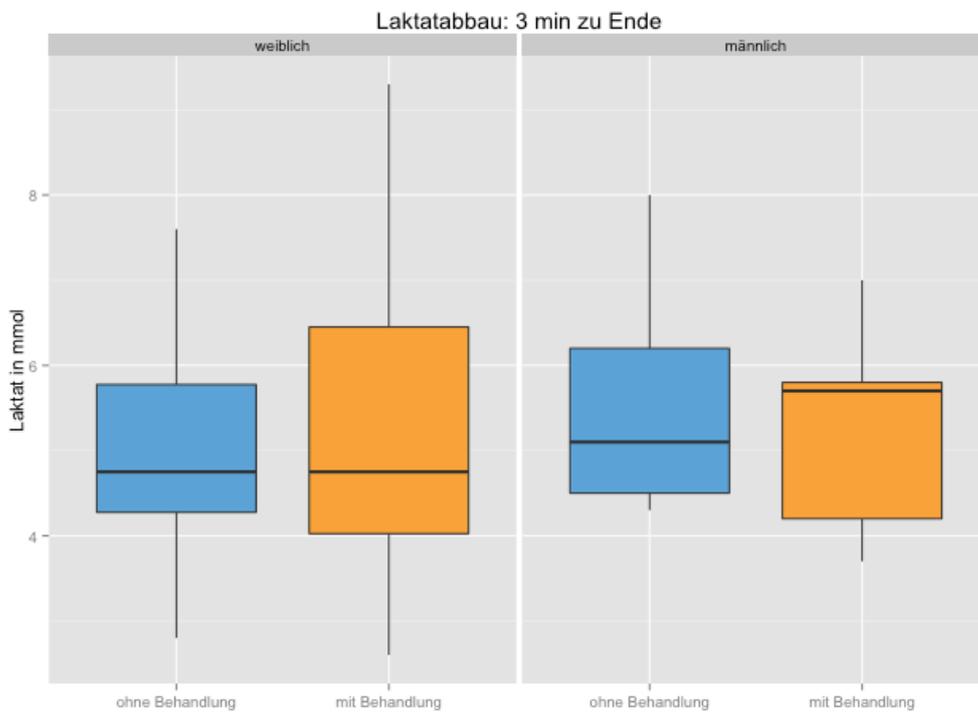


Figure 3: lactate degradation over the whole period of time separated according to treatment and sex.

Difference concerning type of sport

To find out if there is a difference in lactate reduction between treadmill and bicycle ergometer, attention was paid to this aspect as well. The decomposition of lactate within the first 12 minutes is shown in figure 4 and the lactate degradation over the whole period is shown in figure 5. Here, too, it can be seen in both figures that there is no difference.

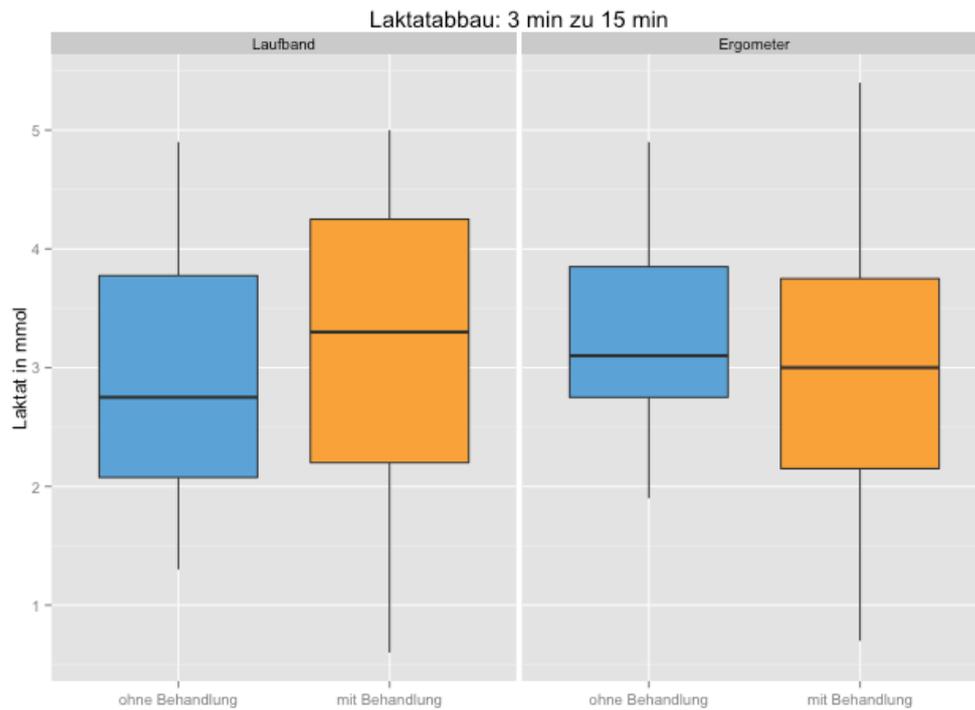


Figure 4: Lactate reduction within the first 12 minutes divided by treatment and type of sport.

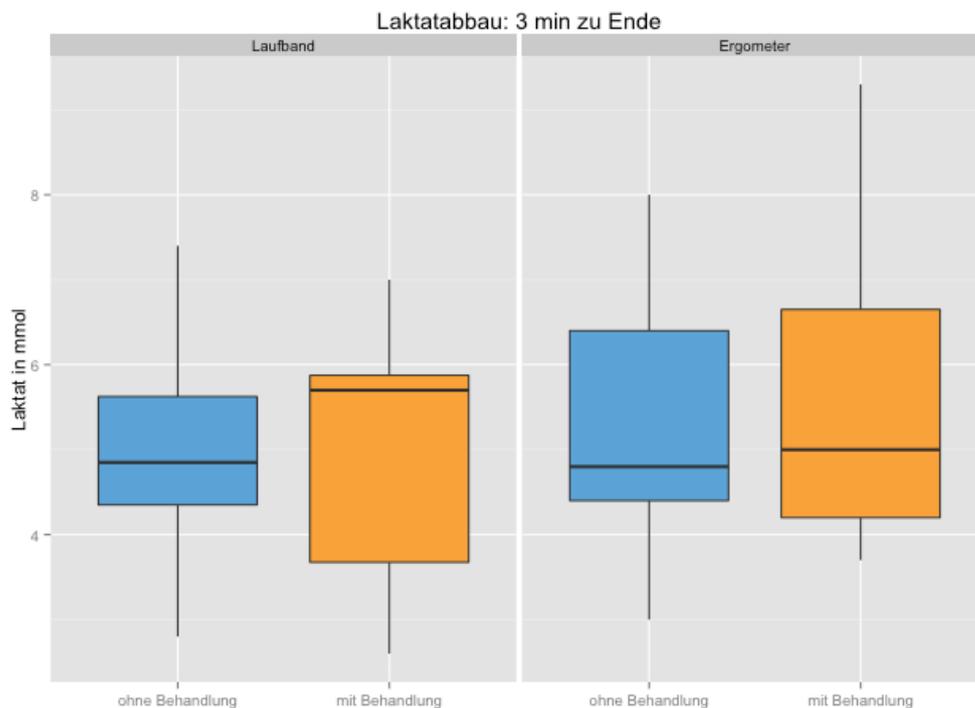


Figure 5: Lactate reduction over the whole period of time divided by treatment and type of sport.

8.5. Discussion

The statistical analysis shows no significant results for the hypothesis presented (the significance level was 5%). Thus, the null hypothesis could not be refuted.

However, especially the female subjects reported on reactions after treatment. These reports were not included in the statistics, yet they seem to be meaningful based on the results, since 9 out of 12 female participants reported of significant changes after the treatment, whereas, in contrast, only 3 of 9 male participants noted changes in their lives.

Only healthy subjects participated in the study, which could possibly explain the confirmation of the zero hypothesis. According to Casaburi & Oi (1989), patients suffering from liver damage show a slower lactate degradation. In their study they found that this degradation is slowed down considerably especially in a state of rest compared to healthy subjects. If, on the other, hand these patients are allowed to take a walk after the physical efforts, the difference in lactate reduction is not as big as compared to healthy subjects. On the one hand only healthy subjects were tested in the present study, and they were not allowed to

run or cycle slowly. Therefore, for me the question arises in how far it makes sense to intervene in the normal body physiology of healthy subjects.

In addition, the suitability of the lactate value as a test variable can be questioned. In the literature there is great uncertainty as to the role of the liver in lactate degradation. To be able to investigate the function of an organ in a better way, more accurate laboratory parameters would be desirable.

A possible explanation for the given results could be that in the present study mostly very athletic subjects took part. According to Brooks (1996), trained people have a much faster reduction of lactate in the tissues than untrained.

Another factor that was of interest was to see whether there would be a difference in the rate of lactate degradation when the subjects already got their treatment at the first appointment. However, it turned out in the results that it does not matter whether the subjects received liver treatment before lactate diagnostics (and before the second appointment) or not.

A possible source of error is of course always present naturally in the applied treatment itself. As a standardized procedure was chosen in order to obtain comparable results, it was hardly possible to respond to individual needs of the subjects.

8.6. Conclusion

The aim of this study was to prove that osteopathic techniques applied to a certain human organ have an influence on the metabolism of a human organ. In this special case the author decided to treat the liver with certain techniques because of its important role within the carbohydrate metabolism.

However, it has to be said that osteopathic techniques applied to the liver had no influence to the lactate degradation measured in the blood of healthy grown-up individuals. On the basis of the results it can be said that the only factor that influences the degradation of lactate is time.

8.7. Disclosure

The author has no personal financial or institutional interest in any of the drugs, materials, or devices described in this article.

8.8. References

Barral, J.P., Mercier, P. (2005). Lehrbuch der Viszeralen Osteopathie Band 1 (2. Auflage). München: Urban und Fischer.

Brooks, G.A., Fahey, T.D., White, T.P. (1996). Exercise Physiologie (2nd Edition), Human Bioenergetics and Its Applications. California: Mayfield Publishing Company.

Casaburi, R., Oi, S. (1989). Effect of liver disease on the kinetics of lactate removal after heavy exercise. European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology, 59 (1-2), 89-97.

De Coster, M., Opllaris A. (1995). Viszerale Osteopathie. Stuttgart: Hippokrates.

Faude, O., Meyer T. (2008): Methodische Aspekte der Laktatbestimmung. Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin, 59,(12), 305-309.

Haermeyer, C., Pott, S. (2009). Do osteopathic liver-decongestion techniques influence the flow rate of the hepatic veins measurably? Deutschland: Akademie für Osteopathie.

Heck, H., Beckers, K., Lammerschmidt, W., Pruin, E., Hess, G., Hollmann, W. (1989). Bestimmbarkeit, Objektivität und Validität der Conconi-Schwelle auf dem Fahrradergometer. Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin, 40 (11), 388-402.

Riegler, G. (2002). Der Einfluss der osteopathischen Behandlung auf die Leberfunktion. Diplomarbeit. Krems: Wiener Schule für Osteopathie.

Spring, M. (2008). Der Einfluss einer Leber- und Nierenbehandlung auf das Regenerationsvermögen eines Leistungssportlers. International Osteopathic Journal,1,1.

Tanner, R.K., Fuller, K.L., Ross, M.L.R. (2009). Evaluation of Three Portable Blood Lactate Analysers – Lactate Pro, Lactate Scout and Lactate Plus. Cranberra.

9. TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1:	S. 36	Demografische Angaben
Tabelle 2:	S. 57	Output der linearen Regression des vollen Modells.
Tabelle 3:	S. 58	Output der linearen Regression mit den relevanten Variablen.

10. ABBILDUNGSVERZEICHNIS

- Abbildung 1: S. 17 Umwandlung von Pyruvat zu Laktat und umgekehrt
Abbildung entnommen aus: Wikimedia
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:LDH_reaction.svg Zugriff am 15.05.2014
- Abbildung 2: S. 21 Laktatentfernung aus dem Plasma
Abbildung vom Autor selbst verfasst.
- Abbildung 3: S.22 Cori Zyklus
Abbildung entnommen aus: Wikimedia
<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:%3ACori-Zyklus.svg> Zugriff am 15.05.2014
- Abbildung 4: S. 24 Beispiel einer Laktatkurve
Bild verfasst von Herrn Mag. Bernhard Wolf
- Abbildung 5: S.25 Die menschliche Leber
Abbildung entnommen aus: Wikipedia
<http://de.wikipedia.org/wiki/Leber> Zugriff am 23.05.2014
- Abbildung 6: S.26 3mm Embryo (ca.25 Tage) Entwicklung des primitiven Gastrointestinaltraktes
Sadler, T.W. (2006). Langman`s Medical Embryologie (10. Auflage). USA: Lippincott Williams & Wilkins, Seite 212.
- Abbildung 7: S.39 Leistungsdiagnostik am Fahrradergometer
Bild vom Autor selbst verfasst.
- Abbildung 8: S.41 Übersicht der Laktatmessungen
Grafik vom Autor selbst verfasst.
- Abbildung 9: S.43 Übersicht Behandlungsablauf
Grafik vom Autor selbst verfasst.
- Abbildung 10: S.45 Behandlung des Lig. Triangulare dextrum
Bild vom Autor selbst verfasst.
- Abbildung 11: S.46 Beurteilung bzw. Behandlung der Mobilität
Bild vom Autor selbst verfasst.
- Abbildung 12: S.47 Test und Behandlung der Motilität
Bild vom Autor selbst verfasst.
- Abbildung 13: S.47 Leberpumpe
Bild vom Autor selbst verfasst.
- Abbildung 14: S.49 Laufband
Bild vom Autor selbst verfasst.

- Abbildung 15: S.50 Daum Ergobike 8i
<http://www.daum-electronic.de/images/flash/start.html>
- Abbildung 16: S.53 Vergleich der Laktatwerte der beiden Messreihen bei 3 min.
Abbildung verfasst von Herrn DI Dr. Johannes Hofrichter.
- Abbildung 17: S.54 Zusammenhang der Laktatwerte bei 3 min der einzelnen
Personen bei den Messreihen mit und ohne Behandlung.
Abbildung verfasst von Herrn DI Dr. Johannes Hofrichter.
- Abbildung 18: S.55 Vergleich der Laktatwerte ohne und mit Behandlung je
Zeitpunkt.
Abbildung verfasst von Herrn DI Dr. Johannes Hofrichter.
- Abbildung 19: S.56 Vergleich der Reduktion des Laktats über die Zeit je
Messreihe und geschätzte mittlere Reduktion (blau).
Abbildung verfasst von Herrn DI Dr. Johannes Hofrichter.
- Abbildung 20: S.59 Laktatabbau in den ersten 12 Minuten getrennt nach
Behandlung und Geschlecht.
Abbildung verfasst von Herrn DI Dr. Johannes Hofrichter.
- Abbildung 21: S.60 Laktatabbau über den ganzen Zeitraum getrennt nach
Behandlung und Geschlecht.
Abbildung verfasst von Herrn DI Dr. Johannes Hofrichter.
- Abbildung 22: S.61 Laktatabbau in den ersten 12 Minuten getrennt nach
Behandlung und Sportart.
Abbildung verfasst von Herrn DI Dr. Johannes Hofrichter.
- Abbildung 23: S.62 Laktatabbau über den ganzen Zeitraum getrennt nach
Behandlung und Sportart.
Abbildung verfasst von Herrn DI Dr. Johannes Hofrichter.
- Abbildung 24: S.63 Laktatabbau über die Zeit bei den Versuchsreihen ohne
Behandlung, getrennt nach dem Termin, bei dem keine Behandlung
erfolgte.
Abbildung verfasst von Herrn DI Dr. Johannes Hofrichter.

11. Anhang

11.1. Informationsblatt

Sehr geehrte Studentinnen und Studenten der FH Joanneum Graz

Mein Name ist **Elke Hieden**, ich bin Physiotherapeutin und Osteopathin in Graz und bin auf der Suche nach **Teilnehmern für eine von mir durchgeführte Studie**.

Ich möchte in meiner Studie **den Effekt einer Leberbehandlung auf die Laktateliminierung aus dem Blut** untersuchen.

Dazu benötige ich **30 freiwillige gesunde Probanden**, die bereit sind unentgeltlich an der Studie teilzunehmen.

Der Ablauf würde folgendermaßen stattfinden:

Da es sich um ein within subject design handelt, dient die Untersuchungsgruppe auch auch als ihre eigene Kontrollgruppe.

Die Probanden müssten daher zwei Mal zu mir in die Praxis kommen, wo die Studie durchgeführt wird.

Bei der ersten Einheit findet ein Stufenlaktattest mittels Fahrradergometrie statt, welcher eine genaue Laktatkurve liefert und wird von einem sehr erfahrenen Sportwissenschaftler Herrn Mag. Bernhard Wolf durchgeführt.

Im Anschluss daran muss der Proband eine halbe Stunde nachliegen. In dieser Zeit werden immer wieder Laktatwerte gemessen.

Derselbe Proband muss innerhalb von maximal drei bis sieben Tagen zum zweiten Termin erscheinen. Hier wird wieder eine Laktatkurve bestimmt. Im Unterschied zum ersten Termin findet nach Beendigung der Fahrradergometrie eine osteopathische Leberbehandlung statt, diese dauert ebenso 30 Minuten.

Die Durchführung der Studie findet schon im JULI 2013 statt.

Ziel der Studie ist es zu zeigen, dass es tatsächlich möglich ist mit einer osteopathischen Behandlung ein Organ in seiner Stoffwechselfähigkeit zu beeinflussen.

Der Vorteil für die Studienteilnehmer ist, dass man eine komplette Laktatbestimmung bekommt und diese natürlich für eigene Trainingsplanungen interessant sein könnte. Auch könnten sich StudentInnen ein Bild machen, wie eine Studie in der Praxis ablaufen kann und wie eine osteopathische Behandlung aussehen kann. Zusätzlich bekommt natürlich jeder Teilnehmer eine Leberbehandlung.

Bei Interesse melden Sie sich bitte telefonisch oder per mail bei mir.

Elke Hieden, Praxis Geko, Kalvarienbergstrasse 99, 8020 Graz

ehieden@yahoo.de

0676/.....

11.2. Behandlungsprotokoll

Behandlungsprotokoll:

Datum:

Name:

Größe:

Gewicht:

1.) Palpation im Sitzen im SITZ ca.5 min

- Lig. Triangulare dext.

- Lig. Coronarium

- Lig. Triangulare sin.

2.) Palpation Unterrand Leber – Leber testen wie sie in Inspiration /Exspiration mitgeht.

- Leber nach rechts / links verschieben 5 min

- Leber steht in INSPIRATION / EXSPIRATION

Behandlung im Falle einer Dysfunktion in RL 10 min

3.) Testen der MOTILITÄT in RL 5 min

- Leber steht in INSPIR

- Leber steht in EXSPIR

Behandlung mittels Verstärkung der Dysfunktion

4.) Leberpumpe 5 min

11.3. Patienteninformation und Einverständniserklärung

Patienteninformation und Einwilligungserklärung zur Teilnahme an der klinischen Studie

Effekt einer Leberbehandlung auf den Laktatabbau

Sehr geehrte Teilnehmerin, sehr geehrter Teilnehmer!

Wir laden Sie ein an der oben genannten klinischen Studie teilzunehmen. Die Aufklärung darüber erfolgt in einem ausführlichen Gespräch.

Ihre Teilnahme an dieser klinischen Prüfung erfolgt freiwillig. Sie können jederzeit ohne Angabe von Gründen aus der Studie ausscheiden.

Klinische Studien sind notwendig, um verlässliche neue medizinische Forschungsergebnisse zu gewinnen. Unverzichtbare Voraussetzung für die Durchführung einer klinischen Studie ist jedoch, dass Sie Ihr Einverständnis zur Teilnahme an dieser klinischen Studie schriftlich erklären. Bitte lesen Sie den folgenden Text als Ergänzung zum Informationsgespräch mit Ihrem Therapeuten sorgfältig durch und zögern Sie nicht Fragen zu stellen.

Bitte unterschreiben Sie die Einwilligungserklärung nur

- wenn Sie Art und Ablauf der klinischen Studie vollständig verstanden haben,
- wenn Sie bereit sind, der Teilnahme zuzustimmen und
- wenn Sie sich über Ihre Rechte als Teilnehmer an dieser klinischen Studie im Klaren sind.

1. Was ist der Zweck der klinischen Studie?

Der Zweck dieser klinischen Studie ist herauszufinden, ob es möglich ist die Funktion eines inneren Organs (am Beispiel der Leber) mittels osteopathischer Behandlungstechniken zu beeinflussen. Da die Leber mindestens 50 % des anfallenden Laktats im Körper abbaut, wird diese Stoffwechselfunktion als Messparameter herangezogen.

2. Wie läuft die klinische Studie ab?

Diese klinische Studie wird in der Praxis Geko in Graz durchgeführt und umfasst insgesamt 20 bis 25 Teilnehmer, welche als ihre eigene Vergleichsgruppe dient.

Ihre Teilnahme an dieser klinischen Studie wird voraussichtlich zweimal zirka eine Stunde dauern.

Dazu wird von einem erfahrenen Sportwissenschaftler zu jedem Termin eine Laktatleistungsdiagnostik wahlweise am Fahrrad oder Laufband durchgeführt um möglichst hohe Laktatwerte zu erzielen. Im Anschluss daran muss der Teilnehmer eine halbe Stunde nachruhen (beim ersten Termin) oder bekommt eine osteopathische Leberbehandlung (beim zweiten Termin).

3. Worin liegt der Nutzen einer Teilnahme an der Klinischen Studie?

Es ist möglich, dass Sie durch Ihre Teilnahme an dieser klinischen Studie keinen direkten Nutzen für Ihre Gesundheit ziehen. Sie bekommen aber eine Laktatkurve, welche Ihnen hilfreich für Ihre eigenen sportlichen Tätigkeiten sein kann. Außerdem kann Ihnen die behandelnde Osteopathin ihren Persönlichen Eindruck, den sie durch die Behandlung der Leber bekommen hat mitteilen.

Diese wissenschaftliche Arbeit könnte aufzeigen, dass durch eine osteopathische Arbeit an einem Organ direkt objektiv messbare Ergebnisse erzielt werden. Damit würde diese Arbeit eine wichtige Basisarbeit für nachfolgende Arbeiten zum Thema viszerale (Arbeit an inneren Organen) Osteopathie sein.

4. Gibt es Risiken, Beschwerden und Begleiterscheinungen?

Es könnte sein, dass es im Rahmen einer Leberbehandlung zu evt. auftretenden Nebenwirkungen kommen kann. Es kann sowohl zu emotionalen Reaktionen (Wut, Ärger, Zorn, Traurigkeit) als auch zu leichten körperlichen Reaktionen wie z.B. Verdauungsstörungen kommen.

Ich bitte Sie nach der Behandlung ausreichend zu trinken.

Sollte Sie irgendetwas beunruhigen bitte ich Sie mich sofort telefonisch zu kontaktieren.

5. Zusätzliche Einnahme von Arzneimitteln?

Da dies eine Studie mit gesunden Probanden ist, sind keinerlei Arzneimittel erlaubt.

Ausgenommen sind Medikamente, die der Teilnehmer schon immer nehmen muss bzw. hormonelle Verhütungsmittel.

Weiters sollten auch keine Nahrungsergänzungsmittel im Zeitraum der Studie eingenommen werden bzw. die Einnahmegewohnheit verändert werden.

Weiters sollten sich die Essgewohnheiten während der Dauer der Studie nicht verändern, keinerlei Diäten durchgeführt werden.

Direkt vor den Terminen sollte auch keine intensive Trainingseinheit absolviert werden.

Sollten Sie irgendein Medikament einnehmen bitte ich Sie es hier aufzulisten.

6. Wann wird die klinische Studie vorzeitig beendet?

Sie können jederzeit auch ohne Angabe von Gründen, Ihre Teilnahmebereitschaft widerrufen und aus der klinischen Studie ausscheiden.

Es ist aber auch möglich, dass Ihr Therapeut entscheidet, Ihre Teilnahme an der klinischen Studie vorzeitig zu beenden, ohne vorher Ihr Einverständnis einzuholen. Der Grund hierfür können sein, dass Sie den Erfordernissen der Klinischen Studie nicht entsprechen;

7. In welcher Weise werden die im Rahmen dieser klinischen Studie gesammelten Daten verwendet?

Sofern gesetzlich nicht etwas anderes vorgesehen ist, haben nur die Prüfer und deren Mitarbeiter Zugang zu den vertraulichen Daten, in denen Sie namentlich genannt werden. Diese Personen unterliegen der Schweigepflicht.

Die Weitergabe der Daten erfolgt ausschließlich zu statistischen Zwecken und Sie werden ausnahmslos darin nicht namentlich genannt. Auch in etwaigen Veröffentlichungen der Daten dieser klinischen Studie werden Sie nicht namentlich genannt.

8. Entstehen für die Teilnehmer Kosten? Gibt es einen Kostenersatz oder eine Vergütung?

Durch Ihre Teilnahme an dieser klinischen Studie entstehen für Sie keine zusätzlichen Kosten, es gibt für Ihren Zeitaufwand allerdings keinen Kostenersatz.

9. Einwilligungserklärung

Name des Patienten in Druckbuchstaben:.....

Geb.Datum:

Ich erkläre mich bereit, an der klinischen Studie

EFFEKT EINER LEBERBEHANDLUNG AUF DEN LAKTATABBAU

teilzunehmen.

Ich bin von Frau ELKE HIEDEN ausführlich und verständlich über den Ablauf der Testungen, mögliche Belastungen und Risiken, sowie über Wesen, Bedeutung und Tragweite der klinischen Studie, sich für mich daraus ergebenden Anforderungen aufgeklärt worden. Ich habe darüber hinaus den Text dieser Patientenaufklärung und Einwilligungserklärung, die insgesamt 4 Seiten umfasst gelesen. Aufgetretene Fragen wurden mir von Frau Elke Hieden verständlich und genügend beantwortet. Ich hatte ausreichend Zeit, mich zu entscheiden. Ich habe zur Zeit keine weiteren Fragen mehr.

Ich werde den ärztlichen Anordnungen, die für die Durchführung der klinischen Studie erforderlich sind, Folge leisten, behalte mir jedoch das Recht vor, meine freiwillige Mitwirkung jederzeit zu beenden.

Ich bin zugleich damit einverstanden, dass meine im Rahmen dieser klinischen Studie ermittelten Daten aufgezeichnet und bei Bedarf vom Prüfer eingesehen werden dürfen. Beim Umgang mit den Daten werden die Bestimmungen des Datenschutzgesetzes beachtet.

Eine Kopie dieser Patienteninformation und Einwilligungserklärung habe ich erhalten. Das Original verbleibt bei Frau Hieden

.....
(Datum und Unterschrift des Patienten)

.....
(Datum, Name und Unterschrift des verantwortlichen Therapeuten)

11.4. Rohdaten

P1 (Proband 1)

mit Behandlung

Watt	Puls	Laktat
50	151	1,1
100	119	1,0
150	128	1,6
200	141	2,9
250	162	5,0
300	176	8,7

3 min 8,3

15 min 5,7

Ende 4,2

(aus Studie ausgeschieden)

P2

mit Behandlung

50	108	1,2
100	131	1,4
150	161	1,9
200	179	3,9
250	190	4,9
300	203	7,2

3 min 6,1

15 min 3,1

Ende		2,4
------	--	-----

ohne Behandlung

50	105	1,2
----	-----	-----

100	131	1,1
-----	-----	-----

150	154	1,8
-----	-----	-----

200	167	2,7
-----	-----	-----

250	191	4,9
-----	-----	-----

300	202	7,6
-----	-----	-----

3min		6,4
------	--	-----

15 min		3,4
--------	--	-----

Ende		2,1
------	--	-----

P3

ohne Behandlung

50	101	1,0
----	-----	-----

100	125	1,3
-----	-----	-----

150	148	2,2
-----	-----	-----

200	165	4,7
-----	-----	-----

250	182	9,7
-----	-----	-----

300	185	11,7
-----	-----	------

3 min		9,9
-------	--	-----

15 min		5,0
--------	--	-----

Ende		3,3
------	--	-----

mit Behandlung

50	98	1,2
----	----	-----

100	123	1,0
-----	-----	-----

150	142	1,8
200	161	4,0
250	182	7,8
300	183	10,4

3min		9,3
15 min		5,4
Ende		4,3

P4

mit Behandlung

km/h	Puls	Laktat
6	161	1,7
8	188	1,6
10	200	2,6
12	210	4,7
14	213	7,1

3 min		8,6
15 min		8,0
Ende		6,0

ohne Behandlung

km/h	Puls	Laktat
6	163	1,6
8	183	1,7
10	194	2,6
12	205	3,9
14	213	6,7

3 min	9,1
15 min	7,8
Ende	4,8

P5

ohne Behandlung

50	91	1,6
100	111	2,2
150	133	4,9
200	160	7,9
250	171	9,3

3 min	7,8
15 min	4,4
Ende	3,3

mit Behandlung

50	88	1,4
100	114	1,9
150	133	3,8
200	155	6,7
250	166	7,4

3 min	7,4
15 min	4,4
Ende	3,2

P6

mit Behandlung

50	126	2,0
100	141	2,6
150	162	5,2
200	182	10,1
250	182	12,2

3 min		11,7
15 min		7,9
Ende		4,8

ohne Behandlung

50	112	1,6
100	145	2,1
150	166	4,7
200	180	10,2
250	182	11,9

3min		10,8
15min		7,7
Ende		5,3

P7

mit Behandlung

50	132	1,1
100	154	2,4
150	171	5,3
200	185	11,8

3 min		12,2
15 min		6,8
Ende		4,2

ohne Behandlung

50	126	1,3
100	154	2,6
150	171	5,9
200	182	14,9

3 min		13,0
15 min		8,4
Ende		5,4

P8

ohne Behandlung

50	112	1,3
100	120	1,7
150	148	2,9
200	165	5,8
250	175	10,9
300	195	15,8

3 min		15,1
15min		11,0
Ende		7,1

mit Behandlung

50	115	1,2
100	120	1,4
150	152	2,3
200	165	4,5
250	178	8,1
300	194	12,3

3 min		14,0
15 min		12,8
Ende		8,2

P9

mit Behandlung

6	138	2,2
8	155	3,1
10	168	4,7
12	180	8,9
14	185	10,0

3 min		10,3
15 min		5,8
Ende		4,0

ohne Behandlung

6	129	2,6
8	145	2,8
10	164	4,0
12	179	6,7
14	188	10,8

3 min		11,1
15 min		6,2
Ende		4,0

P10

ohne Behandlung

6	168	2,6
8	182	3,0
10	192	5,0
12	201	8,4

3 min		8,6
15 min		5,8
Ende		3,8

mit Behandlung

6	167	2,9
8	185	3,6
10	192	5,3
12	201	9,0

3 min		9,1
15 min		6,0
Ende		4,9

P11

mit Behandlung

50	106	1,0
100	124	1,6
150	147	2,1
200	171	4,4
250	193	7,4

3 min		9,0
15 min		8,3
Ende		4,9

ohne Behandlung

50	116	1,3
100	131	1,6
150	147	2,0
200	175	4,0
250	192	6,7

3 min		8,1
15 min		6,0
Ende		3,8

P12

ohne Behandlung

50	84	1,4
100	104	2,2
150	131	3,8
200	152	7,9
250	162	10,7

3 min		11,1
-------	--	------

15 min		8,6
Ende		6,3

mit Behandlung

50	87	1,1
100	105	1,7
150	135	3,0
200	150	7,1
250	163	10,7

3 min		11,4
15 min		9,4
Ende		2,1

P13

mit Behandlung

8	127	2,0
10	140	2,3
12	157	2,6
14	162	3,4
16	172	5,4
18	183	9,0

3 min		9,6
15 min		6,1
Ende		3,9

ohne Behandlung

8	125	1,9
---	-----	-----

10	138	2,2
12	156	2,8
14	162	3,9
16	175	5,9
18	185	9,2

3 min		10,0
15 min		5,9
Ende		4,2

P14

ohne Behandlung

50	115	1,2
100	125	1,9
150	163	2,8
200	186	5,8
250	190	10,4

3 min		9,8
15 min		6,2
Ende		3,6

mit Behandlung

50	110	1,4
100	125	2,0
150	165	3,2
200	185	6,8
250	192	12,1

3 min		10,0
15 min		5,9
Ende		4,2

P15

ohne Behandlung

6	150	1,7
8	167	1,7
10	183	2,2
12	195	3,0
14	207	5,8

3 min		6,6
15 min		3,9
Ende		2,1

mit Behandlung

6	155	1,2
8	167	1,4
10	187	2,0
12	197	2,7
14	207	4,9

3min		5,9
15 min		4,0
Ende		2,4

P16

mit Behandlung

50	125	0,8
100	137	0,8
150	164	1,7
200	177	5,8
250	185	9,0

3min		8,1
15min		5,0
Ende		3,6

ohne Behandlung

50	103	0,8
100	130	1,1
150	155	3,2
200	170	9,4
250	176	10,6

3min		8,4
15min		5,3
Ende		3,7

P17

mit Behandlung

6	130	2,0
8	150	2,2
10	177	2,4
12	195	4,3

14	204		7,6
3 min			8,3
15 min			4,2
Ende			2,4

ohne Behandlung

6	125	1	,8
8	150		2,0
10	175		2,3
12	191		3,7
14	201		6,2

3min			7,2
15min			5,2
Ende			3,0

P18

mit Behandlung

8	148		2,4
10	166		2,7
12	175		3,6
14	182		4,9
16	192		6,9
18	197		9,8

3 min			11,2
15 min			6,2
Ende			4,2

ohne Behandlung

8	137	1,9
10	166	2,2
12	173	3,2
14	182	4,4
16	191	6,7
18	197	9,0

3min		10,7
15min		6,7
Ende		3,3

P19**ohne Behandlung**

6	130	1,1
8	142	1,3
10	152	1,7
12	175	3,1
14	187	5,8
16	199	10,4

3 min		11,3
15 min		9,0
Ende		6,2

mit Behandlung

6	130	1,3
8	142	1,6

10	155	2,1
12	280	3,3
14	190	6,0
16	202	10,9

3min 11,8

15 min 9,3

Ende 6,1

P20

mit Behandlung

50 119 1,9

100 159 2,8

150 192 5,3

200 205 6,2

3 min 7,6

15 min 5,3

Ende 3,4

Ohne Behandlung

50 120 1,8

100 155 2,2

150 192 4,6

200 197 5,3

3min 6,2

15min 4,3

Ende 3,2

P21

mit Behandlung

6	125	1,3
8	139	1,7
10	149	2,8
12	157	5,0

3 min 6,3

15 min 4,2

Ende 3,0

ohne Behandlung

6	125	1,3
8	137	1,6
10	147	2,3
12	155	4,2

3min 5,1

15 min 3,7

Ende 2,3

P22

ohne Behandlung

8	115	2,1
10	144	2,9
12	161	4,2
14	175	6,2
16	186	9,8

3 min		9,0
15 min		5,9
Ende		4,1

mit Behandlung

8	120	1,9
10	137	2,6
12	155	3,3
14	171	5,6
16	182	9,0

3min		9,4
15 min		5,1
Ende		3,6