

# **Effekt einer Unwinding-Technik des zervikothorakalen Diaphragmas auf die Herzratenvariabilität (HRV) im Vergleich zu einer Scheinbehandlung**

## **MASTER - THESIS**

zur Erlangung des akademischen Grades

**Master of Science**

**im Universitätslehrgang Osteopathie MSc**

vorgelegt von

**Gwendolyn Alfons, BSc**

01463766

**Department für Gesundheitswissenschaften, Medizin und Forschung**

an der Donau-Universität Krems

BetreuerIn 1: Mag. Dr. Astrid Grant Hay

BetreuerIn 2: Raimund Engel, MSc D.O.



14.06.2022

## **Eidesstattliche Erklärung**

Ich, Gwendolyn Alfons, BSc, geboren am 21.02.1993 in Wien, erkläre,

1. dass ich meine Master Thesis selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und mich auch sonst keiner unerlaubten Hilfen bedient habe,
2. dass ich meine Master Thesis bisher weder im In- noch im Ausland in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe,
3. dass ich, falls die Master Thesis mein Unternehmen oder einen externen Kooperationspartner betrifft, meinen Arbeitgeber über Titel, Form und Inhalt der Master Thesis unterrichtet und sein Einverständnis eingeholt habe.

## **Danksagungen**

Ein herzliches Dankeschön geht an Mag. Dr. Astrid Grant Hay für die engagierte Betreuung. Außerdem möchte ich mich bei meiner Kollegin Katharina Franzin für die gute Zusammenarbeit bei der Studiendurchführung bedanken. Ein großes Dankeschön geht auch an alle, die an der Studie mitgewirkt und ihre Zeit zur Verfügung gestellt haben. Zu guter Letzt möchte ich mich auch von Herzen bei meinen Eltern, meiner Schwester und meinem Partner für die liebevolle Unterstützung und Motivation bedanken.

VIELEN DANK!

## ABSTRACT (DEUTSCH)

**Ziele:** Das Ziel dieser Studie war es herauszufinden, ob durch die Behandlung des zervikothorakalen Diaphragmas mittels Unwinding-Technik das autonome Nervensystem und somit die Herzratenvariabilität (HRV) beeinflusst werden kann. Dabei sollte überprüft werden, ob es einen signifikanten Unterschied zwischen der osteopathischen Behandlung und einer Scheinbehandlung auf die HRV-Parameter RMSSD und SDNN gibt.

**Studiendesign:** Die vorliegende Studie ist eine einfach verblindete randomisierte kontrollierte Studie mit einer Interventions- und einer Kontrollgruppe.

**Methoden:** 42 Probandinnen und Probanden (19 – 64 Jahre) wurden zuerst nach Geschlecht und Alter (+/- 5 Jahre) sortiert und dann per Losziehung auf eine Behandlungs- und eine Kontrollgruppe aufgeteilt. Die Interventionsgruppe wurde von einer Osteopathin mittels Unwinding-Technik des zervikothorakalen Diaphragmas behandelt. Die Kontrollgruppe erhielt eine Scheinbehandlung von einer Nicht-Osteopathin. Vor und nach der (Schein)-Behandlung wurde jeweils eine fünfminütige Kurzzeit-HRV-Analyse durchgeführt. Vor der ersten Messung gab es eine fünfminütige Ruhephase.

**Ergebnisse:** In der Interventionsgruppe stieg der RMSSD-Wert durchschnittlich um  $5,17 \pm 10,59$  ms, in der Kontrollgruppe um  $2,07 \pm 13,75$  ms. Der SDNN-Wert erhöhte sich in der Interventionsgruppe im Durchschnitt um  $5,65 \pm 11,29$  ms, in der Kontrollgruppe um  $3,88 \pm 12,67$  ms. Die Unterschiede zwischen den Gruppen waren jedoch statistisch nicht signifikant.

**Diskussion:** Durch die osteopathische Behandlung kam es zu einem etwas höheren Anstieg der HRV-Parameter RMSSD und SDNN im Vergleich zur Scheinbehandlung. Nachdem der Unterschied zwischen den Gruppen jedoch nicht statistisch signifikant war, muss die Arbeitshypothese verworfen werden. Die Qualitätskriterien der HRV-Analyse wurden weitgehend eingehalten, jedoch wurde die zirkadiane Rhythmik der HRV nicht berücksichtigt.

**Schlüsselwörter:** Herzratenvariabilität (HRV), zervikothorakales Diaphragma, Unwinding-Technik

## ABSTRACT (ENGLISCH)

**Aims:** The study aims at determining if the cervicothoracic diaphragm's treatment by means of an unwinding technique has an influence on the autonomic nervous system and consequently on the heart rate variability (HRV). It was supposed to examine whether a significant difference between an osteopathic treatment's influence and a sham treatment's influence on the HRV parameters RMSSD and SDNN could be discerned.

**Study design:** The study submitted is a single-blind randomized controlled trial using an intervention group and a control group.

**Methods:** 42 subjects from 19 to 64 years were sorted by sex and age (+/- 5 years) and then split up by lot into an intervention group and a control group. The intervention group was treated by an osteopath by means of an unwinding technique of the cervicothoracic diaphragm whereas the control group received a sham treatment by a non-osteopath. Before and after every treatment a five minutes' short-term HRV analysis was made. Before the first measuring the subjects were given a five minutes' rest.

**Results:** The intervention group's members' RMSSD parameter increased by  $5,17 \pm 10,59$  ms on average, in the control group the average increase was  $2,07 \pm 13,75$  ms. The SDNN parameter increased in members of the intervention group by  $5,65 \pm 11,29$  ms on average, in members of the control group by  $3,88 \pm 12,67$  ms. Differences between both groups were statistically non-significant.

**Discussion:** In fact the increase in HRV parameters RMSSD and SDNN was a bit higher after the osteopathic treatment compared to the sham treatment. As the difference between the groups was statistically non-significant the working hypothesis had to be rejected. The study followed the quality criteria for the HRV analysis to a large extent but circadian rhythm was not taken into consideration.

**Keywords:** heart rate variability (HRV), cervicothoracic diaphragm, unwinding technique

# Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung .....	3
2	Theorieteil .....	5
2.1	Was ist Stress? .....	5
2.1.1	Definitionen und Interpretationen von Stress.....	5
2.1.2	Akuter Stress.....	6
2.1.3	Chronischer Stress.....	7
2.1.4	Stress und HRV .....	8
2.2	Die Herzratenvariabilität (HRV) .....	9
2.2.1	Grundlagen der HRV.....	9
2.2.2	HRV-Parameter.....	11
2.2.3	Einflussfaktoren auf die HRV.....	12
2.2.4	Anwendungsgebiete der HRV-Analyse.....	14
2.2.5	Limitationen der HRV-Analyse .....	14
2.2.6	HRV-Analyse in der Osteopathie.....	15
2.3	Autonomes Nervensystem (ANS).....	18
2.3.1	Sympathikus .....	18
2.3.2	Parasympathikus.....	19
2.3.3	Enterisches Nervensystem (ENS) .....	19
2.3.4	Ganglion stellatum .....	20
2.3.5	Nervus vagus .....	21
2.4	Die horizontalen Diaphragmen .....	24
2.4.1	Das zervikothorakale Diaphragma.....	25
2.4.2	Die osteopathische Behandlung des zervikothorakalen Diaphragmas.....	26
3	Forschungsfrage und Hypothesen.....	28
3.1	Forschungsfrage .....	28
3.2	Hypothesen .....	28
3.2.1	Nullhypothese .....	28
3.2.2	Alternativhypothese.....	28
4	Methodologie.....	29
4.1	Literaturrecherche .....	29
4.2	Forschungsdesign .....	29
4.3	Stichprobenbeschreibung.....	29
4.3.1	Einschlusskriterien .....	29
4.3.2	Ausschlusskriterien .....	30

4.3.3	Stichprobengröße.....	31
4.3.4	Rekrutierung .....	31
4.3.5	Randomisierung .....	31
4.3.6	Die Probandinnen und Probanden .....	32
4.4	Materialien und Parameter .....	33
4.5	Studienablauf .....	35
4.6	Datenverarbeitung und -auswertung .....	38
5	Ergebnisse .....	39
6	Diskussion.....	41
6.1	Zusammenfassung der Ergebnisse und Hypothesenprüfung .....	41
6.2	Diskussion der Stichprobe.....	41
6.3	Diskussion der Behandlung / Scheinbehandlung.....	44
6.4	Diskussion der HRV-Analyse .....	46
6.5	Bedeutung für die Osteopathie .....	47
6.6	Ausblick.....	48
	Literaturverzeichnis .....	50
	Tabellenverzeichnis.....	57
	Abbildungsverzeichnis.....	58
	Abkürzungsverzeichnis.....	59
	Anhang.....	61
	Anhang 1: Einverständniserklärung und Fragebogen .....	61
	Anlage 2: Beschreibung der Behandlungsgruppe.....	64
	Anlage 3: Messwerte der Behandlungsgruppe .....	65
	Anlage 4: Beschreibung der Kontrollgruppe .....	66
	Anlage 5: Messwerte der Kontrollgruppe.....	67

# 1 Einleitung

Stress spielt in unserer Gesellschaft eine immer größere Rolle. Statistik Austria erhob 2013 Daten über Arbeitsunfälle und arbeitsbezogene Gesundheitsprobleme. Im Bericht darüber, der 2014 veröffentlicht wurde, steht, dass Muskel- und Skelettprobleme, Stress und Depressionen die schwerwiegendsten arbeitsbedingten Gesundheitsprobleme darstellen. Vergleicht man die Daten aus dem Jahr 2007 mit denen des Jahres 2013, erkennt man, dass der Bereich Stress, Depression und Angstzustände auf die doppelte Anzahl der Betroffenen gestiegen ist (Statistik Austria, 2014).

Die Messung der Herzratenvariabilität (HRV) gilt als eine anerkannte Methode zur Bestimmung des Beanspruchungsgrades des Herz-Kreislauf-Systems. Sie drückt die Balance zwischen Sympathikus und Parasympathikus aus und hilft die Qualität der Herz-Kreislauf-Regulation mathematisch zu erfassen. Um die Gesamtvariabilität der Herzschlagfolge zu beurteilen, sollte der Parameter „standard deviation of NN intervals“ (SDNN) herangezogen werden. Zur Veranschaulichung der parasympathischen Aktivität sollte der Parameter „root mean square of successive differences“ (RMSSD) gemessen werden. Die Parameter „high frequency power“ (HF) und „low frequency power“ (LF) werden ebenfalls häufig verwendet (Sammuto & Böckelmann, 2015).

Die derzeitigen neurobiologischen Erkenntnisse sprechen dafür, dass sich Stress auf die HRV auswirkt. Bildgebende Untersuchungen in der Neurologie weisen darauf hin, dass die HRV mit bestimmten Regionen des Kortex in Verbindung steht, welche für die Stressbewertung zuständig sind. Demnach scheint es so, als ob die HRV-Messung eine geeignete Möglichkeit sein könnte, Stress sichtbar zu machen. Jedoch ist es immer essenziell, den gesamten vegetativen Zustand und auch physische und psychische Vorerkrankungen von Patientinnen und Patienten bei der Interpretation der HRV-Messwerte zu berücksichtigen (Kim et al., 2018).

Zahlreiche Studien untersuchten bereits den Einfluss verschiedener manueller Techniken auf die Herzratenvariabilität. Klumpp (2018) fasste in einem Systematic Review Studien zu HRV und manueller Therapie und Osteopathie zusammen. Dabei unterteilte sie die Studien nach den verwendeten Behandlungstechniken in Gelenktechniken, myofasziale Techniken, kraniosakrale Techniken und allgemeine osteopathische Behandlungen (Klumpp, 2018). Gelenktechniken an der Hals- und Lendenwirbelsäule (HWS und LWS) scheinen die HF-Komponente zu steigern (Win et al., 2015; Younes et al., 2017). Behandlungen an der Brustwirbelsäule (BWS) scheinen hingegen die LF-Komponente zu steigern (Budgell & Polus, 2006). Myofasziale Techniken scheinen ebenfalls eine Steigerung von HF zu bewirken (Arroyo-Morales et al., 2008; Giles et al., 2013). Kraniosakrale Techniken und allgemeine osteopathische Behandlungen erzielten widersprüchliche Ergebnisse, jedoch gibt es eine

Tendenz, dass die HRV positiv beeinflusst werden kann (Fornari et al., 2017; Milnes & Moran, 2007; Ruffini et al., 2015).

Das zervikothorakale Diaphragma ist noch nicht in Bezug auf die HRV untersucht worden. Dabei befinden sich hier mehrere Strukturen des autonomen Nervensystems und eine Beeinflussung von Sympathikus und Parasympathikus könnte vermutet werden.

Im Bereich des zervikothorakalen Diaphragmas liegen wichtige neurale Strukturen, unter anderem der Nervus vagus und das Ganglion stellatum (Bordoni, 2020b). Der Nervus vagus, der vom Hirnstamm bis in den Bauchraum reicht, stellt einen wesentlichen Bestandteil des autonomen Nervensystems dar. Er enthält etwa achtzig Prozent afferente und zwanzig Prozent efferente Fasern und ist für die Funktion der Organe unerlässlich (Bonaz et al., 2016). Das Ganglion stellatum ist eine Fusion des untersten zervikalen und des obersten thorakalen sympathischen Ganglions. Typischerweise liegt es vor dem Wirbelkörper des siebenten Halswirbels oder des ersten Brustwirbels. Es ist unter anderem für die Innervation des Herzens, der oberen Extremitäten, des Nackens und des Gesichts zuständig (Ganesh et al., 2020).

Wenn man annimmt, dass durch die Behandlung des zervikothorakalen Diaphragmas der Nervus vagus und das Ganglion stellatum beeinflusst werden, dann könnte dadurch auch das autonome Nervensystem und somit die HRV beeinflusst werden. Nachdem es scheint, dass mithilfe der HRV-Analyse Stress sichtbar gemacht werden kann, wären durch die osteopathische Behandlung eine Veränderung des Stress-Levels und des psychischen Wohlbefindens möglich.

Das Ziel dieser Studie war es herauszufinden, ob durch die Behandlung des zervikothorakalen Diaphragmas mittels Unwindig-Technik das autonome Nervensystem und somit die Herzratenvariabilität beeinflusst werden kann. Dabei sollte überprüft werden, ob es einen signifikanten Unterschied zwischen der osteopathischen Behandlung und einer Scheinbehandlung auf die HRV-Parameter RMSSD und SDNN gibt. Dafür wurde eine einfach verblindete randomisierte kontrollierte Studie mit einer Interventionsgruppe und einer Kontrollgruppe durchgeführt.

## **2 Theorieteil**

### **2.1 Was ist Stress?**

Wenn heutzutage jemand angibt, gestresst zu sein, wird das im alltäglichen Sprachgebrauch meist als etwas Negatives verstanden. Der Begriff „Stress“ wird in der Literatur aber unterschiedlich definiert und interpretiert. Das folgende Kapitel soll einen Überblick über verschiedene Definitionen und Aspekte von Stress geben.

#### **2.1.1 Definitionen und Interpretationen von Stress**

Im Englischen bedeutet „stress“ Druck oder Anspannung. Ursprünglich stammt der Begriff aus der Werkstoffkunde, man versteht darunter eine Materialermüdung durch Zug oder Druck auf einen Werkstoff (Schmiedel, 2013).

Selye (1965) begründete das „Stress-Syndrom“ und teilte es in drei Phasen: die Alarm-Reaktion, die Phase des Widerstands und die Phase der Erschöpfung. Er ist der Ansicht, dass Stress nicht immer durch etwas Negatives verursacht wird und sich auch nicht immer ungünstig auf den Menschen auswirkt. Er nimmt an, dass sowohl erfreuliche als auch unangenehme Ereignisse den Körper in einen gestressten Zustand bringen könnten. Ein leidenschaftlicher Kuss und ein schmerzhafter Schlag könnten seiner Meinung nach denselben Stress verursachen. Selye definierte den Begriff „Stressor“ als den Erreger des physiologischen Stresses. Eine zentrale Rolle im Mechanismus zur Stressabwehr spielt für ihn die erhöhte Ausschüttung von adrenocorticotropem Hormon (ACTH) durch die Hypophyse, welches wiederum die Freisetzung von Corticoiden stimuliere. Diese Hormongruppe hält er für sehr nützlich, aber eine fehlerhafte Ausschüttung könne auch Krankheiten verursachen. Für Selye erscheint es wichtig, Stress nicht zu vermeiden, weil durch ihn Krankheiten nicht nur entstehen, sondern auch verhindert werden könnten (Selye, 1965).

Engel (1971) interpretiert Stress hingegen eher als Gefahr und erforschte seine negativen Auswirkungen auf die Gesundheit. Er beschäftigte sich unter anderem damit, wie durch starken psychischen Stress neurovegetative Prozesse hervorgerufen werden könnten, die zum Tod führen. So könnte beispielsweise die Trauer über den Tod eines nahen Angehörigen vor allem bei Personen mit kardio-vaskulären Vorerkrankungen ein tödliches Herzgeschehen auslösen. Seiner Meinung nach ist es wichtig, die Auswirkungen von psychischem Stress zu verstehen, um Risikopatientinnen und -patienten prophylaktisch schützen zu können (Engel, 1971). Engel ist der Ansicht, dass das zu seiner Zeit vorherrschende biomedizinische Modell keinen Platz für soziale, psychologische und verhaltensorientierte Aspekte ließe. Deshalb

begründete er das biopsychosoziale Modell, welches einen besseren Rahmen für Forschung, Lehre und Behandlung von Patientinnen und Patienten bieten sollte (Engel, 1977).

Esch (2002) sieht Stress als Oberbegriff, welcher die Wirkung von psychosozialen und environmentalen Einflüssen auf das körperliche und mentale Wohlbefinden beschreibt. Wichtig sei die Differenzierung zwischen Stressor und Stress-Reaktion, dazwischen stehe der Organismus mit seiner individuellen Kapazität. Sowohl innere Stressoren (z.B. Gedanken und Gefühle) als auch äußere Einflüsse durch die Umwelt könnten Stress-Reaktionen verursachen. Esch meint, dass ein gewisses Maß an Stress als gesund angesehen werden kann, jedoch könnten Dosis und Zeitpunkt der oft ziemlich unspezifischen Stress-Reaktion nicht immer adäquat gesteuert werden (Esch, 2002).

Auch Schmiedel (2013) vertritt die Ansicht, dass Stress gut und sogar lebensnotwendig für uns sein könnte. Mithilfe von stressbedingter Kreislaufaktivierung und Erhöhung der Zucker- und Fettsäurespiegel im Blut war es für unsere Vorfahren möglich, vor Tieren zu flüchten oder sie zu jagen. Wer nicht in der Lage war, richtig guten Stress zu entwickeln, riskierte das Aussterben seines Stammes. Als Gefahr sieht Schmiedel nicht den Stress selbst, sondern den heutzutage häufig inadäquaten Umgang damit. Heutzutage halten wir nach stressigen Phasen häufig keine Regenerationsphasen ein. Diese wären aber notwendig, damit die Stresshormone im Blut wieder absinken und das autonome Nervensystem wieder auf Ruhe umschalten kann. Problematisch sieht es Schmiedel auch, dass Stress hauptsächlich der Fähigkeit dienen würde, körperliche Leistungen zu entwickeln, die wir aber beim Sitzen im Auto oder im Büro nicht brauchen. Der unpassende Umgang mit Stress könnte zu Burnout, Diabetes und Herzinfarkt führen (Schmiedel, 2013).

Weiters muss noch erwähnt werden, dass der gleiche Stressor bei unterschiedlichen Menschen unterschiedliche physiologische Prozesse bewirken kann. Die Art und Weise, auf die wir eine Situation wahrnehmen und wie wir darüber denken, könnte ausschlaggebender für die Stress-Reaktion sein als die stressigen Umstände selbst. Spezifische Emotionen dürften eine wichtige Rolle für die Art der Stress-Antwort spielen (Kemeny, 2003).

Außerdem scheint die Unterscheidung zwischen akutem und chronischem Stress wesentlich zu sein, weil zum Teil unterschiedliche Prozesse im Körper ausgelöst werden (Schubert & Singer, 2015). Deshalb folgt nun ein kurzer Überblick über die verschiedenen Aspekte von akutem und chronischem Stress.

### **2.1.2 Akuter Stress**

Wenn eine stressige Situation nur für einige Minuten oder wenige Stunden anhält, dann werden das vegetative Nervensystem und die Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenachse

(HPA-Achse) aktiviert. Die Ankurbelung des Sympathikus bewirkt unter anderem eine gesteigerte Herz- und Atemfrequenz, eine Zunahme des Muskeltonus und eine verringerte Verdauungstätigkeit. Außerdem kommt es zu einer mehr als 10-fach gesteigerten Ausschüttung von Katecholaminen (vor allem Adrenalin und Noradrenalin) aus dem Nebennierenmark. In weiterer Folge tritt eine kurze Entzündungsreaktion auf, da durch die Stimulation vom Nuclear Factor kappa-B in Makrophagen vermehrt proinflammatorische Zytokine gebildet und ausgeschüttet werden. Dadurch kommt es rückwirkend zu einer Stimulation der HPA-Achse. Die darauf folgende Ausschüttung von Glucocorticoiden bewirkt gemeinsam mit dem Parasympathikus eine Immunrückregulation und die akute Stressreaktion wird beendet (Schubert & Singer, 2015).

Dhabhar (2002) beschreibt in seinem Artikel „A Hassle a Day May Keep the Doctor Away“ die gesundheitsfördernden Aspekte von kurzzeitigem Stress. Er ist der Meinung, dass die physiologische Stress-Reaktion mit Stresshormonen und Neurotransmittern das Immunsystem auf mögliche Herausforderungen wie Verletzungen oder Infektionen vorbereiten will. Durch die stressbedingt veränderte Verteilung der Leukozyten könnte es zu einer gesteigerten Immunfunktion und somit zu einer erhöhten Widerstandsfähigkeit gegen Infektionen oder Krebs kommen. Für Dhabhar spielt der Botenstoff Interferon-gamma eine wichtige Rolle bei der Immunsteigerung durch akuten Stress (Dhabhar, 2002).

### **2.1.3 Chronischer Stress**

Bei langanhaltendem Stress wird die oben beschriebene Rückregulation durch Glucocorticoide und Parasympathikus übermäßig beansprucht, was in Folge einen Hypercortisolismus verursachen kann. Bleibt die Stresssituation weiter aufrecht, kann es passieren, dass die HPA-Achse die nötige Menge an Cortisol nicht mehr bereitstellen kann, es kann also zu einem Hypocortisolismus kommen. Weiters kann auch eine Glucocorticoid-Resistenz ausgelöst werden, das bedeutet, dass Immunzellen nicht mehr ausreichend auf die hemmende Wirkung von Cortisol ansprechen. Die daraus resultierende dauerhaft erhöhte Entzündungsaktivität könnte beschleunigtes Altern, Autoimmunerkrankungen, Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Asthma, Krebs und Depressionen fördern (Schubert & Singer, 2015).

Cohen et al. (2012) führten zwei Human-Challenge-Studien durch, in denen gesunde freiwillige Probandinnen und Probanden unter Quarantäne gestellt und gezielt Rhinoviren ausgesetzt wurden. Bei Personen, die sich vor der Studie schon lange in Stresssituationen befanden, wurde häufiger eine Glucocorticoid-Resistenz festgestellt. Diese Personen erkrankten häufiger an einer Erkältung. Außerdem wurde bei Probandinnen und Probanden mit ausgeprägter Glucocorticoid-Resistenz eine gesteigerte Produktion von proinflammatorischen Zytokinen festgestellt. Diese Ergebnisse weisen darauf hin, dass chronischer Stress zu einer

Glucocorticoid-Resistenz führen kann und in weiterer Folge die Regulation von Entzündungen beeinträchtigt werden könnte (Cohen et al., 2012).

Dhabhar (2002) ist wie oben beschrieben der Meinung, dass kurzzeitiger Stress gesundheitsfördernd wirken kann, aber auch er warnt vor den negativen Auswirkungen von chronischem Stress. Denn durch ihn könnte es einerseits zu einer reduzierten Widerstandsfähigkeit gegen Infektionen und Krebs kommen, andererseits könnten Autoimmunerkrankungen und entzündliche Beschwerden gefördert werden (Dhabhar, 2002).

#### **2.1.4 Stress und HRV**

Die derzeitigen neurobiologischen Erkenntnisse sprechen dafür, dass sich Stress auf die HRV auswirkt. Durch Stress sinkt die parasympathische Aktivität, was bei der HRV-Messung eine Verminderung der „high frequency power“ (HF) und eine Zunahme der „low frequency power“ (LF) bewirkt. Bildgebende Untersuchungen in der Neurologie weisen darauf hin, dass die HRV mit bestimmten Regionen des Kortex in Verbindung steht, welche für die Stressbewertung zuständig sind. Demnach scheint es so, als ob die HRV-Messung eine geeignete Möglichkeit sein könnte, Stress sichtbar zu machen. Jedoch ist es immer essenziell, den gesamten vegetativen Zustand und auch physische und psychische Vorerkrankungen von Patientinnen und Patienten bei der Interpretation der HRV-Messwerte zu berücksichtigen (Kim et al., 2018).

Schon bei kurzzeitigem akutem Stress lässt sich in der HRV-Analyse eine Veränderung der LF/HF-Ratio erkennen. Dieser Wert drückt die Balance zwischen Sympathikus und Parasympathikus aus. Bei chronischem Stress kann die LF/HF-Ratio noch weiter in Richtung Sympathikus ansteigen, was mit einer geringeren Anpassungsfähigkeit des Herz-Kreislauf-Systems einhergeht. Dadurch steigt unter anderem das Risiko für kardiovaskuläre und psychische Erkrankungen (Wittling & Wittling, 2015).

In der Literatur werden neben der HRV auch weitere Messmethoden beschrieben, mit deren Hilfe versucht wird, Stress möglichst objektiv zu erfassen. Dazu gehören unter anderem die Messung von Magnesium im Vollblut, von Ubichinon-10 (Q-10) und Thyrotropin (TSH) im Serum und von Cortisol, Dehydroepiandrosteron (DHEA) und Melatonin im Speichel. Ergänzend muss aber erwähnt werden, dass es noch kein direktes Verfahren gibt, mit dem man Stress zuverlässig quantifizieren kann (Schmiedel, 2013).

## **2.2 Die Herzratenvariabilität (HRV)**

Bereits im Jahr 1994 fand das erste Meeting der „Task Force of The European Society of Cardiology and The North American Society of Pacing and Electrophysiology“ zum Thema HRV statt. In den zwei Jahrzehnten davor war die Beziehung zwischen dem vegetativen Nervensystem und kardiovaskulär bedingter Sterblichkeit immer deutlicher geworden. Die HRV-Analyse gilt seither als vielversprechende Methode, um die Aktivität des vegetativen Nervensystems zu erfassen. Die Task Force empfindet es als wichtig, dass die komplexen Messparameter der HRV richtig interpretiert werden, um falsche Schlussfolgerungen zu vermeiden. Deshalb veröffentlichte die Task Force um Malik im Jahr 1996 schließlich Leitlinien für die Messung, die Interpretation und den klinischen Einsatz der HRV (Malik et al., 1996). Im Jahr 2014 veröffentlichte die Forschungsgruppe um Sammito neue Leitlinien zur Nutzung der Herzschlagfrequenz und der Herzfrequenzvariabilität (Sammito et al., 2014). Diese Leitlinien wurden im Jahr 2021 von der Forschungsgruppe überarbeitet, nachdem die neue Version jedoch erst im März 2022 kurz vor der Fertigstellung dieser Master-Thesis veröffentlicht wurde, konnte sie nicht mehr zur Planung dieser Studie herangezogen werden. Änderungen zur vorigen Version betreffen unter anderem Neuerungen zur Messtechnik (Sammito et al., 2021).

In den letzten Jahren hat sich die HRV-Messung zu einer anerkannten Methode zur Bestimmung des Beanspruchungsgrades des Herz-Kreislauf-Systems entwickelt. Sie drückt das Zusammenspiel von Sympathikus und Parasympathikus aus und hilft die Qualität der Herz-Kreislauf-Regulation mathematisch zu beschreiben. Nachdem Messgeräte immer kleiner und auch günstiger werden, hat sich die Verwendung bereits von der Forschung in viele andere Bereiche ausgeweitet. (Sammito & Böckelmann, 2015). Im folgenden Teil sollen die verschiedenen Aspekte der HRV-Analyse näher beschrieben werden.

### **2.2.1 Grundlagen der HRV**

Der Sinusknoten ist der primäre Taktgeber des Herzens. Seine Eigenfrequenz beträgt bei Erwachsenen etwa 60 - 80 Schläge pro Minute (S/min), bei Kindern ist sie normalerweise etwas höher. Sympathikus und Parasympathikus können auf den Sinusknoten einwirken und dadurch die Herzfrequenz beeinflussen (Sammito et al., 2014).

Weiters wird die Herzfrequenz auch durch die Atmung beeinflusst. Bei der Einatmung steigt sie an und bei der Ausatmung sinkt sie wieder ab. Dieses physiologische Phänomen wird respiratorische Sinusarrhythmie (RSA) genannt. Grund dafür ist unter anderem der Barorezeptor-Reflex, welcher Herzfrequenz, Blutdruck und Gefäßtonus aufeinander abstimmt (Shaffer & Ginsberg, 2017).

Der Begriff „Herzratenvariabilität“ umfasst viele verschiedene mathematisch berechnete Parameter, welche unterschiedliche Aspekte der Herzschlagfolge beschreiben. Dazu werden die Abstände zwischen den R-Zacken aus dem Elektrokardiogramm (EKG) ermittelt. Diese Abstände werden auch NN-Intervalle genannt (Sammito et al., 2014).

Ein gesundes Herz schlägt nicht wie ein exaktes Metronom, die Abstände zwischen den aufeinander folgenden Herzschlägen sind also nicht konstant. Diese Variabilität der Herzschlagfolge ermöglicht es, flexibel und schnell auf wechselnde Umstände zu reagieren. Eine hohe Herzfrequenz reduziert die Zeitabstände zwischen den Herzschlägen und somit auch die Möglichkeit für die NN-Intervalle zu variieren. Dadurch sinkt die HRV. Umgekehrt sind bei einer niedrigen Herzfrequenz die Zeitabstände zwischen den Herzschlägen größer und die NN-Intervalle können dadurch mehr variieren. Das erhöht die HRV (Shaffer & Ginsberg, 2017).

Gesteuert wird diese physiologische Variabilität durch das autonome Nervensystem. Der Sympathikus bewirkt mit einer Freisetzung von Noradrenalin eine Reduktion der HRV. Der Parasympathikus hingegen führt über die Ausschüttung von Acetylcholin zu einer Steigerung der HRV. Bei Ruhe und sanfter Belastung überwiegt der parasympathische Anteil, dadurch ist die Variabilität der Herzschlagfolge größer (Sammito et al., 2014).

Fehlt diese physiologische Variabilität, deutet das auf eine Beeinträchtigung der Regulationsprozesse des autonomen Nervensystems hin. Eine starre Herzschlagfolge mit konstanten Abständen kann auf ein ernstzunehmendes Risiko für Gesundheit und Stressresistenz hinweisen (Wittling & Wittling, 2015).

Gemessen werden kann die HRV mithilfe von stationären oder mobilen EKG-Geräten oder mithilfe von Brustgurtsystemen. Vor allem Brustgurtsysteme mit Funkübertragung gelten jedoch als störanfällig, weshalb die Messung mit EKG-Geräten - insbesondere mit einer hohen Abtastrate von 1000 Hz - empfohlen wird. Unerlässlich für eine gute Datenqualität sind auch die Artefakt-Kontrolle und gegebenenfalls die Bereinigung der Artefakte. Artefakte könnten beispielsweise bei schlechtem Elektrodenkontakt, bei Bewegung oder bei elektrischer Aktivität anderer Muskeln kommen (Sammito et al., 2014).

Zur HRV-Analyse werden typischerweise entweder eine 24-Stunden-Langzeitmessung oder eine 5-Minuten-Kurzzeitmessung durchgeführt (Malik et al., 1996). Neue Studien weisen darauf hin, dass man auch mit kürzerer Messdauer von 30 Sekunden oder 120 Sekunden valide Messergebnisse erhalten kann (Munoz et al., 2015).

### 2.2.2 HRV-Parameter

Die Analyse der HRV kann durch zeitbezogene, frequenzbezogene und nicht-lineare Methoden erfolgen. Die zeitbezogenen Parameter können zusätzlich in statistische und geometrische Methoden eingeteilt werden (Sammito et al., 2014).

Bei den zeitbezogenen Methoden werden die NN-Intervalle mathematisch in Hinsicht auf ihre Varianz betrachtet. Häufig verwendete zeitbezogene statistische Parameter sind „standard deviation of NN intervals“ (SDNN) und „root mean square of successive differences“ (RMSSD). Der SDNN ist ein Indikator für die Gesamtvariabilität der Herzschlagfolge (Sammito & Böckelmann, 2015). Er wird sowohl vom Parasympathikus als auch vom Sympathikus beeinflusst. Die 24-Stunden-Langzeitmessung des SDNN gilt als Goldstandard zur Beurteilung des Risikos für kardiale Erkrankungen und Sterblichkeit (Shaffer & Ginsberg, 2017). Der RMSSD wird hingegen nur dem Parasympathikus zugeordnet (Sammito et al., 2014). Er ist ein Indikator für den Einfluss des Nervus vagus auf die Herzschlagfolge (Shaffer & Ginsberg, 2017). Als Vorteil der zeitbezogenen statistischen Parameter gilt eine bessere prognostische Vorhersagekraft als bei der Auswertung durch andere Methoden (Sammito & Böckelmann, 2015).

Mithilfe von zeitbezogenen geometrischen Methoden kann die HRV anhand von geometrischen Formen (z.B. Balkendiagrammen) bewertet werden (Sammito et al., 2014). Für die HRV-Analyse durch Kurzzeitmessungen gelten sie aber als ungeeignet (Sammito & Böckelmann, 2015).

Bei frequenzbezogenen Methoden wird aus NN-Intervallreihen ein Leistungsspektrum berechnet. Dabei werden unter anderem „high frequency power“ (HF), „low frequency power“ (LF), „very low frequency power“ (VLF) und „ultra very low frequency power“ (UVLF) unterschieden. Die HF-Komponente zeigt ausschließlich die parasympathische Aktivität an. Die LF-Komponente hingegen wird durch Sympathikus und Parasympathikus beeinflusst, wobei der sympathische Anteil überwiegen dürfte. Die VLF-Komponente wird ebenfalls dem Sympathikus zugeordnet, für die UVLF-Komponente ist noch keine klare Zuordnung bekannt. Weiters wird häufig auch die LF/HF-Ratio angegeben, welche das Verhältnis von Sympathikus zu Parasympathikus widerspiegelt (Sammito et al., 2014). Diese Analyse des Leistungsspektrums hat jedoch den Nachteil, dass viele Bedingungen beachtet werden müssen, um eine gute Qualität der Daten gewährleisten zu können (Sammito & Böckelmann, 2015).

Nicht-lineare Methoden beschreiben im Vergleich zu den zeitbezogenen und frequenzbezogenen Parametern nicht die Stärke der Herzratenvariabilität, sondern stellen eher qualitative Eigenschaften der NN-Intervallreihen dar. Ein Beispiel dafür ist der Poincaré-

Plot (auch Lorenz-Plot genannt). Dabei handelt es sich um eine grafisch dargestellte Punktwolke, aus deren Länge, Breite und Form verschiedene Informationen abgeleitet werden können (Sammito et al., 2014). Nicht-lineare Methoden gelten als robust gegenüber Artefakten und Extrasystolen und sind deswegen auch für Personen mit Herzrhythmusstörungen gut geeignet (Sammito & Böckelmann, 2015).

### **2.2.3 Einflussfaktoren auf die HRV**

Die HRV hängt von vielen verschiedenen beeinflussbaren und nicht beeinflussbaren Faktoren ab. Zu den nicht veränderbaren Einflüssen zählen das Alter, das Geschlecht und der zirkadiane Rhythmus (Sammito & Böckelmann, 2016a).

Die HRV steigt mit dem Alter zunächst an, ist bei jungen Erwachsenen am höchsten und sinkt danach mit den Jahren wieder ab (Sammito et al., 2014). Das Absinken der HRV mit dem Alter passiert jedoch nicht linear. Voss et al. (2012) untersuchten bei gesunden Probandinnen und Probanden zwischen 25 und 74 Jahren verschiedene HRV-Parameter. Sie teilten die Personen in fünf Altersgruppen ein (25-34, 35-44, 45-54, 55-64, 65-74) und prüften die Gruppen auf Unterschiede. Ein Absinken der HRV mit dem Alter konnte deutlich gezeigt werden, wobei der Unterschied zwischen den beiden ältesten Gruppen nur noch sehr gering war (Voss et al., 2012).

Zwischen den Geschlechtern gibt es ebenfalls erhebliche Unterschiede bezüglich der HRV. Obwohl bei Frauen generell eine höhere Herzfrequenz gemessen wird, zeigen sie bei der HRV-Analyse eine stärkere HF-Komponente und somit eine höhere parasympathische Aktivität. Bei Männern hingegen scheint es eine höhere sympathische Aktivität zu geben, obwohl sie eine niedrigere Herzfrequenz haben. Eine hohe Ruheherzfrequenz gilt als Risikofaktor für kardiovaskuläre Erkrankungen, jedoch weisen Männer generell ein höheres Erkrankungsrisiko auf. Das weist darauf hin, dass man vor allem bei Frauen anhand der Höhe der Herzfrequenz keine präzise Aussage über das Risiko für Herz-Kreislauf-Erkrankungen machen kann. Man geht davon aus, dass Östrogen eine wichtige Rolle dabei spielt, denn nach der Menopause oder nach operativer Entfernung der Eierstöcke gleichen sich die Messwerte von Frauen an die Werte der Männer an (Koenig & Thayer, 2016).

Weiters hat auch der zirkadiane Rhythmus einen Einfluss auf die HRV-Parameter. Bilan et al. (2005) untersuchten bei gesunden Erwachsenen den Zusammenhang zwischen Tageszeit und HRV-Parametern. Dabei wurden zwischen 23 Uhr und 5 Uhr die höchsten HF-Werte gemessen, was eine hohe Aktivität des Parasympathikus in den Nachtstunden zeigt. Die LF/HF-Ratio war zwischen 6 Uhr und 9 Uhr sowie zwischen 16 Uhr und 18 Uhr am höchsten,

zwischen 24 Uhr und 5 Uhr war sie am niedrigsten. Das deutet an, dass der Sympathikus untertags dominanter ist, in der Nacht hingegen der Parasympathikus (Bilan et al., 2005).

Wie bereits weiter oben bei „Grundlagen“ beschrieben, hängt die Herzfrequenz von der Atmung ab. Bei der Einatmung steigt sie an und bei der Ausatmung sinkt sie wieder ab. Dieses physiologische Phänomen wird respiratorische Sinusarrhythmie (RSA) genannt (Sammito et al., 2014). Die HRV wurde ebenfalls bezüglich des Einflusses der Atmung untersucht. Nunan et al. (2010) konnten einen deutlichen Unterschied der HRV-Parameter während freier Atmung und während der Atmung mit vorgegebener Geschwindigkeit feststellen. Den größten Unterschied gab es bei der HF-Komponente (Nunan et al., 2010). Hill et al. (2009) kamen zu dem Ergebnis, dass der RMSSD-Wert relativ unbeeinflusst von der Atmung ist (Hill et al., 2009).

Außerdem wurde bereits bei vielen Krankheiten ein Einfluss auf die HRV festgestellt. Bereits in den HRV-Guidelines von 1996 steht, dass mehrere kardiale und auch nicht kardiale Erkrankungen bzw. ihre Folgen die HRV beeinträchtigen. Dazu gehören der Myokardinfarkt, die diabetische Neuropathie, die Herztransplantation, die Herzinsuffizienz und die Tetraplegie (Malik et al., 1996). In den HRV-Leitlinien von 2014 werden außerdem Hypertonus, Angina pectoris, koronare Herzkrankheit, Angststörungen, Panikattacken, posttraumatische Belastungsstörungen, schwere Depressionen, Diabetes mellitus und metabolisches Syndrom genannt (Sammito et al., 2014). Außerdem werden auch chronisch obstruktive Lungenerkrankung (COPD), chronische Niereninsuffizienz, Sepsis, Epilepsie, Anorexie, Borderline-Syndrom, Hyperlipidämie und Adipositas zu den Einflussfaktoren gezählt (Rodrigues & Quarto, 2018; Sammito & Böckelmann, 2016a).

Es gibt weiters mehrere Lifestyle-Faktoren, durch welche die HRV positiv oder negativ beeinflusst werden kann. Chronischer Alkoholabusus sowie aktives und passives Rauchen können die HRV senken (Sammito & Böckelmann, 2016a). Durch Bewegung und Sport kann ebenfalls Einfluss auf die HRV genommen werden. Aerobes Ausdauertraining führt bei angemessener Intensität und Dauer zu einer Verminderung der Ruheherzfrequenz und zu einem Anstieg der HRV (Hottenrott et al., 2006). Übertraining hingegen ist mit einer Dysbalance des autonomen Nervensystems assoziiert und kann zu einer reduzierten HRV führen (Makivić et al., 2013).

Abschließend gibt es auch noch externe Faktoren, welche Einfluss auf die HRV nehmen können. Hitze, Lärm und langfristiger Kontakt mit Schadstoffen können die HRV reduzieren (Sammito & Böckelmann, 2016a). Weiters gehen auch Nachtschichtarbeit sowie Stress und mentale Anspannung mit einer verminderten HRV einher (Sammito et al., 2014). Durch die Einnahme bestimmter Medikamente (Betablocker, Angiotensin-Converting-Enzym-Hemmer

[ACE-Hemmer], Antiarrhythmika, Psychopharmaka) kommt es ebenso zu einer Beeinflussung der HRV (Malik et al., 1996). Auch bei anderen Medikamenten, die auf das autonome Nervensystem und das Erregungsleitungssystem des Herzens einwirken, scheint ein Einfluss auf die HRV möglich (Sammito et al., 2014).

#### **2.2.4 Anwendungsgebiete der HRV-Analyse**

Bereits 1978 konnten Wolf et al. zeigen, dass Patientinnen und Patienten nach akutem Myokardinfarkt, welche eine niedrige HRV aufwiesen, ein höheres Sterberisiko hatten als diejenigen mit einer hohen HRV (Wolf et al., 1978). Seither wird die HRV-Analyse zur Risikobestimmung verschiedenster kardialer und nicht kardialer Erkrankungen verwendet. Dazu gehören unter anderem Nierenversagen, Schlaganfall, multiple Sklerose, Atemnotsyndrom des Neugeborenen (NRDS), Diabetes mellitus, koronare Herzkrankheit, Kardiomyopathie, Herztransplantation, Herzklappenfehler und Herzinsuffizienz (Kleiger et al., 2005).

Aufgrund der komfortablen nicht-invasiven Anwendung kommt die HRV-Analyse in den letzten Jahren nicht mehr nur in der Forschung, sondern auch in vielen Bereichen der stationären und ambulanten Versorgung zum Einsatz (Sammito et al., 2014). Vor allem in der klinischen Psychologie und der Psychotherapie wird in den letzten Jahren immer häufiger mit HRV-Biofeedback gearbeitet. Dabei konnten unter anderem bereits vielversprechende Ergebnisse bei Patientinnen und Patienten mit Depression, mit posttraumatischer Belastungsstörung und mit psychischen Beschwerden in Zusammenhang mit körperlichen Erkrankungen erzielt werden (Schmidt & Martin, 2017). Des Weiteren wird die HRV-Analyse auch gerne im Bereich des Sports eingesetzt. Vor allem die Messung der HRV-Parameter gleich im Anschluss an ein Training hat sich als nützlich erwiesen, um die Trainingsbelastung zu überwachen und Übertraining zu verhindern (Makivić et al., 2013).

#### **2.2.5 Limitationen der HRV-Analyse**

Die HRV-Analyse gilt als praxistauglich und kann zielführend für unterschiedlichste Fragestellungen eingesetzt werden. Doch die Einhaltung von methodischen Anforderungen ist unerlässlich. Es gilt zu beachten, dass nicht alle HRV-Parameter für Kurzzeitmessungen geeignet sind. Außerdem sollten mögliche Einflussfaktoren auf die Messergebnisse immer berücksichtigt werden. Weiters sind eine hohe Abtastrate beim EKG und eine Artefakt-Kontrolle für eine gute Datenqualität von großer Bedeutung (Sammito et al., 2014).

Niedrige HRV-Werte gelten als sehr aussagekräftige Parameter, um die Sterblichkeit und das Auftreten von malignen Arrhythmien nach einem Myokardinfarkt vorauszusagen. Trotzdem müssen dabei einige Limitationen beachtet werden. Für eine gute Datenqualität müssen die

Elektroden mit besonderer Genauigkeit angebracht werden und die Nachbearbeitung und Artefakt-Bereinigung muss sorgfältig erfolgen. Außerdem sind für eine gute Aussagekraft der Daten Langzeitmessungen mit Erfassung von Tag und Nacht notwendig. Des Weiteren muss noch beachtet werden, dass ein HRV-Parameter allein nur bedingt aussagekräftig ist. Kombiniert man die HRV-Werte jedoch mit anderen Risikofaktoren (z.B. der Auswurfraction des linken Ventrikels), dann können wichtige Erkenntnisse für die klinische Vorgehensweise gewonnen werden (Kleiger et al., 2005).

Die HRV-Analyse unterliegt zahlreichen Einflüssen. Um gemessene Parameter richtig interpretieren zu können, ist es notwendig, den gesamten vegetativen Zustand und auch physische und psychische Vorerkrankungen der Patientinnen und Patienten zu berücksichtigen (Kim et al., 2018).

### **2.2.6 HRV-Analyse in der Osteopathie**

In der osteopathischen Community wird schon lange angenommen, dass das autonome Nervensystem ein wichtiger Faktor ist, über den osteopathische Techniken ihre Wirkung entfalten. Die zugrunde liegenden Mechanismen sind jedoch noch nicht gänzlich geklärt. Vermutet wird, dass durch osteopathische Techniken C-taktile Fasern aktiviert werden, welche Informationen an Bereiche im Hirnstamm senden, welche für die Regulation des autonomen Nervensystems zuständig sind. Die HRV-Analyse scheint eine vielversprechende Methode für die Evaluierung der Effekte der Osteopathie zu sein, vor allem bei Erkrankungen, die mit einer vegetativen Dysbalance einhergehen (Carnevali et al., 2020).

Zahlreiche Studien untersuchten bereits den Einfluss verschiedener manueller Techniken auf die Herzratenvariabilität. Klumpp (2018) fasste in einem Systematic Review 31 Studien zu HRV und manueller Therapie und Osteopathie zusammen. Dabei unterteilte sie die Studien nach den verwendeten Behandlungstechniken in Gelenktechniken, myofasziale Techniken, kraniosakrale Techniken und allgemeine osteopathische Behandlungen (Klumpp, 2018).

Gelenktechniken an der HWS und LWS scheinen die HF-Komponente zu steigern (Win et al., 2015; Younes et al., 2017). Behandlungen an der BWS scheinen hingegen die LF-Komponente zu steigern (Budgell & Polus, 2006). Win et al. (2015) untersuchten in ihrer randomisierten kontrollierten Studie (RCT) mit Cross-over-Design die Auswirkungen einer spinalen Manipulation der oberen und der unteren HWS auf die HRV. Sowohl nach der Manipulation an der oberen, als auch an der unteren HWS konnte bei Probandinnen und Probanden mit Nackenschmerzen ein signifikanter Anstieg von HF und SDNN und ein signifikantes Absinken von LF beobachtet werden (Win et al., 2015). Younes et al. (2017) erforschten in ihrem RCT den Effekt von spinalen Manipulationen und Weichteiltechniken an

der LWS bei männlichen Patienten mit Rückenschmerzen auf die HRV. Nach der Behandlung konnte ein signifikanter Anstieg von HF und RMSSD gemessen werden (Younes et al., 2017). Budgell und Polus (2006) untersuchten in ihrer kontrollierten Cross-over-Studie den Effekt einer spinalen Manipulation der BWS an gesunden Probandinnen und Probanden auf die HRV. Nach der Intervention konnten ein signifikanter Anstieg von LF und ein signifikantes Absinken von HF beobachtet werden (Budgell & Polus, 2006).

Myofasziale Techniken scheinen ebenfalls eine Steigerung von HF zu bewirken (Arroyo-Morales et al., 2008; Giles et al., 2013). Arroyo-Morales et al. (2008) untersuchten in ihrem RCT den Effekt von myofaszialen Release-Techniken am gesamten Körper nach einem hochintensiven Ausdauertraining auf die HRV. Nach der Behandlung konnte ein signifikanter Anstieg von HF beobachtet werden (Arroyo-Morales et al., 2008). Giles et al. (2013) erforschten in ihrem RCT mit Cross-over-Design den Einfluss einer subokzipitalen Behandlung mittels Weichteiltechniken und „Balanced ligamentous tension“-Technik (BLT-Technik) bei gesunden Probandinnen und Probanden auf die HRV. Nach der Intervention konnten ein signifikanter Anstieg von SDNN und HF gezeigt werden (Giles et al., 2013).

Kraniosakrale Techniken und allgemeine osteopathische Behandlungen erzielten widersprüchliche Ergebnisse, jedoch gibt es eine Tendenz, dass die HRV positiv beeinflusst werden kann (Fornari et al., 2017; Milnes & Moran, 2007; Ruffini et al., 2015). Fornari et al. (2017) untersuchten in ihrem RCT den Effekt von kraniosakralen Techniken auf die HRV bei gesunden Männern. Nach der Behandlung konnte ein deutlicher Anstieg der HF-Komponente im Vergleich zur Kontrollgruppe beobachtet werden (Fornari et al., 2017). Milnes und Moran (2007) erforschten in ihrer Pilotstudie mit Messwiederholungsdesign den Einfluss der „Compression of the fourth ventricle“-Technik (CV4-Technik) auf die HRV. Dabei konnten jedoch nur sehr geringe Unterschiede zwischen Intervention und Scheinbehandlung bezüglich HF und LF festgestellt werden (Milnes & Moran, 2007). Ruffini et al. (2015) untersuchten in ihrem RCT mit Cross-over-Design den Effekt einer osteopathischen Behandlung von gesunden Probandinnen und Probanden auf die HRV. Die Intervention bestand aus einer Mischung aus kraniosakralen und BLT-Techniken. Nach der Behandlung konnte ein signifikanter Anstieg von HF und ein signifikanter Abfall von LF beobachtet werden (Ruffini et al., 2015).

Neben dem zervikothorakalen Diaphragma sind in der Literatur noch vier weitere horizontale Diaphragmen beschrieben (Bordoni, 2020a). Ein Überblick über diese Diaphragmen folgt noch später in dieser Master-Thesis (Kapitel 2.4. Die horizontalen Diaphragmen). Hofer (2015) beschäftigte sich bereits mit einem dieser Diaphragmen in Bezug auf die Herzratenvariabilität. Sie untersuchte in ihrer Master-Thesis den Effekt eines myofaszialen Release des Zwerchfells auf den HRV-Parameter RMSSD mit Hinblick auf den Einfluss der Tageszeit. Sowohl in der

Vormittags- als auch in der Nachmittags-Gruppe stieg der RMSSD nach der osteopathischen Behandlung signifikant an. Jedoch war die RMSSD-Differenz in der Vormittags-Gruppe signifikant höher. Die Tageszeit, zu der eine Behandlung stattfindet, scheint also die Wirkung zu beeinflussen. Nachdem es sich bei dieser Studie jedoch um einen Prä-Post-Vergleich ohne Kontrollgruppe handelt, kann man keine Aussage über den Grund der Veränderung machen (Hofer, 2015).

## **2.3 Autonomes Nervensystem (ANS)**

Die Analyse der HRV ist eng mit der Funktion des autonomen Nervensystems – auch vegetatives Nervensystem genannt – verbunden. Dieses besteht aus den drei Anteilen Sympathikus, Parasympathikus und enterisches Nervensystem, welche alle durch den Hypothalamus und das limbische System kontrolliert werden. Gemeinsam sorgen sie für eine homöostatische Regulation der Körperfunktionen (Beck, 2011). Im folgenden Abschnitt soll ein Überblick über die drei Anteile des autonomen Nervensystems gegeben werden. Weiters sollen der Nervus vagus und das Ganglion stellatum näher beschrieben werden, weil sie wichtige Strukturen des vegetativen Nervensystems im Bereich des zervikothorakalen Diaphragmas darstellen (Bordoni, 2020b).

### **2.3.1 Sympathikus**

Durch den Sympathikus werden „fight-or-flight“-Reaktionen ausgelöst, um ein schnelles Reagieren auf potenzielle Gefahren zu ermöglichen. Der Organismus wird durch die sympathische Aktivierung auf anstrengende körperliche Aktivität vorbereitet. Vor allem die Skelettmuskulatur wird dabei mit sauerstoffangereichertem und nährstoffhaltigem Blut versorgt. Weiters werden durch den Sympathikus die Herzfrequenz beschleunigt und die Bronchien erweitert. Im Magen-Darm-Trakt kommt es zu einer Verminderung von Sekretion und Motorik sowie zu einer Kontraktion der Sphinkter (McCorry, 2007).

Die präganglionären Neurone des Sympathikus liegen im Seitenhorn des Rückenmarks zwischen C8 und L2. Über die Spinalnerven und die Rami communicantes albi sind die präganglionären Neurone mit dem sympathischen Grenzstrang verbunden. Der Grenzstrang verläuft strickleiterartig vom Okzipitalbereich bis zum Steißbein beidseits neben der Wirbelsäule. Jene Nervenfasern, welche Kopf, Rumpfwand und Extremitäten versorgen, werden direkt hier im Grenzstrang auf postganglionäre Neurone umgeschaltet (Beck, 2011). Die Nervenfasern, die Herz und Lunge innervieren, werden ebenso direkt im Grenzstrang umgeschaltet (Scherer & Giebler, 2003). Anders ist es hingegen bei jenen Nervenfasern, welche die Bauch- und Beckenorgane innervieren. Diese werden über die Nervi splanchnici zu den prävertebralen Ganglien geführt und erst dort auf postganglionäre Neurone umgeschaltet (Beck, 2011). Die einzige Ausnahme davon stellt die Innervation des Nebennierenmarks dar. Hier gelangen die präganglionären Nervenfasern ohne Umschaltung bis zum Erfolgsorgan und werden erst im Nebennierenmark selbst umgeschaltet (McCorry, 2007).

Beim sympathischen Nervensystem wird für die Umschaltung vom präganglionären auf das postganglionäre Neuron der Neurotransmitter Acetylcholin benötigt. Für die Signalübertragung

vom postganglionären Axon auf das Erfolgsorgan wird hingegen die Überträgersubstanz Noradrenalin verwendet (Beck, 2011).

Bezüglich der HRV-Analyse kann beispielsweise mithilfe der Parameter LF und VLF ein Eindruck über die sympathische Aktivität gewonnen werden (Sammito et al., 2014).

### **2.3.2 Parasympathikus**

Der Parasympathikus steuert „rest and digest“-Funktionen, die für Regeneration und Verdauung wichtig sind. Vor allem in Ruhephasen werden durch die parasympathische Aktivität Energiespeicherung, Verdauungssystem und Harnapparat reguliert. Durch den Parasympathikus kommt es zu einer Verlangsamung der Herzfrequenz und einer Verengung der Bronchien. Im Magen-Darm-Trakt kommt es zu einer Steigerung von Sekretion und Motorik und zu einer Entspannung der Sphinkter (McCorry, 2007).

Die präganglionären Neurone des Parasympathikus liegen im Hirnstamm und im sakralen Rückenmark zwischen S2 und S4. Im Gegensatz zur sympathischen Innervation gibt es bei der parasympathischen Versorgung keinen Grenzstrang und keine prävertebralen Ganglien. Die Umschaltung vom präganglionären auf das postganglionäre Neuron erfolgt erst direkt im Erfolgsorgan oder in seiner unmittelbaren Nähe (Beck, 2011). Die präganglionären Neurone des Hirnstamms ziehen mithilfe der Hirnnerven in die Peripherie. Über den dritten, den siebten und den neunten Hirnnerv werden Bereiche des Kopfes parasympathisch innerviert. Durch den zehnten Hirnnerv – dieser wird auch Nervus vagus genannt – werden sowohl die Thorax- als auch die Bauchorgane parasympathisch versorgt (McCorry, 2007). Dabei reicht das Versorgungsgebiet des Nervus vagus bis zur linken Kolonflexur. Der absteigende Teil des Dickdarms, sowie der Enddarm und die Beckenorgane werden durch das sakrale Rückenmark von S2 bis S4 parasympathisch versorgt (Beck, 2011).

Die Umschaltung vom präganglionären auf das postganglionäre Neuron erfolgt beim parasympathischen Nervensystem mithilfe des Neurotransmitters Acetylcholin. Für die Signalübertragung vom postganglionären Axon auf das Erfolgsorgan wird anders als beim Sympathikus ebenfalls Acetylcholin verwendet (Beck, 2011).

Bezüglich der HRV-Analyse kann beispielsweise mithilfe der Parameter RMSSD und HF ein Eindruck über die parasympathische Aktivität gewonnen werden (Sammito et al., 2014).

### **2.3.3 Enterisches Nervensystem (ENS)**

Das enterische Nervensystem befindet sich in der Wand von Speiseröhre, Magen und Darm. Es steuert die Peristaltik, Durchblutung und Drüsentätigkeit im Magen-Darm-Trakt und wird

auch als „Bauchhirn“ bezeichnet. Sympathikus und Parasympathikus haben dabei eine überwachende Funktion und können, wenn nötig, regulierend eingreifen (Corts, 2019).

Das ENS wird aus den drei Nervengeflechten Plexus submucosus internus (Meissner-Plexus), Plexus submucosus externus (Schabadasch-Plexus) und Plexus myentericus (Auerbach-Plexus) gebildet (Corts, 2019). Dabei kontrolliert der Auerbach-Plexus eher die Peristaltik und der Meissner-Plexus eher die Drüsentätigkeit. Vorhandene Chemo- und Mechanorezeptoren können den pH-Wert des Speisebreis und eine Veränderung des Darmlumens wahrnehmen und darauf reagieren (Beck, 2011). Für die Peristaltik des Darms sind des Weiteren auch spezialisierte Schrittmacherzellen – die sogenannten Cajal-Zellen – von großer Bedeutung. Eine Dysfunktion der Cajal-Zellen dürfte bei verschiedensten Darmerkrankungen eine wichtige Rolle spielen (Foong et al., 2020).

Das enterische Nervensystem steht auch mit dem zentralen Nervensystem (ZNS) funktionell in Verbindung. Beispielsweise können bei Morbus Parkinson jene Nervenzellen, die gestört auf Dopamin reagieren, sowohl im ZNS als auch im ENS nachgewiesen werden (Corts, 2019).

#### **2.3.4 Ganglion stellatum**

Das Ganglion stellatum ist eine Fusion des untersten zervikalen und des obersten thorakalen Ganglions des sympathischen Grenzstrangs. Wie der Name schon vermuten lässt, kann die Form des Ganglions als sternenförmig beschrieben werden, es kann aber auch eher stabförmig sein. Es befindet sich im Bereich der ersten Rippe und des Querfortsatzes des siebten Halswirbels. Es liegt lateral des Musculus longus colli und posterior der Arteria vertebralis. Im unteren Bereich hat das Ganglion Kontakt zur Sibson-Faszie, welche die Pleurakuppel umhüllt. Das Versorgungsgebiet des Ganglion stellatum umfasst die oberen Extremitäten, den Nacken, den Kopf und das Gesicht, das Kiefergelenk, das Herz, die Luftröhre, die Lunge, die Schilddrüse und die Speiseröhre (Bordoni, 2020b).

Eine Blockade des Ganglion stellatum unterbricht mithilfe einer Lokalanästhesie vorübergehend die sympathische Innervation im Versorgungsgebiet und wird schon seit vielen Jahren zur Behandlung unterschiedlicher Beschwerden eingesetzt (Lipov et al., 2009). Die Blockade löst verschiedene kardio-vaskuläre Effekte aus, unter anderem eine Erweiterung der Blutgefäße von oberer Extremität und Gesicht, eine Verminderung der Schweißsekretion und eine Verringerung der Kontraktionskraft und Schlagfrequenz des Herzens. Deswegen kann eine Blockade des Ganglion stellatum bei Patientinnen und Patienten mit Raynaud-Syndrom, Hyperhidrose, Angina pectoris oder ventrikulären Arrhythmien sinnvoll sein. Das Ganglion stellatum ist zwar eine paarige Struktur, es gibt jedoch Hinweise darauf, dass das linke Ganglion mehr sympathischen Einfluss auf das Myokard hat als das rechte Ganglion.

Trotzdem wird zur Behandlung von ventrikulären Arrhythmien eine beidseitige Blockade empfohlen (Ganesh et al., 2020).

Ebenso werden mithilfe der Blockade verschiedene chronische Schmerzzustände behandelt, unter anderem das komplexe regionale Schmerzsyndrom (CRPS), orofaziale Schmerzen und Schmerzen nach Brustentfernung (Ganesh et al., 2020). Die klinischen Symptome des CRPS umfassen Schmerzen und Schwellungen an den Extremitäten in Kombination mit vegetativen, trophischen und motorischen Störungen. Unterschieden werden dabei zwei verschiedene Typen. Während sich beim CRPS Typ II eine Nervenverletzung nachweisen lässt, gibt es diese beim CRPS Typ I nicht. Auslöser des CRPS Typ I ist meist ein schmerzhaftes Trauma ohne Nervenbeteiligung, aber auch Herzinfarkte oder zerebrovaskuläre Ereignisse können verursachend sein. Bei beiden Typen kann eine Blockade des Ganglion stellatum die Beschwerden lindern. Eine pathologische sympathisch-afferente Kopplung dürfte eine Rolle bei der Krankheitsentstehung spielen (Baron & Jänig, 1998).

Des Weiteren hat das Ganglion stellatum auch Verbindungen zu verschiedenen Strukturen des zentralen Nervensystems, unter anderem zum Hypothalamus, zur Amygdala und zur Insula. Es ist bekannt, dass diese Strukturen des ZNS eine Rolle bei der Wahrnehmung von Schmerzen und bei der Regulation der Körpertemperatur spielen. Das könnte erklären, warum eine Blockade des Ganglion stellatum bei CRPS und bei Hitzewallungen die Symptome lindert. Des Weiteren konnten durch die Blockade auch bei posttraumatischen Belastungsstörungen vielversprechende Erfolge erzielt werden, was auch durch die Verbindung zum ZNS erklärt werden könnte (Lipov et al., 2009).

### **2.3.5 Nervus vagus**

Der zehnte Hirnnerv heißt Nervus vagus und ist der längste der zwölf Hirnnerven. Sein Versorgungsgebiet umfasst viele Strukturen im Bereich von Kopf, Hals, Brustkorb und Bauchraum. Er spielt eine wesentliche Rolle für das Herz-Kreislauf-System, die Atmung, die Verdauung, das Immunsystem und das Hormonsystem (Yuan & Silberstein, 2016a). Der Nervus vagus enthält etwa achtzig Prozent afferente und zwanzig Prozent efferente Fasern und gilt als Schlüsselkomponente für das autonome Nervensystem (Bonaz et al., 2016).

Der Nervus vagus führt fünf verschiedene Typen von Fasern. Zu den afferenten Typen gehören die allgemein-somatoafferenten, die allgemein-viszeroafferenten und die speziell-viszeroafferenten Fasern. Zu den efferenten Typen zählen die allgemein-viszeroafferenten und die speziell-viszeroafferenten Fasern. Alle Fasern entspringen bzw. enden in vier Kerngebieten in der Medulla oblongata. Diese sind der Nucleus ambiguus, der Nucleus dorsalis nervi vagi, der Nucleus spinalis nervi trigemini und der Nucleus tractus solitarii. Die

Afferenzen des Nervus vagus können viele verschiedene Reize wahrnehmen, unter anderem Druck, Schmerz, Dehnung, Temperatur, Entzündung, osmotischen Druck und chemische Reize. Die Informationen der vagalen Afferenzen konvergieren in den Kerngebieten, welche die Informationen dann an andere Hirnregionen weiterleiten. Über die vagalen Efferenzen werden daraufhin regulierende Informationen vermittelt (Yuan & Silberstein, 2016a).

Nach dem Austritt aus seinen Kerngebieten zieht der Nervus vagus in Richtung Foramen jugulare. In diesem Bereich bildet der Nervus vagus zwei afferente Ganglien, wobei das Ganglion superius direkt im Foramen jugulare und das Ganglion inferius unterhalb im Bereich des Querfortsatzes des ersten Halswirbels liegt (Bordoni, 2020b). Unterhalb der beiden Ganglien gibt der Nervus vagus Äste in Richtung Ohr, Meningen, Rachen, Kehlkopf und sympathischem Grenzstrang ab (Yuan & Silberstein, 2016a). Danach verläuft der Nerv in der Karotisscheide nach kaudal und gibt den Nervus laryngeus recurrens als Ast ab. Dabei gibt es einen Unterschied zwischen der rechten und der linken Seite. Der rechte Nervus laryngeus recurrens schlingt sich um die rechte Arteria subclavia, der linke Nervus laryngeus recurrens schlingt sich um den Aortenbogen (Bordoni, 2020b; Yuan & Silberstein, 2016a). Im Mediastinum gibt der Nervus vagus Äste zur Speiseröhre, zur Aorta, zum Herzen und zur Lunge ab. Im Bereich der Speiseröhre kommt es zur Vermischung der Fasern des rechten und des linken Nervus vagus. Danach ziehen die Fasern durch das Zwerchfell und innervieren Magen, Leber, Gallenblase, Milz, Nieren, Bauchspeicheldrüse, Dünndarm und einen Teil des Dickdarms. Weiters scheint der Nervus vagus auch an der Innervation von Gebärmutter und Vagina beteiligt zu sein (Yuan & Silberstein, 2016a). Der Nervus vagus übernimmt also die parasympathische Versorgung für den gesamten Verdauungstrakt von der Speiseröhre bis zur linken Kolonflexur, der absteigende Dickdarm und der Enddarm werden hingegen durch das sakrale Rückenmark von S2 bis S4 innerviert (Bonaz et al., 2016).

Neue Studien weisen auf wichtige anti-entzündliche Eigenschaften des Nervus vagus hin. Dabei werden drei verschiedene Wege diskutiert, über welche diese entzündungshemmenden Mechanismen wirken könnten. Erstens können afferente Fasern des Nervus vagus die HPA-Achse stimulieren. Dadurch kommt es zur Ausschüttung von Cortisol, welches entzündungshemmend wirken kann. Zweitens kann die durch vagale efferente Fasern vermittelte Ausschüttung von Acetylcholin ebenfalls anti-entzündliche Prozesse auslösen. Drittens kann der Nervus vagus das sympathische Nervensystem der Milz stimulieren und dadurch entzündungshemmende Mechanismen bewirken. Die Erforschung dieser anti-entzündlichen Mechanismen könnte neue Optionen für die Behandlung von rheumatoider Arthritis oder entzündlichen Darmerkrankungen ermöglichen (Bonaz et al., 2016).

Die Stimulation des Nervus vagus wird schon seit vielen Jahren zur Behandlung von Epilepsie und Depressionen eingesetzt. Dabei wird der Nerv entweder invasiv oder nicht-invasiv

elektrisch stimuliert. Der Einsatz der Vagus-Stimulation für andere Anwendungsbereiche (z.B. bei Herzproblematiken oder Schmerzen) wird ebenfalls erforscht (Yuan & Silberstein, 2016b).

## **2.4 Die horizontalen Diaphragmen**

Die Osteopathie bietet fünf Modelle für die klinische Herangehensweise an Patientinnen und Patienten: das biomechanisch-strukturelle, das respiratorisch-zirkulatorische, das neurologische, das metabolisch-energetische und das biopsychosoziale Modell. Die horizontalen Diaphragmen spielen im respiratorisch-zirkulatorischen Modell eine wichtige Rolle. Dieses Modell gründet sich auf die Annahme, dass eine freie Zirkulation der Flüssigkeiten im Körper essenziell ist. Durch diese kann die Versorgung der Strukturen mit Sauerstoff und Nährstoffen sowie die Entsorgung von Stoffwechselendprodukten gewährleistet werden. Durch osteopathische Techniken an den horizontalen Diaphragmen soll diese freie Zirkulation der Flüssigkeiten unterstützt werden (Bordoni, 2020a).

Die horizontalen Diaphragmen gelten in der Osteopathie schon lange als bedeutend. 1968 sprach Dr. Viola Frymann als erste Osteopathin von der Behandlung der drei Diaphragmen. Diese waren das Tentorium cerebelli, das Zwerchfell und der Beckenboden (Bordoni, 2020a). Frymann empfiehlt, bei Patientinnen und Patienten mit Beschwerden in einem der Bereiche immer alle drei Diaphragmen zu untersuchen. Die drei Diaphragmen sind funktionell miteinander verbunden und es kann bei Einschränkungen in einem Bereich zu kompensatorischen Strains in den anderen Bereichen kommen (Frymann, 2017).

In den späten Siebziger Jahren definierte Dr. Gordon Zink zusätzlich das zervikothorakale Diaphragma, auch obere Thoraxapertur genannt, als vierte wichtige horizontale Struktur (Bordoni, 2020a). Zink prägte den Begriff „Common compensatory pattern“ (CCP), mit dem er häufig gefundene Spannungsmuster der vier transversalen Diaphragmen beschreibt. Dabei wird die Spannung in den vier Bereichen je nach Anordnung in ideal, kompensiert oder unkompensiert eingeteilt. Für Zink liegen die vier Diaphragmen in sogenannten „transitional zones“, also Übergangszonen. Das Tentorium cerebelli liegt am Übergang zwischen Okziput und Atlas, also zwischen Kopf und HWS. Das zervikothorakale Diaphragma befindet sich am Übergang von HWS zu BWS. Das Zwerchfell liegt am Übergang zwischen BWS und LWS. Das Beckendiaphragma liegt im Bereich des Übergangs von LWS zu Sakrum. Nachdem sich an diesen vier Übergangszonen die Eigenschaften der Wirbelsäule ändern, sieht Zink sie als anatomische Schwachstellen, die häufig von Dysfunktionen betroffen sind (Pope, 2003). Eine funktionale Beziehung zwischen allen Diaphragmen ist notwendig, damit die Zwerchfellatmung ideal funktionieren kann. Für Zink ist eine tiefe und langsame Zwerchfellatmung die Voraussetzung für eine gute Sauerstoffversorgung des Körpers und damit auch essenziell für einen funktionierenden Stoffwechsel (Zink, 2010).

In aktueller Literatur wird über ein weiteres transversales Diaphragma berichtet. Bordoni und Zanier (2015) beschreiben in ihrem Artikel die manuelle Behandlung der fünf Diaphragmen. In

diesem wird neben den vier oben genannten auch der Mundboden als weitere wichtige horizontale Struktur genannt. Es scheint eine enge Verbindung zwischen Zwerchfell, Mundboden und Dura mater zu geben. Während der Atmung bewegen sich die Muskeln des Mundbodens mit und unterstützen die Ventilation. Eine Beeinträchtigung dieser gut koordinierten Beziehung kann zu Problemen beim Kauen, Schlucken und Atmen führen (Bordoni & Zanier, 2015).

#### **2.4.1 Das zervikothorakale Diaphragma**

Das zervikothorakale Diaphragma ist im Englischen auch als „thoracic inlet“ oder „thoracic outlet“ bekannt. Knöchern besteht es aus dem Sternum, der Klavikula, den ersten beiden Rippen, den ersten beiden Brustwirbeln und durch die Verbindung zur Klavikula auch der Skapula. Muskuläre Anteile sind der Musculus trapezius, die Musculi scaleni (anterior, medius und posterior), der Musculus subclavius und der Musculus pectoralis minor. Es kann auch ein Musculus scalenus minimus vorhanden sein. Des Weiteren befinden sich auch die Pleurakuppel und die Sibson-Faszie in diesem Gebiet (Bordoni, 2020a). Wichtige Blutgefäße im Bereich des zervikothorakalen Diaphragmas sind die Arteria subclavia, die Vena subclavia, die Arteria carotis communis und die Vena jugularis interna. Der Plexus brachialis, der Nervus phrenicus, der Nervus vagus und das Ganglion stellatum sind bedeutende neurale Strukturen in diesem Gebiet (Bordoni, 2020b). Ebenso findet man hier auch die Speiseröhre, die Luftröhre und den Ductus thoracicus, der eine zentrale Rolle für die lymphatische Drainage des Körpers spielt (Lewis, 2017).

Im Bereich des zervikothorakalen Übergangs gibt es drei Engstellen, in denen es zu einer Kompression von Blutgefäßen und Nerven kommen kann. Am weitesten medial liegt die Skalenus-Lücke. Gebildet wird diese Engstelle durch den Musculus scalenus anterior, den Musculus scalenus medius und die erste Rippe. Der Plexus brachialis und die Arteria subclavia ziehen durch diese Lücke. Lateral und kaudal davon liegt die kostoklavikuläre Engstelle. Diese wird durch den Musculus subclavius, den Musculus scalenus anterior, die Klavikula und die erste Rippe gebildet. Durch diese Lücke ziehen der Plexus brachialis, die Arteria subclavia und die Vena subclavia. Weiter lateral davon liegt die subkorakoidale Engstelle. Sie wird durch den Musculus pectoralis minor, den Processus coracoideus und die zweite bis vierte Rippe gebildet. Der Plexus brachialis, die Arteria axillaris und die Vena axillaris ziehen durch diese Lücke. Mögliche Symptome als Folge einer Einengung der Gefäße sind Schmerzen, Schwäche, Blässe, Muskelatrophie und Parästhesien in der oberen Extremität. Dieses Beschwerdebild wird Thoracic-outlet-Syndrom (TOS) genannt. Behandelt werden kann das TOS mithilfe von Physiotherapie und Schmerzmitteln. Bei anhaltenden Beschwerden kann eine Operation erforderlich sein (Jones et al., 2019).

Im Gebiet des zervikothorakalen Diaphragmas treffen die sehr gut bewegliche HWS und die relativ steife BWS aufeinander. Durch die unterschiedlichen Eigenschaften der Wirbelsäule kommt es in Übergangszonen häufig zu muskulären Dysbalancen und somatischen Dysfunktionen (Pope, 2003). Diese Dysfunktionen können sowohl artikuläre als auch myofasziale und viszero-somatische Komponenten haben. Sie können auch zu einer Beeinträchtigung von Blutgefäßen, Nerven und Lymphgefäßen führen. Eine somatische Dysfunktion im Bereich des zervikothorakalen Diaphragmas kann eine Beeinträchtigung der lymphatischen Drainage des gesamten Körpers verursachen, weil die Lymphflüssigkeit hier in das venöse System mündet (Lewis, 2017).

#### **2.4.2 Die osteopathische Behandlung des zervikothorakalen Diaphragmas**

Grundsätzlich können osteopathische Behandlungstechniken in direkte und indirekte Techniken eingeteilt werden. Häufig verwendete direkte Behandlungstechniken im Bereich des zervikothorakalen Diaphragmas sind beispielsweise die „high-velocity, low-amplitude“-Technik (HVLA-Technik) und die Muskel-Energie-Technik (MET). Eine klassische indirekte Behandlungstechnik ist beispielsweise der indirekte myofasziale Release (Lewis, 2017).

Liem (2013) beschreibt mehrere Behandlungsmöglichkeiten für die transversalen Diaphragmen. Er erklärt, wie man mittels Unwinding-Technik die Diaphragmen entspannen kann und nennt dabei verschiedene Optionen für die Handhaltung der Osteopathin / des Osteopathen. Bei der Unwinding-Technik wird leichter Druck auf das Gewebe aufgebaut, bis eine Barriere spürbar ist. Dabei werden Eigenbewegungen im Gewebe ausgelöst. Wichtig dabei ist es, dass das Gewebe weder weiter in die blockierte Richtung gedrängt wird, noch dass man es wieder von der Barriere weg bewegen lässt. Das Gewebe soll sich mit der Barriere auseinandersetzen, bis sie sich auflöst. Für die Behandlung des zervikothorakalen Diaphragmas beschreibt Liem zwei unterschiedliche Handpositionen, bei beiden liegt die Patientin / der Patient auf dem Rücken. Bei der ersten Möglichkeit befindet sich die Osteopathin / der Osteopath seitlich neben der Behandlungsliege und legt eine Hand unter den zervikothorakalen Übergang und die andere auf Sternum und Klavikula. Für die zweite Handhaltung sitzt die Osteopathin / der Osteopath am Kopfende der Behandlungsliege. Die Handinnenflächen berühren die Schultern, beide Daumen liegen auf den Querfortsätzen des ersten Brustwirbels, die anderen Finger liegen auf der Klavikula und den oberen Rippen (Liem, 2013, S. 499-504).

Beim faszialen Unwinding handelt es sich um eine in der Osteopathie häufig verwendete manuelle Technik, die zu den indirekten myofaszialen Release-Techniken gezählt werden kann. Es wird angenommen, dass durch die Anwendung von leichtem Druck und sanfter Dehnung Mechanorezeptoren in den Faszien stimuliert werden. Ebenso scheint es dabei eine

Aktivierung des zentralen Nervensystems und des Parasympathikus zu geben. Durch die Unwinding-Technik werden Eigenbewegungen im Gewebe ausgelöst, welche darauf abzielen, den Körper in einen entspannteren Zustand zu bringen. Das erklärt man sich durch eine Beteiligung des zentralen Nervensystems, welches Muskeltonus und Bewegungen steuert. Man nimmt an, dass durch die Aktivierung des ZNS Muskeln dazu ermuntert werden, eine entspanntere Position zu finden. Diese Eigenbewegungen des Gewebes werden zwar als unwillkürlich wahrgenommen, sie werden aber durch die normale willkürliche Bewegungskontrolle ausgelöst (Minasny, 2009).

Im Theorieteil wurden relevante Hintergrundinformationen zum besseren Verständnis der Thematik dieser Master-Thesis erläutert. Aus dem bisherigen Stand der Wissenschaft ergeben sich die im folgenden Teil erläuterte Forschungsfrage und die daran anknüpfenden Hypothesen.

### **3 Forschungsfrage und Hypothesen**

Das Ziel dieser Studie war es herauszufinden, ob durch die Behandlung des zervikothorakalen Diaphragmas mittels Unwindig-Technik das autonome Nervensystem und somit die Herzratenvariabilität (HRV) beeinflusst werden kann. Dabei sollte überprüft werden, ob es einen signifikanten Unterschied zwischen der osteopathischen Behandlung und einer Scheinbehandlung auf die HRV-Parameter RMSSD und SDNN gibt.

#### **3.1 Forschungsfrage**

Gibt es einen signifikanten Unterschied zwischen einer Behandlung des zervikothorakalen Diaphragmas mittels Unwinding-Technik und einer Scheinbehandlung hinsichtlich der Veränderung der HRV-Parameter RMSSD und SDNN?

#### **3.2 Hypothesen**

##### **3.2.1 Nullhypothese**

Es gibt keinen signifikanten Unterschied zwischen dem Effekt der Unwinding-Technik am zervikothorakalen Diaphragma und dem Effekt der Scheinbehandlung in Bezug auf die HRV-Parameter RMSSD und SDNN.

##### **3.2.2 Alternativhypothese**

Es gibt einen signifikanten Unterschied zwischen dem Effekt der Unwinding-Technik am zervikothorakalen Diaphragma und dem Effekt der Scheinbehandlung in Bezug auf die HRV-Parameter RMSSD und SDNN.

## **4 Methodologie**

### **4.1 Literaturrecherche**

Die Literaturrecherche für diese Master-Thesis wurde im Zeitraum Mai 2021 bis März 2022 durchgeführt. Verwendete Datenbanken waren PubMed, Cochrane Library, OSTMED.DR und Osteopathic Research Web. Weiters wurde die Suchmaschine Google Scholar verwendet. Außerdem wurde mit dem Schneeballsystem gesucht. Es wurden ausschließlich Studien in deutscher und englischer Sprache für die Recherche herangezogen.

Verwendete Suchbegriffe waren, sowohl in englischer als auch in deutscher Sprache: osteopathy, osteopathic medicine, omt, heart rate variability, hrv, autonomic nervous system, sympatheticus, parasympathicus, enteric nervous system, osteopathic diaphragms, cervicothoracic diaphragm, thoracic inlet, thoracic outlet, vagus, ganglion stellatum, stress, acute stress, chronic stress, unwinding technique. Zur Vermeidung von Wiederholungen werden in dieser Aufzählung nur die jeweils englischen Ausdrücke angeführt.

Des Weiteren wurde das Buch „Kraniosakrale Osteopathie“ von Liem (2013) für die Recherche herangezogen.

### **4.2 Forschungsdesign**

Bei der vorliegenden Studie handelt es sich um eine einfach verblindete randomisierte kontrollierte Studie mit einer Interventionsgruppe und einer Kontrollgruppe. Die Probandinnen und Probanden wurden nicht informiert, welcher Gruppe sie angehörten. Die Personen, die die Behandlung durchführten, wussten aber natürlich über die Gruppenzugehörigkeit Bescheid.

### **4.3 Stichprobenbeschreibung**

Bevor mit der Rekrutierung der Probandinnen und Probanden begonnen wurde, wurden anhand der Fachliteratur über HRV-Messungen verschiedene Ein- und Ausschlusskriterien festgesetzt. Die Einhaltung der Kriterien wurde mithilfe eines Fragebogens überprüft, der per E-Mail ausgeschickt wurde.

#### **4.3.1 Einschlusskriterien**

In Österreich wird ab dem 14. Geburtstag angenommen, dass Personen die Reife besitzen, selbst in medizinische Behandlungen einzuwilligen, ausgenommen davon sind rein ästhetische Behandlungen (Bundesministerium für Soziales, Gesundheit, Pflege und

Konsumentenschutz, 2020). Demnach wurden in diese Studie Personen ab 14 Jahren eingeschlossen.

Damit bezüglich COVID-19 ein möglichst sicherer Studienablauf ermöglicht werden konnte, mussten alle Probandinnen und Probanden die Voraussetzungen für den „Grünen Pass“ erfüllen. Dieser gilt als Nachweis für ein geringes epidemiologisches Risiko, die Ansteckungsgefahr sollte dadurch minimiert werden. Zum Zeitpunkt der Studiendurchführung im November und Dezember 2021 waren also eine vollständige Impfung oder eine Genesung für die Studienteilnahme notwendig (Bundesministerium für Soziales, Gesundheit, Pflege und Konsumentenschutz, 2021).

Außerdem mussten alle Probandinnen und Probanden während des gesamten Studienablaufs eine FFP2-Maske tragen. Um die Anzahl der anwesenden Personen gering zu halten, waren Begleitpersonen nicht erlaubt.

#### **4.3.2 Ausschlusskriterien**

Um eine gute Vergleichbarkeit der Probandinnen und Probanden zu erreichen, wurden mehrere Krankheiten und bestimmte Medikamente ausgeschlossen, bei welchen bereits bekannt ist, dass sie die HRV-Messwerte beeinflussen können. Außerdem wurden Erkrankungen ausgeschlossen, welche eine Kontraindikation für die Behandlungstechnik dargestellt hätten. Mithilfe des ausgesendeten Fragebogens wurden ärztliche Diagnosen und die Einnahme von Medikamenten abgefragt.

Folgende Erkrankungen wurden ausgeschlossen, weil sie nachgewiesenermaßen die HRV beeinflussen können: Erkrankungen des Herzens, COPD, chronische Niereninsuffizienz, Diabetes mellitus, metabolisches Syndrom, Hyperlipidämie, Sepsis, multiples Organversagen, Epilepsie, Angststörungen, Panikattacken, posttraumatische Belastungsstörung, Anorexie, Borderline-Persönlichkeitsstörung und Depression (Malik et al., 1996; Rodrigues & Quarto, 2018; Sammito & Böckelmann, 2016a).

Nachdem auch bekannt ist, dass Adipositas einen Einfluss auf die HRV haben kann, wurden Personen mit einem Body-Mass-Index (BMI) über 30 kg/m<sup>2</sup> ausgeschlossen (Rodrigues & Quarto, 2018; Sammito & Böckelmann, 2016a). Eine bestehende Schwangerschaft war ebenfalls ein Ausschlusskriterium, weil dadurch auch die HRV-Messwerte beeinflusst werden können (Sammito & Böckelmann, 2016b).

Weiters wurden auch Personen ausgeschlossen, welche Betablocker, ACE-Hemmer, Antiarrhythmika und / oder Psychopharmaka einnehmen, weil diesen Medikamenten eine

Beeinflussung der HRV nachgewiesen wurde (Malik et al., 1996; Sammito & Böckelmann, 2016a) .

Weil sie Kontraindikationen für kraniosakrale Behandlungstechniken darstellen, wurden auch akute neurologische Symptome, erhöhter intrakranieller Druck, Epilepsie, Schlaganfall, Gehirnblutung und schwere Verletzungen von Kopf oder Wirbelsäule in den letzten 3 Monaten als Ausschlusskriterien für die Studienteilnahme definiert (Greenman et al., 1996).

Den Probandinnen und Probanden war es außerdem 30 Minuten vor der ersten Messung nicht mehr erlaubt, Nahrung, Zigaretten, Alkohol oder Koffein zu konsumieren oder Sport zu treiben, weil dadurch die Messergebnisse verfälscht werden könnten (Sammito et al., 2014).

### **4.3.3 Stichprobengröße**

Als Basis für die Bestimmung der Stichprobengröße wurde ein Artikel von Quintana (2017) herangezogen. Quintana beschreibt darin statistische Überlegungen für die Planung und Auswertung von HRV-Studien. Er analysierte die Effektgrößen aus zahlreichen HRV-Studien und folgerte daraus, wie viele Personen pro Gruppe notwendig sind, um eine bestimmte statistische Power zu erhalten. Bei einem Signifikanzniveau von  $\alpha = 0,05$  sind 21 Personen pro Gruppe notwendig, um große Effekte mit einer statistischen Power von 80 % zu erhalten (Quintana, 2017). Die Fallzahlberechnung wurde nochmals mittels „G\*Power 3.1“ überprüft, dabei wurden ebenfalls 21 Personen pro Gruppe errechnet.

### **4.3.4 Rekrutierung**

Die Probandinnen und Probanden wurden aus dem erweiterten Bekanntenkreis der Studienleiterin und mithilfe von Kolleginnen und Kollegen rekrutiert. Mithilfe eines Fragebogens mit Einverständniserklärung, der per E-Mail ausgesendet wurde, wurde überprüft, ob die Kriterien zur Teilnahme an der Studie erfüllt wurden.

Für diese Studie wurden also sowohl für die Interventionsgruppe als auch für die Kontrollgruppe jeweils 21 Probandinnen und Probanden rekrutiert, insgesamt also 42 Personen.

### **4.3.5 Randomisierung**

Nachdem die HRV von Alter und Geschlecht abhängig ist (Sammito & Böckelmann, 2016a), wurden die Probandinnen und Probanden vor der Randomisierung nach Geschlecht und Alter (+/- fünf Jahre) sortiert und dann per Losentscheid auf die Gruppen aufgeteilt.

An dieser Stelle muss erwähnt werden, dass die Studie gemeinsam mit einer Kollegin durchgeführt wurde, die den Effekt einer Stillpunktinduktion am Sakrum auf die HRV-Parameter RMSSD und SDNN untersucht hat. Eigentlich gab es also zwei Interventionsgruppen und eine Kontrollgruppe mit jeweils 21 Personen, somit insgesamt 63 Personen. Nachdem die Interventionsgruppen aber nicht untereinander, sondern nur jeweils mit der Kontrollgruppe verglichen wurden, wird in dieser Master-Thesis auf die zweite Interventionsgruppe nicht eingegangen.

Für die Randomisierung wurden die Probandinnen und Probanden also nach Geschlecht und Alter (+/- fünf Jahre) in Drillingsgruppen eingeteilt. Danach wurden sie per Losziehung in die drei Gruppen „Zervikothorakales Diaphragma“, „Sakrum“ und „Kontrolle“ eingeteilt.

#### **4.3.6 Die Probandinnen und Probanden**

Sowohl die Behandlungs-, als auch die Kontrollgruppe bestand aus 21 Personen, davon waren jeweils 10 Frauen und 11 Männer. Die Personen waren zwischen 19 und 64 Jahre alt. Das Durchschnittsalter in der Behandlungsgruppe lag bei  $33,43 \pm 9,01$  Jahren, in der Kontrollgruppe bei  $33,76 \pm 10,50$  Jahren. Die Personen in der Behandlungsgruppe waren im Durchschnitt  $70,63 \pm 13,60$  kg schwer,  $1,75 \pm 0,10$  m groß und hatten einen BMI von  $22,94 \pm 2,76$  kg/m<sup>2</sup>. In der Kontrollgruppe waren die Probandinnen und Probanden durchschnittlich  $75,81 \pm 11,55$  kg schwer,  $1,76 \pm 0,08$  m groß und hatten einen BMI von  $24,33 \pm 3,04$  kg/m<sup>2</sup>. Der BMI in der Kontrollgruppe war also etwas höher als in der Behandlungsgruppe. Die genauen Werte der einzelnen Probandinnen und Probanden sind im Anhang nachzulesen.

In beiden Gruppen gab jeweils eine Teilnehmerin an, die Pille zu nehmen. Alle anderen Probandinnen und Probanden gaben an, keine Medikamente einzunehmen. In der Behandlungsgruppe gab eine Probandin an, regelmäßig an Migräne zu leiden, alle anderen Teilnehmerinnen und Teilnehmer gaben keine Vorerkrankungen an.

Bei der Baseline-Messung hatten die Personen in der Behandlungsgruppe im Durchschnitt einen RMSSD-Wert von  $43,27 \pm 29,57$  ms, einen SDNN-Wert von  $52,10 \pm 26,24$  ms und eine Herzfrequenz von  $65,01 \pm 13,10$  S/min. In der Kontrollgruppe wurde durchschnittlich ein RMSSD-Wert von  $49,21 \pm 23,79$  ms, ein SDNN-Wert von  $57,55 \pm 22,97$  ms und eine Herzfrequenz von  $66,01 \pm 8,61$  S/min gemessen. In der Kontrollgruppe waren also sowohl der RMSSD-Wert als auch der SDNN-Wert bei der Baseline-Messung etwas höher.

Für einen besseren Überblick sind alle Baseline-Parameter nochmals in Tabelle 1 aufgelistet. Weder bei Alter, Gewicht, Größe, BMI, RMSSD, SDNN oder Herzfrequenz gab es statistisch signifikante Unterschiede zwischen den beiden Gruppen. Die Vorgehensweise zur

Untersuchung auf Gruppenunterschiede wird später in dieser Master-Thesis beschrieben (Kapitel 4.6. Datenverarbeitung und -auswertung).

**Tabelle 1: Baseline-Parameter der beiden Gruppen** (für alle Parameter sind arithmetisches Mittel und Standardabweichung angegeben) **mit statistischer Prüfung auf Gruppenunterschiede** (Signifikanzniveau Alpha = 0,05)

	<b>Behandlungsgruppe (G1)</b> (n=21)	<b>Kontrollgruppe (G2)</b> (n=21)	<b>Shapiro-Wilk-Test</b> (Normalverteilung)	<b>t-Test / u-Test</b> (2-seitige Signifikanz)
<b>Geschlecht</b>	Frauen: 10 Männer: 11	Frauen: 10 Männer: 11	-	-
<b>Alter</b> (in Jahren)	33,43 ± 9,01	33,76 ± 10,50	G1: p<0,001 G2: p<0,001	u-Test: <b>p=0,742</b>
<b>Gewicht</b> (in kg)	70,63 ± 13,60	75,81 ± 11,55	G1: p=0,166 G2: p=0,042	u-Test: <b>p=0,076</b>
<b>Größe</b> (in m)	1,75 ± 0,10	1,76 ± 0,08	G1: p=0,983 G2: p=0,310	t-Test: <b>p=0,612</b> (Varianzhomogenität gegeben)
<b>BMI</b> (in kg/m <sup>2</sup> )	22,94 ± 2,76	24,33 ± 3,04	G1: p=0,421 G2: p=0,258	t-Test: <b>p=0,130</b> (Varianzhomogenität gegeben)
<b>RMSSD</b> (in ms)	43,27 ± 29,57	49,21 ± 23,79	G1: p<0,001 G2: p=0,185	u-Test: <b>p=0,274</b>
<b>SDNN</b> (in ms)	52,10 ± 26,24	57,55 ± 22,97	G1: p=0,003 G2: p=0,147	u-Test: <b>p=0,285</b>
<b>Herzfrequenz</b> (in S/min)	65,01 ± 13,10	66,01 ± 8,61	G1: p=0,203 G2: p=0,325	t-Test: <b>p=0,751</b> (Varianzhomogenität gegeben)

#### 4.4 Materialien und Parameter

Die HRV-Messungen wurden mit einem HRV-Scanner der Firma „BioSign“ mit Ein-Kanal-EKG und einer Abtastrate von 500 Hz durchgeführt (siehe Abbildung 1). In der Literatur wird eine Abtastrate von mindestens 250 Hz, besser aber 1000 Hz empfohlen (Sammito & Böckelmann, 2015). Der in dieser Studie verwendete HRV-Scanner war mit 500 Hz also geeignet, ein Gerät mit höherer Abtastrate hätte aber vielleicht exaktere Messergebnisse liefern können.

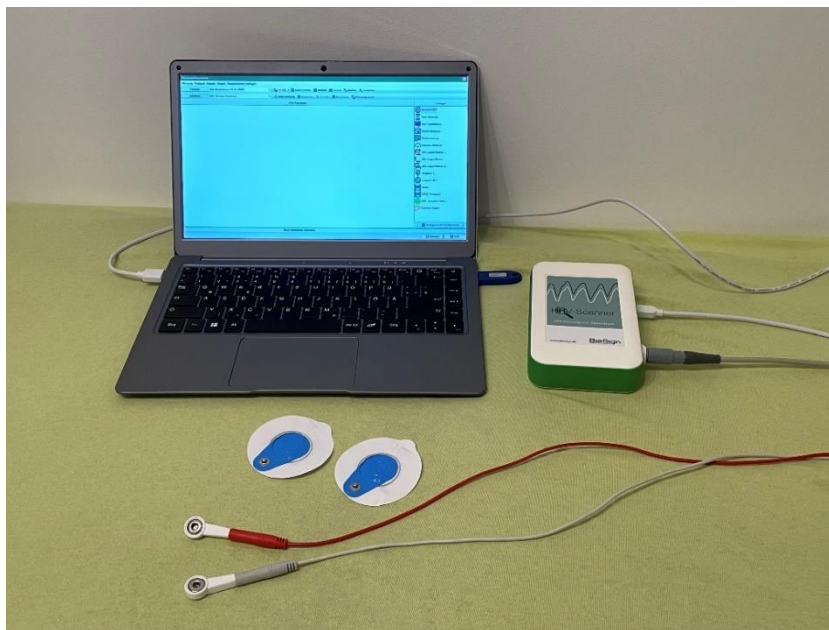
2016 führte „BioSign“ eine Validitätsstudie durch, in welcher ihr HRV-Scanner mit zwei anderen häufig verwendeten Programmen zur HRV-Analyse verglichen wurde (Kubios und HRVAS). Dazu wurden hundert fünfminütige Kurzzeit-HRV-Messungen mithilfe aller drei Programme analysiert und die HRV-Parameter VLF, LF, HF und LF/HF verglichen. Dabei

konnte eine sehr hohe Korrelation der drei Programme ( $r > 0,997$ ) gezeigt werden (BioSign GmbH, 2016).

Zur Messung der HRV-Parameter wurde in dieser Studie die fünfminütige Kurzzeit-HRV-Messung gewählt, die als Goldstandard der Kurzzeitmessungen gilt (Nussinovitch et al., 2011; Schroeder et al., 2004).

Weiters wurden für die EKG-Messung die Klebeelektroden „Ambu Blue Sensor VL-00-S“ verwendet (siehe Abbildung 1). Diese wurden rechts unter die Klavikula und links interkostal auf den Rippenbogen geklebt. Bei diesen Elektroden handelte es sich um Einwegprodukte, die nach jeder Probandin / jedem Probanden entsorgt wurden.

**Abbildung 1: HRV-Scanner der Firma „BioSign“ mit Ein-Kanal-EKG und Klebeelektroden „Ambu Blue Sensor VL-00-S“**



Für die Auswertung der Daten wurde die zum HRV-Scanner gehörige Software der Firma „BioSign“ verwendet. Für die korrekte Berechnung der HRV-Parameter ist eine Artefaktkorrektur von großer Bedeutung (Sammito & Böckelmann, 2015). Die verwendete Software zeigte gleich nach der Messung an, ob die Datenqualität ausreichend oder ungenügend war. Für diese Studie wurden insgesamt 84 HRV-Messungen durchgeführt (42 Personen erhielten jeweils eine Vorher- und eine Nachher-Messung). Bei 15 der 84 Messungen meldete die Software ungenügende Datenqualität, davon wurde bei 13 Messungen eine automatische Artefaktkorrektur durchgeführt. Bei den übrigen zwei Messungen brachte die automatische Artefaktkorrektur noch immer keine ausreichende

Datenqualität, deshalb wurde hier händisch nachbearbeitet. Bei einem Probanden funktionierte die Vorher-Messung aus unbekanntem Gründen anfangs nicht, erst nach einem Wechsel der Klebeelektroden und einem Neustart des HRV-Scanners war die Messung erfolgreich.

Zur Analyse der HRV wurden in dieser Studie die Parameter RMSSD und SDNN gewählt. Diese beiden Parameter werden empfohlen, um die Gesamtvariabilität der Herzschlagfolge und die parasympathische Aktivität beurteilen zu können (Sammito & Böckelmann, 2015). Außerdem wurde die Herzfrequenz erhoben, weil sie neben Alter und Geschlecht ebenfalls ein wichtiger Einflussfaktor für die HRV ist (Shaffer & Ginsberg, 2017).

#### **4.5 Studienablauf**

Die Studie wurde im November und Dezember 2021 durchgeführt. Der Ort der Studiendurchführung war eine Gemeinschaftspraxis mit mehreren Behandlungsräumen, sodass Hintergrundgeräusche (z.B. Gespräche im Warteraum, Türglocke) nicht komplett vermieden werden konnten. Die Behandlungen fanden immer im selben Raum auf derselben Behandlungsliege statt und die Deckenbeleuchtung war immer eingeschaltet, um für gleiche Bedingungen zu sorgen. Außerdem wurde immer eine kurze Stoßlüftung durchgeführt, bevor die Probandin / der Proband den Behandlungsraum betrat.

Beim Eintreffen in der Praxis mussten zuerst alle Probandinnen und Probanden eine Desinfektion der Hände durchführen. Im Warteraum wurde bei allen Studienteilnehmerinnen und -teilnehmern zunächst überprüft, ob sie eine FFP2-Maske trugen. Manche Probandinnen und Probanden trugen nur einen Mund-Nasen-Schutz, in diesen Fällen wurde eine frische FFP2-Maske zur Verfügung gestellt. Danach wurden sie gebeten, ihre Mobiltelefone auf lautlos zu stellen. Alle wurden darauf hingewiesen, bei Bedarf die Toilette aufzusuchen, damit sie danach bei der Behandlung entspannt liegen konnten. Weiters wurde nochmals überprüft, ob sie den Fragebogen komplett ausgefüllt hatten, ob die Einverständniserklärung unterschrieben war und ob die Voraussetzung für den „Grünen Pass“ (vollständige Impfung gegen COVID-19 oder Genesung) erfüllt wurde.

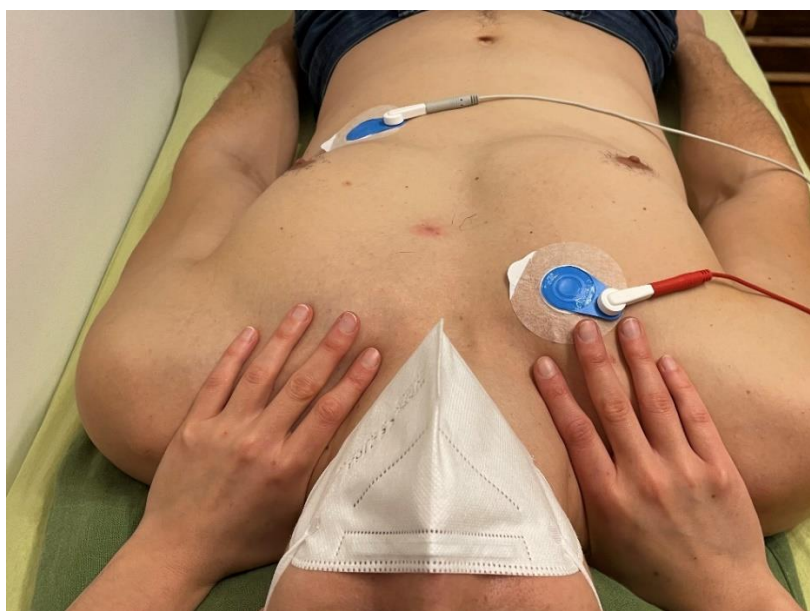
Danach wurden die Probandinnen und Probanden in den Behandlungsraum gebeten. Dort wurde nochmals der Studienablauf erläutert und offene Fragen wurden geklärt. Im Anschluss wurden die Studienteilnehmerinnen und -teilnehmer gebeten, die Schuhe auszuziehen und den Oberkörper freizumachen, ein BH musste nicht ausgezogen werden. Danach mussten sich die Probandinnen und Probanden in Rückenlage auf die Behandlungsliege legen, die immer mit einem frischen Badetuch oder Leintuch abgedeckt war. Bei Bedarf wurde die Höhe des Kopfteils verändert und eine Knierolle unter die Kniekehlen gelegt, damit eine entspannte Position erreicht werden konnte. Im Anschluss wurden die beiden Klebeelektroden angebracht

und die EKG-Kabel angeschlossen. Zum Schluss wurden noch die Beine der Probandinnen und Probanden mit einer Decke zugedeckt. In dieser Position mussten alle Personen fünf Minuten liegen bleiben und zur Ruhe kommen. Währenddessen wurde überprüft, ob der HRV-Scanner ein gutes Signal bekam, bei manchen Personen war es notwendig, nochmals kurzen Druck auf die Elektroden auszuüben, um dadurch das Gel besser zu verteilen, bis die Signalübertragung funktionierte.

Anschließend an die Ruhephase wurde die erste fünfminütige Kurzzeit-HRV-Analyse zur Erhebung einer Baseline durchgeführt. Während der Messung hatten die Studienteilnehmerinnen und -teilnehmer den Auftrag, ganz normal weiterzuatmen, sich nicht zu bewegen und nicht zu sprechen. Danach folgte die Behandlung bzw. Scheinbehandlung. Den Probandinnen und Probanden beider Gruppen wurde gesagt, dass nun für 15 Minuten eine osteopathische Behandlungstechnik folgen würde, sie dürften sich dabei entspannen und sollten Bescheid geben, falls Unwohlsein auftreten sollte.

Die Behandlungen der Versuchsgruppe wurden von der Studienleiterin selbst durchgeführt, die Physiotherapeutin und Osteopathin ist. Sie setzte sich an das Kopfende der Liege und nahm mit beiden Daumen Kontakt mit den Querfortsätzen des ersten Brustwirbels auf, die anderen Finger lagen beidseits auf der Klavikula und den oberen Rippen. Mittels Unwinding-Technik wurde das zervikothorakale Diaphragma für 15 Minuten entspannt. Die durchgeführte Technik ist aus dem Buch „Kraniosakrale Osteopathie“ entnommen (Liem, 2013, S. 503-504). Die Handposition der Therapeutin für die Technik ist unterhalb auf Abbildung 2 zu sehen.

**Abbildung 2: Handposition der Therapeutin für die Unwinding-Technik am zervikothorakalen Diaphragma**



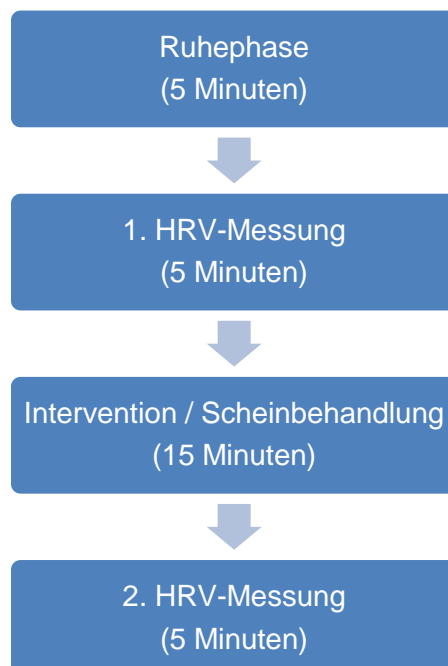
Die Scheinbehandlungen der Kontrollgruppe wurden von einer Psychologin und einer Ärztin durchgeführt. Beide waren zwar geübt im Kontakt mit Patientinnen und Patienten, jedoch hatten sie mit manueller Therapie keine Erfahrung. Für die Scheinbehandlung setzte sich eine der beiden Nicht-Osteopathinnen ans Fußende der Behandlungsliege und legte ihre Hände für 15 Minuten auf die Unterschenkel der Probandinnen und Probanden.

Nach der Behandlung bzw. Scheinbehandlung folgte die zweite fünfminütige Kurzzeit-HRV-Analyse. Danach durften sich die Probandinnen und Probanden wieder anziehen und sie wurden verabschiedet. Insgesamt waren 45 Minuten pro Person eingeplant.

Nachdem bei keiner Person während der Behandlung Unwohlsein auftrat, konnte die Studiendurchführung bei allen Probandinnen und Probanden wie geplant abgeschlossen werden. Erst nachdem alle rekrutierten Probandinnen und Probanden an der Studie teilgenommen hatten, wurde die Gruppenzugehörigkeit verraten und die HRV-Messergebnisse per E-Mail versendet. Dadurch sollte verhindert werden, dass Teilnehmerinnen und Teilnehmer, die einander kannten, sich gegenseitig beeinflussten.

Für einen besseren Überblick sind in Abbildung 3 die wichtigsten Punkte des Studienablaufs nochmals in Kürze zusammengefasst.

**Abbildung 3: Überblick über den Studienablauf**



#### **4.6 Datenverarbeitung und -auswertung**

Für die Verarbeitung und Auswertung der Daten wurde mit den Programmen „Microsoft Excel“ und „IBM SPSS Statistics“ gearbeitet. Für statistische Berechnungen wurde ein Signifikanzniveau von  $\alpha = 0,05$  festgelegt.

Für die Auswertung der Baseline wurden zunächst die Parameter Alter, Gewicht, Größe, BMI und die Messwerte der ersten Messung von RMSSD, SDNN und Herzfrequenz in eine Excel-Tabelle eingetragen. Mithilfe von Excel-Funktionen wurden arithmetisches Mittel und Standardabweichung für alle Parameter berechnet. Danach wurden mithilfe der SPSS-Software alle Werte in beiden Gruppen auf Normalverteilung geprüft. Dazu wurde der Shapiro-Wilk-Test angewendet. Waren die Werte in beiden Gruppen normalverteilt, wurde der t-Test für zwei unabhängige Stichproben zur Prüfung von signifikanten Gruppenunterschieden durchgeführt. Dies war bei den Parametern Größe, BMI und Herzfrequenz der Fall, hier war auch stets eine Varianzhomogenität gegeben. Bei den Parametern Alter, Gewicht, RMSSD und SDNN wurde hingegen der Mann-Whitney-U-Test durchgeführt. Bei keinem der Baseline-Werte gab es einen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen.

Für die Ergebnisberechnung wurden zunächst die Vorher- und Nachher-Messwerte von RMSSD, SDNN und Herzfrequenz aller Probandinnen und Probanden in eine Excel-Tabelle übertragen. Danach wurden die Differenzen zwischen der ersten und zweiten Messung für alle drei Parameter berechnet. Wieder wurden für alle Parameter arithmetisches Mittel und Standardabweichung ermittelt. Danach wurden die RMSSD-Differenzen und die SDNN-Differenzen in beiden Gruppen auf Normalverteilung geprüft. Nachdem in der Kontrollgruppe sowohl bei den RMSSD-Differenzen als auch bei den SDNN-Differenzen keine Normalverteilung vorlag, wurde der Mann-Whitney-U-Test verwendet, um zu ermitteln, ob sich die RMSSD-Differenzen und die SDNN-Differenzen zwischen beiden Gruppen signifikant voneinander unterscheiden.

## 5 Ergebnisse

In der Versuchsgruppe betrug der RMSSD-Wert bei der zweiten Messung im Durchschnitt  $48,44 \pm 26,30$  ms, der SDNN-Wert  $57,75 \pm 25,27$  ms und die Herzfrequenz  $61,88 \pm 9,92$  S/min. Der RMSSD stieg im Vergleich zur ersten Messung durchschnittlich um  $5,17 \pm 10,59$  ms und der SDNN um  $5,65 \pm 11,29$  ms an. Die Herzfrequenz sank im Durchschnitt um  $3,13 \pm 4,08$  S/min ab.

In der Kontrollgruppe lag der RMSSD-Wert bei der Nachher-Messung durchschnittlich bei  $51,28 \pm 22,90$  ms, der SDNN-Wert bei  $61,43 \pm 21,97$  ms und die Herzfrequenz bei  $63,05 \pm 7,28$  S/min. Verglichen mit der Vorher-Messung stieg der RMSSD im Durchschnitt um  $2,07 \pm 13,75$  ms und der SDNN um  $3,88 \pm 12,67$  ms an. Die Herzfrequenz sank durchschnittlich um  $3,05 \pm 3,26$  S/min ab.

Um einen besseren Überblick zu ermöglichen, sind die Ergebnisse nochmals in Tabelle 2 angeführt. Die Messwerte der einzelnen Probandinnen und Probanden der beiden Gruppen sind im Anhang aufgelistet.

**Tabelle 2: Messwerte der beiden Gruppen** (für alle Parameter sind arithmetisches Mittel und Standardabweichung angegeben)

	<b>Vorher</b>	<b>Nachher</b>	<b>Differenz</b>
<b>RMSSD</b>			
Behandlungsgruppe	$43,27 \pm 29,57$ ms	$48,44 \pm 26,30$ ms	<b><math>5,17 \pm 10,59</math> ms</b>
Kontrollgruppe	$49,21 \pm 23,79$ ms	$51,28 \pm 22,90$ ms	<b><math>2,07 \pm 13,75</math> ms</b>
<b>SDNN</b>			
Behandlungsgruppe	$52,10 \pm 26,24$ ms	$57,75 \pm 25,27$ ms	<b><math>5,65 \pm 11,29</math> ms</b>
Kontrollgruppe	$57,55 \pm 22,97$ ms	$61,43 \pm 21,97$ ms	<b><math>3,88 \pm 12,67</math> ms</b>
<b>Herzfrequenz</b>			
Behandlungsgruppe	$65,01 \pm 13,10$ S/min	$61,88 \pm 9,92$ S/min	<b><math>-3,13 \pm 4,08</math> S/min</b>
Kontrollgruppe	$66,01 \pm 8,61$ S/min	$63,05 \pm 7,28$ S/min	<b><math>-3,05 \pm 3,26</math> S/min</b>

Um die Forschungsfrage beantworten zu können, wurden zunächst die RMSSD- und SDNN-Differenzen mit dem Shapiro-Wilk-Test auf Normalverteilung geprüft. Als Signifikanzniveau wurde  $\alpha = 0,05$  festgelegt. In der Behandlungsgruppe sind sowohl die RMSSD-Differenzen ( $p = 0,172$ ) als auch die SDNN-Differenzen ( $p = 0,631$ ) normalverteilt. In der Kontrollgruppe ist das Gegenteil der Fall, weder die RMSSD-Differenzen ( $p = 0,029$ ) noch die SDNN-Differenzen ( $p = 0,011$ ) sind normalverteilt (siehe Tabelle 3).

**Tabelle 3: Überprüfung auf Normalverteilung mit dem Shapiro-Wilk-Test** (Signifikanzniveau Alpha = 0,05)

<b>Shapiro-Wilk-Test</b>		Signifikanz
Behandlungsgruppe (n=21)	RMSSD-Differenzen	p=0,172
	SDNN-Differenzen	p=0,631
Kontrollgruppe (n=21)	RMSSD-Differenzen	p=0,029
	SDNN-Differenzen	p=0,011

Um zu ermitteln, ob sich die RMSSD- und die SDNN-Differenzen zwischen beiden Gruppen signifikant voneinander unterscheiden, wurde der Mann-Whitney-U-Test durchgeführt. Als Signifikanzniveau wurde Alpha = 0,05 festgelegt. Weder bei den RMSSD-Differenzen ( $p = 0,580$ ) noch bei den SDNN-Differenzen ( $p = 0,930$ ) gibt es einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen (siehe Tabelle 4).

**Tabelle 4: Überprüfung auf statistisch signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen mit dem Mann-Whitney-U-Test** (Signifikanzniveau Alpha = 0,05)

<b>Mann-Whitney-U-Test</b>	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
RMSSD-Differenzen	p=0,580
SDNN-Differenzen	p=0,930

## **6 Diskussion**

### **6.1 Zusammenfassung der Ergebnisse und Hypothesenprüfung**

Der RMSSD-Wert stieg in der Behandlungsgruppe durchschnittlich um  $5,17 \pm 10,59$  ms, in der Kontrollgruppe nur um  $2,07 \pm 13,75$  ms. In der Interventionsgruppe gab es also eine etwas größere Veränderung, jedoch war der Unterschied nicht statistisch signifikant. Ebenso verhielt es sich auch beim SDNN-Wert. Dieser stieg in der Behandlungsgruppe im Durchschnitt um  $5,65 \pm 11,29$  ms, in der Kontrollgruppe nur um  $3,88 \pm 12,67$  ms. Es gab also auch hier in der Interventionsgruppe einen etwas größeren Anstieg, der Unterschied war jedoch erneut nicht statistisch signifikant.

Die Arbeitshypothese muss also verworfen und die Nullhypothese angenommen werden. Bei dieser Studie gab es keinen signifikanten Unterschied zwischen dem Effekt der Unwinding-Technik am zervikothorakalen Diaphragma und dem Effekt der Scheinbehandlung in Bezug auf die HRV-Parameter RMSSD und SDNN.

### **6.2 Diskussion der Stichprobe**

Bei der Planung der Studie war es ein zentrales Ziel, die Probandinnen und Probanden so zu wählen, dass sie gut vergleichbar sind. Es ist bekannt, dass die HRV von einer Vielzahl von Erkrankungen beeinflusst wird (Sammito et al., 2014). Deswegen wurden Personen mit diesen Erkrankungen ausgeschlossen (siehe 4.3.2. Ausschlusskriterien). Die Studienteilnehmerinnen und -teilnehmer mussten im vor der Studiendurchführung ausgesendeten Fragebogen bekannt geben, ob bei ihnen bestimmte Erkrankungen ärztlich diagnostiziert worden sind. Die Eignung für die Studienteilnahme wurde anhand dieses Fragebogens festgestellt, ein ärztliches Attest zur Bestätigung der Angaben wurde nicht verlangt. Es besteht also theoretisch die Möglichkeit, dass Probandinnen und Probanden an einer Erkrankung litten, die eigentlich zum Ausschluss geführt hätte. Eine Probandin in der Behandlungsgruppe gab an, regelmäßig an Migräne zu leiden, alle anderen Teilnehmerinnen und Teilnehmer gaben keine Erkrankungen an. Der Einfluss von episodischer Migräne auf die HRV wird noch widersprüchlich diskutiert, jedoch scheint sie zu einer Reduktion der HRV zu führen (Zhang et al., 2021).

Weiters wird die HRV nicht nur durch Erkrankungen, sondern auch durch Medikamente beeinflusst (Malik et al., 1996). Sowohl in der Behandlungsgruppe als auch in der Kontrollgruppe gab jeweils eine Probandin an, die Pille zu nehmen. Alle anderen Teilnehmerinnen und Teilnehmer gaben an, keine Medikamente einzunehmen. Der Einfluss

der Pille auf die HRV wurde in Studien bereits untersucht. Es scheint durch orale Kontrazeptiva keinen Einfluss auf die HRV zu geben (Holzen et al., 2016).

Außerdem war es bei der Studienplanung ein weiteres wichtiges Ziel, die Probandinnen und Probanden auf gut vergleichbare Gruppen aufzuteilen. Die HRV ist von Alter und Geschlecht abhängig (Koenig & Thayer, 2016; Voss et al., 2012). Deswegen wurden die Probandinnen und Probanden vor der Randomisierung mittels Losziehung nach Geschlecht und Alter (+/- fünf Jahre) sortiert. Somit waren in beiden Gruppen gleich viele Frauen und Männer. Auch das Durchschnittsalter war in beiden Gruppen sehr ähnlich, in der Behandlungsgruppe lag es bei  $33,43 \pm 9,01$  Jahren, in der Kontrollgruppe bei  $33,76 \pm 10,50$  Jahren.

Nichtsdestotrotz gab es bei dieser Studie Unterschiede bei den Baseline-Werten zwischen den Gruppen, diese waren allerdings nicht signifikant. Bei der Baseline-Messung hatten die Personen in der Behandlungsgruppe im Durchschnitt einen RMSSD-Wert von  $43,27 \pm 29,57$  ms, einen SDNN-Wert von  $52,10 \pm 26,24$  ms und eine Herzfrequenz von  $65,01 \pm 13,10$  S/min. In der Kontrollgruppe wurde durchschnittlich ein RMSSD-Wert von  $49,21 \pm 23,79$  ms, ein SDNN-Wert von  $57,55 \pm 22,97$  ms und eine Herzfrequenz von  $66,01 \pm 8,61$  S/min gemessen. Sowohl der durchschnittliche RMSSD-Wert als auch der SDNN-Wert waren also in der Kontrollgruppe bei der Baseline-Messung etwas höher. Im Allgemeinen ist eine höhere Herzfrequenz mit niedrigeren HRV-Werten assoziiert (Shaffer & Ginsberg, 2017). In dieser Studie war es jedoch umgekehrt, die Kontrollgruppe hatte im Durchschnitt eine etwas höhere Herzfrequenz und trotzdem etwas höhere HRV-Werte im Vergleich zur Behandlungsgruppe. Eine mögliche Erklärung für dieses unübliche Messergebnis könnte im Trainingsverhalten der Probandinnen und Probanden liegen. Generell geht regelmäßiges Ausdauertraining mit einem Absinken der Ruheherzfrequenz und einer Erhöhung der HRV einher. Hochintensive Trainings- und Wettkampferien können jedoch zu Übertraining und einem Absinken der HRV führen (Sammito et al., 2014). Es wäre also denkbar, dass die Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Behandlungsgruppe (sie hatten auch einen etwas niedrigeren BMI) mehr Sport betreiben und dadurch eine niedrigere Herzfrequenz aufweisen, jedoch zu wenig Regenerationsphasen einhalten, wodurch es bei ihnen zu Übertraining gekommen sein könnte. Um Messergebnisse besser einordnen zu können, erscheint es wichtig, vor einer HRV-Messung den körperlichen Fitnesszustand und die gewohnte Trainingsintensität und Regenerationsphasen zu erfragen. In dieser Studie wurde das Trainingsverhalten der Probandinnen und Probanden jedoch nicht berücksichtigt. Ebenso wurden auch Stress und psychische Belastung im Alltag nicht erfragt, wodurch es ebenfalls zu einer Beeinflussung gekommen sein könnte.

Der Body-Mass-Index war in der Interventionsgruppe mit durchschnittlich  $22,94 \pm 2,76$  kg/m<sup>2</sup> etwas niedriger als in der Kontrollgruppe mit  $24,33 \pm 3,04$  kg/m<sup>2</sup>. Nachdem bekannt ist, dass

Adipositas mit einem Absinken der HRV assoziiert ist, wurden Personen mit einem BMI über 30 kg/m<sup>2</sup> von der Studienteilnahme ausgeschlossen (Rodrigues & Quarto, 2018; Sammito et al., 2014). Koenig et al. (2014) untersuchten den Einfluss des BMI auf die HRV bei gesunden, nicht adipösen Personen. Dabei wurden die Probandinnen und Probanden in drei Gruppen (BMI < 20, BMI 20-25, BMI > 25) eingeteilt. Es konnte unter anderem gezeigt werden, dass ein höherer BMI mit einem niedrigeren RMSSD-Wert in Verbindung steht (Koenig et al., 2014). Anders als bei der Studie von Koenig et al. ist es bei der hier durchgeführten Studie jedoch andersherum. Die Kontrollgruppe mit dem durchschnittlich etwas höheren BMI hatte etwas höhere RMSSD-Werte als die Interventionsgruppe mit den etwas niedrigeren BMI-Werten.

Neben Alter, Geschlecht, BMI, Krankheiten und Medikamenten wird die HRV auch von Lifestyle-Faktoren beeinflusst. Beispielsweise kann die HRV durch chronischen Alkoholabusus und Rauchen sinken. Ebenso ist auch Nachtschichtarbeit mit niedrigeren HRV-Werten assoziiert (Sammito & Böckelmann, 2016a). Weiters führt regelmäßiges Ausdauertraining in angemessener Intensität zu einer Erhöhung der HRV (Hottenrott et al., 2006). Durch den Fragebogen vor der Studie wurde jedoch nicht erhoben, ob bzw. wie viel Alkohol die Probandinnen und Probanden trinken, ob sie rauchen, wie viel Sport sie betreiben und in welchem Rhythmus sie arbeiten. Es bleibt also unbekannt, woran der Unterschied zwischen den Gruppen gelegen haben könnte.

Nunan et al. (2010) haben Referenzwerte für mehrere HRV-Parameter von Kurzzeitmessungen angegeben. Gesunde Erwachsene haben im Durchschnitt einen RMSSD-Wert von  $42 \pm 15$  ms und einen SDNN-Wert von  $50 \pm 16$  ms (Nunan et al., 2010). Vergleicht man diese Referenzwerte mit den Messergebnissen der durchgeführten Studie, so kann man feststellen, dass sie sich annähernd mit den Durchschnittswerten der Behandlungsgruppe decken. In der Kontrollgruppe liegen aber sowohl der RMSSD-, als auch der SDNN-Wert darüber. Die Standardabweichungen um die Mittelwerte sind jedoch in dieser Studie in beiden Gruppen deutlich höher als bei den von Nunan et al. angegebenen Referenzwerten.

Bei einer Probandin der Behandlungsgruppe fiel bei der Baseline-Messung eine erhöhte Herzfrequenz von 97,94 S/min auf. Bei der zweiten Messung war sie auf 84,43 S/min gesunken. Nach Beendigung des Studienablaufs wurde die Probandin gefragt, ob sie eine Erklärung für den hohen Puls hätte. Sie gab an, im letzten Monat trotz vollständiger Impfung an COVID-19 erkrankt gewesen zu sein, sie würde wieder arbeiten und wieder Sport betreiben, aber noch leichter aus der Puste kommen als vor der Erkrankung. Trotz der erhöhten Herzfrequenz lagen der RMSSD- und der SDNN-Wert der Probandin im Mittelfeld.

### **6.3 Diskussion der Behandlung / Scheinbehandlung**

Zur Entspannung des zervikothorakalen Diaphragmas wurde in dieser Studie mit einer Unwinding-Technik gearbeitet. In Studien konnten bereits gute Erfolge mit dieser Technik erreicht werden. Tozzi et al. (2011) führten ein RCT durch, in welchem Patientinnen und Patienten mit Nacken- und Kreuzschmerzen osteopathisch behandelt wurden. In der Behandlung wurden direkte myofasziale Release-Techniken mit indirekten Unwinding-Techniken kombiniert. Vor und nach der Behandlung wurde die Gleitfähigkeit der Faszien im Schmerzgebiet mittels dynamischen Ultraschalls untersucht. Nach der osteopathischen Behandlung war nicht nur die Gleitfähigkeit der Faszien im Ultraschall verbessert, sondern es konnte auch eine Reduktion der Schmerzen erreicht werden (Tozzi et al., 2011). Origo et al. (2018) untersuchten in einer Fallserie ohne Kontrollgruppe den Effekt einer osteopathischen Behandlung bei Patientinnen und Patienten mit chronischen Steißbeinschmerzen. Zuerst wurden die Probandinnen und Probanden für drei Monate mit Schmerzmitteln und Physiotherapie behandelt, was bereits eine erste Linderung der Beschwerden brachte. Danach erfolgten noch drei osteopathische Behandlungen, die hauptsächlich aus faszialen Unwinding-Techniken, aber auch aus anderen direkten und indirekten Techniken bestanden. Nach den osteopathischen Behandlungen kam es zu einer noch deutlicheren Reduktion der Beschwerden (Origo et al., 2018). Im Vergleich zu den gerade beschriebenen Studien wurde in der hier vorliegenden Studie die Unwinding-Technik jedoch nicht mit anderen Techniken kombiniert, sondern isoliert eingesetzt.

Die Unwinding-Technik gilt als eine sanfte, indirekte Behandlungsmöglichkeit, welche die Selbstheilungskräfte des Körpers aktivieren will (Minasny, 2009). Viele der Probandinnen und Probanden gaben beim Aufklärungsgespräch an, noch gar keine Erfahrungen mit Osteopathie gemacht zu haben. Einige Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Behandlungsgruppe vermuteten nach Beendigung des Studienablaufs, dass sie die Placebo-Behandlung erhalten hätten, weil sie keine offensichtlichen Massagetechniken gespürt hätten. Es scheint, dass sanfte, indirekte Behandlungstechniken für Personen ohne Therapieerfahrung unbekannt bzw. ungewöhnlich sein können. Unter Umständen wäre es für die Probandinnen und Probanden angenehmer gewesen, wenn die indirekte Unwinding-Technik wie auch in den oben genannten Studien (Origo et al., 2018; Tozzi et al., 2011) mit direkten Techniken kombiniert worden wäre. Ebenso gab es aber auch in der Kontrollgruppe einige Personen, die sich bei der Scheinbehandlung gut entspannen konnten und vermuteten, eine echte osteopathische Behandlung erhalten zu haben.

Weiters muss es auch kritisch betrachtet werden, dass für die Behandlung eine standardisierte Dauer von 15 Minuten festgelegt war. Bei einigen Probandinnen und Probanden konnte schon nach wenigen Minuten eine Entspannung des zervikothorakalen Diaphragmas erreicht

werden, in wenigen Fällen hätte es jedoch noch länger gedauert, um ein zufriedenstellendes Behandlungsergebnis zu erreichen. Alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Behandlungsgruppe wurden durch die Studienleiterin selbst behandelt. Dadurch wurde sichergestellt, dass die Unwindig-Technik immer gleich durchgeführt wurde. Die Studienleiterin nahm immer nach 15 Minuten ihre Hände von der Probandin / vom Probanden. Wenn die Entspannung schon früher eingetreten war, blieb sie weiterhin im Kontakt mit dem Gewebe, bis die Behandlungszeit verstrichen war. Im RCT von Fornari et al. (2017), bei welchem der Einfluss von kraniosakralen Techniken auf die HRV bei gesunden Männern erforscht wurde, wurden ebenfalls alle Behandlungen vom selben Osteopathen durchgeführt. Dadurch sollte eine Homogenität des Behandlungsablaufs sichergestellt werden (Fornari et al., 2017).

In osteopathischen HRV-Studien lassen sich unterschiedliche Vorgehensweisen in der Kontrollgruppe erkennen. Arroyo-Morales et al. (2008) untersuchten in ihrem RCT den Einfluss von myofaszialen Release-Techniken am gesamten Körper auf die HRV nach einem hochintensiven Ausdauertraining. Die Scheinbehandlung in der Kontrollgruppe bestand aus Ultraschall- und Magnetfeldtherapie, wobei die Geräte nicht am Strom angeschlossen waren (Arroyo-Morales et al., 2008). Cerritelli et al. (2020) führten ein RCT mit Cross-over-Design durch, in welchem der Effekt einer osteopathischen Behandlung auf HRV, Hautleitfähigkeit und Thermographie erforscht wurde. Die Scheinbehandlung wurde vom selben Osteopathen durchgeführt, welcher auch die osteopathische Behandlung durchführte. Dazu legte er seine Hände auf die Probandin / den Probanden, ohne sich auf das zu konzentrieren, was er spürte (Cerritelli et al., 2020). Dalglish et al. (2021) untersuchten in ihrem RCT den Einfluss einer Okziput-Atlas-Dekompression und einer nicht-invasiven Nervus vagus-Stimulation auf die HRV. Die Probandinnen und Probanden der Kontrollgruppe mussten nur ruhig liegen und bekamen keine Scheinbehandlung (Dalglish et al., 2021). Zwei Kontrollgruppen gab es hingegen im RCT mit Cross-over-Design von Giles et al. (2013), in welchem der Einfluss einer subokzipitalen Behandlung mittels Weichteiltechniken und BLT-Technik auf die HRV bei gesunden Probandinnen und Probanden untersucht wurde. Dabei erhielt eine Kontrollgruppe eine Scheinbehandlung, die zweite Kontrollgruppe musste ohne Berührung in Rückenlage liegen. Es gab keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Kontrollgruppen (Giles et al., 2013). Bei der Planung dieser Studie entschied sich die Studienleiterin dafür, die Personen der Kontrollgruppe nicht nur für eine gewisse Zeit ruhig liegen zu lassen, sondern ihnen eine Scheinbehandlung zukommen zu lassen. Ihr erschien es als besser vergleichbar, wenn in beiden Gruppen manueller Kontakt zu den Probandinnen und Probanden bestand. Die Studienleiterin traute es sich jedoch nicht selbst zu, die Hände auf Körperbereiche nur zu legen, ohne zu spüren und zu behandeln. Deswegen wurden die Scheinbehandlungen von einer Psychologin und einer Ärztin durchgeführt. Beide waren im Kontakt mit Patientinnen und Patienten geübt, jedoch hatten sie keine Erfahrung mit manueller Therapie.

In der Kontrollgruppe kam es zu einer Erhöhung des RMSSD- und des SDNN-Wertes sowie zu einem Absinken der Herzfrequenz, obwohl keine echte osteopathische Technik durchgeführt wurde. Studien weisen darauf hin, dass durch Berührung verschiedene neurologische, physiologische und biochemische Prozesse ausgelöst werden können. Unter anderem ist Berührung mit einem Absinken von Herzfrequenz, Blutdruck und Cortisol sowie einem Anstieg von Oxytocin assoziiert (Field, 2010).

#### **6.4 Diskussion der HRV-Analyse**

Die Forschungsgruppe um Sammito legte in ihren HRV-Leitlinien einige Kriterien zur Qualitätssicherung der HRV-Analyse fest (Sammito et al., 2014). Diese Kriterien wurden in der vorliegenden Studie weitgehend eingehalten, jedoch muss auch auf Mängel hingewiesen werden.

Die HRV-Messung wurde, wie empfohlen, mittels EKG mit Elektroden an den Interkostalräumen und nicht mittels Brustgurtsystem durchgeführt. Vor der Datenauswertung wurde eine Artefakt-Kontrolle und, wenn nötig, eine Bereinigung der Artefakte durchgeführt. Die gewählte Messdauer war angemessen, um die gewählten Parameter erfassen zu können. Ebenso wurden das Alter und das Geschlecht als wichtige Einflussfaktoren auf die HRV bei der Aufteilung auf die Gruppen berücksichtigt. Ein Ruhe-EKG, mit dem Herzrhythmusstörungen festgestellt werden können, wurde bei den Probandinnen und Probanden vor der Studienteilnahme jedoch nicht durchgeführt. Ebenso wurde auch die zirkadiane Rhythmik der HRV bei der Studiendurchführung nicht berücksichtigt. Hofer (2015) untersuchte in ihrer Studie mit Prä-Post-Design ohne Kontrollgruppe den Effekt eines myofaszialen Release des Zwerchfells auf den RMSSD-Wert. Dabei wurde eine Gruppe am Vormittag und die zweite Gruppe am Nachmittag behandelt, jeweils vor und nach der Intervention wurde der RMSSD-Wert erhoben. Es zeigte sich, dass die RMSSD-Differenz in der Vormittags-Gruppe signifikant höher war als in der Nachmittags-Gruppe (Hofer, 2015). In der hier vorliegenden Studie wurde jedoch nicht darauf geachtet, dass die Probandinnen und Probanden der Behandlungs- und Kontrollgruppe gleichmäßig auf Vormittag und Nachmittag aufgeteilt waren. Für eine bessere Aussagekraft der Messergebnisse wäre die Berücksichtigung der tageszeitlichen Schwankungen der HRV sinnvoll gewesen. Arroyo-Morales et al. (2008) untersuchten in ihrem RCT den Einfluss von myofaszialen Release-Techniken am gesamten Körper nach einem hoch-intensiven Ausdauertraining auf die HRV und nahmen dabei auch Rücksicht auf die zirkadiane Rhythmik der HRV. Alle Behandlungen fanden zwischen 17 Uhr und 21 Uhr statt, um für ähnliche Verhältnisse zu sorgen (Arroyo-Morales et al., 2008).

Die Studienleiterin entschied sich in dieser Studie dafür, während der HRV-Messungen keinen Atemrhythmus vorzugeben. Zum Thema „paced breathing“ gibt es in HRV-Studien verschiedene Untersuchungsergebnisse und dadurch auch unterschiedliche Meinungen. Eine bessere Vergleichbarkeit der Messwerte bei vorgegebener Dauer von Ein- und Ausatmung wird dabei diskutiert. Nunan et al. (2010) konnten einen deutlichen Unterschied der HRV-Parameter während freier Atmung und während der Atmung mit vorgegebener Geschwindigkeit feststellen. Den größten Unterschied gab es bei der HF-Komponente (Nunan et al., 2010). Bloomfield et al. (2001) untersuchten die HF-Komponente bei gesunden Personen und bei Patientinnen und Patienten mit Herzerkrankungen bei freier Atmung und bei vorgegebenem Atemrhythmus. Sie kamen jedoch zu dem Ergebnis, dass eine Atemkontrolle nicht notwendig ist, um die HF-Komponente erfassen zu können (Bloomfield et al., 2001). Kobayashi (2009) untersuchte LF und HF während spontaner Atmung und Atmung mit vorgegebener Geschwindigkeit. Er kam ebenfalls zu dem Ergebnis, dass die Atemkontrolle nur sehr eingeschränkte Vorteile bringt. Er empfand es aber als sinnvoll, die Probandinnen und Probanden vor der Messung darauf hinzuweisen, möglichst gleichmäßig zu atmen (Kobayashi, 2009). Hill et al. (2009) untersuchen ebenfalls den Zusammenhang zwischen Atmung und HRV. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass der RMSSD-Wert relativ atemunabhängig ist (Hill et al., 2009). Sammito et al. (2014) schreiben in den HRV-Leitlinien, dass die HF-Komponente atemabhängig ist und der RMSSD-Wert unabhängig von der Atmung zu sein scheint. Bei den übrigen HRV-Parametern ist der Einfluss der Atmung nicht eindeutig geklärt (Sammito et al., 2014). In der hier vorliegenden Studie wurden die Probandinnen und Probanden gebeten, während der Messungen ganz normal zu atmen, ein fixer Atemrhythmus wurde jedoch nicht vorgegeben.

Abschließend muss auch noch darauf hingewiesen werden, dass alle Beteiligten während des gesamten Studienablaufs eine FFP2-Maske trugen. Es ist nicht bekannt, ob das Tragen einer Maske während der HRV-Messung die Ergebnisse beeinflusst. Bei der Rekrutierung der Probandinnen und Probanden wurde nicht darauf geachtet, ob sie an das Tragen einer FFP2-Maske gewöhnt waren oder ob sie sich mit Maske sehr eingeschränkt fühlten.

## **6.5 Bedeutung für die Osteopathie**

Erstmalig wurde die Unwinding-Technik für das zervikothorakale Diaphragma wissenschaftlich in Bezug auf die HRV untersucht. Die vorliegende Studie konnte in der Behandlungsgruppe einen Anstieg des RMSSD- und des SDNN-Wertes zeigen, jedoch gab es dabei keinen signifikanten Unterschied zu einer Scheinbehandlung.

Es scheint für die osteopathische Praxis wichtig zu sein, die Behandlungstechnik passend für die Patientin / den Patienten auszuwählen. Manche Probandinnen und Probanden der

Interventionsgruppe dachten, dass sie eine Scheinbehandlung erhalten hätten, weil sie keine deutlichen Massagegriffe gespürt hatten. Im Gegensatz dazu gab es auch Personen in der Kontrollgruppe, die nach der Scheinbehandlung eine deutliche Entspannung rückmeldeten. Es könnte je nach Vorlieben der Patientin / des Patienten wichtig für den Behandlungserfolg sein, dass eine passende Technik ausgewählt wird. Die Osteopathie bietet ein breites Spektrum von sehr kräftigen bis hin zu sehr sanften Techniken und es gilt jene Techniken auszuwählen, auf die die Patientin / der Patient gut anspricht. Dadurch, dass es auch in der Kontrollgruppe zu einer Steigerung von RMSSD und SDNN gekommen ist, kann gefolgert werden, dass die Wirkung von Berührung generell bei osteopathischen Behandlungen eine Rolle spielen könnte.

In der osteopathischen Praxis ist es nicht üblich, eine Behandlungstechnik an einer Patientin / einem Patienten durchzuführen, ohne vorher ein Anamnesegespräch und eine Befundung durchgeführt zu haben. Es ist denkbar, dass die osteopathische Behandlung eine größere Wirkung auf die HRV gehabt hätte, wenn die Behandlung an einem Körperbereich stattgefunden hätte, bei dem in der Befundung eine Einschränkung aufgefallen wäre. Ebenso erscheint es ungewöhnlich, eine einzelne Behandlungstechnik auszuwählen und nicht verschiedene Techniken miteinander zu kombinieren, bis das gewünschte Ergebnis erreicht wurde. Die Herangehensweise an Patientinnen und Patienten in der osteopathischen Praxis unterscheidet sich also von der Vorgehensweise in der vorliegenden Studie, jedoch war dadurch eine bessere Vergleichbarkeit zwischen der Behandlung der Probandinnen und Probanden gegeben.

## **6.6 Ausblick**

Anhand der vorliegenden Studie lassen sich verschiedene Verbesserungsvorschläge und Ideen für zukünftige Studien ableiten. Die Studie wurde zur Zeit der Corona-Pandemie durchgeführt und alle Beteiligten trugen während des gesamten Studienablaufs eine FFP2-Maske. Es wäre spannend zu erfahren, ob die Studienergebnisse ohne Maske und ohne Sorgen bezüglich Lockdowns und Ansteckungsgefahr ident gewesen wären.

Bei der Parallelisierung der Probandinnen und Probanden für die Versuchs- und Kontrollgruppe könnten neben Geschlecht und Alter nach Möglichkeit auch Lifestyle-Faktoren (Alkohol, Rauchen, Sport, Stress) berücksichtigt werden, um für möglichst ähnliche Baseline-Werte zu sorgen. Ebenso wäre die Berücksichtigung der zirkadianen Rhythmik der HRV bei der Studiendurchführung von Bedeutung. Beispielsweise könnte darauf geachtet werden, dass die Behandlungstermine in beiden Gruppen gleichmäßig auf Vormittag und Nachmittag verteilt werden.

Weiters wäre es für zukünftige Studien spannend, die Behandlungstechnik an die Probandin / den Probanden anzupassen. Beispielsweise könnte man für die Entspannung des zervikothorakalen Diaphragmas nach Bedarf direkte und indirekte Techniken kombinieren, bis ein gewünschter Behandlungseffekt eintritt.

In Hinblick auf die fünf horizontalen Diaphragmen könnte es bei zukünftiger Forschung sinnvoll sein, die Probandinnen und Probanden zuerst zu untersuchen und dann jenes Diaphragma mit der größten Einschränkung zu behandeln. Durch die gezieltere Behandlung wäre es denkbar, dass bei Probandinnen und Probanden größere Veränderungen der HRV auftreten.

## Literaturverzeichnis

- Arroyo-Morales, M., Olea, N., Martinez, M., Moreno-Lorenzo, C., Díaz-Rodríguez, L. & Hidalgo-Lozano, A. (2008). Effects of myofascial release after high-intensity exercise: a randomized clinical trial. *Journal of manipulative and physiological therapeutics*, 31(3), 217–223. <https://doi.org/10.1016/j.jmpt.2008.02.009>
- Baron, R. & Jänig, W. (1998). Schmerzsyndrome mit kausaler Beteiligung des Sympathikus. *Der Anaesthetist*, 47(1), 4–23. <https://doi.org/10.1007/s001010050517>
- Beck, M. (2011). Das autonome Nervensystem und seine neuroanatomischen und neurobiologischen Komponenten. *Osteopathische Medizin*, 12(3), 13–22. <https://doi.org/10.1016/j.ostmed.2011.07.007>
- Bilan, A., Witczak, A., Palusiński, R., Myśliński, W. & Hanzlik, J. (2005). Circadian rhythm of spectral indices of heart rate variability in healthy subjects. *Journal of electrocardiology*, 38(3), 239–243. <https://doi.org/10.1016/j.jelectrocard.2005.01.012>
- BioSign GmbH. (2016). *Change of the spectral analysis method to the Welch-Periodogram with Version 3.04*.
- Bloomfield, D. M., Magnano, A., Bigger, J. T., Rivadeneira, H., Parides, M. & Steinman, R. C. (2001). Comparison of spontaneous vs. metronome-guided breathing on assessment of vagal modulation using RR variability. *American journal of physiology. Heart and circulatory physiology*, 280(3), H1145-50. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.2001.280.3.H1145>
- Bonaz, B., Sinniger, V. & Pellissier, S. (2016). Anti-inflammatory properties of the vagus nerve: potential therapeutic implications of vagus nerve stimulation. *The Journal of physiology*, 594(20), 5781–5790. <https://doi.org/10.1113/JP271539>
- Bordoni, B. (2020a). The Five Diaphragms in Osteopathic Manipulative Medicine: Myofascial Relationships, Part 1. *Cureus*, 12(4), e7794. <https://doi.org/10.7759/cureus.7794>
- Bordoni, B. (2020b). The Five Diaphragms in Osteopathic Manipulative Medicine: Neurological Relationships, Part 2. *Cureus*, 12(6), e8713. <https://doi.org/10.7759/cureus.8713>
- Bordoni, B. & Zanier, E. (2015). The continuity of the body: hypothesis of treatment of the five diaphragms. *Journal of alternative and complementary medicine (New York, N.Y.)*, 21(4), 237–242. <https://doi.org/10.1089/acm.2013.0211>
- Budgell, B. & Polus, B. (2006). The effects of thoracic manipulation on heart rate variability: a controlled crossover trial. *Journal of manipulative and physiological therapeutics*, 29(8), 603–610. <https://doi.org/10.1016/j.jmpt.2006.08.011>
- Bundesministerium für Soziales, Gesundheit, Pflege und Konsumentenschutz. (2020). *Die Geschäftsfähigkeit Jugendlicher*.
- Bundesministerium für Soziales, Gesundheit, Pflege und Konsumentenschutz. (2021). *Der Grüne Pass*. Abgerufen am 10. November 2021 von <https://gruenerpass.gv.at/>

- Carnevali, L., Lombardi, L., Fornari, M. & Sgoifo, A. (2020). Exploring the Effects of Osteopathic Manipulative Treatment on Autonomic Function Through the Lens of Heart Rate Variability. *Frontiers in neuroscience*, 14, 579365. <https://doi.org/10.3389/fnins.2020.579365>
- Cerritelli, F., Cardone, D., Pirino, A., Merla, A. & Scoppa, F. (2020). Does Osteopathic Manipulative Treatment Induce Autonomic Changes in Healthy Participants? A Thermal Imaging Study. *Frontiers in neuroscience*, 14, 887. <https://doi.org/10.3389/fnins.2020.00887>
- Cohen, S., Janicki-Deverts, D., Doyle, W. J., Miller, G. E., Frank, E., Rabin, B. S. & Turner, R. B. (2012). Chronic stress, glucocorticoid receptor resistance, inflammation, and disease risk. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 109(16), 5995–5999. <https://doi.org/10.1073/pnas.1118355109>
- Corts, M. (2019). Das enterische Nervensystem. *Deutsche Heilpraktiker-Zeitschrift*, 14(04), 52–53. <https://doi.org/10.1055/a-0829-2704>
- Dalgleish, A. S., Kania, A. M., Stauss, H. M. & Jelen, A. Z. (2021). Occipitoatlantal decompression and noninvasive vagus nerve stimulation slow conduction velocity through the atrioventricular node in healthy participants. *Journal of osteopathic medicine*, 121(4), 349–359. <https://doi.org/10.1515/jom-2020-0213>
- Dhabhar, F. S. (2002). A hassle a day may keep the doctor away: stress and the augmentation of immune function. *Integrative and comparative biology*, 42(3), 556–564. <https://doi.org/10.1093/icb/42.3.556>
- Engel, G. L. (1971). Sudden and rapid death during psychological stress. Folklore or folk wisdom? *Annals of internal medicine*, 74(5), 771–782. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-74-5-771>
- Engel, G. L. (1977). The need for a new medical model: a challenge for biomedicine. *Science (New York, N. Y.)*, 196(4286), 129–136. <https://doi.org/10.1126/science.847460>
- Esch, T. (2002). Gesund im Stress: Der Wandel des Stresskonzeptes und seine Bedeutung für Prävention, Gesundheit und Lebensstil. *Das Gesundheitswesen*, 64(2), 73–81. <https://doi.org/10.1055/s-2002-20275>
- Field, T. (2010). Touch for socioemotional and physical well-being: A review. *Developmental Review*, 30(4), 367–383. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2011.01.001>
- Foong, D., Zhou, J., Zarrouk, A., Ho, V. & O'Connor, M. D. (2020). Understanding the Biology of Human Interstitial Cells of Cajal in Gastrointestinal Motility. *International journal of molecular sciences*, 21(12). <https://doi.org/10.3390/ijms21124540>
- Fornari, M., Carnevali, L. & Sgoifo, A. (2017). Single Osteopathic Manipulative Therapy Session Dampens Acute Autonomic and Neuroendocrine Responses to Mental Stress

- in Healthy Male Participants. *The Journal of the American Osteopathic Association*, 117(9), 559–567. <https://doi.org/10.7556/jaoa.2017.110>
- Frymann, V. (2017). Osteopathie, Krankheit und Gesundheit. *DO - Deutsche Zeitschrift für Osteopathie*, 15(01), 10–13. <https://doi.org/10.1055/s-0042-119361>
- Ganesh, A., Qadri, Y. J., Boortz-Marx, R. L., Al-Khatib, S. M., Harpole, D. H., Katz, J. N., Koontz, J. I., Mathew, J. P., Ray, N. D., Sun, A. Y., Tong, B. C., Ulloa, L., Piccini, J. P. & Fudim, M. (2020). Stellate Ganglion Blockade: an Intervention for the Management of Ventricular Arrhythmias. *Current hypertension reports*, 22(12), 100. <https://doi.org/10.1007/s11906-020-01111-8>
- Giles, P. D., Hensel, K. L., Pacchia, C. F. & Smith, M. L. (2013). Suboccipital decompression enhances heart rate variability indices of cardiac control in healthy subjects. *Journal of alternative and complementary medicine (New York, N.Y.)*, 19(2), 92–96. <https://doi.org/10.1089/acm.2011.0031>
- Greenman, P. E., Mein, E. A. & Andary, M. (1996). Craniosacral Manipulation. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*, 7(4), 877–896. [https://doi.org/10.1016/S1047-9651\(18\)30371-1](https://doi.org/10.1016/S1047-9651(18)30371-1)
- Hill, L. K., Siebenbrock, A., Sollers III, J.J. & Thayer, J. F. (2009). Are all measures created equal? Heart rate variability and respiration. *Biomedical sciences instrumentation*, 45, 71–76.
- Hofer, U. (2015). *Einfluss zirkadianer Rhythmik auf den Kurzeiteffekt eines myofaszialen Release des Zwerchfells hinsichtlich vagaler Modulation der Herzratenvariabilität*. [Master-Thesis, Donau-Universität Krems]. Osteopathic Research Web. <https://www.osteopathicresearch.com/s/orw/item/3173>
- Holzen, J. J. von, Capaldo, G., Wilhelm, M. & Stute, P. (2016). Impact of endo- and exogenous estrogens on heart rate variability in women: a review. *Climacteric : the journal of the International Menopause Society*, 19(3), 222–228. <https://doi.org/10.3109/13697137.2016.1145206>
- Hottenrott, K., Hoos, O. & Esperer, H. D. (2006). Herzfrequenzvariabilität und Sport: Aktueller Stand. *Herz*, 31(6), 544–552. <https://doi.org/10.1007/s00059-006-2855-1>
- Jones, M. R., Prabhakar, A., Viswanath, O., Urits, I., Green, J. B., Kendrick, J. B., Brunk, A. J., Eng, M. R., Orhurhu, V., Cornett, E. M. & Kaye, A. D. (2019). Thoracic Outlet Syndrome: A Comprehensive Review of Pathophysiology, Diagnosis, and Treatment. *Pain and therapy*, 8(1), 5–18. <https://doi.org/10.1007/s40122-019-0124-2>
- Kemeny, M. E. (2003). The Psychobiology of Stress. *Current Directions in Psychological Science*, 12(4), 124–129. <https://doi.org/10.1111/1467-8721.01246>

- Kim, H.-G., Cheon, E.-J., Bai, D.-S., Lee, Y. H. & Koo, B.-H. (2018). Stress and Heart Rate Variability: A Meta-Analysis and Review of the Literature. *Psychiatry investigation*, 15(3), 235–245. <https://doi.org/10.30773/pi.2017.08.17>
- Kleiger, R. E., Stein, P. K. & Bigger, J. T. (2005). Heart rate variability: measurement and clinical utility. *Annals of noninvasive electrocardiology : the official journal of the International Society for Holter and Noninvasive Electrocardiology, Inc*, 10(1), 88–101. <https://doi.org/10.1111/j.1542-474X.2005.10101.x>
- Klumpp, M. (2018). *Heart Rate Variability in Manual Medicine*. [Master-Thesis, Donau-Universität Krems]. Osteopathic Research Web. <https://www.osteopathicresearch.com/s/orw/item/3118>
- Kobayashi, H. (2009). Does paced breathing improve the reproducibility of heart rate variability measurements? *Journal of physiological anthropology*, 28(5), 225–230. <https://doi.org/10.2114/jpa2.28.225>
- Koenig, J., Jarczok, M. N., Warth, M., Ellis, R. J., Bach, C., Hillecke, T. K. & Thayer, J. F. (2014). Body mass index is related to autonomic nervous system activity as measured by heart rate variability - a replication using short term measurements. *The journal of nutrition, health & aging*, 18(3), 300–302. <https://doi.org/10.1007/s12603-014-0022-6>
- Koenig, J. & Thayer, J. F. (2016). Sex differences in healthy human heart rate variability: A meta-analysis. *Neuroscience and biobehavioral reviews*, 64, 288–310. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2016.03.007>
- Lewis, D. D. (2017). Advancing the Understanding and Treatment of the Thoracic Inlet and Incorporation of a New Still Technique—Part 1. *The AAO Journal*, 27(3), 19–24. <https://doi.org/10.53702/2375-5717-27.3.19>
- Liem, T. (2013). *Kraniosakrale Osteopathie: Ein praktisches Lehrbuch* (6., unveränderte Auflage). Karl F. Haug Verlag.
- Lipov, E. G., Joshi, J. R., Sanders, S. & Slavin, K. V. (2009). A unifying theory linking the prolonged efficacy of the stellate ganglion block for the treatment of chronic regional pain syndrome (CRPS), hot flashes, and posttraumatic stress disorder (PTSD). *Medical hypotheses*, 72(6), 657–661. <https://doi.org/10.1016/j.mehy.2009.01.009>
- Makivić, B., Djordjević Nikić, M. & Willis, M. S. (2013). Heart Rate Variability (HRV) as a tool for diagnostic and monitoring performance in sport and physical activities. *Journal of Exercise Physiology Online*, 16(3), 103–131.
- Malik, M., Bigger, J. T., Camm, A. J., Kleiger, R. E., Malliani, A., Moss, A. J., Schwartz, P. J. (1996). Heart rate variability: Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use, *European Heart Journal*, 17(3), 354–381. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.eurheartj.a014868>

- McCorry, L. K. (2007). Physiology of the autonomic nervous system. *American journal of pharmaceutical education*, 71(4), 78. <https://doi.org/10.5688/aj710478>
- Milnes, K. & Moran, R. W. (2007). Physiological effects of a CV4 cranial osteopathic technique on autonomic nervous system function: A preliminary investigation. *International Journal of Osteopathic Medicine*, 10(1), 8–17. <https://doi.org/10.1016/j.ijosm.2007.01.003>
- Minasny, B. (2009). Understanding the process of fascial unwinding. *International journal of therapeutic massage & bodywork*, 2(3), 10–17. <https://doi.org/10.3822/ijtmb.v2i3.43>
- Munoz, M. L., van Roon, A., Riese, H., Thio, C., Oostenbroek, E., Westrik, I., Geus, E. J. C. de, Gansevoort, R., Lefrandt, J., Nolte, I. M. & Snieder, H. (2015). Validity of (Ultra-)Short Recordings for Heart Rate Variability Measurements. *PloS one*, 10(9), e0138921. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0138921>
- Nunan, D., Sandercock, G. R. H. & Brodie, D. A. (2010). A quantitative systematic review of normal values for short-term heart rate variability in healthy adults. *Pacing and clinical electrophysiology : PACE*, 33(11), 1407–1417. <https://doi.org/10.1111/j.1540-8159.2010.02841.x>
- Nussinovitch, U., Elishkevitz, K. P., Katz, K., Nussinovitch, M., Segev, S., Volovitz, B. & Nussinovitch, N. (2011). Reliability of Ultra-Short ECG Indices for Heart Rate Variability. *Annals of noninvasive electrocardiology : the official journal of the International Society for Holter and Noninvasive Electrocardiology, Inc*, 16(2), 117–122. <https://doi.org/10.1111/j.1542-474X.2011.00417.x>
- Origo, D., Tarantino, A. G., Nonis, A. & Vismara, L. (2018). Osteopathic manipulative treatment in chronic coccydynia: A case series. *Journal of bodywork and movement therapies*, 22(2), 261–265. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2017.06.010>
- Pope, R. E. (2003). The Common Compensatory Pattern: Its Origin and Relationship to the Postural Model. *The AAO Journal*, 14(4), 19–40.
- Quintana, D. S. (2017). Statistical considerations for reporting and planning heart rate variability case-control studies. *Psychophysiology*, 54(3), 344–349. <https://doi.org/10.1111/psyp.12798>
- Rodrigues, T. S. & Quarto, L. J. G. (2018). Índice de Massa Corporal Pode Influenciar a Variabilidade da Frequência Cardíaca [Body Mass Index May Influence Heart Rate Variability]. *Arquivos brasileiros de cardiologia*, 111(4), 640–642. <https://doi.org/10.5935/abc.20180201>
- Ruffini, N., D'Alessandro, G., Mariani, N., Pollastrelli, A., Cardinali, L. & Cerritelli, F. (2015). Variations of high frequency parameter of heart rate variability following osteopathic manipulative treatment in healthy subjects compared to control group and sham

- therapy: randomized controlled trial. *Frontiers in neuroscience*, 9, 272.  
<https://doi.org/10.3389/fnins.2015.00272>
- Sammito, S. & Böckelmann, I. (2015). Analyse der Herzfrequenzvariabilität. Mathematische Basis und praktische Anwendung. *Herz*, 40 Suppl 1, 76–84.  
<https://doi.org/10.1007/s00059-014-4145-7>
- Sammito, S. & Böckelmann, I. (2016a). Factors influencing heart rate variability. *International Cardiovascular Forum Journal*, 6. <https://doi.org/10.17987/icfj.v6i0.242>
- Sammito, S. & Böckelmann, I. (2016b). Reference values for time- and frequency-domain heart rate variability measures. *Heart rhythm*, 13(6), 1309–1316.  
<https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2016.02.006>
- Sammito, S., Thielmann, B., Klussmann, A., Deußen, A., Braumann, K.-M. & Böckelmann, I. (2021). Nutzung der Herzschlagfrequenz und der Herzfrequenzvariabilität in der Arbeitsmedizin und der Arbeitswissenschaft. *AWMF online Das Portal der wissenschaftlichen Medizin*. <https://www.awmf.org/leitlinien/detail/II/002-042.html>
- Sammito, S., Thielmann, B., Seibt, R., Klussmann, A., Weippert, M. & Böckelmann, I. (2014). Leitlinie Nutzung der Herzschlagfrequenz und der Herzfrequenzvariabilität in der Arbeitsmedizin und der Arbeitswissenschaft. *AWMF online Das Portal der wissenschaftlichen Medizin*, 2, 42. <https://doi.org/10.13140/2.1.5052.7684>
- Scherer, R. & Giebler, R. (2003). Thorakale Epiduralanästhesie. *Anesthesiologie, Intensivmedizin, Notfallmedizin, Schmerztherapie : AINS*, 38(3), 168-88; quiz 189-90.  
<https://doi.org/10.1055/s-2003-37775>
- Schmidt, J. & Martin, A. (2017). Herzratenvariabilitäts-Biofeedback in der klinischen Praxis. *Psychotherapeut*, 62(6), 498–506. <https://doi.org/10.1007/s00278-017-0236-2>
- Schmiedel, V. (2013). Stress lass nach! – Was ist eigentlich Stress? *kleintier konkret*, 16(05), 34–36. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1345518>
- Schroeder, E. B., Whitsel, E. A., Evans, G. W., Prineas, R. J., Chambless, L. E. & Heiss, G. (2004). Repeatability of heart rate variability measures. *Journal of electrocardiology*, 37(3), 163–172. <https://doi.org/10.1016/j.jelectrocard.2004.04.004>
- Schubert, C. & Singer, M. (2015). Stress und seine psychoneuroimmuno-logischen Spuren. *Zeitschrift für Komplementärmedizin*, 07(01), 44–51. <http://doi.org/10.1055/s-0035-1545374>
- Selye, H. (1965). The Stress Syndrome. *The American Journal of Nursing*, 65(3), 97–99.  
<https://doi.org/10.2307/3453119>
- Shaffer, F. & Ginsberg, J. P. (2017). An Overview of Heart Rate Variability Metrics and Norms. *Frontiers in public health*, 5, 258. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2017.00258>
- Statistik Austria. (2014). *Arbeitsunfälle und arbeitsbezogene Gesundheitsprobleme: Modul der Arbeitskräfteerhebung 2013*. Verlag Österreich GmbH.

- Tozzi, P., Bongiorno, D. & Vitturini, C. (2011). Fascial release effects on patients with non-specific cervical or lumbar pain. *Journal of bodywork and movement therapies*, 15(4), 405–416. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2010.11.003>
- Voss, A., Heitmann, A., Schroeder, R., Peters, A. & Perz, S. (2012). Short-term heart rate variability--age dependence in healthy subjects. *Physiological measurement*, 33(8), 1289–1311. <https://doi.org/10.1088/0967-3334/33/8/1289>
- Win, N. N., Jorgensen, A. M. S., Chen, Y. S. & Haneline, M. T. (2015). Effects of Upper and Lower Cervical Spinal Manipulative Therapy on Blood Pressure and Heart Rate Variability in Volunteers and Patients With Neck Pain: A Randomized Controlled, Cross-Over, Preliminary Study. *Journal of chiropractic medicine*, 14(1), 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.jcm.2014.12.005>
- Wittling, W. & Wittling, R. (2015). Stress im Puls. *Deutsche Heilpraktiker-Zeitschrift*, 10(01), 18–24. <https://doi.org/10.1055/s-0035-1546441>
- Wolf, M. M., Varigos, G. A., Hunt, D. & Sloman, J. G. (1978). Sinus arrhythmia in acute myocardial infarction. *The Medical journal of Australia*, 2(2), 52–53. <https://doi.org/10.5694/j.1326-5377.1978.tb131339.x>
- Younes, M., Nowakowski, K., Didier-Laurent, B., Gombert, M. & Cottin, F. (2017). Effect of spinal manipulative treatment on cardiovascular autonomic control in patients with acute low back pain. *Chiropractic & manual therapies*, 25, 33. <https://doi.org/10.1186/s12998-017-0167-6>
- Yuan, H. & Silberstein, S. D. (2016a). Vagus Nerve and Vagus Nerve Stimulation, a Comprehensive Review: Part I. *Headache*, 56(1), 71–78. <https://doi.org/10.1111/head.12647>
- Yuan, H. & Silberstein, S. D. (2016b). Vagus Nerve and Vagus Nerve Stimulation, a Comprehensive Review: Part II. *Headache*, 56(2), 259–266. <https://doi.org/10.1111/head.12650>
- Zhang, L., Qiu, S., Zhao, C., Wang, P. & Yu, S. (2021). Heart Rate Variability Analysis in Episodic Migraine: A Cross-Sectional Study. *Frontiers in neurology*, 12, 647092. <https://doi.org/10.3389/fneur.2021.647092>
- Zink, J. (2010). Der osteopathisch ganzheitliche Ansatz zur Homöostase (Teil 1). *DO - Deutsche Zeitschrift für Osteopathie*, 8(02), 33–35. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1249125>

## Tabellenverzeichnis

### **Tabelle 1:**

Baseline-Parameter der beiden Gruppen mit statistischer Prüfung auf  
Gruppenunterschiede ..... S. 33

### **Tabelle 2:**

Messwerte der beiden Gruppen ..... S. 39

### **Tabelle 3:**

Überprüfung auf Normalverteilung mit dem Shapiro-Wilk-Test ..... S. 40

### **Tabelle 4:**

Überprüfung auf statistisch signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen  
mit dem Mann-Whitney-U-Test ..... S. 40

### **Tabelle 5:**

Beschreibung aller Probandinnen und Probanden der Behandlungsgruppe ..... S. 64

### **Tabelle 6:**

Messwerte aller Probandinnen und Probanden der Behandlungsgruppe ..... S. 65

### **Tabelle 7:**

Beschreibung aller Probandinnen und Probanden der Kontrollgruppe ..... S. 66

### **Tabelle 8:**

Messwerte aller Probandinnen und Probanden der Kontrollgruppe ..... S. 67

## Abbildungsverzeichnis

### Abbildung 1:

HRV-Scanner der Firma „BioSign“ mit Ein-Kanal-EKG und Klebeelektroden  
„Ambu Blue Sensor VL-00-S“ ..... S. 34

### Abbildung 2:

Handposition der Therapeutin für die Unwinding-Technik am zervikothorakalen  
Diaphragma..... S. 36

### Abbildung 3:

Überblick über den Studienablauf..... S. 37

## Abkürzungsverzeichnis

ACE-Hemmer	Angiotensin-Converting-Enzym-Hemmer
ACTH	Adrenocorticotropes Hormon
BLT	Balanced ligamentous tension
BMI	Body Mass Index
BWS	Brustwirbelsäule
bzw.	beziehungsweise
C8	8. Zervikalsegment
CCP	Common compensatory pattern
COPD	Chronic obstructive pulmonary disease (chronisch obstruktive Lungenerkrankung)
CRPS	Complex regional pain syndrome (komplexes regionales Schmerzsyndrom)
CV4	Compression of the fourth ventricle
DHEA	Dehydroepiandrosteron
EKG	Elektrokardiogramm
ENS	Enterisches Nervensystem
Hf	Herzfrequenz
HF	High frequency power
HPA-Achse	Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenachse
HRV	Herzratenvariabilität
HVLA	High-velocity, low-amplitude
HWS	Halswirbelsäule
Hz	Hertz
kg	Kilogramm
kg/m <sup>2</sup>	Kilogramm pro Quadratmeter (Einheit des BMI)
L2	2. Lumbalsegment
LF	Low frequency power
LWS	Lendenwirbelsäule
m	Meter
MET	Muskel-Energie-Technik
ms	Millisekunde
NN-Intervalle	Abstände zwischen den R-Zacken aus dem Elektrokardiogramm
NRDS	Neonatal respiratory distress syndrome (Atemnotsyndrom des Neugeborenen)
OMT	Osteopathic manipulative treatment
Q-10	Ubichinon-10 (auch Coenzym Q10 genannt)
RCT	Randomised controlled trial (randomisierte kontrollierte Studie)

RMSSD	Root mean square of successive differences (Quadratwurzel des Mittelwertes der Summe aller quadrierten Differenzen zwischen benachbarten NN-Intervallen)
S2	2. Sakralsegment
S4	4. Sakralsegment
S/min	Schläge pro Minute
SDNN	Standard deviation of NN intervals (Standardabweichung der NN-Intervalle im Messzeitbereich)
TOS	Thoracic-outlet-Syndrom
TSH	Thyrotropin (auch Thyreoidea-stimulierendes Hormon genannt)
UVLF	Ultra very low frequency power
VLF	Very low frequency power
z.B.	zum Beispiel
ZNS	Zentrales Nervensystem

# Anhang

## Anhang 1: Einverständniserklärung und Fragebogen

<b>EINVERSTÄNDNISERKLÄRUNG UND FRAGEBOGEN ZUR STUDIENTEILNAHME</b>
--

Katharina FRANZIN  
kathi\_franzin@hotmail.com  
0664/4688784

Gwendolyn ALFONS  
gwendolyn.alfons@gmx.at  
0664/3643704

Wien, November 2021

### **Sehr geehrte Teilnehmerin, sehr geehrter Teilnehmer!**

Im Zuge unserer Masterarbeit für den Universitätslehrgang Osteopathie an der Donau-Universität Krems führen wir eine Studie durch, welche den Einfluss einer kraniosakralen osteopathischen Behandlungstechnik auf das vegetative Nervensystem untersucht. Dazu wird mittels Elektrokardiogramm (EKG) die Herzratenvariabilität (HRV) gemessen.

Die HRV-Analyse misst die natürliche Variation der Herzschlagfolge und zeigt dadurch den momentanen Zustand des vegetativen Nervensystems. Über das vegetative Nervensystem werden alle lebenswichtigen Funktionen wie der Herzschlag, die Atmung, die Verdauung und der Stoffwechsel gesteuert.

#### **Ablauf:**

In der Studie gibt es drei Gruppen, welche durch eine Losziehung eingeteilt werden. G1 und G2 bekommen einmalig eine kraniosakrale osteopathische Behandlungstechnik und G3 erhält eine Scheinbehandlung. Die Messung und die Behandlung finden in Rückenlage statt. Es werden für die Messung zwei Klebeelektroden auf die Haut am Brustkorb geklebt. Alle TeilnehmerInnen bekommen vor und nach der Behandlung eine 5-Minuten Kurzzeit-HRV-Messung. Für die Behandlungstechnik werden ca. 15 Minuten benötigt. Insgesamt ist es also notwendig etwa eine halbe Stunde am Rücken zu liegen.

#### **Nutzen:**

Nach Studienabschluss haben Sie die Möglichkeit, Auskunft über Ihre persönliche HRV-Analyse und die Studienergebnisse zu erhalten.

#### **Risiken und Nebenwirkungen:**

Kraniosakrale Behandlungstechniken sind sehr sanft und werden ohne große Krafteinwirkung durchgeführt. Nebenwirkungen sind sehr selten, jedoch können in einzelnen Fällen kurzzeitig vegetative Reaktionen wie z.B. Kopfschmerzen, vermehrtes Schwitzen oder Schwindel auftreten. Weiters kann es bei TeilnehmerInnen mit empfindlicher Haut durch die Klebeelektroden zu einer vorübergehenden Hautreizung kommen.

#### **Datenschutz:**

Die Daten werden vertraulich behandelt und nur im Rahmen dieser Studie in anonymisierter Form abgespeichert.

#### **Hygienerichtlinien:**

Es sind die aktuell geltenden Corona-Schutzmaßnahmen einzuhalten. Alle TeilnehmerInnen müssen beim Betreten die Hände desinfizieren und während des gesamten Aufenthaltes eine FFP2-Maske tragen. Nach jeder Teilnehmerin/ jedem Teilnehmer wird gelüftet und die Behandlungsliege desinfiziert. Durch vorgegebene Zeitslots werden große Ansammlungen an Personen vermieden.

**Wir bitten Sie, nachfolgende Felder auszufüllen. Sie können jederzeit ohne Angabe von Gründen aus der Studie ausscheiden. Mit Ihrer Unterschrift erklären Sie Ihr Einverständnis für Ihre freiwillige Teilnahme an dieser Studie.**

**Name:** \_\_\_\_\_ **Tel.Nr.:** \_\_\_\_\_

**Email:** \_\_\_\_\_ **Geburtsdatum:** \_\_\_\_\_

**Größe:** \_\_\_\_\_ **Gewicht:** \_\_\_\_\_

**Vorerkrankungen:** \_\_\_\_\_

**Medikamente** (außer Nahrungsergänzungsmittel und Vitamine):  
 \_\_\_\_\_

1. Wurden Erkrankungen des Herzens wie Herzinsuffizienz, Herzinfarkt, Bluthochdruck diagnostiziert, oder haben Sie einen Herzschrittmacher?	JA <input type="checkbox"/>	NEIN <input type="checkbox"/>
2. Wurde bei Ihnen COPD (chronisch obstruktive Lungenerkrankung) diagnostiziert?	JA <input type="checkbox"/>	NEIN <input type="checkbox"/>
3. Wurde bei Ihnen eine chronische Niereninsuffizienz diagnostiziert?	JA <input type="checkbox"/>	NEIN <input type="checkbox"/>
4. Wurde bei Ihnen Diabetes mellitus oder ein metabolisches Syndrom diagnostiziert?	JA <input type="checkbox"/>	NEIN <input type="checkbox"/>
5. Wurde bei Ihnen eine Hyperlipidämie diagnostiziert (erhöhtes Cholesterin und/oder erhöhte Triglyzeride)?	JA <input type="checkbox"/>	NEIN <input type="checkbox"/>
6. Wurden bei Ihnen psychiatrische Erkrankungen wie Angststörungen, Panikattacken, posttraumatische Belastungsstörung, Anorexie, Borderlinestörung oder Depression diagnostiziert?	JA <input type="checkbox"/>	NEIN <input type="checkbox"/>
7. Hatten Sie in den letzten drei Monaten eine Sepsis oder ein multiples Organversagen?	JA <input type="checkbox"/>	NEIN <input type="checkbox"/>
8. Wurde bei Ihnen in den letzten drei Monaten ein Schlaganfall, eine Gehirnblutung oder eine schwere Verletzung von Kopf oder Wirbelsäule diagnostiziert?	JA <input type="checkbox"/>	NEIN <input type="checkbox"/>
9. Wurde bei Ihnen eine Epilepsie oder ein erhöhter intrakranieller Druck diagnostiziert?	JA <input type="checkbox"/>	NEIN <input type="checkbox"/>
10. Leiden Sie an nicht abgeklärten akuten neurologischen Symptomen wie Gesichtsfeldausfall, starker Schwindel, starke Kopfschmerzen oder Sensibilitätsstörungen?	JA <input type="checkbox"/>	NEIN <input type="checkbox"/>
11. Besteht eine Schwangerschaft?	JA <input type="checkbox"/>	NEIN <input type="checkbox"/>

Bitte kreuzen Sie nachfolgend an, wann Sie Zeit haben. Die Termine finden Freitag Nachmittag und Samstag und Sonntag ganztägig statt. Sie müssen in etwa 45 Minuten vor Ort einplanen.

**Ort der Studiendurchführung:**

**Gemeinschaftspraxis für Physiotherapie, Kielmannseggasse 14, 2100 Korneuburg**

- |              |  |      |  |
|--------------|--|------|--|
| Fr. 19.11.21 | <input type="checkbox"/> ganzer Nachmittag | ODER | <input type="checkbox"/> von_____ bis_____ |
| Sa 20.11.21  | <input type="checkbox"/> ganzer Tag        | ODER | <input type="checkbox"/> von_____ bis_____ |
| So 21.11.21  | <input type="checkbox"/> ganzer Tag        | ODER | <input type="checkbox"/> von_____ bis_____ |
| Fr 26.11.21  | <input type="checkbox"/> ganzer Nachmittag | ODER | <input type="checkbox"/> von_____ bis_____ |
| Sa 27.11.21  | <input type="checkbox"/> ganzer Tag        | ODER | <input type="checkbox"/> von_____ bis_____ |
| So 28.11.21  | <input type="checkbox"/> ganzer Tag        | ODER | <input type="checkbox"/> von_____ bis_____ |
| Fr 03.12.21  | <input type="checkbox"/> ganzer Nachmittag | ODER | <input type="checkbox"/> von_____ bis_____ |
| So 05.12.21  | <input type="checkbox"/> ganzer Tag        | ODER | <input type="checkbox"/> von_____ bis_____ |

- Ich werde 30 Minuten vor der Behandlung keine Nahrung, Zigaretten, Alkohol oder Koffein konsumieren und keinen Sport treiben.
- Ich erfülle die momentan gültigen Kriterien für den Grünen Pass (derzeit: vollständige Impfung gegen Corona oder Genesung).

Datum \_\_\_\_\_

Unterschrift \_\_\_\_\_

Sollten Sie Fragen haben, bitte zögern Sie nicht einen von uns per E-Mail oder Telefon zu kontaktieren!

Sie werden von uns so rasch wie möglich verständigt, ob Sie für die Teilnahme an der Studie geeignet sind.

***Vielen herzlichen Dank für ihre Unterstützung!***

***Katharina FRANZIN & Gwendolyn ALFONS***

## Anlage 2: Beschreibung der Behandlungsgruppe

Tabelle 5: Beschreibung aller Probandinnen und Probanden der Behandlungsgruppe

Probandennummer (nach Alter sortiert)	Geschlecht	Alter (in Jahren)	Gewicht (in kg)	Größe (in m)	BMI (in kg/m <sup>2</sup> )	Medikamente	Vorerkrankungen
1	weiblich	24	54	1,63	20,32443826	-	-
2	männlich	24	77,2	1,86	22,31471846	-	-
3	männlich	26	80	1,93	21,47708663	-	-
4	weiblich	28	52	1,62	19,81405274	-	-
5	weiblich	29	59	1,71	20,17714852	-	-
6	weiblich	30	64	1,53	27,339912	Pille	Migräne
7	männlich	30	80	1,84	23,6294896	-	-
8	männlich	30	75	1,82	22,64219297	-	-
9	männlich	30	66	1,77	21,06674327	-	-
10	weiblich	31	61	1,7	21,10726644	-	-
11	weiblich	31	54	1,72	18,25310979	-	-
12	männlich	31	76	1,78	23,98687034	-	-
13	männlich	31	82	1,85	23,95909423	-	-
14	weiblich	32	58	1,67	20,79672989	-	-
15	männlich	32	75	1,76	24,21229339	-	-
16	männlich	33	90	1,82	27,17063157	-	-
17	männlich	34	107	1,9	29,6398892	-	-
18	weiblich	36	56	1,6	21,875	-	-
19	weiblich	47	70	1,71	23,93898977	-	-
20	männlich	54	72	1,76	23,24380165	-	-
21	weiblich	59	75	1,74	24,77209671	-	-
<b>arithmetisches Mittel</b>		<b>33,4285714</b>	<b>70,62857143</b>	<b>1,748571429</b>	<b>22,94007407</b>		
<b>Standardabweichung</b>		<b>9,01427439</b>	<b>13,60430604</b>	<b>0,102873015</b>	<b>2,759076562</b>		

### Anlage 3: Messwerte der Behandlungsgruppe

Tabelle 6: Messwerte aller Probandinnen und Probanden der Behandlungsgruppe (RMSSD und SDNN in ms, Herzfrequenz (Hf) in S/min angegeben)

Probanden- nummer	RMSSD Vorher	RMSSD Nachher	SDNN Vorher	SDNN Nachher	Hf Vorher	Hf Nachher	RMSSD Differenz	SDNN Differenz	Hf Differenz
1	32,46	45,62	55,67	53,88	97,94	84,43	13,16	-1,79	-13,51
2	46,83	54,7	46,59	52,49	58,95	59,16	7,87	5,9	0,21
3	52,51	51,84	61,45	61,36	60,21	60,28	-0,67	-0,09	0,07
4	62,06	66	70,09	60,84	57,49	55,21	3,94	-9,25	-2,28
5	14,38	15,7	10,41	10,39	59,18	57,06	1,32	-0,02	-2,12
6	21,81	32,08	25,43	34,37	80,01	74,43	10,27	8,94	-5,58
7	32,57	31,34	48,9	45,72	66,82	66	-1,23	-3,18	-0,82
8	26,26	27,26	50,06	35,22	62,74	59,44	1	-14,84	-3,3
9	21,05	27,28	31,81	35,05	77,23	73,17	6,23	3,24	-4,06
10	24,55	52,81	25,12	52,68	86,36	74,46	28,26	27,56	-11,9
11	155,75	138,23	139,96	133,27	62,93	64,26	-17,52	-6,69	1,33
12	37,86	51,33	50,15	70,32	61,89	60	13,47	20,17	-1,89
13	43,02	56,85	61,17	75,07	54,72	50,81	13,83	13,9	-3,91
14	17,97	20,21	24,03	28,92	78,84	73,45	2,24	4,89	-5,39
15	50,42	53,47	51,77	60,52	44,01	43,82	3,05	8,75	-0,19
16	56,04	78,7	55,42	85,31	56,04	53,04	22,66	29,89	-3
17	39,56	40,49	59,02	60,73	67,15	61,27	0,93	1,71	-5,88
18	61,09	63,02	79,5	84,47	55,37	55,08	1,93	4,97	-0,29
19	21,8	25,14	37,17	53,53	72,33	68,05	3,34	16,36	-4,28
20	40,6	51,42	60,86	69,73	57,91	54,45	10,82	8,87	-3,46
21	50,08	33,82	49,54	48,84	46,99	51,58	-16,26	-0,7	4,59
<b>arithmet. Mittel</b>	<b>43,27</b>	<b>48,44333333</b>	<b>52,10095238</b>	<b>57,74809524</b>	<b>65,0052381</b>	<b>61,87857143</b>	<b>5,173333333</b>	<b>5,647142857</b>	<b>-3,126666667</b>
<b>Standard- abweichung</b>	<b>29,57387428</b>	<b>26,30111677</b>	<b>26,23629583</b>	<b>25,26988734</b>	<b>13,09993115</b>	<b>9,920249133</b>	<b>10,58511707</b>	<b>11,28566885</b>	<b>4,07732306</b>

#### Anlage 4: Beschreibung der Kontrollgruppe

Tabelle 7: Beschreibung aller Probandinnen und Probanden der Kontrollgruppe

Probandennummer (nach Alter sortiert)	Geschlecht	Alter (in Jahren)	Gewicht (in kg)	Größe (in m)	BMI (in kg/m <sup>2</sup> )	Medikamente	Vorerkrankungen
22	männlich	19	80	1,86	23,12406059	-	-
23	männlich	26	84	1,86	24,28026361	-	-
24	weiblich	27	58	1,67	20,79672989	-	-
25	männlich	28	95	1,8	29,32098765	-	-
26	weiblich	29	57	1,63	21,45357371	-	-
27	weiblich	29	85	1,8	26,2345679	-	-
28	männlich	29	80	1,8	24,69135802	-	-
29	weiblich	30	63	1,7	21,79930796	-	-
30	weiblich	30	85	1,71	29,0687733	Pille	-
31	männlich	30	85	1,82	25,66115203	-	-
32	männlich	30	79	1,75	25,79591837	-	-
33	weiblich	31	65	1,69	22,75830678	-	-
34	männlich	31	86	1,7	29,75778547	-	-
35	männlich	31	84	1,9	23,26869806	-	-
36	männlich	32	78	1,85	22,79035793	-	-
37	weiblich	33	85	1,71	29,0687733	-	-
38	männlich	36	68	1,73	22,72043837	-	-
39	weiblich	40	71	1,72	23,99945917	-	-
40	weiblich	46	66	1,79	20,59860803	-	-
41	männlich	58	84	1,85	24,54346238	-	-
42	weiblich	64	54	1,68	19,13265306	-	-
<b>arithmetisches Mittel</b>		<b>33,76190476</b>	<b>75,80952381</b>	<b>1,76285714</b>	<b>24,32691598</b>		
<b>Standardabweichung</b>		<b>10,49716515</b>	<b>11,55257135</b>	<b>0,07616711</b>	<b>3,043260445</b>		

## Anlage 5: Messwerte der Kontrollgruppe

Tabelle 8: Messwerte aller Probandinnen und Probanden der Kontrollgruppe (RMSSD und SDNN in ms, Herzfrequenz (Hf) in S/min angegeben)

Probanden- nummer	RMSSD Vorher	RMSSD Nachher	SDNN Vorher	SDNN Nachher	Hf Vorher	Hf Nachher	RMSSD Differenz	SDNN Differenz	Hf Differenz
22	50,79	53,84	70,22	74,46	67,46	65,13	3,05	4,24	-2,33
23	93,46	101,39	106,19	115,54	56,14	56,55	7,93	9,35	0,41
24	29,08	26,97	33,31	31,29	73,01	70,89	-2,11	-2,02	-2,12
25	81,10	100,17	62,22	95,97	61,23	61,42	19,07	33,75	0,19
26	30,76	31,64	38,57	39,54	66,68	67,72	0,88	0,97	1,04
27	57,70	65,36	66,55	73,98	69,92	66,70	7,66	7,43	-3,22
28	36,22	46,41	51,58	52,93	61,98	58,97	10,19	1,35	-3,01
29	48,37	59,77	66,53	72,06	64,37	58,66	11,40	5,53	-5,71
30	85,78	49,44	102,74	69,64	77,84	73,46	-36,34	-33,10	-4,38
31	40,34	45,02	47,54	53,60	64,16	59,91	4,68	6,06	-4,25
32	62,30	67,33	61,47	74,41	59,80	59,39	5,03	12,94	-0,41
33	40,78	47,32	50,93	61,12	68,98	63,39	6,54	10,19	-5,59
34	21,30	32,69	38,53	50,96	76,72	68,06	11,39	12,43	-8,66
35	90,61	65,35	94,20	84,40	56,56	51,84	-25,26	-9,80	-4,72
36	33,30	29,99	37,10	43,75	56,99	55,12	-3,31	6,65	-1,87
37	36,10	63,17	42,70	54,76	76,96	65,85	27,07	12,06	-11,11
38	67,36	56,66	63,98	61,97	45,23	46,25	-10,70	-2,01	1,02
39	37,72	32,39	60,36	46,07	74,53	74,85	-5,33	-14,29	0,32
40	58,68	66,38	65,14	73,31	60,59	60,68	7,70	8,17	0,09
41	15,73	19,17	24,62	31,81	75,54	72,00	3,44	7,19	-3,54
42	16,01	16,52	24,05	28,45	73,39	67,26	0,51	4,40	-6,13
<b>arithmet. Mittel</b>	<b>49,21380952</b>	<b>51,2847619</b>	<b>57,54904762</b>	<b>61,42952381</b>	<b>66,09904762</b>	<b>63,05238095</b>	<b>2,070952381</b>	<b>3,88047619</b>	<b>-3,046666667</b>
<b>Standard- abweichung</b>	<b>23,78584968</b>	<b>22,8972587</b>	<b>22,96955113</b>	<b>21,97158244</b>	<b>8,605100758</b>	<b>7,279767101</b>	<b>13,74750628</b>	<b>12,67033089</b>	<b>3,259152242</b>