

MASTERARBEIT | MASTER'S THESIS

Titel | Title

Stressresistenz in Abhängigkeit der aeroben Leistungsfähigkeit

verfasst von | submitted by

Jonas Gary Bakk.rer.nat.

angestrebter akademischer Grad | in partial fulfilment of the requirements for the degree of
Master of Science (MSc)

Wien | Vienna, 2025

Studienkennzahl lt. Studienblatt |
Degree programme code as it appears on
the student record sheet:

UA 066 826

Studienrichtung lt. Studienblatt | Degree
programme as it appears on the student
record sheet:

Masterstudium Sportwissenschaft

Betreut von | Supervisor:

Univ.-Prof. Mag. Dr. Robert Csapo

Zusammenfassung

Hintergrund: Chronischer Stress kann die Entstehung von, unter anderem, kardiovaskulären Erkrankungen (Kivimaki & Steptoe, 2018) oder Adipositas (Tomiyama, 2019) begünstigen. Die bisherige Studienlage legt nahe, dass physische Aktivität als ein Mittel genutzt werden kann, um die Resistenz gegen Stress positiv zu beeinflussen (Diaz-Silveira et al., 2020) und um somit der physischen und psychischen Gesundheit beizusteuern. Vor Beginn der Studie wurde angenommen, dass eine höhere aerobe Leistungsfähigkeit eine höhere Stressresistenz nach sich zieht.

Zielsetzung und Fragestellung: Das Ziel der Studie war es, zu überprüfen, ob aerob leistungsfähigere, männliche Personen, stressresistenter sind als jene, die eine niedrigere aerobe Leistungsfähigkeit aufweisen.

Design und Methode: In Form eines Cross-Over Designs wurden 30 gesunde, männliche Probanden (Alter $28,7 \pm 5,3$ Jahre, Größe $180,7 \pm 6,2$ Zentimeter, Gewicht $78,8 \pm 8,2$ Kilogramm) in randomisierter Reihenfolge jeweils im Zuge des TSST und des MAST hinsichtlich ihrer Stressresistenz getestet. Zur Quantifizierung der Stressresistenz wurden zu je sechs Zeitpunkten der Cortisolspiegel im Speichel sowie das subjektive Stressempfinden der Probanden erhoben. Die körperliche Leistungsfähigkeit wurde anhand der VO_{2Peak} bei einer Spiroergometrie auf dem Fahrradergometer evaluiert. Um zu untersuchen, wie stark die zur Untersuchung herangezogenen Parameter der Stressresistenz ($VAS/Cortisol_{Peak}$ und $VAS/Cortisol_{Trend}$) durch die VO_{2Peak} sowie das jeweilige Testverfahren (TSST und MAST) beeinflusst werden, wurde eine multiple lineare Regression angewandt. $VAS/Cortisol_{Peak}$ definieren den jeweils höchsten gemessenen Wert aller sechs Messzeitpunkte, wogegen $VAS/Cortisol_{Trend}$ durch die Subtraktion aus $VAS/Cortisol_{Peak}$ abzüglich dem jeweiligen Ausgangswert ($VAS/Cortisol_{Base}$) berechnet werden. Um herauszufinden, ob die gleiche Stichprobe unter verschiedenen Testbedingungen (TSST oder MAST) unterschiedlich stark gestresst werden konnte, wurde ein t-Test für gepaarte Stichproben durchgeführt.

Ergebnisse: Eine multiple lineare Regression zeigte, dass sowohl die Parameter VAS_{Peak} ($p = 0,160$) und VAS_{Trend} ($p = 0,170$) als auch $Cortisol_{Peak}$ ($p = 0,717$) und $Cortisol_{Trend}$ ($p = 0,908$) nicht statistisch signifikant, unabhängig vom jeweiligen Testverfahren (TSST oder MAST), durch eine höhere VO_{2Peak} erklärbar sind. Mithilfe eines t-Tests für gepaarte Stichproben konnte außerdem gezeigt werden, dass die Variablen VAS_{Peak} ($p = 0,002$) und

VAS_{Trend} ($p = 0,001$) beim TSST statistisch signifikant höher waren, als beim MAST, was nicht auf die Variablen Cortisol_{Peak} ($p = 0,260$) und Cortisol_{Trend} ($p = 0,107$) zutraf.

Diskussion: Die Annahme, dass aerob leistungsfähigere Personen stressresistenter sind wurde nicht bestätigt. Limitationen waren zum Beispiel durch eine zu geringe Stichprobenanzahl oder unvollständige Datensätze bei den Messungen des Cortisolspiegels gegeben.

Key Words: Stressresistenz, Körperliche Leistungsfähigkeit, TSST, MAST, Spiroergometrie

Abstract

Background: Chronic stress can contribute to the development of various conditions, including cardiovascular diseases (Kivimaki & Steptoe, 2018) and obesity (Tomiyaama, 2019). Existing research suggests that physical activity can be used as a means to positively influence stress resilience (Diaz-Silveira et al., 2020), thereby promoting both physical and mental health. Prior to the study, it was hypothesized that higher aerobic fitness would result in greater stress resilience.

Purpose and Research Question: The aim of the study was to examine whether aerobically fitter male individuals exhibit greater stress resilience compared to those with lower aerobic fitness levels.

Design and Method: In a crossover design, 30 healthy male participants (age 28.7 ± 5.3 years, height 180.7 ± 6.2 cm, weight 78.8 ± 8.2 kg) were tested for stress resilience in randomized order using the TSST and the MAST. To quantify stress resilience, salivary cortisol levels and subjective stress ratings were measured at six time points. Physical performance was assessed via VO_{2Peak} during a spiroergometry on a cycle ergometer. To determine the extent to which the stress resilience parameters ($VAS/Cortisol_{Peak}$ and $VAS/Cortisol_{Trend}$) were influenced by VO_{2Peak} and the respective test procedure (TSST or MAST), multiple linear regression analysis was conducted. $VAS/Cortisol_{Peak}$ represents the highest measured value among all six time points, while $VAS/Cortisol_{Trend}$ is calculated by subtracting the baseline value ($VAS/Cortisol_{Base}$) from the peak value. A paired-samples t-test was used to determine whether the same sample was stressed to different degrees under the two test conditions (TSST or MAST).

Results: Multiple linear regression analysis showed that neither the VAS_{Peak} ($p = 0.160$) and VAS_{Trend} ($p = 0.170$) parameters nor $Cortisol_{Peak}$ ($p = 0.717$) and $Cortisol_{Trend}$ ($p = 0.908$) could be statistically significantly explained by higher VO_{2Peak} , regardless of the test used (TSST or MAST). Additionally, paired t-tests revealed that VAS_{Peak} ($p = 0.002$) and VAS_{Trend} ($p = 0.001$) were significantly higher in the TSST than in the MAST, which was not the case for $Cortisol_{Peak}$ ($p = 0.260$) and $Cortisol_{Trend}$ ($p = 0.107$).

Discussion: The hypothesis that individuals with higher aerobic fitness are more resilient to stress was not confirmed. Limitations of the study include the small sample size and incomplete cortisol data.

Key Words: Stress resilience, Physical performance, TSST, MAST, Spiroergometry

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	I
Abstract	III
Abbildungsverzeichnis	VI
Tabellenverzeichnis	VII
Abkürzungsverzeichnis	VIII
1 Einleitung	1
1.1 Leistungsfähigkeit im sportlichen Kontext	1
1.2 Erfassen der Ausdauerleistungsfähigkeit	1
1.2.1 Die Spirometrie	2
1.3 Sportliche Leistungsfähigkeit und Stress	6
1.3.3 Physiologische und pathophysiologische Reaktionen auf akuten und chronischen Stress	8
1.3.4 Bedeutung der Stressresistenz (im Allgemeinen und insbesondere im Sport)	9
1.3.5 Möglichkeiten zur Erfassung der Stressresistenz	10
1.3.6 Ansätze zur Steigerung der Stressresistenz	12
1.4 (Sport-) Wissenschaftliche Relevanz der geplanten Studie	14
1.5 Forschungsfrage	15
2 Methodik	17
2.1 Studiendesign	17
2.2 Informationen zur Population	17
2.3 Rekrutierung teilnehmender Personen	18
2.4 Messparameter	19
2.5 Ablauf und Beschreibung der Testverfahren	20
2.5.1 Spiroergometrie	20
2.5.2 Trier Social Stress Test	22
2.5.3 Maastricht Acute Stress Test	24
2.6 Statistische Analyse	25
3 Ergebnisse	27
3.1 Deskriptive Statistik	27

3.2	Multiple lineare Regression	29
3.2.1	Voraussetzungen zur Durchführung der multiplen linearen Regression	29
3.3.2	Multiple lineare Regression – VAS _{Peak} mit VO2 _{Peak} und Test (TSST und MAST)	30
3.3.3	Multiple lineare Regression – VAS _{Trend} mit VO2 _{Peak} und Test (TSST und MAST)	31
3.3.4	Multiple lineare Regression – Cortisol _{Peak} mit VO2 _{Peak} und Test (TSST und MAST).....	31
3.3.5	Multiple lineare Regression – Cortisol _{Trend} mit VO2 _{Peak} und Test (TSST und MAST).....	31
3.4	T-Test bei gepaarten Stichproben	32
3.4.1	T-Test bei gepaarten Stichproben – VAS	32
3.4.2	T-Test bei gepaarten Stichproben – Cortisol.....	33
4	Diskussion	34
4.1	Zielsetzung	34
4.2	Wichtigste Ergebnisse	34
4.3	Ergebnisse im Kontext der Literatur.....	35
4.2	Ergebnisinterpretation	39
4.1	Limitationen	40
4.2.1	Methodische Limitationen	40
4.2.2	Ergebnisbezogene Limitationen.....	42
4.4	Zusammenfassung und Ausblick	42
	Literaturverzeichnis	44
	Anhang.....	55
	Anhang 1 – Einverständniserklärung	55
	Anhang 2 – DASS 21 Fragebogen.....	61
	Anhang 3 – Anamnesebogen	62
	Anhang 4 – STAIT Fragebogen.....	65
	Anhang 5 – Ausschreibungsblatt.....	66
	Anhang 6 – Checkliste Ablauf Stresstest	67

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Vergleich $VO_{2\text{Max}}$ zu $VO_{2\text{Peak}}$	3
Abbildung 2: Protokollformen der Spiroergometrie 1	5
Abbildung 3: Protokollformen der Spiroergometrie 2	6
Abbildung 4: Mögliche körperliche Reaktionen auf Stress	8
Abbildung 5: Ablauf TSST	24
Abbildung 6: Ablauf MAST	25
Abbildung 7: Boxplot Diagramm des subjektiven Stressempfindens zu den jeweils erhobenen Zeitpunkten, sowie VAS_{Peak} und VAS_{Trend} beim TSST und MAST	28
Abbildung 8: Boxplot Diagramm des Cortisolspiegels im Speichel zu den jeweils erhobenen Zeitpunkten, sowie $Cortisol_{\text{Peak}}$ und $Cortisol_{\text{Trend}}$ beim TSST und MAST	29

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Deskriptive Statistik zur Information der Population	27
Tabelle 2: Durchschnittliche Werte der VO_{2Peak}	27
Tabelle 3: Testung auf Normalverteilung, sowie Heteroskedastizität der Residuen (VAS_{Peak} und VAS_{Trend} bei TSST und MAST)	29
Tabelle 4: Testung auf Normalverteilung, sowie Heteroskedastizität der Residuen ($Cortisol_{Peak}$ und $Cortisol_{Trend}$ bei TSST und MAST)	30
Tabelle 5: Multiple lineare Regression VO_{2Peak} - VAS_{Peak} (TSST und MAST)	30
Tabelle 6: Multiple lineare Regression VO_{2Peak} – VAS_{Trend} (TSST und MAST)	31
Tabelle 7: Multiple lineare Regression VO_{2Peak} - $Cortisol_{Peak}$ (TSST und MAST)	31
Tabelle 8: Multiple lineare Regression VO_{2Peak} – $Cortisol_{Trend}$ (TSST und MAST)	32
Tabelle 9: T-Test bei gepaarten Stichproben – VAS	32
Tabelle 10: Bestimmung der Effektgrößen beim T-Test für gepaarte Stichproben – VAS .	32
Tabelle 11: T-Test bei gepaarten Stichproben – Cortisol	33
Tabelle 12: Bestimmung der Effektgrößen beim T-Test für gepaarte Stichproben - Cortisol	33

Abkürzungsverzeichnis

CPT	Cold Pressor Test
DASS	Depression Angst Stress Skalen
HPA-Achse	Achse Hypothalamus, Hypophyse und Nebennierenrinde
HR	Heart Rate
ID	Identifizier
IPAQ	International Physical Activity Questionnaire
MAST	Maastricht Acute Stress Test
RER	Respiratorischer Quotient
Rpm	Rounds Per Minute
SAM-Achse	Achse Sympathisches Nervensystem und Nebennierenmark
STAIT	State Triat Anxiety Inventory
TSST	Trier Social Stress Test
VAS	Visuelle Analogskala
V_{CO_2}	Kohlendioxidabgabe
V_E	Atemminutenvolumen beziehungsweise Ventilation
V_E/V_{CO_2}	Atemäquivalent für Kohlendioxid
V_E/V_{O_2}	Atemäquivalent für Sauerstoff
V_{O_2}	Sauerstoffaufnahme
$VO_{2_{Max}}$	Höchst mögliche Sauerstoffaufnahme mit Plateaubildung
$VO_{2_{Peak}}$	Höchst mögliche Sauerstoffaufnahme ohne Plateaubildung
VT	Ventilatorische Schwelle

1 Einleitung

1.1 Leistungsfähigkeit im sportlichen Kontext

Die menschliche Leistungsfähigkeit wird durch die Entwicklung spezifischer Fähigkeiten und Fertigkeiten und deren bedarfsabhängiger Bereitstellung zur Anpassung an unerwartete Umwelteinflüsse bestimmt (Kellmann et al., 2018). Entscheidend ist laut Kellmann et al. (2018) hierbei das mehrdimensionale Zusammenspiel zwischen physiologischen und psychologischen Parametern, die die Leistung maßgeblich beeinflussen. Dazu zählen vor allem im Sport physiologische Kapazitäten wie Kraft, Ausdauer oder Schnelligkeit, sowie psychologische Faktoren wie Konzentration oder Motivation (Kellmann et al., 2018), wobei hohe Kompetenzen in diesen Fähigkeiten erforderlich sind um einerseits Sport erfolgreich ausüben zu können (Scharfen & Memmert, 2019) und andererseits dem Erhalt körperlicher Gesundheit und Fitness beizusteuern (Stodden et al., 2009). Im Weiteren soll auf die Ausdauerleistungsfähigkeit und deren Erfassung näher eingegangen werden.

1.2 Erfassen der Ausdauerleistungsfähigkeit

Die sportliche Leistungsfähigkeit, sowie deren Komponenten können mithilfe einer Vielzahl von Testverfahren gemessen und quantifizierbar gemacht werden. Dazu zählt zum Beispiel die Erfassung der kardiopulmonalen Belastungsfähigkeit, um daraus wiederum Schlüsse auf die Ausdauerleistungsfähigkeit einer Person oder Sportler*innen zu ziehen.

Die Ausdauerleistungsfähigkeit steht in Abhängigkeit zum kardiopulmonalen System des menschlichen Körpers, welches wiederum aus den beiden Organen Herz und Lunge, sowie dem Gefäßsystem besteht (Wonisch et al., 2003). Das gegenseitige Zusammenspiel dieser Systeme, sowie die regelmäßige Blutzirkulation zwischen diesen, ist entscheidend für die Gesamtfunktion des menschlichen Körpers (Fakoya et al., 2018). Durch jene Blutzirkulation gelangt Sauerstoff zur beanspruchten Muskulatur, wodurch energiereiche Substrate verbrannt werden können und somit die Basis für körperliche Betätigung gewährleistet wird (Glancy & Balaban, 2021). Da bei sportlicher Betätigung mehr muskuläre Arbeit verrichtet werden muss, wird im Umkehrschluss auch vermehrt Sauerstoff benötigt, wodurch eine gesteigerte Atemarbeit erforderlich wird um diesen zu generieren. Anhand dieser können durch die Spirometrie leistungsdefinierende Faktoren bestimmt werden.

1.2.1 Die Spirometrie

Die Spirometrie ist laut Graham et al. (2019) das am weitesten verbreitete Testverfahren zur Gewinnung objektiver Lungenfunktionsparameter. Sie wird definiert als physiologischer Test, der das maximale Luftvolumen misst, das eine Person mit maximaler Anstrengung ein- und ausatmen kann, wobei primär, neben einer durchgeführten Gasanalyse, entweder das Volumen oder der Durchfluss gemessen wird (Graham et al., 2019; Miller et al., 2005). Sie kann auch als diagnostisches Verfahren beschrieben werden, „mit dem qualitativ und quantitativ die Reaktionen und das Zusammenspiel von Herz, Kreislauf, Atmung und Stoffwechsel während einer kontinuierlich ansteigenden Belastung analysiert werden können“ (Wonisch et al., 2003). Demnach kann eine Spirometrie, unter anderem, auf dem Fahrradergometer durchgeführt werden. Dabei werden über eine Atemmaske drei Messsignale aufgezeichnet: die Sauerstoff-, beziehungsweise Kohlendioxidfraktion der ausgeatmeten Luft, sowie das Volumen der ausgeatmeten Luft (Macfarlane, 2001). Aus diesen können, in Kombination mit der parallel evaluierten Herzfrequenz eine Vielzahl weiterer relevanter Fakten errechnet werden (Fletcher et al., 2001). Die relevantesten dieser sollen im Folgenden beschrieben werden.

Maximale Sauerstoffaufnahme

Das Volumen der maximalen Aufnahme an Sauerstoff pro Minute ($VO_{2\text{Max}}$) ist die Standardmessgröße der aeroben Leistungsfähigkeit und wird von Wonisch et al. (2003) als „höchstmögliche Sauerstoffaufnahme während der Maximalbelastung“ definiert, wodurch sie das obere Limit des kardiopulmonalen Systems markiert. Sie ist laut Poole and Jones (2017) dann erreicht, wenn sich zum Zeitpunkt der maximalen Belastung ein Plateau bildet. Kommt es zu keiner Bildung eines Plateaus kann auch der Begriff $VO_{2\text{Peak}}$ eingesetzt werden, deren Werte jedoch meist mit denen der $VO_{2\text{Max}}$ übereinstimmen (Day et al., 2003; Midgley & Carroll, 2009). Jener Vergleich ist in Abbildung 1 grafisch dargestellt.

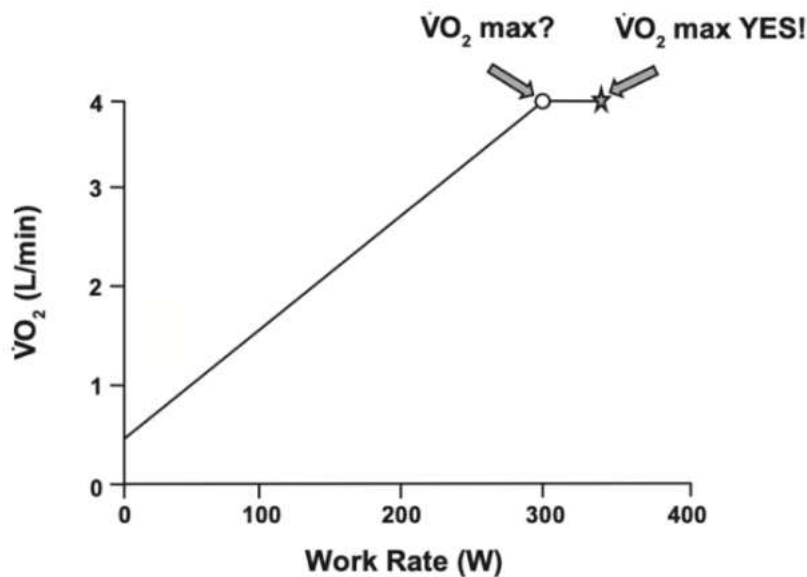


Abbildung 1: Vergleich $\dot{V}O_{2Max}$ zu $\dot{V}O_{2Peak}$

Quelle: Poole, D. C., & Jones, A. M. (2017). Measurement of the maximum oxygen uptake $\dot{V}O_{2max}$: $\dot{V}O_{2peak}$ is no longer acceptable. *J Appl Physiol* (1985), 122(4), 997-1002. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01063.2016>

Atemminutenvolumen

Wonisch et al. (2003) definieren das Atemminutenvolumen, beziehungsweise die Ventilation (V_E) als „das Volumen an Luft, welches in die, beziehungsweise aus der Lunge geatmet wird (...) und als das Produkt der Atemfrequenz und dem Atemzugvolumen berechnet wird“.

Sauerstoffaufnahme und Kohlendioxidabgabe

Darunter wird die Menge des spezifischen Gases verstanden, welches pro Zeiteinheit ein- (Volumen an Sauerstoff, V_{O_2}) oder abgeatmet (Volumen an Kohlendioxid, V_{CO_2}) wird (Wonisch et al., 2003).

Atemäquivalente für Sauerstoff und Kohlendioxid

Diese beiden Kennzahlen entstehen durch das Teilen von V_E durch entweder V_{O_2} beziehungsweise V_{CO_2} (Wonisch et al., 2003). Sie beschreiben somit die Menge an ventilierter Luft, um einen Liter Sauerstoff aufzunehmen (V_E/V_{O_2}), beziehungsweise den Atemaufwand, um das entstandene Kohlendioxid abzutransportieren (V_E/V_{CO_2}) (Wonisch et al., 2003).

Respiratorischer Quotient (RER)

Als respiratorischer Quotient (RER oder auch RQ) wird der Quotient aus Kohlendioxidabgabe (V_{CO_2}) und Sauerstoffaufnahme (V_{O_2}) bezeichnet (Wonisch et al., 2003).

Ventilatorische Schwellen

Die erste ventilatorische Schwelle (VT1) beschreibt die Kompensation einer ansteigenden Konzentration von H^+ Ionen im menschlichen Blut bei einem Belastungstest, in Form einer vermehrten Kohlendioxidabgabe (V_{CO_2}) (Poole et al., 2021). Poole et al. (2021) beschreiben den dabei ablaufenden körperlichen Prozess wie folgt: Die begrenzte Sauerstoffzufuhr zu der beanspruchten Muskulatur führt zu einer erhöhten Glykolyse, sowie Produktion von Laktat (La^-) und Wasserstoff-Ionen (H^+), was einen verringerten pH-Wert im Blut, beziehungsweise in der Muskulatur nach sich zieht (Azidose). Dies wiederum wird durch Bikarbonat (HCO_3^-) gepuffert und kompensiert, wobei vermehrt CO_2 anfällt, das durch eine gesteigerte Ventilation abgeatmet werden muss. In der Auswertung der Spiroergometrie ist dieser Punkt des ersten nichtlinearen Anstiegs der Ventilation (V_E) als ventilatorische Schwelle auswertbar (Wonisch et al., 2003). Sie liegt bei einer submaximalen Belastung und ist hinsichtlich Intensität mit der ersten Laktatschwelle (L_1) vergleichbar (Jamnick et al., 2020).

Die zweite ventilatorische (auch „respiratorischer Kompensationspunkt“) Schwelle (VT2) ist definiert als Anstieg der Atemäquivalente für Sauerstoff (V_E/V_{O_2}) und Kohlendioxid (V_E/V_{CO_2}), sowie einer Abnahme von endtidalem CO_2 und liegt nahe der zweiten Laktatschwelle (L_2) (Faria et al., 2005).

1.2.1.1 Erfassungsmöglichkeiten kardiopulmonaler Werte in der Spiroergometrie

Belastungsprotokolle zur Erfassung kardiopulmonaler Werte in der Spiroergometrie können grundsätzlich in Form von Rampen- oder Stufentests durchgeführt werden, wobei die Intensität (Watt) linear (Rampentest) oder stufenweise (Stufentest) gesteigert wird. Unabhängig davon, welche Protokollform gewählt wird, sollte die Ausbelastung der zu testenden Person idealerweise innerhalb eines Zeitraums von 8-12 Minuten liegen (Ashley et al., 2000; Fleg et al., 2000; Lollgen et al., 1994; Pothoff et al., 1994; Winter et al., 1994), wobei bei einer Belastungsdauer von bis zu 17 Minuten ebenfalls valide Ergebnisse für die VO_{2Max} messbar erscheinen (Buchfuhrer et al., 1983). Liegt der Zeitpunkt der Ausbelastung nach 17 Minuten, besteht, vor allem bei untrainierten Personen, die Gefahr des Abbruchs aufgrund von muskulärer Erschöpfung oder orthopädischen Problemen, bevor die VO_{2Max} erreicht wurde (Fleg et al., 2000; Myers et al., 1991). Gegenteilig kann es bei einer Ausbelastung bei unter 8 Minuten dazu kommen, dass die VO_2 und die Ergometerleistung

nicht homogen zueinander ansteigen, was wiederum zu einem Abbruch durch Atemnot ohne Erreichen der $VO_{2\text{Max}}$ führen kann (Buchfuhrer et al., 1983; Myers et al., 1991).

Unter Berücksichtigung der genannten Faktoren, kommen in der Praxis verschiedenste Protokollformen zum Einsatz, die beispielsweise in den Übersichtsarbeiten von Windhaber et al. (2021) und Faria et al. (2005) tabellarisch dargestellt werden und in den Abbildungen 2 und 3 ersichtlich sind.

Study	Initial work-load (W)	Work-load increase (W)	Stage duration (min)	Pedal cadence	Termination
Bentley et al. ^[16]	100	30	1	Self-select	Exhaustion
Bishop et al. ^[17]	50	25	3	Self-select	Exhaustion
Fernández-García et al. ^[18]	100	50	4	Self-select	Exhaustion
Harnish et al. ^[19]	200	50	2 min for first 6 min, 1 min thereafter	80 rpm	Exhaustion
		25			
Heil et al. ^[20]	80	30 (men), 25 (women)	1	80 rpm	Exhaustion
Laursen and Jenkins ^[21]	100	15	30 sec	Self-select	Exhaustion
Lepers et al. ^[22]	150	25	2	Self-select	Exhaustion
Lindsay et al. ^[23]	3.3 W/kg	25–50	2.5	80–90 rpm	Exhaustion
Lucía et al. ^[24]	0	25	1	70–90 rpm	<70 rpm
Lucía et al. ^[25]	20	25	1	70–90 rpm	Exhaustion
Marsh and Martin ^[26]	100	50	2	85–110 rpm	Exhaustion
MacRae et al. ^[27]	100	25	1	Self-select	Exhaustion
Moseley and Jeukendrup ^[7]	60	35	3	80 rpm	Exhaustion
Padilla et al. ^[28]	110	35 (with 1 min recovery intervals)	4	75 rpm	<75 rpm
Romer et al. ^[29]	95	35	3	>60 rpm	<60 rpm
Schabert et al. ^[30]	100	20	1	Self-select	< power output
Stepto et al. ^[31]	3.3 W/kg	25–50	2.5	Self-select	Exhaustion
Swensen et al. ^[32]	200	40	2	80 rpm	<80 rpm

rpm = revolutions per minute.

Abbildung 2: Protokollformen der Spiroergometrie 1

Quelle: Faria, E. W., Parker, D. L., & Faria, I. E. (2005). *The science of cycling: physiology and training - part 1*. *Sports Med*, 35(4), 285–312. <https://doi.org/10.2165/00007256-200535040-00002>

Group 1–N=30 P 1 (Godfrey-Protocol)	Initial step Watt	Increment Watt	Duration Minutes	Recovery Watt
Persons up to 150 cm	15	15	1	15
Persons greater than 150 cm	20	20	1	20
Group 2–N=30 P 2 (Austrian Ski Federation)	Initial step Watt	Increment Watt	Duration Minutes	Recovery Watt
Male	70	30	2	70
Female	50	25	2	50
Group 3–N=30 P 3 (Austrian Cycling Federation)	Initial step Watt	Increment Watt	Duration Minutes	Recovery Watt
Male	50	50	3	50
Female	30	30	3	30
Group 4–N=30 P 4 (Protocol of Rost/Hollmann)	Initial step Watt/kg	Increment Watt/kg	Duration Minutes	Recovery Watt/kg
Male	0.5	0.5	2	0.5
Female	0.5	0.5	2	0.5
All Athletes (Group 1–4)–N= 120 P 0 (Protocol of Windhaber/Schober)	Initial step Watt	Increment Watt	Duration Minutes	Recovery Watt
Male and female				
25–30 kg	15	10	1	15
31–35 kg	20	10	1	20
36–40 kg	25	10	1	25
41–45 kg	30	15	1	30
46–50 kg	35	15	1	35
Female				
51–55 kg	40	15	1	40
56–60 kg	45	15	1	45
> 60 kg	50	20	1	50
Male				
51–55 kg	40	20	1	40
56–60 kg	45	20	1	45
61–70 kg	50	25	1	50
> 70 kg	50	30	1	50

Abbildung 3: Protokollformen der Spiroergometrie 2

Quelle: Windhaber, J., Steinbauer, M., Holter, M., Wieland, A., Kogler, K., Riedl, R., Schober, P., Castellani, C., Singer, G., & Till, H. (2021). Bicycle spiroergometry: comparison of standardized examination protocols for adolescents: is it necessary to define own standard values for each protocol? *Eur J Appl Physiol*, 121(6), 1783-1794. <https://doi.org/10.1007/s00421-021-04601-y>

1.3 Sportliche Leistungsfähigkeit und Stress

1.3.1 Definition von Stress

Stress ist eine natürliche Reaktion des Körpers auf eine herausfordernde oder bedrohliche Situation, wobei es dabei zu einer Störung der körperlichen Homöostase des Menschen kommt (Lu et al., 2021).

1.3.2 Arten von Stress

Stress lässt sich kategorisch unterteilen, wobei hierbei hinsichtlich der Ursache, der Dauer sowie der Wirkung beziehungsweise der Anpassungsmöglichkeiten unterschieden wird.

Unterscheidung nach der Ursache

Hier kommt es laut Lu et al. (2021) und Godoy et al. (2018) zu einer Unterteilung in physiologischen (unter anderem kardialer und metabolischer Stress, aber auch Kälte- und Hitzestress) und psychologischen Stress (unter anderem kognitiver, emotionaler und psychosozialer Stress).

Unterscheidung nach der Dauer

Je nach Dauer der, wie oben beschrieben, herausfordernden oder bedrohlichen Situation, kann zwischen akutem und chronischem Stress unterschieden werden. Akuter Stress wird im Allgemeinen als Stress definiert, der vorübergehend ist und normalerweise für Minuten, Stunden oder maximal eine Woche andauert (Passeron et al., 2021; Reineke & Neilson, 2019). Dem gegenüberstehend steht chronischer Stress, der die systematische Reaktion beschreibt, die auftritt, wenn der Körper über einen längeren Zeitraum einem bestimmten Stresszustand ausgesetzt ist, beziehungsweise durch verschiedene interne und externe negative Faktoren stimuliert wird (Reineke & Neilson, 2019; Yao et al., 2019).

Unterscheidung nach Wirkung und Anpassungsmöglichkeiten

Dem menschlichen Körper sind verschiedene Möglichkeiten gegeben, auf Stress zu reagieren und sich dementsprechend zu adaptieren. Dies steht laut Lu et al. (2021) in Abhängigkeit des jeweiligen Stressors, also einem Faktor, der die Homöostase beeinflussen kann. Lu et al. (2021) beschreiben demnach drei verschiedene Reaktionsmöglichkeiten: Erstens kann es durch fehlende oder unzureichende Stressoren zu einer Art Unterforderung der Homöostase kommen, wodurch deren Pufferkapazitäten mit der Zeit verringert werden. Gegenteilig kann es ebenso, durch ein zu hohes Maß an Stressoren, zu einer Überforderung der Homöostase kommen, was zu schweren Stressreaktionen führt. Beides wirkt sich negativ auf die körperliche Leistungsfähigkeit aus und kann die Gesundheit negativ beeinträchtigen. Im Idealfall kommt es durch moderate Stressfaktoren zu einer regelmäßigen, leichten Beanspruchung, was rezidivierende, milde Stressreaktionen auslösen kann und die Pufferkapazität der Homöostase verbessert, sowie die körperliche Gesundheit positiv beeinträchtigt. Dieser Prozess ist in Abbildung 4 überblicksmäßig dargestellt.

Bestätigt und ergänzt werden diese Beschreibungen durch McEwen (2017), wonach „guter Stress“ (sich einer Herausforderung stellen und ein Risiko eingehen und sich durch ein oft positives Erlebnis belohnt fühlen), „tolerabler Stress“ (es treten negative Ereignisse auf, die jedoch von einer gesunden Person bewältigt werden können) und „toxischer Stress“ (es treten Ereignisse auf, die nicht mehr bewältigt werden können).

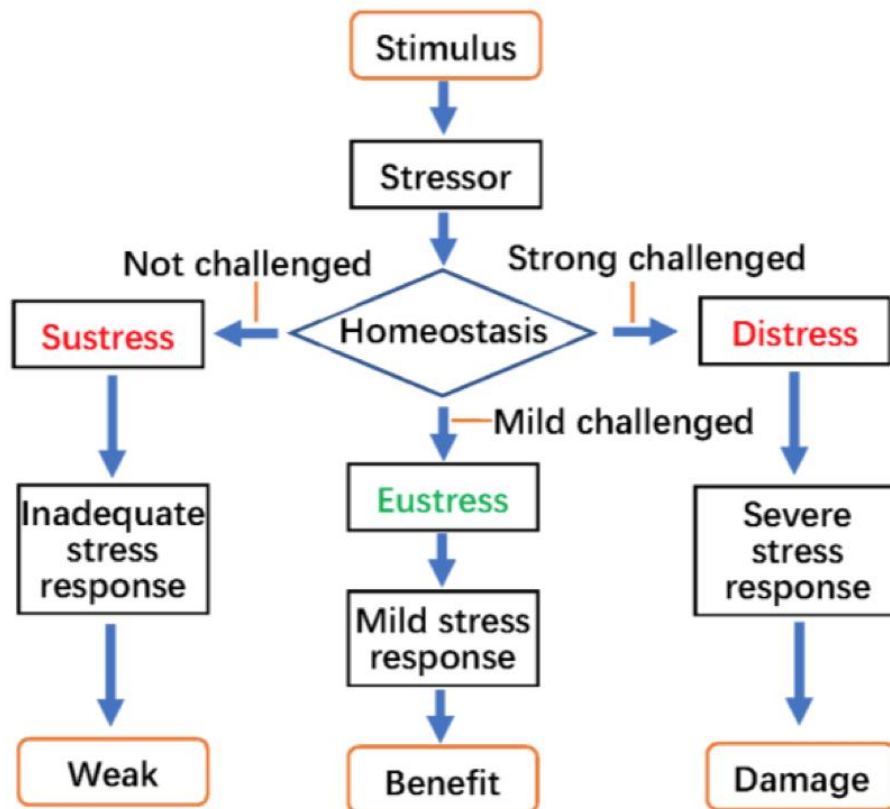


Abbildung 4: Mögliche körperliche Reaktionen auf Stress

Quelle: Lu, S., Wei, F., & Li, G. (2021). The evolution of the concept of stress and the framework of the stress system. *Cell Stress*, 5(6), 76-85. <https://doi.org/10.15698/cst2021.06.250>

1.3.3 Physiologische und pathophysiologische Reaktionen auf akuten und chronischen Stress

Die meisten Untersuchungen zu am Stress beteiligten physiologischen Systemen im menschlichen Körper, beziehen sich auf die sogenannte SAM- (Sympathisches Nervensystem und Nebennierenmark) sowie die HPA-Achse (Hypothalamus, Hypophyse und Nebennierenrinde) (Wetherell et al., 2006). Dabei kommt es laut Smeets et al. (2012) im Wesentlichen zu zwei Mechanismen: Zunächst wird durch Aktivierung der SAM-Achse einerseits der parasympathische Teil des Nervensystems unterdrückt und andererseits der sympathische Teil aktiviert, was wiederum die Sekretion von Katecholaminen (vor allem Adrenalin und Noradrenalin) fördert. Der zweite Mechanismus bezieht sich auf die Aktivierung der HPA-Achse, wodurch es durch eine Kettenreaktion zu einer Freisetzung von Glucocorticoiden (im Menschen vor allem Cortisol) kommt. Dies führt in letzter Instanz, unter anderem, zu einem Anstieg der Herz- und Atemfrequenz, sowie des Blutdrucks.

Die eben genannten physiologischen Reaktionen nehmen größtenteils Bezug auf akuten Stress und erzeugen demnach in den meisten Fällen positive Wirkungen. Kommt es zu

länger anhaltendem chronischen Stress, können allerdings auch pathophysiologische Reaktionen im menschlichen Körper auftreten, die in der Übersichtsarbeit von Hassamal (2023) aufgearbeitet werden. Demnach kommt es unter anderem zu Dysregulationen der HPA-Achse in Form einer Überstimulation durch eine übermäßige und dauerhafte Freisetzung von Cortisol. Dies wiederum führt zu einer Resistenz der Rezeptoren für Glucocorticoide, wodurch vermehrt proinflammatorische Zytokine zum Ausgleich freigesetzt werden, die wiederum Entzündungsprozesse im Körper verstärken (Hassamal, 2023).

Folglich kann chronischer Stress die Entstehung einer Vielzahl von Erkrankungen zumindest begünstigen. So scheint zum Beispiel die Gefahr erhöht zu sein, kardiovaskuläre Erkrankungen zu entwickeln (Kivimaki & Steptoe, 2018; Steptoe & Kivimaki, 2013; Vaccarino & Bremner, 2024). Ebenso können langanhaltende Stressbelastungen dazu führen, dass durch einen unproportionalen Anstieg von Interleukinen eine Kettenreaktion ausgelöst wird, die das Zusammenspiel zwischen Immunsystem, endokrinem System und zentralem Nervensystem stört (Zefferino et al., 2021). Des Weiteren wird die Entstehung von Stoffwechselerkrankungen wie Adipositas (Tomiya, 2019) oder Typ 2 Diabetes (Lisco et al., 2024) begünstigt. Zu guter Letzt kann chronischer Stress die mentale Gesundheit negativ beeinflussen (Park et al., 2019) und die Entwicklung gastrointestinaler Erkrankungen fördern (Labanski et al., 2020).

1.3.4 Bedeutung der Stressresistenz (im Allgemeinen und insbesondere im Sport)

In Bezug auf die oben genannten pathophysiologischen Reaktionen die chronischer Stress zur Folge haben kann erscheint es essentiell, eine gewisse Resistenz gegenüber negativem Stress auf- und ständig auszubauen. Dies scheint sowohl im Allgemeinen, hinsichtlich der Prävention von Erkrankungen, als auch im Setting Sport eine wichtige Rolle zu spielen.

Hardy (1992) zeigt, dass psychosoziale Stressoren im Sport, wie zum Beispiel die Angst vor dem Versagen oder zu hohe Erwartungshaltungen, die Verletzungsgefahr erhöht und im Umkehrschluss diese durch die Entwicklung von Bewältigungsstrategien reduziert werden kann. Umgekehrt scheint Stress Bewältigungsstrategien im Sport zu stören, was wiederum eine erhöhte Verletzungsgefahr und verschlechterte sportliche Leistungen nach sich ziehen kann (Contreras et al., 2023). Nippert and Smith (2008) bestätigen diese Meinung, wonach Stress die Entstehung von Verletzung einerseits begünstigt und andererseits die Reaktionen nach Verletzungen, sowie die Erholung von solchen negativ

beeinflusst. Ebenso scheint die Rolle von Stress einen sehr hohen Stellenwert hinsichtlich Verletzungsprävention und Übertraining einzunehmen (Kellmann et al., 2018; Meeusen et al., 2013).

Basierend auf diesen Annahmen, sollten psychologische Faktoren, beziehungsweise Stressoren, im Sport sowie in Rehabilitationsprozessen beachtet werden (Covassin et al., 2015). So kommt zum Beispiel der CISS-21 Fragebogen zur Bewertung von Bewältigungsstrategien in der Praxis zum Einsatz (de Wit et al., 2019). Des Weiteren werden beispielsweise in der Rehabilitation nach Kreuzbandverletzungen, beziehungsweise um die Gefahr des Wiederauftretens einer solchen zu evaluieren, Fragebögen wie der ACL-RSI (Doul et al., 2023; Dwyer et al., 2025; Gokeler et al., 2017) oder der TSK-11 (Paterno et al., 2018) eingesetzt.

1.3.5 Möglichkeiten zur Erfassung der Stressresistenz

In der Literatur finden sich diverse Testverfahren, um Stress auf den menschlichen Körper experimentell zu applizieren und im Zuge dessen, diverse ausgewählte Parameter zu evaluieren. Drei der am häufigsten eingesetzten sind hierbei der Cold Pressor Test (CPT), der Trier Social Stress Test (TSST), sowie eine Kombination der beiden erstgenannten, der Maastricht Acute Stress Test (MAST) (Mariano et al., 2022; Narvaez Linares et al., 2020; Smeets et al., 2012). Auf den TSST, beziehungsweise den MAST soll in weiterer Folge genauer eingegangen werden.

1.3.5.1 Trier Social Stress Test (TSST)

Der Trier Social Stress Test (TSST) ist ein von Kirschbaum et al. (1993) kreierte standardisiertes psychophysiologisches Testverfahren zur Bewertung der Auswirkungen von psychosozialen Stress. Dabei werden sowohl das sympathische Nervensystem, als auch die HPA-Achse angeregt, was wiederum zu einer Stimulation physiologischer Parameter (zum Beispiel Anstieg der Herzfrequenz), sowie erhöhter Sekretion von Cortisol führt (Kirschbaum et al., 1993; Labuschagne et al., 2019; Narvaez Linares et al., 2020). Im Wesentlichen besteht das Testverfahren aus einer Ruhephase (vor dem eigentlichen Test), einer Testphase, in welcher teilnehmende Personen ein fiktives Bewerbungsgespräch führen und Rechenaufgaben zu lösen haben, sowie einer Erholungsphase nach Beendigung der psychophysiologischen Belastung (Kirschbaum et al., 1993).

Das methodische Grundgerüst scheint bis heute unverändert, obwohl es im zeitlichen Verlauf durchaus Variationen in der Durchführung zu geben scheint, was Bedenken hinsichtlich Reproduzierbarkeit und Validität liefert (Allen et al., 2014; Allen et al., 2017;

Goodman et al., 2017; Labuschagne et al., 2019). Allerdings ist zu erwähnen, dass es durch die kritische Auseinandersetzung diverser Übersichtsarbeiten (Allen et al., 2014; Allen et al., 2017; Labuschagne et al., 2019) zur Verbesserung und Sensibilisierung der methodischen Umsetzung des TSST gekommen ist (Narvaez Linares et al., 2020). Narvaez Linares et al. (2020) weisen auf die Wichtigkeit eines standardisierten Testverfahrens hin, um Ergebnisse vergleichbar machen zu können. So erscheint es zum Beispiel essenziell, in Hinblick auf den Testzeitpunkt, durch den Menstruationszyklus bedingte, hormonelle Schwankungen zu berücksichtigen, da diese die HPA-Achse zu beeinflussen scheinen (Kirschbaum et al., 1999). Diesbezüglich fanden Maki et al. (2015) heraus, dass Frauen in der Lutealphase im Vergleich zu jenen in der Follikelphase, bei kognitiven Aufgaben bessere Ergebnisse erzielten und nach Beendigung des TSST niedrigere Cortisolwerte aufzeigten. Des Weiteren zeigen Taylor et al. (2010), dass Teilnehmer*innen, die während des TSST einem Publikum ausgesetzt waren, signifikant höhere Cortisolwerte lieferten im Vergleich zu jenen, die keinem Publikum ausgesetzt waren.

Konkrete Variationen bei in der Literatur durchgeführten Testprotokollen betreffen zum Beispiel, hinsichtlich des Bewerbungsgesprächs, die Vorbereitungszeit. Hierbei reicht die Zeitspanne von 3 (Bobel et al., 2018) über 5 (Inagaki & Eisenberger, 2016) bis hin zu 10 Minuten (Drake et al., 2017). Auch beim Rechenteil zeigen sich leichte Differenzen bei den durchgeführten Studien. Neben der gängigen, beziehungsweise am häufigsten durchgeführten Variante, bei der Proband*innen in 13er oder 17er Schritten rückwärts zählen, gibt es auch Autor*innen die die Subtraktionen in 7er Schritten durchführen ließen (Klatzkin et al., 2019; Souza et al., 2015). Des Weiteren unterscheiden sich die angewendete Protokolle bei der Anzahl der in der Jury sitzenden Personen leicht. Dabei gab es Jurys mit einer (Buchanan et al., 2014), zwei (Het et al., 2015) oder drei (Jiang et al., 2017) Personen. Zuletzt zeigen sich laut Narvaez Linares et al. (2020) in der bisherigen Literatur relativ starke Schwankungen, was die Gesamtdauer des Testverfahrens (aufgeteilt in Ruhephase, Testphase und Erholungsphase) betrifft. Diese reicht von einer Minimaldauer von 45 Minuten (Giles et al., 2014) bis hin zu einer Maximaldauer von 370 Minuten (Reinelt et al., 2019), wobei zu erwähnen ist, dass dies vor allem durch starke Variationen in der Ruhe- und Erholungsphase bedingt ist (Narvaez Linares et al., 2020).

Abschließend ist anzumerken, dass hinsichtlich der Validität des TSST Henze et al. (2017) zeigen, dass sowohl die Cortisolwerte, als auch die subjektiven Stressreaktionen, ausgelöst durch den TSST, mit akuten Stressreaktionen im tatsächlichen Leben signifikant korrelieren.

1.3.5.2 Maastricht Acute Stress Test (MAST)

In Hinblick auf die beiden, im menschlichen Körper auf Stress reagierenden Achsen (SAM- und HPA-Achse), scheint es wahrscheinlich, dass es einerseits durch den TSST zu einer stärkeren Aktivierung der HPA-Achse (Dickerson & Kemeny, 2004) und durch den CPT zu einer stärkeren Aktivierung der SAM-Achse (Mitchell et al., 2004) kommt. Außerdem verweisen Smeets et al. (2012) auf den logistischen Mehraufwand des TSST, der an der Anzahl der zur Durchführung benötigten Personen, sowie an der, durch die Beteiligung mehrerer Parteien, Terminfindung liegt.

Um beide Stressachsen des menschlichen Körpers ähnlich zu stimulieren, sowie um den logistischen Aufwand zu minimieren, kreierten Smeets et al. (2012) den Maastricht Acute Stress Test (MAST). Dieser stellt eine Kombination des TSST (Kirschbaum et al., 1993) und des CPT dar und vereint somit die psychosozialen Stresskomponenten des TSST mit den physischen Stresskomponenten des CPT (Smeets et al., 2012). Die Proband*innen des MAST werden nach einer fünf minütigen Vorbereitungsphase, in der die Aufgabenstellung erklärt wird, und die Proband*innen noch keine Aufgaben zu erledigen haben, mithilfe einer PowerPoint Präsentation angewiesen, deren Hand rezidivierend in eiskaltes Wasser zu halten und währenddessen Subtraktionen durchzuführen (Shilton et al., 2017; Smeets et al., 2012).

Glaubt man den Vergleichen von Smeets et al. (2012) zeigen sich ähnliche, stressbedingte kardiovaskuläre Reaktionen im Vergleich zwischen MAST und CPT, jedoch können durch den MAST stärkere Cortisolwerte hervorgerufen werden. Des Weiteren zeigen Smeets et al. (2012), dass der MAST subjektive und neuroendokrine Stressreaktionen bedingt, die mit denen durch den TSST ausgelöst, vergleichbar sind.

Hinsichtlich der Validität zeigen einerseits Smeets et al. (2012) im Vergleich MAST-Gruppe zur Kontroll-Gruppe signifikant höhere Alpha-Amylase- und Cortisolwerte bei der MAST-Gruppe, andererseits beschreiben Shilton et al. (2017) erhöhte physiologische (unter anderem Blutdruck) und psychologische (subjektives Stressempfinden) Werte im Zuge des MAST.

1.3.6 Ansätze zur Steigerung der Stressresistenz

Werden diverse Parameter, die in Form von Stresstests erhoben werden, analysiert, können weitreichende Schlüsse gezogen werden, die wiederum Ansätze liefern können, wie eine Resistenz gegen Stress aufgebaut und gesteigert werden kann.

Die bisherige Studienlage legt nahe, dass Sport und körperliche Fitness und dabei insbesondere das kardiorespiratorische Leistungsvermögen, eine entscheidende Rolle in der Entwicklung von Ansätzen zur Steigerung der Stressresistenz spielt. Durch regelmäßige körperliche Aktivität scheinen somit physiologische als auch psychologische Schutzmechanismen aktiviert und ausgebaut werden zu können, die langfristig dazu beitragen, der Entstehung von stressbedingten Erkrankungen entgegenzuwirken. So zeigen einerseits Gerber and Puhse (2009) in ihrem Review, dass Personen, die körperlich aktiv sind, weniger dazu tendieren stressbedingte Erkrankungen zu entwickeln und andererseits Diaz-Silveira et al. (2020), dass Stress durch physische Aktivität reduziert werden kann. Dass dies, aus der gesundheitlichen Perspektive, als äußerst wichtig erscheint zeigen Bergh et al. (2015), wonach eine geringe Stressresistenz in der Jugend, das Risiko im mittleren Alter an koronaren Herzkrankheiten zu erkranken, erhöht.

Klaperski et al. (2013) zeigen, dass Sport im Allgemeinen als Stresspuffer eingesetzt werden kann, wobei hierbei die langfristige Ausübung von Sport eine entscheidende Rolle spielt, da jener Stresspuffereffekt bei Personen mit kurzfristiger Sportausübung nur teilweise nachgewiesen werden konnte. Diese Ergebnisse werden durch die Untersuchung von Lindwall et al. (2014) untermauert, wonach eine erhöhte körperliche Aktivität, vor allem bei langfristigen Veränderungen, mit einer Reduktion von Symptomen die mit Depressionen, Angst und Burnout einhergehen, assoziiert werden kann. Allerdings scheinen auch kurzfristige Schwankungen in der körperlichen Aktivität mit Schwankungen der psychischen Gesundheit zu korrelieren (Lindwall et al., 2014). Dieser Effekt dürfte dabei unabhängig von Alter und Geschlecht sein (Klaperski et al., 2013).

Wie bereits erwähnt, dürfte speziell dem kardiorespiratorischen Leistungsvermögen eine große Rolle hinsichtlich der Steigerung der Stressresistenz zugeschrieben werden. Lediglich Neumann et al. (2022) zeigten, dass sich die kardiorespiratorische Fitness nicht auf die Stressbewältigung auswirkte, beziehungsweise erkannten Lindegard et al. (2019) zwar Assoziationen zwischen kardiorespiratorischer Fitness und stressbedingter Erschöpfung, nicht jedoch zwischen kardiorespiratorischer Fitness und Angst, Depressionen und Schlafstörungen. Demgegenüber stehen die Ergebnisse anderer Untersuchungen, wonach die kardiorespiratorische Fitness mit geringeren psychischen Problemen (Avitsland et al., 2020), weniger Burnout und Depressionen (Gerber et al., 2013) und geringerem Stress (Kettunen et al., 2014) einhergeht.

Allerdings scheint es, dass einige Faktoren als Grundvoraussetzung erfüllt sein sollten um diese Hypothesen zu unterstützen. So dürfte das Körpergewicht eine entscheidende Rolle

spielen, da das kardiorespiratorische Leistungsvermögen laut Kettunen et al. (2016) nur dann mit niedrigerem Stress und höheren mentalen Ressourcen assoziiert werden konnte, wenn die untersuchten Männer normal- und nicht übergewichtig waren. Außerdem kann die Ausprägung des Fitnesslevels entscheidend zu sein, wobei hier widersprüchliche Ergebnisse zu finden sind. Demnach schreiben Lindegard et al. (2019) einem mittleren, im Vergleich zu hohem und niedrigem Fitnessniveau beste Effekte bei der Reduktion stressbedingter Erschöpfung zu. Gerber et al. (2013) jedoch fanden heraus, dass Personen mit einer hohen kardiorespiratorischen Fitness bessere Werte hinsichtlich Burnout und Depressionen aufwiesen, als Personen mit niedriger und moderater Fitness. Ebenso zeigten Decamps et al. (2012), dass Studenten mit intensiver Sportausübung, hinsichtlich Stress, Vorteile gegenüber Studenten mit weniger intensiver Sportausübung hatten.

Weitere Faktoren, die die Auswirkungen des Fitnesslevels auf die Stressresistenz beeinflussen könnten, sind die Selbstwirksamkeit und der Schlaf. Neumann et al. (2022) fanden heraus, dass sich die muskuläre Fitness über den Faktor Selbstwirksamkeit positiv auf die Stressbewältigung auswirkte. Bestätigt wird dies durch Gerber et al. (2014), jedoch nur, wenn die untersuchten Personen einen guten Schlaf vorzuweisen hatten. Demnach verstärken sich die negativen Auswirkungen von Stress auf die mentale Gesundheit durch schlechten Schlaf, unabhängig vom jeweiligen Fitnesslevel.

1.4 (Sport-) Wissenschaftliche Relevanz der geplanten Studie

Die derzeitige Studienlage legt nahe, dass eine verringerte Stressresistenz mitunter als Ursache für Erkrankungen des Stoffwechsels, des Herzkreislauf-, Nerven-, Immun- und gastrointestinalem Systems, sowie der Psyche mitverantwortlich sein kann (Chojnowska et al., 2021; Kivimäki & Steptoe, 2018; Labanski et al., 2020; Lisco et al., 2024; Park et al., 2019; Segerstrom & Miller, 2004; Steptoe & Kivimäki, 2013; Tomiyama, 2019; Vaccarino & Bremner, 2024; Yaribeygi et al., 2017; Zefferino et al., 2021). Im Sport kann Stress die Verletzungsgefahr erhöhen (Contreras et al., 2023; Hardy, 1992; Nippert & Smith, 2008), sowie die Erholungszeit nach bereits entstandenen Schädigungen maßgeblich negativ beeinflussen (Nippert & Smith, 2008).

Bezogen auf die eben beschriebenen pathophysiologischen Wirkmechanismen und Gefahren von dauerhaftem Stress, erscheint es von großer Bedeutung, Ansätze zur Verbesserung der Stressresistenz zu eruieren. Ein Großteil bisheriger Arbeiten liefern diesbezüglich Erkenntnisse darüber, dass physische Aktivität, beziehungsweise der Aufbau physischer Fitness, insbesondere kardiorespiratorischer Fitness, als ein Faktor gesehen

werden kann, um eine Resistenz gegen Stress aufzubauen, wodurch langfristig gesundheitliche Ressourcen erworben werden können (Avitsland et al., 2020; Bergh et al., 2015; Diaz-Silveira et al., 2020; Gerber et al., 2014; Gerber et al., 2013; Kettunen et al., 2014; Kettunen et al., 2016; Lindegard et al., 2019; Lindwall et al., 2014; Neumann et al., 2022). Uneinigkeiten dürften noch dahingehend herrschen, welchen Stellenwert der Ausprägungsgrad der Fitness einnimmt (Decamps et al., 2012; Gerber et al., 2013; Gerber & Puhse, 2009; Lindegard et al., 2019). Hier soll die vorliegende Arbeit anknüpfen und Erkenntnisse darüber liefern, ob aerob leistungsfähigere Personen stressresistenter sind und somit höhere gesundheitliche Ressourcen aufweisen, als aerob weniger leistungsfähigere Personen.

1.5 Forschungsfrage

Als Resultat der oben beschriebenen Forschungslage ergibt sich demnach folgende Hauptforschungsfrage:

Sind gesunde, männliche Personen, die, gemessen an der VO_{2Peak} im Zuge einer Spiroergometrie, eine höhere aerobe Leistungsfähigkeit aufweisen, stressresistenter, gemessen am Cortisolspiegel, und am subjektiven Stressempfinden im Zuge des TSST und des MAST, als gesunde, männliche Personen, die, gemessen an der VO_{2Peak} im Zuge einer Spiroergometrie eine niedrigere aerobe Leistungsfähigkeit aufweisen?

Ergänzend zur Hauptforschungsfrage, soll in der vorliegenden Arbeit folgende Subfragestellung beantwortet werden:

Können bei gesunden männlichen Probanden, mithilfe des TSST und des MAST unterschiedlich hohe Stressreaktionen, gemessen am subjektiven Stressempfinden sowie am Cortisolspiegel im Speichel, erzeugt werden?

Demnach kommt es zur Bildung folgender Hypothesen:

Hauptforschungsfrage:

- Nullhypothese: Gesunde, männliche Personen, die, gemessen an der VO_{2Peak} im Zuge einer Spiroergometrie, eine höhere aerobe Leistungsfähigkeit aufweisen, sind nicht stressresistenter, gemessen am Cortisolspiegel im Speichel, und am subjektiven Stressempfinden im Zuge des TSST und des MAST, als gesunde, männliche Personen, die, gemessen an der VO_{2Peak} im Zuge einer Spiroergometrie eine niedrigere aerobe Leistungsfähigkeit aufweisen.

- Alternativhypothese: Gesunde, männliche Personen, die, gemessen an der VO_{2Peak} im Zuge einer Spiroergometrie, eine höhere aerobe Leistungsfähigkeit aufweisen, sind stressresistenter, gemessen am Cortisolspiegel im Speichel, und am subjektiven Stressempfinden im Zuge des TSST und des MAST, als gesunde, männliche Personen, die, gemessen an der VO_{2Peak} im Zuge einer Spiroergometrie eine niedrigere aerobe Leistungsfähigkeit aufweisen.

Subforschungsfrage:

- Nullhypothese: Bei gesunden männlichen Probanden, können mithilfe des TSST und des MAST keine unterschiedlich hohen Stressreaktionen, gemessen am subjektiven Stressempfinden sowie am Cortisolspiegel im Speichel, erzeugt werden.
- Alternativhypothese: Bei gesunden männlichen Probanden, können mithilfe des TSST und des MAST unterschiedlich hohen Stressreaktionen, gemessen am subjektiven Stressempfinden sowie am Cortisolspiegel im Speichel, erzeugt werden.

Die Vorgehensweise zur Beantwortung der Haupt- und Subforschungsfragestellung soll in der nachstehenden Methodik erläutert werden.

2 Methodik

2.1 Studiendesign

Da alle Teilnehmer an allen drei geplanten Testungen, also dem TSST, dem MAST, sowie der Spiroergometrie teilnahmen, handelt es sich bei der vorliegenden Studie um ein Cross-Over Design. Die Reihenfolge der Durchführung der beiden Stresstests wurde dabei per Zufall bestimmt. Die vorgestellte Studie erhielt am 04.05.2023 ein positives Votum der Ethikkommission der Universität Wien.

2.2 Informationen zur Population

Im Zuge der durchgeführten Studie wurden 30 gesunde Probanden (biologisch männlich) untersucht. Das vorgeschriebene Alter zur Teilnahme an der Studie lag bei 18 bis 40 Jahren.

Alle Probanden gaben an, regelmäßig Sport zu betreiben, wobei 12 zum Zeitpunkt der Datenerhebung in einer Sportmannschaft tätig waren, beziehungsweise 20 im letzten Jahr zumindest einmal an einem Wettkampf teilgenommen hatten. 22 Teilnehmer waren, ebenfalls zum Zeitpunkt der Datenerhebung, beruflich aktiv (einer in Form von Schicht- oder Nacharbeit), sowie 17, noch oder zusätzlich, in Ausbildung. 28 Probanden gaben an, von Tag zu Tag in etwa die gleiche Schafdauer zu haben.

Die Anzahl der Probanden wurde nach einer Power Analyse anhand eines Äquivalenztests errechnet. Die Ruhe- zu Spitzencortisol Ausschüttung im Speichel wurde als Ergebnis herangezogen, um die praktische Äquivalenz der Stresstests zu bestimmen. Die praktische Äquivalenz wurde mit 0,5 x Standardabweichung von bereits publizierten Daten (Smeets et al., 2012) angenommen. Zusätzlich angenommen wurde eine Responder-Rate von 80% und einer Rate an erwarteten Drop-Outs von 20%. Aus dem verwendeten Alpha-Level von 5% und einer angestrebten statistischen Power von 80% ergab sich die angegebene Stichprobengröße.

Außerdem waren Personen unter der Erfüllung folgender Ausschlusskriterien nicht zur Teilnahme an der Studie berechtigt:

- Aktuelles Leiden an einer Verletzung, die den normalen Alltag oder die Arbeitsfähigkeit einschränkt.
- Aktuelle Einnahme von Medikamenten.

- Aktuelle, oder in der Vergangenheit liegende Einnahme von leistungssteigernden Mitteln, die den Hormonhaushalt beeinflussen und/oder von der Welt-Anti-Doping-Agentur (WADA) als verboten eingestuft werden.
- Aktuelle, oder im letzten Monat liegende Einnahme von Selektiven Androgenrezeptor Modulatoren, Ashwagandha oder Rhodiola Rosea.
- Leiden an chronischen Krankheiten des Bewegungsapparates, des Immunsystems oder des Herz-Kreislauf-Systems.
- Leiden an psychiatrischen Erkrankungen oder in Anspruchnahme einer regelmäßigen psychiatrischen Behandlung, aktuell und/oder im letzte Jahr.
- Vorliegen einer bekannten Störung des Hormonsystems.
- Vorliegen einer aktuellen Schwangerschaft, oder aktuelles Stillen (als weibliche Person)
- Vorliegen eines stark unregelmäßigen oder ausbleibenden Menstruationszykluses (als weibliche Person).
- Aktuelle Einnahme von hormonellen Kontrazeptiva (als weibliche Person).

Um die Pseudonymisierung zu gewährleisten wurde den teilnehmenden Personen im Zuge der Studie per Zufall eine ID-Nummer zugeteilt, über die die Zuteilung diverser Datenblätter (Anamnesebogen, Fragebögen und so weiter) erfolgte. Somit ist es Dritten nicht möglich, konkrete Personen rückzuverfolgen. Einzig auf dem Computer der Studienleitung wird ein Dokument aufbewahrt, auf dem die ID-Nummern den Namen der Teilnehmer zugewiesen sind. Allerdings wurde acht Wochen nach der Teilnahme an der Studie, auch diese Zuteilung gelöscht, womit eine Rückverfolgung endgültig auszuschließen ist.

2.3 Rekrutierung teilnehmender Personen

Teilnehmende Personen wurden in erster Linie über eine Unterseite der Website des Institutes für Sportwissenschaften rekrutiert, wobei hierfür gegebenenfalls ein Internet-Link durch die Studienleitung über diverse Kanäle (WhatsApp, Social Media und so weiter) in Umlauf gebracht wurde.

Außerdem sollten Probanden direkt über diverse Social Media Plattformen, WhatsApp und andere vergleichbare Kommunikationskanäle angeworben werden. Zu guter Letzt wurde auch einfache Mundpropaganda als probates Mittel zur Anwerbung potentieller Teilnehmer*innen eingesetzt, wobei hierbei ebenso bereits fixierte teilnehmende Personen aktiv gebeten wurden, Werbung zur Teilnahme an der Studie zu machen. Für diese Zwecke wurde ein Ausschreibungsblatt konstruiert (siehe Anhang).

Bestand Interesse an einer Teilnahme an der Studie, konnten sich Personen über ein vorgefertigtes Kontaktformular mit der Studienleitung in Verbindung setzen. Außerdem bestand jederzeit die Möglichkeit, sich direkt telefonisch und/oder per E-Mail bei der Studienleitung zu melden.

2.4 Messparameter

Um die oben angeführte Forschungsfrage bestmöglich beantworten zu können sollten im Grunde drei wesentliche Messparameter erfasst werden um anschließend eine eventuelle Korrelation feststellen zu können.

Hierfür wurde einerseits die VO_{2Peak} als Parameter für die körperliche Leistungsfähigkeit, im Zuge der Spiroergometrie, festgelegt. Als Parameter für die Stressresistenz diente sowohl der Cortisolspiegel, als auch das subjektive Stressempfinden (VAS-100 Skala), wobei diese Werte im Zuge der beiden Stresstests, TSST und MAST, im zeitlichen Verlauf eruiert wurden ($VAS/Cortisol_{Base}$, $VAS/Cortisol_{Anticipation}$, $VAS/Cortisol_0$, $VAS/Cortisol_{10}$, $VAS/Cortisol_{20}$ und $VAS/Cortisol_{30}$). Als Werte zur statistischen Auswertung wurden jeweils (Cortisolspiegel und subjektives Stressempfinden) der höchste Wert (VAS_{Peak} beziehungsweise $Cortisol_{Peak}$) aller Messzeitpunkte, sowie der höchste Wert aller Messzeitpunkte abzüglich des Basiswertes ($VAS/Cortisol_{Base}$) herangezogen (VAS_{Trend} beziehungsweise $Cortisol_{Trend}$). Hiermit sollte gezeigt werden, ob die teilnehmenden Personen tendenziell von Anfang an gestresst waren, oder sich das subjektive Stressempfinden, sowie der Cortisolspiegel im Speichel erst im Verlauf der Testverfahren deutlich steigerte. Je niedriger der Wert (VAS_{Trend} beziehungsweise $Cortisol_{Trend}$) also war, desto gestresster waren die Probanden bereits zum ersten Messzeitpunkt ($VAS/Cortisol_{Base}$), also zu Anfang des Testzeitrahmens, oder desto weniger gestresst waren sie allgemein. Zur genauen Veranschaulichung werden die oben genannten Variablen im Folgenden nochmals übersichtlich dargestellt:

- VO_{2Peak} : Das Volumen der maximalen Aufnahme an Sauerstoff pro Minute ohne Plateaubildung (Wonisch et al., 2003).
- $VAS/Cortisol_{Base}$: Das subjektive Stressempfinden, beziehungsweise der Cortisolspiegel im Speichel der Probanden, zehn Minuten nach Einnahme der Glucoselösung.
- $VAS/Cortisol_{Anticipation}$: Das subjektive Stressempfinden, beziehungsweise der Cortisolspiegel im Speichel der Probanden, unmittelbar vor Beginn des jeweiligen Testverfahrens (TSST oder MAST).

- VAS/Cortisol₀: Das subjektive Stressempfinden, beziehungsweise der Cortisolspiegel im Speichel der Probanden, unmittelbar nach Beendigung des jeweiligen Testverfahrens (TSST oder MAST)
- VAS/Cortisol₁₀: Das subjektive Stressempfinden, beziehungsweise der Cortisolspiegel im Speichel der Probanden, zehn Minuten nach Beendigung des jeweiligen Testverfahrens (TSST oder MAST).
- VAS/Cortisol₂₀: Das subjektive Stressempfinden, beziehungsweise der Cortisolspiegel im Speichel der Probanden, 20 Minuten nach Beendigung des jeweiligen Testverfahrens (TSST oder MAST).
- VAS/Cortisol₃₀: Das subjektive Stressempfinden, beziehungsweise der Cortisolspiegel im Speichel der Probanden, 30 Minuten nach Beendigung des jeweiligen Testverfahrens (TSST oder MAST).
- VAS/Cortisol_{Peak}: Der höchste gemessene Wert (Subjektives Stressempfinden, beziehungsweise Cortisolspiegel im Speichel) während des jeweiligen Testverfahrens (TSST oder MAST).
- VAS/Cortisol_{Trend}: VAS/Cortisol_{Peak} abzüglich VAS/Cortisol_{Base}.

2.5 Ablauf und Beschreibung der Testverfahren

Die Erfassung jeglicher Parameter erfolgte im Zuge dreier Testverfahren, deren Methodik im Anschluss genau erklärt werden soll. Dabei wurde zunächst, per zufälliger Reihenfolge, ein Stresstest, also ein TSST oder ein MAST, durchgeführt. Der jeweils andere Stresstest erfolgte dann im Abstand von vier Wochen. Innerhalb dieser vier Wochen fand eine Spirometrie am Fahrradergometer statt.

2.5.1 Spiroergometrie

Die Erfassung der VO_{2Peak} mittels Spiroergometrie erfolgte im Kraftlabor der Abteilung für Trainingswissenschaften am Universitätssportzentrum Auf der Schmelz. Die Testung fand dabei zwischen den beiden Stresstests (TSST und MAST), also innerhalb einer Zeitspanne von vier Wochen statt, wobei es hinsichtlich der Tageszeit keine Einschränkungen gab. Ein Testtermin dauerte in etwa eine Stunde, wobei zusätzlich vor der Spiroergometrie der IPAQ Fragebogen (im Anhang ersichtlich) durch die Probanden werden sollte.

Den Teilnehmern wurde zunächst die Möglichkeit geboten, sich passend umzuziehen. Anschließend erfolgte das Ausfüllen des IPAQ Fragebogen, um dann Vorkehrungen für die Spiroergometrie zu treffen (Einstellen der Sattelhöhe, Anlegen des Spirometrie-Messsystems und so weiter). Diese fand auf einem Fahrradergometer der Marke Ergoline,

Modell Ergoselect 200, statt. Die Messung der Atemgase, sowie Auswertung der Testung erfolgte mit dem portablen Spirometrie System METAMAX 3B, beziehungsweise dazugehöriger Software der Firma Cortex.

Um eine Ausbelastung nach, optimalerweise 8-12 Minuten zu erreichen (Ashley et al., 2000; Fleg et al., 2000; Lollgen et al., 1994; Pothoff et al., 1994; Winter et al., 1994), sollte im Vorfeld ein Sollwert (in Watt) anhand folgender Formel, in Anlehnung an Primus et al. (2022), errechnet werden:

- Bei männlichen Personen: $\text{Leistung} = 6,773 + 136,141 \times \text{Körperoberfläche} - 0,916 \times \text{Körperoberfläche} \times \text{Alter}$
- $\text{Körperoberfläche} = 0,007148 \times \text{Körpergewicht}^{0,425} \times \text{Körpergröße}^{0,725}$

Der, aus der eben angeführten Formel, errechnete Sollwert wurde anschließend standardmäßig durch vier geteilt, um daraus einen individuellen Stufenwert für die jeweilige Person, zu ermitteln. Die Berechnung beider Werte erfolgte automatisch durch eine in Microsoft Excel voreingegebene Formel. Nach einer Ruhephase von zwei Minuten, in der die Teilnehmer ohne Aktivität auf dem Fahrradergometer saß, erfolgte eine Aufwärmphase von ebenfalls zwei Minuten ohne Tret-Widerstand. Nach der Aufwärmphase startete das eigentliche Belastungsprotokoll, wobei der Proband mit dem vorher ausgerechneten Stufenwert (in Watt) zu fahren begann. Dieser Stufenwert wurde in weiterer Folge alle zwei Minuten um denselben Wert gesteigert, wobei dies so lange erfolgte, bis die teilnehmende Person individuell ausbelastet war. War dies erreicht, folgte im Anschluss eine Entspannungsphase von weiteren zwei Minuten ohne Tret-Widerstand. Anschließend galt der Test als beendet.

Neben der individuellen Ausbelastung zählten, ebenfalls in Anlehnung an Primus et al. (2022), beziehungsweise durch die Studienleitung bestimmt, folgende andere Gründe als absolute Abbruchkriterien:

- Angina pectoris
- Zunehmende zerebrale Symptomatik (Verwirrtheit,...)
- Zeichen verminderter Perfusion (Zyanosen,...)
- Technische Gründe
- Wunsch der teilnehmenden Person
- Anhaltende Tachykardie
- Abfall der Trittfrequenz unter 60 Umdrehungen pro Minute

Folgende Gründe waren als relative Abbruchkriterien definiert (Primus et al., 2022):

- Arrhythmien

- Erschöpfung, Dyspnoe, Giemen, Beinkrämpfe, Claudicatio

2.5.2 Trier Social Stress Test

Die Abwicklung des TSST erfolgte im Kraftlabor der Abteilung für Trainingswissenschaften am Universitätssportzentrum Auf der Schmelz. Um den Spiegel der Cortisolwerte innerhalb der Probanden im Tagesverlauf möglichst standardisiert zu halten und um somit ähnliche Voraussetzungen zu schaffen, wurde ein Testzeitraum zwischen 14:00 und 17:00 festgelegt. Matsuda et al. (2012) zeigen diesbezüglich, dass die allgemeinen Cortisolwerte am Nachmittag niedriger sind als am Morgen, wodurch die Beeinflussung durch jenes Hormon bei der Testdurchführung reduziert wurde.

Am Testtag wurde, gemeinsam mit den Teilnehmern, zunächst die Einverständniserklärung zur Teilnahme an der Studie durchgegangen (siehe Anhang), um Aufklärung hinsichtlich der Teilnahmebedingungen et cetera zu schaffen. Außerdem wurden die Probanden gebeten, sich vor dem Testtag an folgende Voraussetzungen zu halten:

- Keine Umstellung der Ernährungs- und Schlafgewohnheiten innerhalb des Untersuchungszeitraums von vier Wochen.
- Keinen Interkontinentalflug eine Woche vor der Testung.
- Verzicht auf ein intensives sportliches Training 24 Stunden vor der Testung.
- Keine Einnahme von Nahrungsergänzungsmitteln, Medikamenten oder Rauschmitteln 24 Stunden vor der Testung.
- Keine Einnahme von Koffein 18 Stunden vor der Testung.
- Kein Essen eine Stunde vor der Testung (Wasser trinken ist erlaubt).
- Kein Kauen von Kaugummi, sowie kein Zähne putzen eine Stunde vor der Testung.

Danach wurden die Teilnehmer gebeten, sich einen Brustgurt mitsamt Gerät zur Messung der Herzfrequenz der Firma Polar anzulegen. Die Erfassung der Herzperioden erfolgte mittels der App „Elite HRV“. Anschließend war, am ersten Testtag, ein Anamnesebogen auszufüllen, in Zuge dessen auch die Größe und das Gewicht der teilnehmenden Person erfasst wurde. Nach Erfassung der anamnestischen Daten, sowie nach dem Ausfüllen des DASS-21 (Nilges & Essau, 2015) Fragebogens (siehe Anhang) wurde die zu testende Person angehalten, einen Glucosedrink (200ml Wasser, 30g Glucose) und anschließend 100ml reines Wasser zu sich zu nehmen. Dies sollte zum Zweck haben, dass alle Teilnehmer, während der Testung ein ähnliches Level an Blutzucker vorweisen (Labuschagne et al., 2019). Nach Einnahme des Glucosedrinks unterlag die Testung einem strengen zeitlichen Ablauf, der bei allen Testungen gleich erfolgte (Abbildung 6). Im

weiteren Verlauf wurde zu zwei Zeitpunkten der STAIT Fragebogen (Bieling et al., 1998) (siehe Anhang), sowie sechs Speichelproben und das subjektive Stressempfinden zu sechs unterschiedlichen Zeitpunkten erhoben.

25 Minuten nach Einnahme der Glucoselösung, wurden die Teilnehmer, in den Testraum geführt, wo durch die Testleitung ein Text verlesen wurde, der den Ablauf des Tests erklärte. Demnach wurden zu testende Personen angehalten, ein fiktives Bewerbungsgespräch, in Form einer zehn minütigen freien Rede zu führen, sowie Aufgaben aus dem mathematischen Bereich zu lösen. Nach Verlesung der Aufgaben, wurde die zu testende Person wieder zurück in den Wartebereich geführt, wo sie sich für fünf Minuten auf die bevorstehende Aufgabe vorbereiten konnte. Der eigentliche Testzeitraum betrug zehn Minuten, wobei jeweils fünf Minuten für das Bewerbungsgespräch, beziehungsweise die mathematische Aufgabe vorgesehen waren.

Während des TSST verließ die Testleitung den Testraum, sodass sich die zu testende Person lediglich mit zwei Personen der Jury im Raum befand. Diese bestand aus Personen beider Geschlechter, wobei die Juryleitung dem gegenteiligen Geschlecht der zu testenden Person entsprach. Die Jurymitglieder waren angehalten, die Teilnehmer, möglichst viel unter Druck zu setzen, indem zum Beispiel bei der mathematischen Aufgabe Unterbrechungen vorgenommen wurden, oder die teilnehmende Person angehalten wurde, schneller zu rechnen. Hierbei wurden die Teilnehmer gebeten, in 13er Schritten von einer vorgegebenen Zahl rückwärts zu zählen. Außerdem wurde die teilnehmende Person dahingehend getäuscht, als dass vorgegeben wurde, dass sowohl eine Videoaufnahme gemacht, als auch das Gesprochene mithilfe eines Mikrophons aufgezeichnet wurde. Nach Beendigung des Tests wurden die Teilnehmer, von der Testleitung wieder zurück in den Warteraum geführt, wo in regelmäßigen Abständen erneut Speichelproben genommen und das subjektive Stressempfinden dokumentiert wurde. Die gesamte Testung nahm in etwa 90 Minuten in Anspruch. Um den Ablauf der Testung für die Testleitung übersichtlicher zu gestalten, wurde außerdem ein Versuchstagebuch, in Form einer, für die Testleitung abzuarbeitenden, Checkliste erstellt (siehe Anhang).

Der beschriebene Ablauf wird in Abbildung 5 überblicksmäßig und in Form einer Chronologie dargestellt.

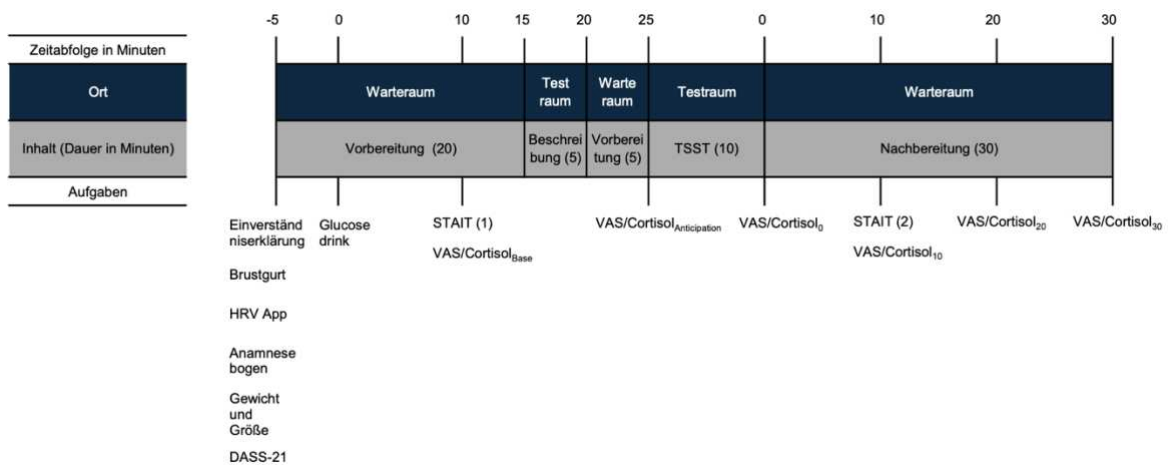


Abbildung 5: Ablauf TSST

2.5.3 Maastricht Acute Stress Test

Die Abwicklung des MAST erfolgte ebenfalls im Kraftlabor der Abteilung für Trainingswissenschaften am Universitätssportzentrum Auf der Schmelz. Es galten dieselben Voraussetzungen hinsichtlich Uhrzeit und einzuhaltender Voraussetzungen im Zeitraum vor der Testung, wie oben, beim TSST, beschrieben. Auch die zu erhebenden Daten (Fragebögen, Herzfrequenz, Speichelproben und subjektives Stressempfinden), beziehungsweise die Einnahme der Glucoselösung, innerhalb der Vorlaufzeit glichen jenen oben beschriebenen, wobei der Anamnesebogen wiederum nur am ersten Testtag erhoben wurde.

Nach Ablauf der Vorlaufzeit wurde die zu testende Person in den Testraum geführt, wo anschließend eine PowerPoint Präsentation von einer Testperson des konträren Geschlechts der zu testenden Person, präsentiert und vorgelesen wurde. Diese beinhaltete die Beschreibung des Testablaufs für den Probanden. Nach der Präsentation und nach Abgabe einer Speichelprobe, verließ die Testleitung den Testraum, sodass sich die teilnehmende Person nur mehr mit der Testperson im Raum befand. Diese war wiederum angehalten, den Teilnehmer möglichst zu stressen (zum Beispiel durch Aufforderungen schneller zu rechnen, oder mit dem Rechnen neu zu beginnen). Nach einer Gesamtdauer von zehn Minuten wurde der Test durch die Testperson beendet und die teilnehmende Person durch die Testleitung wieder in den Warteraum geführt, wo der Ablauf der Nachbereitung dem oben, beim TSST, beschriebenen glich.

Während des zehn minütigen Testzeitraums wurde die zu testende Person angehalten, die dominante Hand in gewissen Abständen und für einen gewissen Zeitraum in Eiswasser (circa 4°) zu halten. Zwischen den Durchgängen sollte, in 17er-Schritten von einer

vorgegebenen Zahl rückwärts gezählt werden. Außerdem wurde ebenfalls vorgegeben, dass sowohl Videoaufnahmen, als auch Audioaufzeichnungen gemacht werden. Die gesamte Testung nahm ebenfalls in etwa 90 Minuten in Anspruch. An beiden Tagen, an denen Stresstests durchgeführt wurden, waren von der Testleitung ein weißer Laborkittel, sowie schwarze geschlossene Schuhe und ein einfärbiges, neutrales T-Shirt, sowie eine lange Hose zu tragen (Ebenso wie beim TSST).

Der beschriebene Ablauf wird in Abbildung 6 überblicksmäßig und in Form einer Chronologie dargestellt.

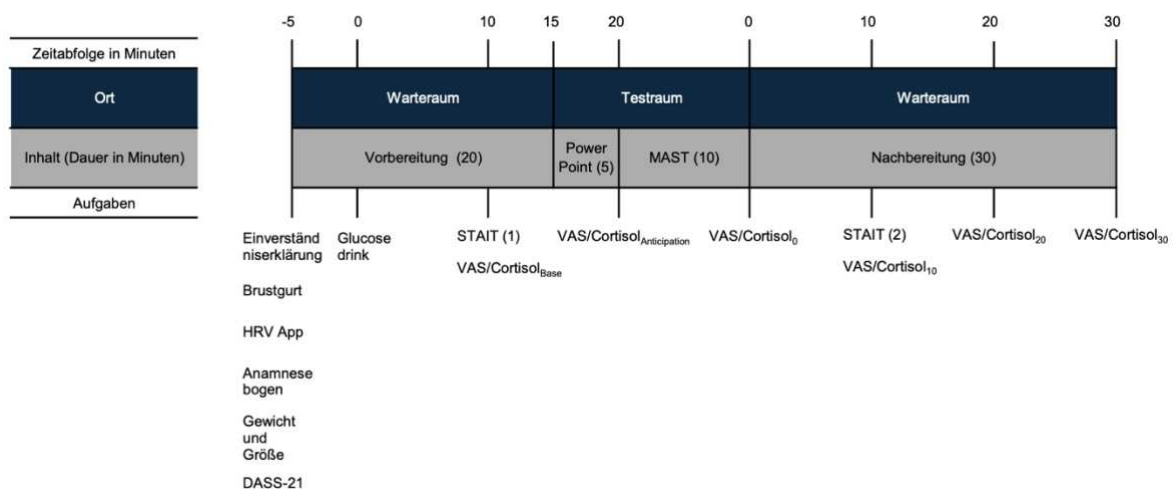


Abbildung 6: Ablauf MAST

2.6 Statistische Analyse

Die statistische Analyse wurde mittels IBM SPSS Statistics 29.0.0.0 durchgeführt. Das Signifikanzniveau wurde allgemein mit $p = 0,05$ festgelegt.

Dabei bestand einerseits die Nullhypothese, dass eine höhere VO_{2Peak} nicht mit niedrigeren Cortisolwerten ($Cortisol_{Peak}$ und $Cortisol_{Trend}$), sowie niedrigerem subjektiven Stressempfinden (VAS_{Peak} und VAS_{Trend}) der Probanden erklärbar ist und andererseits die Alternativhypothese, dass sowohl eine Korrelation zwischen den eben genannten Variablen besteht. Um dies zu ermitteln, wurde eine multiple lineare Regression durchgeführt. Als Voraussetzung dafür sollte sowohl die gegebene Normalverteilung als auch die Homoskedastizität der Residuen erfüllt sein. Bei nicht gegebenen Voraussetzungen, sollten folgende Hilfen, beziehungsweise Alternativen angewandt werden:

- Bei Verletzung der Normalverteilung, aber gegebener Homoskedastizität: Bootstrapping, zur Berechnung von Konfidenzintervallen.

- Bei Verletzung der Homoskedastizität, aber gegebener Normalverteilung: Weighted Least Squares Regression, zur Korrektur von Varianzunterschieden.
- Bei nicht gegebener Normalverteilung und Homoskedastizität: Robuste Regression, zur Nutzung von Median-, statt Mittelwertbasierten Schätzungen.

Zusätzlich wurde ein T-Test bei gepaarten Stichproben durchgeführt, um festzustellen, ob mittels TSST und MAST statistisch signifikant unterschiedliche Ergebnisse hinsichtlich der VAS-, sowie Cortisolwerte bei den Probanden festgestellt werden konnten. Auch hier bestand einerseits die Nullhypothese, dass kein Unterschied zwischen den Ergebnissen der verwendeten Testverfahren (TSST oder MAST), bei den Variablen VAS_{Peak} und VAS_{Trend} sowie $Cortisol_{Peak}$ und $Cortisol_{Trend}$, besteht und andererseits die Alternativhypothese, dass ein Unterschied zwischen den genannten Variablen, abhängig vom Testverfahren, ermittelbar ist. Als Beurteilungskriterium wurde hierfür der zweiseitige p-Wert dem einseitigen p-Wert vorgezogen, um die Möglichkeit eines Effekts sowohl in die negative, als auch in die positive Richtung zu testen.

Ergänzt werden die Ergebnisse durch deskriptive Statistik.

3 Ergebnisse

3.1 Deskriptive Statistik

Probanden

Tabelle 1 beschreibt die deskriptive Statistik der teilnehmenden Probanden, die durchschnittlich $28,7 \pm 5,3$ Jahre alt, $180,7 \pm 6,2$ Zentimeter groß und $78,8 \pm 8,2$ Kilogramm schwer waren. Ebenfalls in Tabelle 1 ersichtlich, ist die Schlafdauer der Probanden, welche an Werktagen durchschnittlich $7,9 \pm 0,8$, beziehungsweise am Wochenende durchschnittlich $8,2 \pm 0,8$ Stunden betrug.

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Std.-Abweichung
Alter (in Jahren)	30	20	40	28,7	5,3
Größe (in cm)	28	163	191	180,7	6,2
Gewicht (in kg)	28	56	94	78,8	8,2
Schlafdauer werktags (in Stunden)	30	6,3	9	7,9	0,8
Schlafdauer am Wochenende (in Stunden)	30	6	10	8,3	0,8
Gültige Werte (listenweise)	28				

Tabelle 1: Deskriptive Statistik zur Information der Population

VO_{2Peak}

Tabelle 2 zeigt die Durchschnitts-, Mindest- und Maximalwerte der VO_{2Peak} aller Teilnehmer bei der Spiroergometrie am Fahrradergometer. Demnach erreichten die Probanden ($n = 30$) ein Mittel von $54,8 \pm 8,3$ ml/min/kg, wobei der schlechteste Wert bei 31 ml/min/kg und der beste Wert bei 73 ml/min/kg lag.

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Std.-Abweichung
VO _{2Peak}	30	31	73	54,8	8,3
Gültige Werte (listenweise)	30				

Tabelle 2: Durchschnittliche Werte der VO_{2Peak}

VAS – TSST und MAST

Abbildung 7 zeigt, in Form eines Boxplot Diagramms, die Mediane des subjektiven Stressempfindens (VAS) aller Probanden ($n = 30$) beim TSST und beim MAST, bezogen auf die sechs Messzeitpunkte und auf die Variablen VAS_{Peak} und VAS_{Trend}. Demnach war, im Zeitverlauf, das empfundene Stressniveau zum Zeitpunkt „0“, also direkt nach Beendigung des Stresstests, im Vergleich mit den jeweils anderen Zeitpunkten, sowohl beim TSST als auch beim MAST am höchsten. Außerdem ist ersichtlich, dass durch den TSST ausschließlich zum Zeitpunkt der Basismessung (VAS_{Base}) niedrigere Werte provoziert werden konnten, als beim MAST.

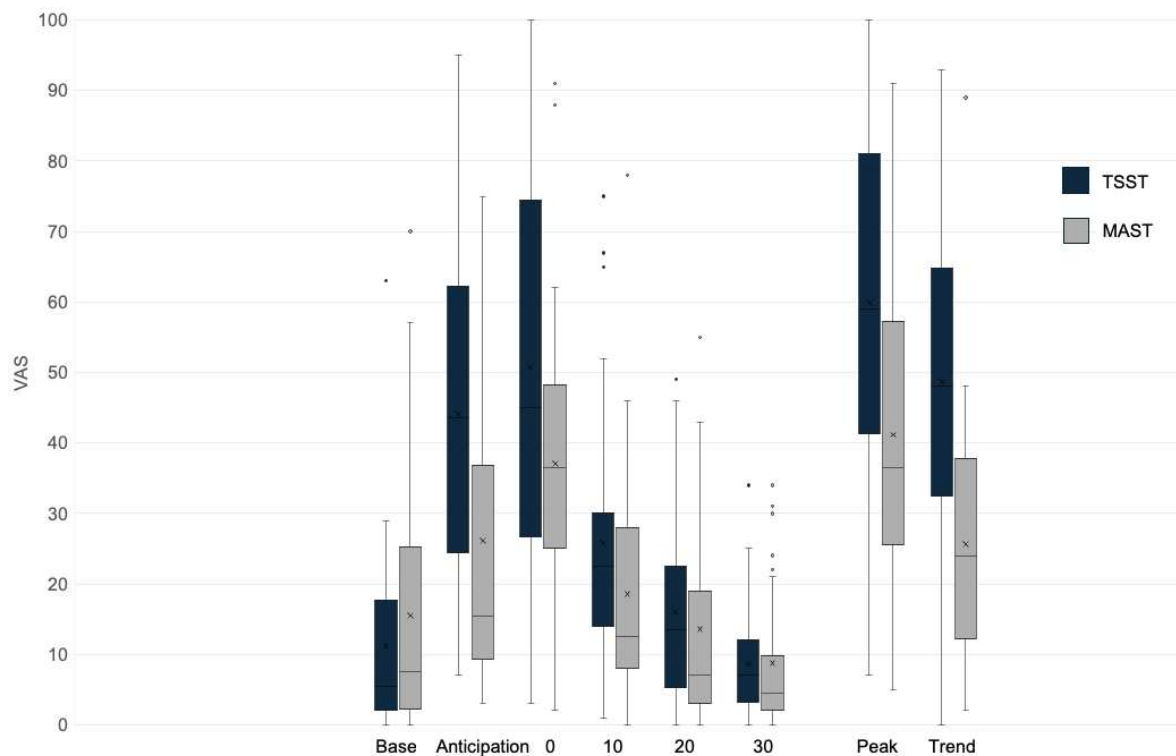


Abbildung 7: Boxplot Diagramm des subjektiven Stressempfindens zu den jeweils erhobenen Zeitpunkten, sowie VAS_{Peak} und VAS_{Trend} beim TSST und MAST

Cortisol – TSST und MAST

Abbildung 8 zeigt, in Form eines Boxplot Diagramms, die Mediane des Cortisolspiegels im Speichel aller Probanden ($n = 23$) beim TSST und beim MAST, bezogen auf die sechs Messzeitpunkte und auf die Variablen $Cortisol_{Peak}$ und $Cortisol_{Trend}$. Demnach war, im Zeitverlauf, der Cortisolspiegel zum Zeitpunkt „10“, also zehn Minuten nach Beendigung des Stresstests, im Vergleich mit den jeweils anderen Zeitpunkten, sowohl beim TSST als auch beim MAST am höchsten. Außerdem ist ersichtlich, dass durch den TSST zum Zeitpunkt unmittelbar vor ($VAS_{Anticipation}$) und nach ($Cortisol_0$) dem Stresstest, sowie zu den Zeitpunkten $Cortisol_{10}$ und $Cortisol_{20}$ und hinsichtlich $Cortisol_{Trend}$ höhere Werte provoziert werden konnten, als beim MAST.

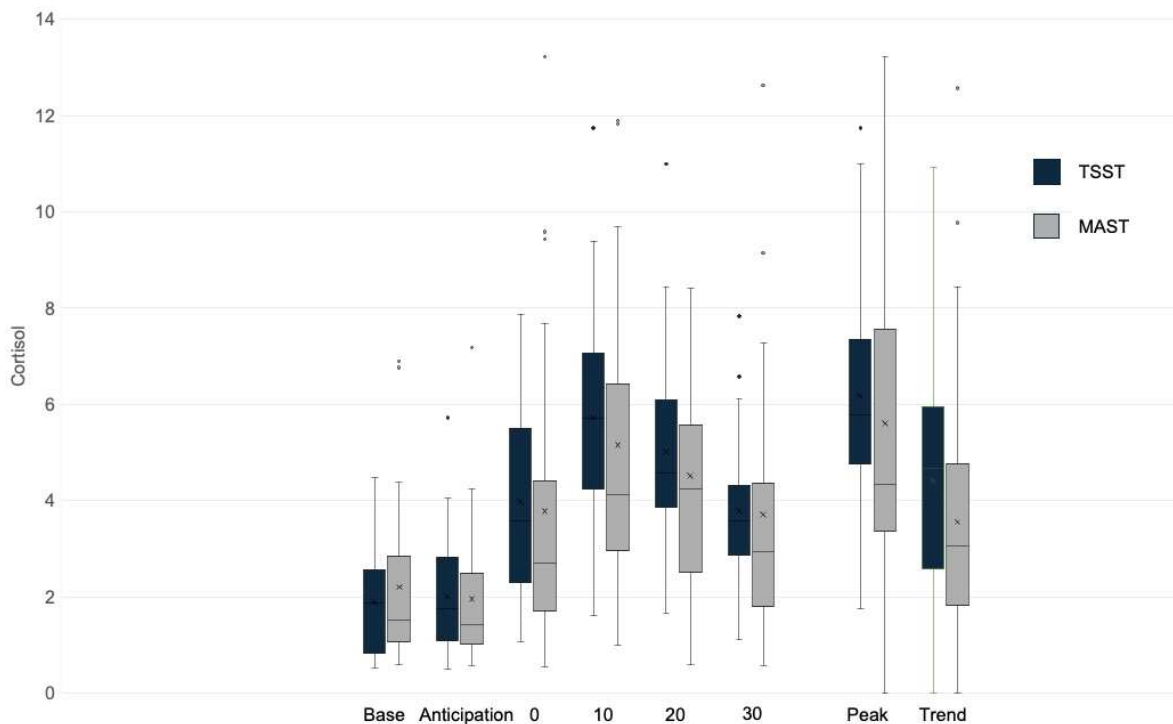


Abbildung 8: Boxplot Diagramm des Cortisolspiegels im Speichel zu den jeweils erhobenen Zeitpunkten, sowie $Cortisol_{Peak}$ und $Cortisol_{Trend}$ beim TSST und MAST

3.2 Multiple lineare Regression

3.2.1 Voraussetzungen zur Durchführung der multiplen linearen Regression

VAS_{Peak} und VAS_{Trend} TSST und MAST

Tabelle 3 zeigt die Testung der Residuen (VAS_{Peak} und VAS_{Trend} , sowohl beim TSST, als auch beim MAST) auf deren Normalverteilung, sowie deren Heteroskedastizität. Demnach kann aufgrund des Shapiro-Wilk Tests ($p = 0,408$ bei VAS_{Peak} und $p = 0,267$ bei VAS_{Trend}) sowohl beim TSST, als auch beim MAST, von einer Normalverteilung der Residuen ausgegangen werden. Ebenso wird aufgrund einer Signifikanz von $p = 0,885$ (VAS_{Peak}), beziehungsweise $p = 0,750$ (VAS_{Trend}) die Homoskedastizität der Residuen beim TSST und beim MAST angenommen. Demnach waren die Voraussetzungen zur Durchführung der multiplen linearen Regression gegeben.

Testung Normalverteilung VAS_{Peak}				Testung Normalverteilung VAS_{Trend}			
Shapiro-Wilk				Shapiro-Wilk			
	Statistik	df	Signifikanz		Statistik	df	Signifikanz
Unstandardized Residual	0,965	30	0,408	Unstandardized Residual	0,958	30	0,267
Standardized Residual	0,965	30	0,408	Standardized Residual	0,958	30	0,267
Testung Homoskedastizität VAS_{Peak}				Testung Homoskedastizität VAS_{Trend}			
	Chi-Quadrat	df	Sig.		Chi-Quadrat	df	Sig.
	0,021	1	0,885		0,102	1	0,750
Abhängige Variable: $VO2_{Peak}$				Abhängige Variable: $VO2_{Peak}$			

Tabelle 3: Testung auf Normalverteilung, sowie Heteroskedastizität der Residuen (VAS_{Peak} und VAS_{Trend} bei TSST und MAST)

Cortisol_{Peak} und Cortisol_{Trend} TSST und MAST

Tabelle 4 zeigt die Testung der Residuen (Cortisol_{Peak} und Cortisol_{Trend}, sowohl beim TSST, als auch beim MAST) auf deren Normalverteilung, sowie deren Heteroskedastizität. Demnach kann aufgrund des Shapiro-Wilk Tests ($p = 0,268$ bei Cortisol_{Peak} und $p = 0,082$ bei Cortisol_{Trend}) sowohl beim TSST, als auch beim MAST, von einer Normalverteilung der Residuen ausgegangen werden. Ebenso zeigt sich aufgrund einer Signifikanz von $p = 0,339$ (Cortisol_{Peak}), beziehungsweise $p = 0,183$ (Cortisol_{Trend}) die Homoskedastizität der Residuen beim TSST und beim MAST. Demnach waren die Voraussetzungen zur Durchführung der multiplen linearen Regression gegeben.

Testung Normalverteilung Cortisol _{Peak}				Testung Normalverteilung Cortisol _{Trend}			
Shapiro-Wilk				Shapiro-Wilk			
	Statistik	df	Signifikanz		Statistik	df	Signifikanz
Unstandardized Residual	.954	27	.268	Unstandardized Residual	.933	27	.082
Standardized Residual	.954	27	.268	Standardized Residual	.933	27	.082
Testung Homoskedastizität Cortisol _{Peak}				Testung Homoskedastizität Cortisol _{Trend}			
	Chi-Quadrat	df	Sig.		Chi-Quadrat	df	Sig.
	.915	1	.339		1.770	1	.183
Abhängige Variable: VO2 _{Peak}				Abhängige Variable: VO2 _{Peak}			

Tabelle 4: Testung auf Normalverteilung, sowie Heteroskedastizität der Residuen (Cortisol_{Peak} und Cortisol_{Trend} bei TSST und MAST)

3.3.2 Multiple lineare Regression – VAS_{Peak} mit VO2_{Peak} und Test (TSST und MAST)

Der Prädiktortest zeigt keine signifikante Erklärungskraft für das maximale subjektive Stressempfinden ($\text{Beta} = 0,791$, $p = 0,339$). Entgegen der Hypothese zeigte VO2_{Peak} keinen signifikanten Zusammenhang mit VAS_{Peak} ($\text{Beta} = 0,301$, $p = 0,085$). Der getestete Interaktionsterm Test x VO2_{Peak} zeigte ebenfalls keinen signifikanten Zusammenhang mit VAS_{Peak}. Zusammengefasst kann das maximale subjektive Stressempfinden nicht durch eine höhere aerobe Leistungsfähigkeit beschrieben werden. MAST und TSST zeigen außerdem keine signifikanten Unterschiede im VAS_{Peak}. Die angegebenen Werte sind in Tabelle 5 ersichtlich.

Modell		Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Sig.
		Regressionskoeffizient B	Std.-Fehler	Beta		
1	(Konstante)	8,070	29,803		0,271	0,788
	VO2 _{Peak}	0,944	0,538	0,301	1,756	0,085
	Test (TSST/MAST)	40,681	42,148	0,791	0,965	0,339
	Interaktion Test (TSST/MAST) * VO2 _{Peak}	-1,082	0,760	-1,179	-1,424	0,160
Abhängige Variable: VAS _{Peak}						

Tabelle 5: Multiple lineare Regression VO2_{Peak} - VAS_{Peak} (TSST und MAST)

3.3.3 Multiple lineare Regression – VAS_{Trend} mit VO_{2Peak} und Test (TSST und MAST)

Der Prädiktortest zeigt keine signifikante Erklärungskraft für das maximale subjektive Stressempfinden abzüglich dem Basiswert (Beta = 0,691, p = 0,448). Entgegen der Hypothese zeigte VO_{2Peak} keinen signifikanten Zusammenhang mit VAS_{Trend} (Beta = 0,291, p = 0,077). Der getestete Interaktionsterm Test x VO_{2Peak} zeigte ebenfalls keinen signifikanten Zusammenhang mit VAS_{Trend}. Zusammengefasst kann das maximale subjektive Stressempfinden nicht durch eine höhere aerobe Leistungsfähigkeit beschrieben werden. MAST und TSST zeigen außerdem keine signifikanten Unterschiede im VAS_{Trend}. Die angegebenen Werte sind in Tabelle 6 ersichtlich.

Modell		Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Sig.
		Regressionskoeffizient B	Std.-Fehler	Beta		
1	(Konstante)	1,408	26,536		0,053	0,958
	VO _{2Peak}	0,861	0,479	0,291	1,799	0,077
	Test (TSST/MAST)	28,653	37,528	0,591	0,764	0,448
	Interaktion Test (TSST/MAST) * VO _{2Peak}	-0,941	0,677	-1,087	-1,390	0,170

Tabelle 6: Multiple lineare Regression VO_{2Peak} – VAS_{Trend} (TSST und MAST)

3.3.4 Multiple lineare Regression – Cortisol_{Peak} mit VO_{2Peak} und Test (TSST und MAST)

Der Prädiktortest zeigt keine signifikante Erklärungskraft für den maximalen Cortisolspiegel im Speichel (Beta = - 0,426, p = 0,645). Entgegen der Hypothese zeigte VO_{2Peak} keinen signifikanten Zusammenhang mit Cortisol_{Peak} (Beta = - 0,098, p = 0,623). Der getestete Interaktionsterm Test x VO_{2Peak} zeigte ebenfalls keinen signifikanten Zusammenhang mit Cortisol_{Peak}. Zusammengefasst kann das maximale subjektive Stressempfinden nicht durch eine höhere aerobe Leistungsfähigkeit beschrieben werden. MAST und TSST zeigen außerdem keine signifikanten Unterschiede im Cortisol_{Peak}. Die angegebenen Werte sind in Tabelle 7 ersichtlich.

Modell		Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Sig.
		Regressionskoeffizient B	Std.-Fehler	Beta		
1	(Konstante)	8,103	3,971		2,041	0,046
	VO _{2Peak}	-0,035	0,071	-0,098	-0,494	0,623
	Test (TSST/MAST)	-2,557	5,526	-0,426	-0,463	0,645
	Interaktion Test (TSST/MAST) * VO _{2Peak}	0,036	0,099	0,339	0,365	0,717

Tabelle 7: Multiple lineare Regression VO_{2Peak} - Cortisol_{Peak} (TSST und MAST)

3.3.5 Multiple lineare Regression – Cortisol_{Trend} mit VO_{2Peak} und Test (TSST und MAST)

Der Prädiktortest zeigt keine signifikante Erklärungskraft für den maximalen Cortisolspiegel im Speichel abzüglich dem Basiswert (Beta = - 0,051, p = 0,956). Entgegen der Hypothese

zeigte VO_{2Peak} keinen signifikanten Zusammenhang mit $Cortisol_{Trend}$ ($Beta = -0,046$, $p = 0,817$). Der getestete Interaktionsterm $Test \times VO_{2Peak}$ zeigte ebenfalls keinen signifikanten Zusammenhang mit $Cortisol_{Trend}$. Zusammengefasst kann das maximale subjektive Stressempfinden nicht durch eine höhere aerobe Leistungsfähigkeit beschrieben werden. MAST und TSST zeigen außerdem keine signifikanten Unterschiede im $Cortisol_{Trend}$. Die angegebenen Werte sind in Tabelle 8 ersichtlich.

Modell		Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Sig.
		Regressionskoeffizient B	Std.-Fehler	Beta		
1	(Konstante)	5,258	3,654		1,439	0,156
	VO_{2Peak}	-0,015	0,065	-0,046	-0,232	0,817
	Test (TSST/MAST)	-0,284	5,085	-0,051	-0,056	0,956
	Interaktion Test (TSST/MAST) * VO_{2Peak}	-0,011	0,091	-0,108	-0,117	0,908
	Abhängige Variable: $Cortisol_{Trend}$					

Tabelle 8: Multiple lineare Regression $VO_{2Peak} - Cortisol_{Trend}$ (TSST und MAST)

3.4 T-Test bei gepaarten Stichproben

3.4.1 T-Test bei gepaarten Stichproben – VAS

Der T-Test für gepaarte Stichproben (Tabelle 9) zeigt statistisch signifikante Unterschiede hinsichtlich der Mittelwerte des subjektiven Stressempfindens der Probanden im Vergleich zwischen TSST und MAST, sowohl bei der Variable VAS_{Peak} ($p = 0,002$) als auch bei der Variable VAS_{Trend} ($p = 0,001$). Demnach sind die angegebenen Mittelwerte beim TSST um 18,7 (VAS_{Peak}), beziehungsweise um 22,9 (VAS_{Trend}) signifikant höher als beim MAST, womit die Nullhypothese verworfen werden kann und es zur Annahme der Alternativhypothese kommt..

In Tabelle 10 ist außerdem die Effektgröße des angeführten T-Tests anhand des Cohen's d Wertes beschrieben. Demnach war die Effektgröße beim VAS_{Peak} mit einem Wert von $d = 0,61$ (95% CI [0,22; 1,00]) sowie beim VAS_{Trend} mit einem Wert von $d = 0,84$ (95% CI [0,42; 1,25]) groß.

		Gepaarte Differenzen							Signifikanz	
		Mittelwert	Std.- Abweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz		T	df	Einseitiges p	Zweiseitiges p
					Unterer Wert	Oberer Wert				
Paar 1	VAS _{Peak} (TSST)	18,667	30,397	5,550	7,316	30,017	3,364	29,000	0,001	0,002
	VAS _{Peak} (MAST)									
Paar 2	VAS _{Trend} (TSST)	22,933	27,242	4,974	12,761	33,106	4,611	29,000	<0,001	<0,001
	VAS _{Trend} (MAST)									

Tabelle 9: T-Test bei gepaarten Stichproben – VAS

					95% Konfidenzintervall	
			Standardisierer ^a	Punktschätzung	Unterer Wert	Oberer Wert
Paar 1	VAS _{Peak} (TSST)	Cohen's d	30,397	0,614	0,219	1,001
	VAS _{Peak} (MAST)	Hedges' Korrektur	31,212	0,598	0,213	0,974
Paar 2	VAS _{Trend} (TSST)	Cohen's d	27,242	0,842	0,419	1,254
	VAS _{Trend} (MAST)	Hedges' Korrektur	27,973	0,820	0,408	1,222

^a Der bei der Schätzung der Effektgrößen verwendete Nenner

Tabelle 10: Bestimmung der Effektgrößen beim T-Test für gepaarte Stichproben – VAS

3.4.2 T-Test bei gepaarten Stichproben – Cortisol

Der T-Test für gepaarte Stichproben (Tabelle 11) zeigt keine statistisch signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Mittelwerte des Cortisolgehalts im Speichel der Probanden im Vergleich zwischen TSST und MAST, sowohl bei der Variable Cortisol_{Peak} ($p = 0,260$) als auch bei der Variable Cortisol_{Trend} ($p = 0,107$), womit die Nullhypothese bestehen bleibt.

In Tabelle 12 ist außerdem die Effektgröße des angeführten T-Tests anhand des Cohen's d Wertes beschrieben. Demnach war die Effektgröße bei Cortisol_{Peak} mit einem Wert von $d = 0,125$ (95% CI [- 0,26; 0,50]) sowie bei Cortisol_{Trend} mit einem Wert von $d = 0,245$ (95% CI [- 0,14; 0,63]) klein. Die angeführten Werte können Tabelle 16 entnommen werden.

		Gepaarte Differenzen					Signifikanz			
		Mittelwert	Std.- Abweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz		T	df	Einseitiges p	Zweiseitiges p
					Unterer Wert	Oberer Wert				
Paar 1	Cortisol _{Peak} (TSST)	0,424	3,384	0,651	-0,914	1,763	0,652	26,000	0,260	0,520
	Cortisol _{Peak} (MAST)									
Paar 2	Cortisol _{Trend} (TSST)	0,805	3,288	0,633	-0,496	2,105	1,272	26,000	0,107	0,215
	Cortisol _{Trend} (MAST)									

Tabelle 11: T-Test bei gepaarten Stichproben – Cortisol

					95% Konfidenzintervall	
			Standardisierer ^a	Punktschätzung	Unterer Wert	Oberer Wert
Paar 1	Cortisol _{Peak} (TSST)	Cohen's d	3,384	0,125	-0,255	0,503
	Cortisol _{Peak} (MAST)	Hedges' Korrektur	3,486	0,122	-0,247	0,488
Paar 2	Cortisol _{Trend} (TSST)	Cohen's d	3,288	0,245	-0,141	0,625
	Cortisol _{Trend} (MAST)	Hedges' Korrektur	3,387	0,238	-0,136	0,607

^a Der bei der Schätzung der Effektgrößen verwendete Nenner

Tabelle 12: Bestimmung der Effektgrößen beim T-Test für gepaarte Stichproben - Cortisol

4 Diskussion

4.1 Zielsetzung

In dieser Arbeit wurde vordergründig untersucht, ob aerob leistungsfähigere gesunde männliche Personen, gemessen an der VO_{2Peak} , stressresistenter, gemessen am subjektiven Stressempfinden sowie am Cortisolspiegel im Speichel der Probanden sind, als weniger aerob leistungsfähigere männliche Personen. Es wurde somit versucht herauszufinden, ob die Variablen $Cortisol_{Peak}$ und $Cortisol_{Trend}$, beziehungsweise VAS_{Peak} und VAS_{Trend} , sowohl beim TSST als auch beim MAST, mit einer höheren VO_{2Peak} erklärbar sind.

Dadurch hat es sich die vorliegende Studie zum Ziel gesetzt die bisherige Forschungslage, beziehungsweise das bisherige Wissen, dahingehend zu ergänzen, welche Möglichkeiten und Ansätze bestehen könnten, um die Stressresistenz zu erhöhen und somit in weiterer Folge die Gesundheit zu fördern, beziehungsweise im Sport das Risiko der Verletzungsprävalenz zu reduzieren und die Erholung von solchen zu begünstigen.

Hinsichtlich der gestellten Subfragestellung sollte nebensächlich ermittelt werden ob, bei gesunden männlichen Probanden, mithilfe des TSST und des MAST unterschiedlich hohe Stressreaktionen, gemessen am subjektiven Stressempfinden (VAS) sowie am Cortisolspiegel im Speichel, erzeugt werden konnten. Dies sollte in Zukunft Schlüsse für weitere Untersuchungen bieten und das Wissen über die Einsatzmöglichkeiten der beiden Stresstests erweitern.

4.2 Wichtigste Ergebnisse

Bei der vorliegenden Arbeit wurde vor Studienbeginn hypothetisiert, dass gesunde männliche Personen umso stressresistenter sind, je höher deren VO_{2Peak} bei der Spiroergometrie war. Des Weiteren sollte nebenbei herausgefunden werden, mit welchem Stresstest höhere Stressreaktionen provozierbar waren.

Unter Verwendung der multiplen linearen Regression bei SPSS konnte gezeigt werden, dass sowohl das subjektive Stressempfinden (VAS_{Peak} und VAS_{Trend}), als auch der Cortisolspiegel ($Cortisol_{Peak}$ und $Cortisol_{Trend}$) nicht mit einer höheren VO_{2Peak} erklärbar sind, was die Erkenntnis nahelegt, dass das Ausmaß der aeroben Leistungsfähigkeit, beziehungsweise kardiorespiratorischen Fitness nicht zwingend bestimmend für die Höhe

der Resistenz gegen Stress ist. Somit kann die ursprünglich angenommene Hypothese als falsch betrachtet und verworfen werden.

Außerdem wurde veranschaulicht, dass mithilfe des TSST, bezogen auf das subjektive Stressempfinden, höhere Stressreaktionen ausgelöst werden konnten, als im Zuge des MAST. Dies traf hinsichtlich des Cortisolspiegels im Speichel der Probanden nicht zu. Demnach können Empfehlungen ausgesprochen werden, dass der TSST als ein probateres Mittel, als der MAST angesehen werden kann, um das subjektive Stressempfinden, nicht jedoch den Cortisolspiegel im Speichel, von Probanden im Laborsetting zu erhöhen.

4.3 Ergebnisse im Kontext der Literatur

Werden diese Ergebnisse in den Kontext der bisherigen Forschungslage gesetzt, wonach anzunehmen ist, dass eine verringerte Stressresistenz mitunter als Ursache für Erkrankungen des Stoffwechsels, des Herzkreislauf-, Nerven-, Immun- und gastrointestinalen Systems, sowie der Psyche mitverantwortlich sein kann (Chojnowska et al., 2021; Kivimäki & Steptoe, 2018; Labanski et al., 2020; Lisco et al., 2024; Park et al., 2019; Segerstrom & Miller, 2004; Steptoe & Kivimäki, 2013; Tomiyama, 2019; Vaccarino & Bremner, 2024; Yaribeygi et al., 2017; Zefferino et al., 2021), beziehungsweise im Sport die Verletzungsgefahr erhöht (Contreras et al., 2023; Hardy, 1992; Nippert & Smith, 2008) und die Erholungszeit nach bereits entstandenen Schädigungen maßgeblich negativ beeinflusst (Nippert & Smith, 2008), erscheint es, dass der Grad der aeroben Leistungsfähigkeit nicht die Kapazität der Stressresistenz erhöht und somit nicht für die Anfälligkeit für eben genannte Erkrankungen, beziehungsweise Verletzungen bestimmend ist.

Dies widerspricht bisherigen Forschungen, bei denen der Ausprägungsgrad der Fitness in Korrelation zur Stressresistenz gestellt wurde. Kettunen et al. (2016) kamen in deren Querschnittstudie zu dem Ergebnis, dass bei 824 finnischen Männern (Durchschnittsalter von 25 Jahren), jene mit einer niedrigen kardiorespiratorischen Fitness um 12% mehr Stresssymptome aufwiesen als die, mit einer moderaten kardiorespiratorischen Fitness. Im Vergleich zu einer hohen kardiorespiratorischen Fitness waren es sogar 13%. Derselbe Hauptautor fand bereits in einer Querschnittstudie von 2014 heraus, dass eine geringere kardiorespiratorische Fitness mit 8-9% höheren Stresssymptomen assoziiert war, als bei besserem Leistungsvermögen (Kettunen et al., 2014). Zu ähnlichen Ergebnissen kommen Avitsland et al. (2020). Demnach zeigten die darin inkludierten 1486 Jugendlichen (Durchschnittsalter 13,9 Jahre) eine geringere psychische Belastung, je höher die

kardiorespiratorische Fitness war. Ergänzend liefern Gerber et al. (2014) die Erkenntnis, dass Polizisten eine bessere mentale Gesundheit zeigten, je höher deren selbst wahrgenommene Fitness war. Gerber et al. (2013) heben heraus, dass gesunde Erwachsene (Durchschnittsalter von 39,2 Jahren) signifikant weniger Burnout- und Depressionssymptome aufwiesen, wenn diese eine moderate und hohe Fitness zeigten. Dass der Grad der kardiorespiratorischen Fitness entscheidend für die Stressresistenz zu sein vermag, belegen auch Lindegard et al. (2019). Im Vergleich zu den oben genannten Studien allerdings dahingehend, dass in jener Arbeit einem mittleren Fitnessniveau Vorteile gegenüber einem hohen kardiorespiratorischen Leistungsvermögen zugeschrieben werden, wenn es um die Wirkung gegen Erschöpfung bei Frauen mit klinischer Erschöpfungsstörung geht. Zustimmung finden diese Arbeiten einerseits durch die Untersuchungen von Decamps et al. (2012), wonach Studenten mit intensiver Ausübung von Sport geringere Werte bei generellem und akademischem Stress, sowie höhere Selbstwirksamkeit aufweisen und andererseits durch Diaz-Silveira et al. (2020), die zu dem Ergebnis kamen, dass Stress durch physische Aktivität reduziert werden kann. Ho et al. (2018) und Banasik et al. (2011) ergänzen die eben genannten Erkenntnisse durch den physiologischen Aspekt, nämlich dahingehend, dass der Cortisolspiegel im Körper bei den in diesen Studien inkludierten Proband*innen durch physische Aktivität gesenkt werden konnte. Des Weiteren dürfte sich die Ausübung aerober Aktivitäten positiv auf die Aktivität der im Körper befindlichen Stressachsen auswirken (Arikawa et al., 2013)

Zusammenfassend kamen die oben genannten Autoren somit zu dem Ergebnis, dass die Ausprägung der, insbesondere kardiorespiratorischen, Fitness und körperliche Betätigung im Allgemeinen entscheidend für die Resistenz gegen Stress ist (Arikawa et al., 2013; Avitsland et al., 2020; Banasik et al., 2011; Decamps et al., 2012; Diaz-Silveira et al., 2020; Gerber et al., 2014; Gerber et al., 2013; Ho et al., 2018; Kettunen et al., 2014; Kettunen et al., 2016; Lindegard et al., 2019). Dabei sind, verglichen mit der vorliegenden Arbeit, sowohl Unterschiede als auch Gemeinsamkeiten in der Erarbeitung der Ergebnisse zu erkennen. Beispielweise wurde meist die $VO_{2\text{Max}}$ als Kennwert für die Erfassung der kardiorespiratorischen Leistungsfähigkeit herangezogen (Gerber et al., 2013; Kettunen et al., 2014; Kettunen et al., 2016; Lindegard et al., 2019), wobei nicht, wie in dieser Studie, zwischen $VO_{2\text{Max}}$ und $VO_{2\text{Peak}}$ unterschieden wurde (Poole & Jones, 2017). Anders als bei dieser Studie war die Art der Erhebung der kardiorespiratorischen Fitness bei der Querschnittsstudie von Avitsland et al. (2020). Als Indikator wurde hier die gelaufene Distanz in Metern bei einem intermittierenden Lauftest herangezogen. Da dies durch zahlreiche Faktoren, wie zum Beispiel das Geschlecht, die Laufökonomie, muskuläre Kraftkomponenten und so weiter, beeinflusst wird, ist die Aussagekraft der Ergebnisse zu

hinterfragen und erschwert die Vergleichbarkeit mit der vorliegenden Arbeit. Zudem waren die Proband*innen, im Vergleich zu dieser Studie biologisch männlich und weiblich sowie im Durchschnitt um einiges jünger (13,9 zu 28,7 Jahren), was ebenso die Vergleichbarkeit beeinflusst. Zur Erhebung der Fitness der Querschnittsstudie von Gerber et al. (2014) mussten sich die Probanden selbst auf einer Skala von 1-10 bewerten. Da hier unklar bleibt, wie gut sich teilnehmende Personen selbst einschätzen können und ansonsten keine objektiven Parameter für den Grad der Fitness angegeben werden, fällt auch hier die Vergleichbarkeit der Methodik schwer. Die Studie von Decamps et al. (2012) definiert das sportliche Leistungsniveau der Proband*innen anhand der Anzahl der durchgeführten Stunden pro Woche, wodurch die aerobe Leistungskapazität gänzlich außen vor bleibt.

Hinsichtlich der Erfassung der Stressresistenz wurde diese in allen bisher genannten Vergleichsstudien in Form von Fragebögen erhoben (Avitsland et al., 2020; Gerber et al., 2014; Gerber et al., 2013; Kettunen et al., 2014; Kettunen et al., 2016; Lindegard et al., 2019). Diese wurden beispielsweise retrospektiv in einmaliger Form (Avitsland et al., 2020) oder wie bei der Studie von Lindegard et al. (2019) mehrmalig über einen längeren Zeitraum, von den Teilnehmer*innen beantwortet. Aufgrund der beschriebenen Art der Datenerhebung, in Hinsicht auf die Stressresistenz, kann davon ausgegangen werden, dass die teilnehmenden Proband*innen zum Zeitpunkt der Angaben nicht akutem Stress ausgesetzt waren, wie es in der vorliegenden Arbeit der Fall war. In dieser Studie wurde ein objektiver Parameter (Cortisollevel im Speichel) zur Quantifizierung des Stresses unter akuter Stresseinwirkung im Laborsetting herangezogen. Weiters wurden die Probanden während der Stresserhebung einer direkten Intervention ausgesetzt.

Dadurch könnten sich die Ergebnisse grundsätzlich unterscheiden und es ergibt sich die Hypothese, dass der Cortisolspiegel im Speichel den tatsächlichen Stress valider darstellt, als subjektiv empfundene Wahrnehmungen.

Anders als in den bisher beschriebenen Untersuchungen, ergänzen die Ergebnisse der vorliegenden Studie jene von Neumann et al. (2022). Hier kamen die Autoren zu dem Ergebnis, dass die kardiorespiratorische Fitness keinen signifikanten Einfluss auf die Stressresistenz hatte. Allerdings sollen auch hier die Unterschiede in der Methodik hervorgehoben werden. Zum Einen wurde hierbei der empfundene Stress der Proband*innen über einen Zeitraum von neun Monaten mittels Online-Monitoring erhoben. Zum Anderen kam, zur Erhebung der $VO_{2\text{Max}}$, der Chester Step Test zum Einsatz und nicht, wie in der vorliegenden Arbeit, mittels Ausbelastungstest am Fahrradergometer. Die $VO_{2\text{Max}}$ wurde außerdem lediglich anhand der Herzfrequenz geschätzt und nicht mittels Spirometrie genau evaluiert. Des Weiteren kamen Wunsch et al. (2021) in ihrem

systematischen Review zu dem Ergebnis, dass in den darin inkludierten Studien insgesamt ein negativer Zusammenhang zwischen physischer Aktivität und Stress besteht.

In der momentanen Literatur finden sich außerdem Studien, die, neben den Auswirkungen kardiorespiratorischer Fitness, auch die Korrelation zwischen anderen körperlichen Komponenten und der Stressresistenz untersuchen. Beispielsweise scheint die muskuläre Fitness ebenfalls einen positiven Einfluss auf die Stressresistenz zu nehmen (Kettunen et al., 2014; Kettunen et al., 2016; Neumann et al., 2022). Des Weiteren dürfte es, unabhängig davon, ob die Stressresistenz durch die kardiorespiratorische oder die muskuläre Fitness beeinflusst wird, Faktoren geben, die die benannten Zusammenhänge begünstigen oder beeinträchtigen. So heben zum Beispiel Gerber et al. (2014) heraus, dass physische Fitness nur dann als Puffer gegen Stress eingesetzt werden kann, wenn guter Schlaf als Voraussetzung gegeben ist. Kettunen et al. (2016) wiederum kamen zu dem Ergebnis, dass die kardiorespiratorische Fitness bei Teilnehmern mit Übergewicht nicht vor Stress schützt, sehr wohl aber bei Teilnehmern, die normalgewichtig waren. Außerdem weisen Klaperski et al. (2012) langanhaltender Ausübung von Sport einen Stress puffenden Effekt nach, allerdings scheint dieser abhängig von Alter und Geschlecht. Zuletzt dürfte diesbezüglich auch der Selbstwirksamkeit eine entscheidende Rolle zugeschrieben werden (Neumann et al., 2022). In der vorliegenden Arbeit wurde bei der Auswertung der Ergebnisse auf solche beeinflussenden Faktoren keine Rücksicht genommen, wodurch auch hier Unterscheidungen zu bisherigen Vergleichsarbeiten auftreten.

Abschließend konnte, aus logistischer Sicht, durch die vorliegende Arbeit gezeigt werden, dass mithilfe der hierbei verwendeten Protokollformen (TSST, MAST und Spiroergometrie), verwertbare Ergebnisse erzielt werden können, womit in Zukunft weitere Möglichkeiten zur Durchführung angeboten werden. So wird zum Beispiel das Repertoire an möglichen verwendbaren Protokollen der Spiroergometrie, die in den Übersichtsarbeiten von Windhaber et al. (2021) und Faria et al. (2005) zusammengefasst werden, um ein weiteres ergänzt. Gleiches gilt für die Durchführung des TSST, sowie des MAST, wonach bisher verschiedenste Variationen zum Einsatz kamen. So zeigen sich zum Beispiel beim TSST, je nach Autor, Unterschiede in der Vorbereitungszeit (Bobel et al., 2018; Drake et al., 2017; Inagaki & Eisenberger, 2016), der Anzahl der Juror*innen (Buchanan et al., 2014; Het et al., 2015; Jiang et al., 2017), oder der Gesamtdauer (Giles et al., 2014; Reinelt et al., 2019). Unumstritten erscheint in jedem Fall, dass beide Testverfahren Stressreaktionen im Körper auslösen, die zu einem Anstieg des Levels an Cortisol im Speichel führen, womit die aktuell gängige Meinung (Kirschbaum et al., 1993; Labuschagne et al., 2019; Narvaez Linares et

al., 2020; Smeets et al., 2012) durch die hier durchgeführte Untersuchung bestätigt, beziehungsweise durch den Aspekt des subjektiven Stressempfindens, ergänzt wird.

In Bezug auf die oben diskutierten Absätze kommt es durch die hier bearbeitete Studie insgesamt zu einer Ergänzung der bisherigen Forschungslage zum Thema Stressresistenz in Abhängigkeit zur aeroben Leistungsfähigkeit, sowie hinsichtlich der beiden Stresstests TSST und MAST. Dies erscheint deswegen relevant, da Personen, die körperlich aktiver sind, weniger dazu tendieren, stressbedingte Krankheiten zu entwickeln (Gerber & Puhse, 2009). Allerdings wurde in der vorliegenden Arbeit erstmals die aerobe Leistungskapazität (in Form der VO_{2Peak}) in Korrelation zu akutem Stressempfinden während direkter Anwendung von Stressoren, im Zuge einer Laboruntersuchung, gestellt.

4.2 Ergebnisinterpretation

Anhand der angeführten erworbenen Ergebnisse sind Unterschiede zwischen dem subjektiven Empfinden und dem objektiven Cortisolspiegel im zeitlichen Verlauf der VAS-Angaben, beziehungsweise der Entnahme der Speichelproben erkennbar. Demnach gaben die Teilnehmer im Schnitt den Zeitpunkt „0“, also direkt nach Beendigung des jeweiligen Testverfahrens, als am stressvollsten an. An zweiter Stelle konnte die $VAS_{Anticipation}$, also der Zeitpunkt unmittelbar vor dem jeweiligen Testverfahren, gereiht werden (Abbildung 7). Anders verhielt es sich beim gemessenen Cortisolspiegel im Speichel der Probanden. Hier waren die durchschnittlichen Werte zehn Minuten nach Beendigung des TSST oder MAST am höchsten und 20 Minuten nach Beendigung des TSST oder MAST am zweithöchsten (Abbildung 8). Dass die Cortisolwerte in der Nachbereitungsphase, also nach Beendigung des durchgeführten Stresstests, in Relation zum gesamten Verlauf, beziehungsweise im Vergleich zum subjektiven Stressempfinden, welches nach Beendigung des Tests wieder relativ schnell sank, durchaus hoch waren, könnte an der Halbwertszeit von Cortisol im Körper liegen, die laut Weitzman et al. (1971) bei 66 Minuten liegt. Demnach war es für die Teilnehmer rein physiologisch nicht möglich, das angefallene Cortisol im Körper schneller abzubauen, als es im zeitlichen Verlauf ersichtlich ist. Ein weiterer Erklärungsgrund für diesen Sachverhalt könnte sein, dass die VAS das Stressempfinden aktueller darstellt und die Annahme besteht, dass sich Probanden nach einer zehnminütigen Ruhephase weniger gestresst fühlen, als unmittelbar danach. Entgegengesetzt dazu scheint die Freisetzung von Cortisol nach einer akuten Stresssituation mit einer zeitlichen Verzögerung von zehn bis zwanzig Minuten im Speichel messbar zu sein (Smyth et al., 2015). Diese Dauer resultiert laut Smyth et al. (2015) aus der Aktivierung der Hypothalamus-Hypophysen-

Nebennierenrinden-Achse und deckt sich mit den Ergebnissen der Übersichtsarbeit von Allen et al. (2014), wonach der Cortisolspiegel im Speichel typischerweise zehn Minuten nach Beendigung des TSST seinen Höhepunkt erreicht. Diese Aussagen spiegeln sich im zeitlichen Verlauf der Ergebnisse dieser Arbeit wieder

Des Weiteren kann den Abbildungen 7 und 8, sowie den Ergebnissen des durchgeführten T-Tests (Tabelle 9) entnommen werden, dass die teilnehmenden Probanden, den TSST als statistisch signifikant stressiger empfanden als den MAST, sowohl auf den zeitlichen Verlauf, als auch bezogen auf die Werte VAS_{Peak} und VAS_{Trend} . Diese Ergebnisse sind größtenteils, wenn auch nicht ganz, mit den Cortisolwerten vergleichbar, jedoch hierbei ohne statistische Signifikanz. Da der TSST im Vergleich zum MAST, durch den hauptsächlich physischer Stress erzeugt wird (Smeets et al., 2012), vermehrt psychosozialen Stress erzeugt (Kirschbaum et al., 1993) könnte darin die Erklärung für diese Resultate liegen. Demnach scheinen männliche Personen psychosozialen Stress als emotional herausfordernder zu empfinden, wohingegen physischer Stress als etwas wahrgenommen wird, dass durch Anstrengung überwunden werden kann (Taylor et al., 2000). Des Weiteren kann davon ausgegangen werden, dass den Probanden, trotz des physischen Schmerzes und der Stresssituation in der sie sich befanden, bewusst war, dass der physische Schmerz, aufgrund des Laborsettings in dem sie sich befanden, mit keinem bleibenden Schaden einhergeht. Kajantie and Phillips (2006) weisen außerdem darauf hin, dass es bei Männern durch psychosozialen Stress zu einer intensiveren Cortisolausschüttung kommt, als bei Frauen.

4.1 Limitationen

Im Zuge der empirischen Datenerhebung, sowie hinsichtlich der Ergebnisse, weist die vorliegende Studie einige Limitationen auf, die im nachstehenden aufgearbeitet werden sollen. Diese Limitationen sollen mögliche Ansätze, beziehungsweise Erklärungsgründe dafür liefern, warum die vorliegenden Studienergebnisse negativ waren und die ursprünglich angenommene Haupthypothese verworfen werden musste.

4.2.1 Methodische Limitationen

Es besteht die Annahme, dass die Anzahl der teilnehmenden Probanden ($n = 30$) zu klein war, um einen umfassenden Beweis dafür zu erbringen, ob der Grad der aeroben Leistungsfähigkeit entscheidend für die Stressresistenz sein könnte.

Außerdem wurden hierbei lediglich männliche Testpersonen zur Auswertung herangezogen, wobei es durchaus sinnvoll erscheint, ebenso weibliche Kandidatinnen mit

einzu beziehen, um eine verlässliche Aussage bezüglich der gestellten Haupt- und Subfragestellung treffen zu können und diese auf die Allgemeinbevölkerung umzulegen. Auf diese beiden Limitationspunkte wurde im Zuge dieser Arbeit vom Autor aufgrund des logistischen Mehraufwands sowie in Absprache mit der betreuenden Person bewusst verzichtet.

Bezogen auf die verwendeten Testverfahren, soll hier ebenso auf einige Limitationen hingewiesen werden. So erscheint es möglich, dass sich die Probanden im Zuge der Ausführung der Spiroergometrie unterschiedlich verausgabten. Zwar wurde von der Testleitung auf das Fahren bis zur vollständigen Ausbelastung hingewiesen, da diese aber höchst subjektiv und von vielen Faktoren abhängt, besteht die Wahrscheinlichkeit, dass die Werte der VO_{2Peak} nicht bis zur Vollständigkeit vergleichbar sind. Beeinflussende Faktoren könnten zum Beispiel die allgemeine Tagesverfassung oder der Erschöpfungszustand im Tagesverlauf sein. So waren Probanden, die die Testung beispielsweise am Abend nach der Arbeit absolvierten eventuell von Grund auf erschöpfter, als Probanden, die am Vormittag erschienen, oder sich davor nicht körperlich betätigten. Außerdem zu beachten gilt, dass das Ausmaß der Ausbelastung nicht einzig vom körperlichen Leistungszustand abhängt, sondern auch von der Bekanntschaft mit dem Gerät, also dem Fahrradergometer, oder der allgemeinen Vertrautheit mit aerob ausbelastenden Zuständen.

Zuletzt besteht die Möglichkeit, dass es zu technischen Messungenauigkeiten der verwendeten Gerätschaften bei der Spiroergometrie kam. So passierte es zum Beispiel in vereinzelten Fällen, dass kurze Ausfälle der Messung auftraten. Dem wurde damit versucht entgegenzuwirken, als dass es bei zu langen Ausfällen zu einem Neustart, oder einer Verschiebung des Termins kam.

Hinsichtlich der Stresstests, also dem TSST und dem MAST, bestand in jedem Fall das Risiko, dass die Stressoren, also die Juror*innen beim TSST sowie die die PowerPoint Präsentation präsentierende Person beim MAST, die Probanden durch die unterschiedliche Interpretation der jeweiligen Rolle unterschiedlich stark unter Stress setzten. Gleiches gilt für die Testleitung am jeweiligen Testtag. Des Weiteren besteht zumindest die Hypothese, dass teilnehmende Personen, die in ihrem bisherigen Leben bereits an einer Studie teilnahmen, grundsätzlich entspannter mit der Stresssituation umgehen konnten und somit eventuell geringere „Stresswerte“ aufwiesen, als jene Personen die sich zum ersten Mal einem solchen Setting ausgesetzt sahen. Es ist anzunehmen, dass hierbei die Vertrautheit und die Gewissheit, dass keine ernsthafte

Bedrohung besteht und man jederzeit aus der vorherrschenden Situation entfliehen kann, eine entscheidende Rolle spielen.

Zuletzt war es möglich, dass sich teilnehmende Personen vor den Testtagen nicht an die vorgegebenen Voraussetzungen hielten und dies der Testleitung beim Durchgehen der Einverständniserklärung nicht, oder falsch mitteilten. So könnte zum Beispiel durch die Einnahme von Koffein kurz vor der Spiroergometrie die Leistung gesteigert werden, oder durch Einnahme von Nahrung vor den Stresstests, die Cortisolwerte im Speichel verfälscht oder ungenau messbar gemacht werden.

4.2.2 Ergebnisbezogene Limitationen

Als weitere, auf die Ergebnisse bezogene Limitation soll hier erwähnt werden, dass die Sätze an Speichelproben, die zur Messung des Cortisolspiegels, bei normalerweise vollständiger Anzahl insgesamt zwölf Proben pro Proband (jeweils 6 beim TSST und beim MAST), bei zehn Probanden inkomplett waren. Bei zwei Teilnehmern fehlte der gesamte Probensatz, ansonsten waren einzelne Proben nicht vorhanden. Diese fehlenden Cortisolwerte konnten bei der Auswertung nicht berücksichtigt werden, wonach anzunehmen ist, dass die Ergebnisse gegebenenfalls, bei vollständiger Probenanzahl, anderen Tendenzen aufgewiesen hätten.

4.4 Zusammenfassung und Ausblick

Basierend auf den Ergebnissen der vorliegenden Studie kann zusammenfassend keine Empfehlung dafür ausgesprochen werden, dass gesunde, männliche Personen, die, gemessen an der VO_{2Peak} im Zuge einer Spiroergometrie, eine höhere aerobe Leistungsfähigkeit aufweisen, stressresistenter, gemessen am Cortisolspiegel, und am subjektiven Stressempfinden im Zuge des TSST und des MAST sind, als gesunde, männliche Personen, die, gemessen an der VO_{2Peak} im Zuge einer Spiroergometrie eine niedrigere aerobe Leistungsfähigkeit aufweisen. Jedoch erscheint der TSST ein probateres Mittel als der MAST zu sein, um höhere subjektive Stressreaktionen bei männlichen Personen auszulösen, wohingegen bei der Erhöhung des Cortisolspiegels im Speichel keine Unterschiede zwischen den Testverfahren feststellbar waren.

Da im Zuge der Ergebnisforschung einige Limitationen auftraten, ist es durchaus empfehlenswert, in Zukunft weitere Untersuchungen in diesem Gebiet anzustreben. Die Studie war auf eine Stichprobengröße von 30 Probanden beschränkt, was die Generalisierbarkeit der Ergebnisse einschränken könnte. Zukünftige Studien sollten eine größere und diversere Stichprobe einschließen, um robustere Aussagen treffen zu können. Außerdem wäre es sinnvoll, die Teilnehmerliste durch weibliche Probandinnen zu

ergänzen, um einerseits gegebenenfalls Geschlechterunterschiede in den jeweiligen Stressreaktionen festzustellen und andererseits eine größere Stichprobenanzahl zu erreichen um, wie bereits erwähnt, verlässlichere Aussagen zu erhalten. Des Weiteren macht es Sinn, die Auswertung mit einem vollständigen Satz an Cortisolproben durchzuführen, damit die Testergebnisse an Validität gewinnen. Zuletzt könnte der Aspekt der körperlichen Leistungsfähigkeit, in der vorliegenden Arbeit durch die VO_{2Peak} definiert, durch weitere oder andere Kennzahlen erweitert werden. So könnten zum Beispiel quantitative Werte für technische Fähig- und Fertigkeiten, Kraft, psychische oder soziale Fähigkeiten für die Untersuchung herangezogen, beziehungsweise in Korrelation zu subjektivem Stressempfinden und Cortisolspiegel, gestellt werden.

Literaturverzeichnis

- Allen, A. P., Kennedy, P. J., Cryan, J. F., Dinan, T. G., & Clarke, G. (2014). Biological and psychological markers of stress in humans: focus on the Trier Social Stress Test. *Neurosci Biobehav Rev*, 38, 94-124.
<https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2013.11.005>
- Allen, A. P., Kennedy, P. J., Dockray, S., Cryan, J. F., Dinan, T. G., & Clarke, G. (2017). The Trier Social Stress Test: Principles and practice. *Neurobiol Stress*, 6, 113-126.
<https://doi.org/10.1016/j.ynstr.2016.11.001>
- Arikawa, A. Y., Thomas, W., Patel, S. R., & Kurzer, M. S. (2013). No effect of exercise on urinary 6-sulfatoxymelatonin and catecholamines in young women participating in a 16-week randomized controlled trial. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev*, 22(9), 1634-1636. <https://doi.org/10.1158/1055-9965.EPI-13-0583>
- Ashley, E. A., Myers, J., & Froelicher, V. (2000). Exercise testing in clinical medicine. *Lancet*, 356(9241), 1592-1597. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(00\)03138-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(00)03138-X)
- Avitsland, A., Leibinger, E., Haugen, T., Lerum, O., Solberg, R. B., Kolle, E., & Dyrstad, S. M. (2020). The association between physical fitness and mental health in Norwegian adolescents. *BMC Public Health*, 20(1), 776.
<https://doi.org/10.1186/s12889-020-08936-7>
- Banasik, J., Williams, H., Haberman, M., Blank, S. E., & Bendel, R. (2011). Effect of Iyengar yoga practice on fatigue and diurnal salivary cortisol concentration in breast cancer survivors. *J Am Acad Nurse Pract*, 23(3), 135-142.
<https://doi.org/10.1111/j.1745-7599.2010.00573.x>
- Bergh, C., Udumyan, R., Fall, K., Almroth, H., & Montgomery, S. (2015). Stress resilience and physical fitness in adolescence and risk of coronary heart disease in middle age. *Heart*, 101(8), 623-629. <https://doi.org/10.1136/heartjnl-2014-306703>
- Bieling, P. J., Antony, M. M., & Swinson, R. P. (1998). The State-Trait Anxiety Inventory, Trait version: structure and content re-examined. *Behav Res Ther*, 36(7-8), 777-788. [https://doi.org/10.1016/s0005-7967\(98\)00023-0](https://doi.org/10.1016/s0005-7967(98)00023-0)
- Bobel, T. S., Hackl, S. B., Langgartner, D., Jarczok, M. N., Rohleder, N., Rook, G. A., Lowry, C. A., Gundel, H., Waller, C., & Reber, S. O. (2018). Less immune activation following social stress in rural vs. urban participants raised with regular or no animal contact, respectively. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 115(20), 5259-5264.
<https://doi.org/10.1073/pnas.1719866115>
- Buchanan, T. W., Laures-Gore, J. S., & Duff, M. C. (2014). Acute stress reduces speech fluency. *Biol Psychol*, 97, 60-66. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2014.02.005>

- Buchfuhrer, M. J., Hansen, J. E., Robinson, T. E., Sue, D. Y., Wasserman, K., & Whipp, B. J. (1983). Optimizing the exercise protocol for cardiopulmonary assessment. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol*, 55(5), 1558-1564.
<https://doi.org/10.1152/jappl.1983.55.5.1558>
- Chojnowska, S., Ptaszynska-Sarosiek, I., Kepka, A., Knas, M., & Waszkiewicz, N. (2021). Salivary Biomarkers of Stress, Anxiety and Depression. *J Clin Med*, 10(3).
<https://doi.org/10.3390/jcm10030517>
- Contreras, D. W., Granquist, M. D., & Martin, L. A. (2023). Stress, Sport Anxiety, Neuroticism, and Coping in Student-Athletes: Implications for Patient Mental Health. *J Athl Train*, 58(9), 733-739. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-0527.22>
- Covassin, T., Beidler, E., Ostrowski, J., & Wallace, J. (2015). Psychosocial aspects of rehabilitation in sports. *Clin Sports Med*, 34(2), 199-212.
<https://doi.org/10.1016/j.csm.2014.12.004>
- Day, J. R., Rossiter, H. B., Coats, E. M., Skasick, A., & Whipp, B. J. (2003). The maximally attainable VO₂ during exercise in humans: the peak vs. maximum issue. *J Appl Physiol* (1985), 95(5), 1901-1907. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00024.2003>
- de Wit, J., Bakker, L. A., van Groenestijn, A. C., Baardman, J. F., van den Berg, L. H., Visser-Meily, J. M. A., & Schröder, C. D. (2019). Psychological distress and coping styles of caregivers of patients with amyotrophic lateral sclerosis: a longitudinal study. *Amyotroph Lateral Scler Frontotemporal Degener*, 20(3-4), 235-241.
<https://doi.org/10.1080/21678421.2018.1534976>
- Decamps, G., Boujut, E., & Brisset, C. (2012). French college students' sports practice and its relations with stress, coping strategies and academic success. *Front Psychol*, 3, 104. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2012.00104>
- Diaz-Silveira, C., Alcover, C. M., Burgos, F., Marcos, A., & Santed, M. A. (2020). Mindfulness versus Physical Exercise: Effects of Two Recovery Strategies on Mental Health, Stress and Immunoglobulin A during Lunch Breaks. A Randomized Controlled Trial. *Int J Environ Res Public Health*, 17(8).
<https://doi.org/10.3390/ijerph17082839>
- Dickerson, S. S., & Kemeny, M. E. (2004). Acute stressors and cortisol responses: a theoretical integration and synthesis of laboratory research. *Psychol Bull*, 130(3), 355-391. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.130.3.355>
- Doul, M., Koehl, P., Betsch, M., Sesselmann, S., & Schuh, A. (2023). Return to Sport after Surgical Treated Tibial Plateau Fractures. *Georgian Med News*(335), 64-68.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/37042591>

- Drake, C. L., Cheng, P., Almeida, D. M., & Roth, T. (2017). Familial Risk for Insomnia Is Associated With Abnormal Cortisol Response to Stress. *Sleep*, 40(10).
<https://doi.org/10.1093/sleep/zsx143>
- Dwyer, T., Ajrawat, P., Lameire, D. L., Betsch, M., Whelan, D., Shahrokhi, S., Theodoropoulos, J., Hoit, G., & Chahal, J. (2025). The Minimum Patient Acceptable Symptom State for the ACL-Return to Sport after Injury Scale Among Patients Treated With Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Orthopedics*, 48(1), 20-24. <https://doi.org/10.3928/01477447-20240918-04>
- Fakoya, A. O. J., Otohinoyi, D. A., & Yusuf, J. (2018). Current Trends in Biomaterial Utilization for Cardiopulmonary System Regeneration. *Stem Cells Int*, 2018, 3123961. <https://doi.org/10.1155/2018/3123961>
- Faria, E. W., Parker, D. L., & Faria, I. E. (2005). The science of cycling: physiology and training - part 1. *Sports Med*, 35(4), 285-312. <https://doi.org/10.2165/00007256-200535040-00002>
- Fleg, J. L., Pina, I. L., Balady, G. J., Chaitman, B. R., Fletcher, B., Lavie, C., Limacher, M. C., Stein, R. A., Williams, M., & Bazzarre, T. (2000). Assessment of functional capacity in clinical and research applications: An advisory from the Committee on Exercise, Rehabilitation, and Prevention, Council on Clinical Cardiology, American Heart Association. *Circulation*, 102(13), 1591-1597.
<https://doi.org/10.1161/01.cir.102.13.1591>
- Fletcher, G. F., Balady, G. J., Amsterdam, E. A., Chaitman, B., Eckel, R., Fleg, J., Froelicher, V. F., Leon, A. S., Pina, I. L., Rodney, R., Simons-Morton, D. A., Williams, M. A., & Bazzarre, T. (2001). Exercise standards for testing and training: a statement for healthcare professionals from the American Heart Association. *Circulation*, 104(14), 1694-1740. <https://doi.org/10.1161/hc3901.095960>
- Gerber, M., Kellmann, M., Elliot, C., Hartmann, T., Brand, S., Holsboer-Trachsler, E., & Puhse, U. (2014). Perceived fitness protects against stress-based mental health impairments among police officers who report good sleep. *J Occup Health*, 55(5), 376-384. <https://doi.org/10.1539/joh.13-0030-oa>
- Gerber, M., Lindwall, M., Lindegard, A., Borjesson, M., & Jonsdottir, I. H. (2013). Cardiorespiratory fitness protects against stress-related symptoms of burnout and depression. *Patient Educ Couns*, 93(1), 146-152.
<https://doi.org/10.1016/j.pec.2013.03.021>
- Gerber, M., & Puhse, U. (2009). Review article: do exercise and fitness protect against stress-induced health complaints? A review of the literature. *Scand J Public Health*, 37(8), 801-819. <https://doi.org/10.1177/1403494809350522>

- Giles, G. E., Mahoney, C. R., Brunye, T. T., Taylor, H. A., & Kanarek, R. B. (2014). Stress effects on mood, HPA axis, and autonomic response: comparison of three psychosocial stress paradigms. *PLoS One*, 9(12), e113618. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0113618>
- Glancy, B., & Balaban, R. S. (2021). Energy metabolism design of the striated muscle cell. *Physiol Rev*, 101(4), 1561-1607. <https://doi.org/10.1152/physrev.00040.2020>
- Godoy, L. D., Rossignoli, M. T., Delfino-Pereira, P., Garcia-Cairasco, N., & de Lima Umeoka, E. H. (2018). A Comprehensive Overview on Stress Neurobiology: Basic Concepts and Clinical Implications. *Front Behav Neurosci*, 12, 127. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2018.00127>
- Gokeler, A., Welling, W., Zaffagnini, S., Seil, R., & Padua, D. (2017). Development of a test battery to enhance safe return to sports after anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 25(1), 192-199. <https://doi.org/10.1007/s00167-016-4246-3>
- Goodman, W. K., Janson, J., & Wolf, J. M. (2017). Meta-analytical assessment of the effects of protocol variations on cortisol responses to the Trier Social Stress Test. *Psychoneuroendocrinology*, 80, 26-35. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2017.02.030>
- Graham, B. L., Steenbruggen, I., Miller, M. R., Barjaktarevic, I. Z., Cooper, B. G., Hall, G. L., Hallstrand, T. S., Kaminsky, D. A., McCarthy, K., McCormack, M. C., Oropez, C. E., Rosenfeld, M., Stanojevic, S., Swanney, M. P., & Thompson, B. R. (2019). Standardization of Spirometry 2019 Update. An Official American Thoracic Society and European Respiratory Society Technical Statement. *Am J Respir Crit Care Med*, 200(8), e70-e88. <https://doi.org/10.1164/rccm.201908-1590ST>
- Hardy, L. (1992). Psychological stress, performance, and injury in sport. *Br Med Bull*, 48(3), 615-629. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.bmb.a072567>
- Hassamal, S. (2023). Chronic stress, neuroinflammation, and depression: an overview of pathophysiological mechanisms and emerging anti-inflammatories. *Front Psychiatry*, 14, 1130989. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2023.1130989>
- Henze, G. I., Zankert, S., Urschler, D. F., Hittl, T. J., Kudielka, B. M., Pruessner, J. C., & Wust, S. (2017). Testing the ecological validity of the Trier Social Stress Test: Association with real-life exam stress. *Psychoneuroendocrinology*, 75, 52-55. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2016.10.002>
- Het, S., Vocks, S., Wolf, J. M., Hammelstein, P., Herpertz, S., & Wolf, O. T. (2015). Blunted neuroendocrine stress reactivity in young women with eating disorders. *J Psychosom Res*, 78(3), 260-267. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychores.2014.11.001>

- Ho, R. T. H., Fong, T. C. T., & Yip, P. S. F. (2018). Perceived stress moderates the effects of a randomized trial of dance movement therapy on diurnal cortisol slopes in breast cancer patients. *Psychoneuroendocrinology*, 87, 119-126.
<https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2017.10.012>
- Inagaki, T. K., & Eisenberger, N. I. (2016). Giving support to others reduces sympathetic nervous system-related responses to stress. *Psychophysiology*, 53(4), 427-435.
<https://doi.org/10.1111/psyp.12578>
- Jamnick, N. A., Pettitt, R. W., Granata, C., Pyne, D. B., & Bishop, D. J. (2020). An Examination and Critique of Current Methods to Determine Exercise Intensity. *Sports Med*, 50(10), 1729-1756. <https://doi.org/10.1007/s40279-020-01322-8>
- Jiang, C., Buchanan, T. W., Yao, Z., Zhang, K., Wu, J., & Zhang, L. (2017). Acute Psychological Stress Disrupts Attentional Bias to Threat-Related Stimuli. *Sci Rep*, 7(1), 14607. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-14138-w>
- Kajantie, E., & Phillips, D. I. (2006). The effects of sex and hormonal status on the physiological response to acute psychosocial stress. *Psychoneuroendocrinology*, 31(2), 151-178. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2005.07.002>
- Kellmann, M., Bertollo, M., Bosquet, L., Brink, M., Coutts, A. J., Duffield, R., Erlacher, D., Halson, S. L., Hecksteden, A., Heidari, J., Kallus, K. W., Meeusen, R., Mujika, I., Robazza, C., Skorski, S., Venter, R., & Beckmann, J. (2018). Recovery and Performance in Sport: Consensus Statement. *Int J Sports Physiol Perform*, 13(2), 240-245. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2017-0759>
- Kettunen, O., Kyrolainen, H., Santtila, M., & Vasankari, T. (2014). Physical fitness and volume of leisure time physical activity relate with low stress and high mental resources in young men. *J Sports Med Phys Fitness*, 54(4), 545-551.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25034557>
- Kettunen, O., Kyrolainen, H., Santtila, M., Vuorimaa, T., & Vasankari, T. J. (2016). Greater levels of cardiorespiratory and muscular fitness are associated with low stress and high mental resources in normal but not overweight men. *BMC Public Health*, 16, 788. <https://doi.org/10.1186/s12889-016-3470-6>
- Kirschbaum, C., Kudielka, B. M., Gaab, J., Schommer, N. C., & Hellhammer, D. H. (1999). Impact of gender, menstrual cycle phase, and oral contraceptives on the activity of the hypothalamus-pituitary-adrenal axis. *Psychosom Med*, 61(2), 154-162.
<https://doi.org/10.1097/00006842-199903000-00006>
- Kirschbaum, C., Pirke, K. M., & Hellhammer, D. H. (1993). The 'Trier Social Stress Test'--a tool for investigating psychobiological stress responses in a laboratory setting. *Neuropsychobiology*, 28(1-2), 76-81. <https://doi.org/10.1159/000119004>

- Kivimäki, M., & Steptoe, A. (2018). Effects of stress on the development and progression of cardiovascular disease. *Nat Rev Cardiol*, 15(4), 215-229.
<https://doi.org/10.1038/nrcardio.2017.189>
- Klaperski, S., Seelig, H. & Fuchs, R. (2012). Sportaktivität als Stresspuffer. *Zeitschrift für Sportpsychologie*, 19(2). <https://doi.org/10.1026/1612-5010/a000061>
- Klatzkin, R. R., Baldassaro, A., & Rashid, S. (2019). Physiological responses to acute stress and the drive to eat: The impact of perceived life stress. *Appetite*, 133, 393-399. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2018.11.019>
- Labanski, A., Langhorst, J., Engler, H., & Elsenbruch, S. (2020). Stress and the brain-gut axis in functional and chronic-inflammatory gastrointestinal diseases: A transdisciplinary challenge. *Psychoneuroendocrinology*, 111, 104501.
<https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2019.104501>
- Labuschagne, I., Grace, C., Rendell, P., Terrett, G., & Heinrichs, M. (2019). An introductory guide to conducting the Trier Social Stress Test. *Neurosci Biobehav Rev*, 107, 686-695. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2019.09.032>
- Lindegard, A., Wastensson, G., Hadzibajramovic, E., & Grimby-Ekman, A. (2019). Longitudinal associations between cardiorespiratory fitness and stress-related exhaustion, depression, anxiety and sleep disturbances. *BMC Public Health*, 19(1), 1726. <https://doi.org/10.1186/s12889-019-8081-6>
- Lindwall, M., Gerber, M., Jonsdottir, I. H., Borjesson, M., & Ahlborg, G., Jr. (2014). The relationships of change in physical activity with change in depression, anxiety, and burnout: a longitudinal study of Swedish healthcare workers. *Health Psychol*, 33(11), 1309-1318. <https://doi.org/10.1037/a0034402>
- Lisco, G., Giagulli, V. A., De Pergola, G., Guastamacchia, E., Jirillo, E., Vitale, E., & Triggiani, V. (2024). Chronic Stress as a Risk Factor for Type 2 Diabetes: Endocrine, Metabolic, and Immune Implications. *Endocr Metab Immune Disord Drug Targets*, 24(3), 321-332.
<https://doi.org/10.2174/1871530323666230803095118>
- Lollgen, H., Dirschedl, P., & Fahrenkrog, U. (1994). [Exercise tests in spirometry]. *Z Kardiol*, 83 Suppl 3, 43-50. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7941671>
(Belastungsprogramme in der Spiroergometrie.)
- Lu, S., Wei, F., & Li, G. (2021). The evolution of the concept of stress and the framework of the stress system. *Cell Stress*, 5(6), 76-85.
<https://doi.org/10.15698/cst2021.06.250>
- Macfarlane, D. J. (2001). Automated metabolic gas analysis systems: a review. *Sports Med*, 31(12), 841-861. <https://doi.org/10.2165/00007256-200131120-00002>

- Maki, P. M., Mordecai, K. L., Rubin, L. H., Sundermann, E., Savarese, A., Eatough, E., & Drogos, L. (2015). Menstrual cycle effects on cortisol responsivity and emotional retrieval following a psychosocial stressor. *Horm Behav*, 74, 201-208.
<https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2015.06.023>
- Mariano, I. M., Amaral, A. L., Ribeiro, P. A. B., & Puga, G. M. (2022). A single session of exercise reduces blood pressure reactivity to stress: a systematic review and meta-analysis. *Sci Rep*, 12(1), 11837. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-15786-3>
- Matsuda, S., Yamaguchi, T., Okada, K., Gotouda, A., & Mikami, S. (2012). Day-to-day variations in salivary cortisol measurements. *J Prosthodont Res*, 56(1), 37-41.
<https://doi.org/10.1016/j.jpor.2011.04.004>
- McEwen, B. S. (2017). Neurobiological and Systemic Effects of Chronic Stress. *Chronic Stress (Thousand Oaks)*, 1. <https://doi.org/10.1177/2470547017692328>
- Meeusen, R., Roelands, B., & Spriet, L. L. (2013). Caffeine, exercise and the brain. *Nestle Nutr Inst Workshop Ser*, 76, 1-12. <https://doi.org/10.1159/000350223>
- Midgley, A. W., & Carroll, S. (2009). Emergence of the verification phase procedure for confirming 'true' VO(2max). *Scand J Med Sci Sports*, 19(3), 313-322.
<https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2009.00898.x>
- Miller, M. R., Hankinson, J., Brusasco, V., Burgos, F., Casaburi, R., Coates, A., Crapo, R., Enright, P., van der Grinten, C. P., Gustafsson, P., Jensen, R., Johnson, D. C., MacIntyre, N., McKay, R., Navajas, D., Pedersen, O. F., Pellegrino, R., Viegi, G., Wanger, J., & Force, A. E. T. (2005). Standardisation of spirometry. *Eur Respir J*, 26(2), 319-338. <https://doi.org/10.1183/09031936.05.00034805>
- Mitchell, L. A., MacDonald, R. A., & Brodie, E. E. (2004). Temperature and the cold pressor test. *J Pain*, 5(4), 233-237. <https://doi.org/10.1016/j.jpain.2004.03.004>
- Myers, J., Buchanan, N., Walsh, D., Kraemer, M., McAuley, P., Hamilton-Wessler, M., & Froelicher, V. F. (1991). Comparison of the ramp versus standard exercise protocols. *J Am Coll Cardiol*, 17(6), 1334-1342. [https://doi.org/10.1016/s0735-1097\(10\)80144-5](https://doi.org/10.1016/s0735-1097(10)80144-5)
- Narvaez Linares, N. F., Charron, V., Ouimet, A. J., Labelle, P. R., & Plamondon, H. (2020). A systematic review of the Trier Social Stress Test methodology: Issues in promoting study comparison and replicable research. *Neurobiol Stress*, 13, 100235. <https://doi.org/10.1016/j.ynstr.2020.100235>
- Neumann, R. J., Ahrens, K. F., Kollmann, B., Goldbach, N., Chmitorz, A., Weichert, D., Fiebach, C. J., Wessa, M., Kalisch, R., Lieb, K., Tuscher, O., Plichta, M. M., Reif, A., & Matura, S. (2022). The impact of physical fitness on resilience to modern life stress and the mediating role of general self-efficacy. *Eur Arch Psychiatry Clin Neurosci*, 272(4), 679-692. <https://doi.org/10.1007/s00406-021-01338-9>

- Nilges, P., & Essau, C. (2015). [Depression, anxiety and stress scales: DASS--A screening procedure not only for pain patients]. *Schmerz*, 29(6), 649-657.
<https://doi.org/10.1007/s00482-015-0019-z> (Die Depressions-Angst-Stress-Skalen: Der DASS--ein Screeningverfahren nicht nur für Schmerzpatienten.)
- Nippert, A. H., & Smith, A. M. (2008). Psychologic stress related to injury and impact on sport performance. *Phys Med Rehabil Clin N Am*, 19(2), 399-418, x.
<https://doi.org/10.1016/j.pmr.2007.12.003>
- Park, C., Rosenblat, J. D., Brietzke, E., Pan, Z., Lee, Y., Cao, B., Zuckerman, H., Kalantarova, A., & McIntyre, R. S. (2019). Stress, epigenetics and depression: A systematic review. *Neurosci Biobehav Rev*, 102, 139-152.
<https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2019.04.010>
- Passeron, T., Zouboulis, C. C., Tan, J., Andersen, M. L., Katta, R., Lyu, X., Aguilar, L., Kerob, D., Morita, A., Krutmann, J., & Peters, E. M. J. (2021). Adult skin acute stress responses to short-term environmental and internal aggression from exposome factors. *J Eur Acad Dermatol Venereol*, 35(10), 1963-1975.
<https://doi.org/10.1111/jdv.17432>
- Paterno, M. V., Flynn, K., Thomas, S., & Schmitt, L. C. (2018). Self-Reported Fear Predicts Functional Performance and Second ACL Injury After ACL Reconstruction and Return to Sport: A Pilot Study. *Sports Health*, 10(3), 228-233.
<https://doi.org/10.1177/1941738117745806>
- Poole, D. C., & Jones, A. M. (2017). Measurement of the maximum oxygen uptake $\dot{V}O_{2\max}$: $\dot{V}O_{2\text{peak}}$ is no longer acceptable. *J Appl Physiol* (1985), 122(4), 997-1002. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01063.2016>
- Poole, D. C., Rossiter, H. B., Brooks, G. A., & Gladden, L. B. (2021). The anaerobic threshold: 50+ years of controversy. *J Physiol*, 599(3), 737-767.
<https://doi.org/10.1113/JP279963>
- Pothoff, G., Winter, U., Wassermann, K., Jakel, D., & Steinbach, M. (1994). [Ergospirometric studies of normal probands for an unsteady-state increment test program]. *Z Kardiol*, 83(2), 116-123.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8165841> (Ergospirometrische Normalkollektivuntersuchungen für ein Unsteady-state-Stufentestprogramm.)
- Reineke, L. C., & Neilson, J. R. (2019). Differences between acute and chronic stress granules, and how these differences may impact function in human disease. *Biochem Pharmacol*, 162, 123-131. <https://doi.org/10.1016/j.bcp.2018.10.009>
- Reinelt, J., Uhlig, M., Müller, K., Lauckner, M. E., Kumral, D., Schaare, H. L., Baczkowski, B. M., Babayan, A., Erbey, M., Roebbig, J., Reiter, A., Bae, Y. J., Kratzsch, J., Thiery, J., Hendler, T., Villringer, A., & Gaebler, M. (2019). Acute psychosocial

- stress alters thalamic network centrality. *Neuroimage*, 199, 680-690.
<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2019.06.005>
- Scharfen, H. E., & Memmert, D. (2019). The Relationship Between Cognitive Functions and Sport-Specific Motor Skills in Elite Youth Soccer Players. *Front Psychol*, 10, 817. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00817>
- Segerstrom, S. C., & Miller, G. E. (2004). Psychological stress and the human immune system: a meta-analytic study of 30 years of inquiry. *Psychol Bull*, 130(4), 601-630.
<https://doi.org/10.1037/0033-2909.130.4.601>
- Shilton, A. L., Laycock, R., & Crewther, S. G. (2017). The Maastricht Acute Stress Test (MAST): Physiological and Subjective Responses in Anticipation, and Post-stress. *Front Psychol*, 8, 567. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00567>
- Smeets, T., Cornelisse, S., Quaedflieg, C. W., Meyer, T., Jellicic, M., & Merckelbach, H. (2012). Introducing the Maastricht Acute Stress Test (MAST): a quick and non-invasive approach to elicit robust autonomic and glucocorticoid stress responses. *Psychoneuroendocrinology*, 37(12), 1998-2008.
<https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2012.04.012>
- Smyth, N., Thorn, L., Oskis, A., Hucklebridge, F., Evans, P., & Clow, A. (2015). Anxious attachment style predicts an enhanced cortisol response to group psychosocial stress. *Stress*, 18(2), 143-148. <https://doi.org/10.3109/10253890.2015.1021676>
- Souza, G. G., Mendonca-de-Souza, A. C., Duarte, A. F., Fischer, N. L., Souza, W. F., Coutinho, E. S., Figueira, I., & Volchan, E. (2015). Blunted cardiac reactivity to psychological stress associated with higher trait anxiety: a study in peacekeepers. *BMC Neurosci*, 16, 81. <https://doi.org/10.1186/s12868-015-0216-9>
- Stephens, A., & Kivimäki, M. (2013). Stress and cardiovascular disease: an update on current knowledge. *Annu Rev Public Health*, 34, 337-354.
<https://doi.org/10.1146/annurev-publhealth-031912-114452>
- Stodden, D., Langendorfer, S., & Robertson, M. A. (2009). The association between motor skill competence and physical fitness in young adults. *Res Q Exerc Sport*, 80(2), 223-229. <https://doi.org/10.1080/02701367.2009.10599556>
- Taylor, S. E., Klein, L. C., Lewis, B. P., Gruenewald, T. L., Gurung, R. A., & Updegraff, J. A. (2000). Biobehavioral responses to stress in females: tend-and-befriend, not fight-or-flight. *Psychol Rev*, 107(3), 411-429. <https://doi.org/10.1037/0033-295x.107.3.411>
- Taylor, S. E., Seeman, T. E., Eisenberger, N. I., Kozanian, T. A., Moore, A. N., & Moons, W. G. (2010). Effects of a supportive or an unsupportive audience on biological and psychological responses to stress. *J Pers Soc Psychol*, 98(1), 47-56.
<https://doi.org/10.1037/a0016563>

- Tomiyama, A. J. (2019). Stress and Obesity. *Annu Rev Psychol*, 70, 703-718.
<https://doi.org/10.1146/annurev-psych-010418-102936>
- Vaccarino, V., & Bremner, J. D. (2024). Stress and cardiovascular disease: an update. *Nat Rev Cardiol*, 21(9), 603-616. <https://doi.org/10.1038/s41569-024-01024-y>
- Weitzman, E. D., Fukushima, D., Nogeire, C., Roffwarg, H., Gallagher, T. F., & Hellman, L. (1971). Twenty-four hour pattern of the episodic secretion of cortisol in normal subjects. *J Clin Endocrinol Metab*, 33(1), 14-22. <https://doi.org/10.1210/jcem-33-1-14>
- Wetherell, M. A., Crown, A. L., Lightman, S. L., Miles, J. N., Kaye, J., & Vedhara, K. (2006). The four-dimensional stress test: psychological, sympathetic-adrenal-medullary, parasympathetic and hypothalamic-pituitary-adrenal responses following inhalation of 35% CO₂. *Psychoneuroendocrinology*, 31(6), 736-747.
<https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2006.02.005>
- Windhaber, J., Steinbauer, M., Holter, M., Wieland, A., Kogler, K., Riedl, R., Schober, P., Castellani, C., Singer, G., & Till, H. (2021). Bicycle spiroergometry: comparison of standardized examination protocols for adolescents: is it necessary to define own standard values for each protocol? *Eur J Appl Physiol*, 121(6), 1783-1794.
<https://doi.org/10.1007/s00421-021-04601-y>
- Winter, U. J., Gitt, A. K., Fritsch, J., Berge, P. G., Pothoff, G., & Hilger, H. H. (1994). [Methodologic aspects of modern, computerized ergospirometry (CPX): ramp program, constant workload test and CO₂ rebreathing method]. *Z Kardiol*, 83 Suppl 3, 13-26. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7941659> (Methodische Aspekte der modernen, computerisierten Ergospirometrie (CPX): Rampenprogramm, konstanter Belastungstest und CO₂-Ruckatmungsmethode.)
- Wonisch, M., Fruhwald, F. M., Hofmann, P., Hödl, R., Klein, W., Kraxner, W., Maier, R., Pokan, R., Smekal, G. & Watzinger, N. (2003). Spiroergometrie in der Kardiologie - Grundlagen der Physiologie und Terminologie. *Austrian Journal of Cardiology*, 10(9), 383-390.
- Wunsch, K., Fiedler, J., Bachert, P., & Woll, A. (2021). The Tridirectional Relationship among Physical Activity, Stress, and Academic Performance in University Students: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Int J Environ Res Public Health*, 18(2). <https://doi.org/10.3390/ijerph18020739>
- Yao, B. C., Meng, L. B., Hao, M. L., Zhang, Y. M., Gong, T., & Guo, Z. G. (2019). Chronic stress: a critical risk factor for atherosclerosis. *J Int Med Res*, 47(4), 1429-1440.
<https://doi.org/10.1177/0300060519826820>

Yaribeygi, H., Panahi, Y., Sahraei, H., Johnston, T. P., & Sahebkar, A. (2017). The impact of stress on body function: A review. *EXCLI J*, 16, 1057-1072.

<https://doi.org/10.17179/excli2017-480>

Zefferino, R., Di Gioia, S., & Conese, M. (2021). Molecular links between endocrine, nervous and immune system during chronic stress. *Brain Behav*, 11(2), e01960.

<https://doi.org/10.1002/brb3.1960>

Anhang

Anhang 1 – Einverständniserklärung

Teilnehmer*innen-Information und Einwilligungserklärung

Teilnehmer*innen-Information und Einwilligungserklärung zur Teilnahme an der Studie:

Studie zur Bestimmung hormoneller Reaktion nach akuter Belastung - in Abhängigkeit der Leistungsfähigkeit

Sehr geehrte Teilnehmerin, sehr geehrter Teilnehmer,

wir laden Sie ein, an der oben genannten Studie teilzunehmen.

Ihre Teilnahme an dieser Studie erfolgt freiwillig. Sie können jederzeit, ohne Angabe von Gründen, Ihre Bereitschaft zur Teilnahme ablehnen oder auch im Verlauf der Studie zurückziehen. Die Ablehnung der Teilnahme oder ein vorzeitiges Ausscheiden aus dieser Studie hat keine nachteiligen Folgen für Sie.

Diese Art von Studie ist notwendig, um verlässliche neue *wissenschaftliche* Forschungsergebnisse zu gewinnen. Unverzichtbare Voraussetzung für die Durchführung von Studien ist jedoch, dass Sie Ihr Einverständnis zur Teilnahme an dieser Studie schriftlich erklären. Bitte lesen Sie den folgenden Text durch und zögern Sie nicht, Fragen zu stellen.

Bitte unterschreiben Sie die Einwilligungserklärung nur

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

1. Was ist der Zweck der Studie?

*Mit dieser Studie möchten wir untersuchen, wie sich körperliche Fitness und tägliche Aktivität auf die hormonelle und systemische Reaktion durch zwei verschiedene Belastungstests auswirkt. Als Teilnehmer*in wird in einem ersten Schritt ihre Ausdauerleistungsfähigkeit bestimmt. In einem zweiten Schritt durchlaufen Sie zwei unterschiedliche, standardisierte Belastungsprotokolle vor und nach welchen wir Blut und Speichelproben gewinnen. Daraus wird Ihre hormonelle Reaktion und die Reaktion Ihres Immunsystems bestimmt.*

2. Wie läuft die Studie ab?

Die geplante Studie wird an gesunden Männern und Frauen im Alter zwischen 18 und 40 Jahren durchgeführt. Für die Untersuchungen werden Sie gebeten an drei unterschiedlichen Tagen ins Labor der Abteilung Trainingswissenschaft am Zentrum für Sportwissenschaft der Universität Wien (Auf der Schmelz 6, 1150 Wien) zu kommen. Ein Abstand von 3 – 7 Tagen zwischen den ersten beiden Untersuchungstagen und ein Abstand von 4 Wochen zwischen dem zweiten und dritten Untersuchungstag wird dabei eingehalten.

Im Rahmen einer Eingangsuntersuchung wird Ihre medizinische Eignung, an der Studie teilzunehmen, geklärt. Zudem werden Sie zu Ihrer Trainingserfahrung und ihrem Alltag befragt.

Beim ersten Termin wird mit einer Dauer von ca. 45min gerechnet. Der zweite und dritte Termin findet zwischen 14:00 und 17:00 statt und dauert jeweils ca. 70min. Für weibliche Teilnehmerinnen ist es wichtig, dass diese zwei letzteren Untersuchungen jeweils in der Mitte der zweiten Zyklushälfte stattfinden (ca.

14-28 Tage nach dem ersten Tag der letzten Menstruation). Dies ist wichtig, damit die hormonelle Situation zu beiden Terminen vergleichbar ist. Der Abstand der beiden Termine ist daher für alle Teilnehmer*innen mit ca. 25-28 Tagen festgelegt.

Am ersten Tag (Eingangsuntersuchung) wird eine Spiroergometrie am Radergometer durchgeführt. Dabei werden die Atemgase über eine Maske, die Sie während des Tests tragen müssen, gemessen. Die Herzfrequenz wird über einen Brustgurt aufgezeichnet. Die Leistung, die Sie am Fahrradergometer fahren müssen, wird alle 2min um einen fixen Wert erhöht, bis Sie abbrechen müssen oder wir den Test beenden. Dies geschieht meist nach ca. 8 – 12 Minuten. An den beiden folgenden Terminen (Experimentaltage) werden Sie von der Untersuchungsleitung durch einen standardisierten Belastungstest geführt. Die Aufgaben, die Sie dabei erfüllen, können belastend und ermüdend sein. Die genaue Art der Belastung erfahren Sie am Tag der Testung. Dies soll gewährleisten, dass Sie sich auf keinen der beiden Testtage speziell vorbereiten können.

Vor und nach den Aufgaben werden unterschiedliche Größen gemessen:

- Anthropometrie (Größe, Gewicht, BMI) (nur in der Eingangsuntersuchung)
- Fragebogen zur körperlichen Aktivität (1x pro Untersuchungstag)
- Standardisierte Fragebögen zu ihrem Befinden (2x pro Experimentaltag)
- Videoaufnahme einschließlich Kopf und Gesichtsbereich zur Analyse der Mimik (während den Experimenten)
- Ihr aktuelles Empfinden von Belastung und Ermüdung (7x pro Experimentaltag)
- Hormone und Immunmarker mittels Blutabnahme (4x pro Experimentaltag)
- Hormone und Immunmarker mittels Speichelprobe (7x pro pro Experimentaltag)
- Herzfrequenz und Herzratenvariabilität (kontinuierlich während allen Untersuchungstagen)

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

Es ist nicht zu erwarten, dass Sie aus Ihrer Teilnahme an dieser Studie einen direkten gesundheitlichen Nutzen ziehen werden. Jedoch bekommen Sie einen umfassenden Einblick in Ihren Hormonhaushalt und die Reaktion der Hormone und ihres Herzkreislaufsystems auf mentale Belastung. Sie bekommen außerdem die Ergebnisse der Spiroergometrie. Diese gilt als bester Test (Goldstandard) zur Bestimmung ihrer aeroben Ausdauerfähigkeit und kann zur weiteren Trainingsplanung genutzt werden.

Der wissenschaftliche und gesellschaftliche Nutzen liegt in einem besseren Verständnis des Einflusses unterschiedlicher körperlicher Werte (wie Hormone und Herzfrequenz) auf Belastung. Wir gehen davon aus, dass der körperliche Fitnesszustand mit einer allgemeinen Resistenz gegenüber anderen Belastungen einhergeht. Diese Studie hilft uns zu verstehen, wie ein guter Trainingszustand allgemein widerstandsfähiger macht.

4. Gibt es Risiken bei der Durchführung der Studie und ist mit Beschwerden oder anderen Begleiterscheinungen zu rechnen?

Die Untersuchungsprotokolle wurden bereits vielfach und mit unterschiedlichen Personengruppen durchgeführt. Sie sind gesundheitlich völlig unbedenklich. Jedoch kann es durch die Testungen kurzzeitig zu Müdigkeit, Frustration oder Ärger kommen. Körperlich ist mit einem starken, kurzfristigen Erschöpfungszustand und möglicherweise mit Muskelkater zu rechnen, der wenige Tage anhält.

Weiters ist zu erwähnen, dass ihnen mehrmals Blut von der Armvene entnommen wird. Es kann hier zu Hämatomen (Bluterguss) um die Einstichstelle kommen. In seltenen Fällen kann es zu einer lokalen Infektion kommen.

Insgesamt werden die jeweils geltenden COVID-19-Schutzmaßnahmen eingehalten.

Sie können leider nicht teilnehmen, wenn

- Sie aktuell unter einer Verletzung leiden, die ihren normalen Alltag oder ihre Arbeitsfähigkeit einschränkt

- *Sie aktuell Medikamente zu sich nehmen müssen*
- *Sie aktuell oder in der Vergangenheit leistungssteigernde Mittel genommen haben, die den Hormonhaushalt beeinflussen und/oder von der Welt Antidoping Agentur (WADA) als verboten eingestuft werden (PEDs wie anabole Steroide etc.)*
- *Sie folgende Supplemente im letzten Monat regelmäßig eingenommen haben oder aktuell einnehmen: SARMS, Ashwagandha, Rhodiola Rosea*
- *Sie unter chronischen Krankheiten des Bewegungsapparates, des Immunsystems oder des Herz-Kreislaufsystems leiden*
- *Sie im letzten Jahr in regelmäßiger psychiatrischer Behandlung waren/sind oder unter einer psychischen Erkrankung leiden*
- *Eine bekannte Störung des Hormonsystems vorliegt*
- *Sie als weiblich-gelesene Person*
 - *aktuell schwanger sind oder stillen*
 - *Sie einen stark unregelmäßigen oder ausbleibenden Menstruationszyklus haben*

5. Hat die Teilnahme an der Studie sonstige Auswirkungen auf die Lebensführung und welche Verpflichtungen ergeben sich daraus?

Vor den Untersuchungstagen bitten wir Sie, sich an folgende Vorgaben zu halten. Dies verhindert Fehler in den Messwerten, besonders in Bezug auf die untersuchten Hormone:

- Stellen Sie Ihre Ernährung innerhalb des Untersuchungszeitraums von **4 Wochen** nicht um und halten Sie ihren gewohnten Schlafrhythmus bei.
- für **1 Woche** vor der Testung keinen **Interkontinentalflug** (über mehrere Zeitzonen)
- für **24h** auf ein intensives sportliches Training zu verzichten
- für **24h** keine Einnahme von Nahrungsergänzungsmitteln, Medikamenten oder Rauschmittel
- für **18h** vor der Untersuchung kein Koffein (Kaffee, Grüntee, Schwarztee, weißer Tee, Energy Drinks...)
- für **18h** vor der Untersuchung **nicht rauchen**
- für mindestens **1h** vorher **nichts zu essen** - lediglich Wasser trinken (an den 2 Experimentaltage)
- für mindestens **1h** vorher **keinen Kaugummi kauen** und **nicht die Zähne putzen** (an den 2 Experimentaltage)

6. Was ist zu tun beim Auftreten von Beschwerdesymptomen, unerwünschten Begleiterscheinungen und/oder Verletzungen?

Sollten im Laufe der Studie irgendwelche Beschwerdesymptome und/oder unerwünschte Begleiterscheinungen und/oder Verletzungen und/oder Krankheiten auftreten, so sollen diese in jedem Fall der Studienleitung mitgeteilt werden. Die Kontaktdaten der Studienleitung sowie relevanter Personen sind im Unterpunkt 10. (Möglichkeit zur Diskussion weiterer Fragen) ersichtlich. Ein Weiterführen der Untersuchungen wird nur bei Sicherstellung gesundheitlicher Unversehrtheit der Teilnehmenden angestrebt.

7. Wann wird die Studie vorzeitig beendet?

Die Teilnehmenden können jederzeit die Teilnahme an der Studie widerrufen und die Studie aus persönlichen Gründen, ohne resultierende Nachteile, abbrechen. Dazu ist keine Angabe von Gründen erforderlich.

*Die Studienleitung behält sich das Recht vor, die Teilnahme an der Studie für Teilnehmer*innen zu beenden, sollte aus moralischen, ethischen, gesundheitlichen oder sonstigen Gründen ein vorzeitiges Beenden der Studie notwendig sein. Sollten die Teilnehmenden die Erfordernisse der Studie nicht erfüllen - aufgrund von Krankheit, Verletzungen oder sonstigen Gründen - kann die Studienleitung entscheiden, die Teilnahme an der Studie zu beenden. Bei nicht akkurater und mangelnder Durchführung der Tests, können die Teilnehmenden auch vorzeitig von der Studie ausgeschlossen werden.*

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

Sie werden als teilnehmende Person in keinem Fall namentlich genannt und lediglich die Studiendurchführenden haben Zugang zu den gesammelten Daten. Die Daten und Ihre Privatsphäre werden des Weiteren durch eine Pseudonymisierung geschützt. Demnach werden allen teilnehmenden Personen ID-Nummern zugewiesen. In allen Dateien, auf allen Proben und Fragebögen werden nur Ihre ID-Nummer, nicht der Name verwendet. Die Zuteilungsliste (Name der Teilnehmenden + dazugehörige ID-Nummer) wird separat und unter sehr hohen Sicherheitsstandards aufbewahrt. Lediglich die Studiendurchführenden haben bis zum Abschluss der Datenaufnahme einen Einblick in die ID-Schlüssel, wodurch ein Rückschluss auf die Person möglich wäre. Die Studiendurchführenden sind zur absoluten Verschwiegenheit verpflichtet.

Ihre Privatsphäre, und die aller Teilnehmenden, wird ebenso dadurch gewährleistet, dass die deskriptive Darstellung, Analyse und Interpretation der Daten ausschließlich über Durchschnittswerte und die damit einhergehende Streuung über die Gesamtpopulation erfolgt. Individuelle personenbezogene Daten, welche einen potentiellen Rückschluss auf die teilnehmende Person erlauben würden, werden nicht dargestellt. Ein Rückschluss auf die Person wird demnach nicht möglich sein.

Die Weitergabe der Daten dient ausschließlich statistischen Zwecken. Auch in etwaigen Veröffentlichungen

der Daten wird gewährleistet, dass aufgrund der Daten keine Rückschlüsse auf die teilnehmenden Personen gezogen werden können.

Acht Wochen nach Ihrer Studienteilnahme wird der Zuteilungsschlüssel vernichtet, wodurch die Daten anonymisiert werden. Es ist später nicht mehr möglich die Daten einer Person zuzuordnen. Wir können bei Interesse die persönlichen Studiendaten in einem separaten Analyse- und Auswertungsdokument persönlich übergeben. Dies ist bis zur Löschung des Zuteilungsschlüssels möglich. Darüber hinaus können auch Sie die Löschung Ihrer Daten verlangen. Allerdings endet diese Möglichkeit ebenfalls nach Vernichtung des Zuteilungsschlüssels (8 Wochen nach Beendigung Ihrer Teilnahme).

Ihre Einverständniserklärung wird an einem nicht für Dritte zugänglichen Schrank für 10 Jahre und die Anamnesebögen für 2 Jahre aufbewahrt. Blut- und Speichelproben sind nur mit der ID-Nummer versehen und somit pseudonymisiert (bzw. nach Vernichtung des Zuteilungsschlüssels anonymisiert). Die Proben werden am Zentrum für Sportwissenschaft und Universitätssport, Auf der Schmelz 6, Labor für molekulare Leistungsphysiologie bei -80°C bis zum Abschluss der unter 3.8 genannten Analysen gelagert. Etwaige Reste werden nach Publikation der Daten vernichtet.

Das Videomaterial dient zur Dokumentation und Kontrolle und wird nach der Datenerhebung umgehend unwiederbringlich gelöscht.

Nach dem Studienende und unter Einhaltung der vollständigen Anonymisierung der Daten werden diese zu statistischen Zwecken weitergegeben. In etwaigen Veröffentlichungen erfolgt keine namentliche Nennung. Ein reduzierter, anonymisierter Datensatz wird zu wissenschaftlichen Zwecken auf einem Repository gespeichert. Eine Löschung dieser Daten ist nicht vorgesehen.

9. Entstehen für die TeilnehmerInnen Kosten? Gibt es einen Kostenersatz oder eine Vergütung?

Für Ihre Teilnahme entstehen Ihnen keine Kosten. Eine finanzielle Entschädigung wird nicht gewährt.

Sie erhalten umfassende Daten zu ihrer persönlichen Belastung und Ergebnisse der Blutanalyse. Dies können Sie nutzen um sie mit medizinischem Fachpersonal zu besprechen.

10. Möglichkeit zur Diskussion weiterer Fragen

Für weitere Fragen im Zusammenhang mit der Studie stehen Ihnen die verantwortlichen Personen der Studiendurchführung sehr gerne via Telefon, E-Mail oder persönlichem Austausch, über die gesamte Dauer der Studie sowie des Analysezeitraums, zur Verfügung.

Selbstverständlich beantworten wir Ihnen auch gerne Fragen, die Ihre Rechte als Teilnehmer*in an der Studie betreffen.

Um unerwünschte Effekte zu identifizieren, besteht stets die Möglichkeit zum direkten kommunikativen Austausch mit den Mitarbeitenden der Studie.

Namen und Kontaktdaten der wichtigsten Ansprechpersonen:

Leitung der Abteilung Trainingswissenschaft	Name: Univ.-Prof. Mag. Dr. Robert Csapo E-Mail: robert.csapo@univie.ac.at Tel.: +43-1-4277-59160
Studienleitung	Name: Peter Raidl, BSc Bakk. MSc E-Mail: peter.raidl@univie.ac.at Tel.: +43-676-415 8188 Tel.: +43-1-4277-5962
Molekularbiologie	Name: Assoz. Prof. Dipl.-Ing. Dr. Barbara Wessner E-Mail: barbara.wessner@univie.ac.at Tel.: +43-664-60277-48875

11. Einwilligungserklärung

Name der teilnehmenden Person in Druckbuchstaben:

Geb. Datum:

Ich erkläre mich bereit, an der Studie **zur Bestimmung hormoneller Reaktion nach akuter Belastung - in Abhängigkeit der Leistungsfähigkeit** teilzunehmen.

Ich bin von „.....“ ausführlich und verständlich über Zielsetzung, Bedeutung und Tragweite der Studie und die sich für mich daraus ergebenden Anforderungen aufgeklärt worden. Ich habe darüber hinaus den Text dieser Teilnehmer*innen-Information und Einwilligungserklärung gelesen, insbesondere den 4. Abschnitt (Gibt es Risiken, Beschwerden und Begleiterscheinungen?). Aufgetretene Fragen wurden mir von der Studienleitung verständlich und ausreichend beantwortet. Ich hatte genügend Zeit, mich zu entscheiden, ob ich an der Studie teilnehmen möchte. Ich habe zurzeit keine weiteren Fragen mehr.

Ich werde die Hinweise, die für die Durchführung der Studie erforderlich sind, befolgen, behalte mir jedoch das Recht vor, meine freiwillige Mitwirkung jederzeit zu beenden, ohne dass mir daraus Nachteile entstehen. Sollte ich aus der Studie ausscheiden wollen, so kann ich dies jeder Zeit schriftlich oder mündlich bei Peter Raidl (peter.raidl@unvie.ac.at, +43-1-4277-5962) veranlassen.

Ich bin zugleich damit einverstanden, dass meine im Rahmen dieser Studie erhobenen Daten aufgezeichnet und ausgewertet werden.

Ich stimme zu, dass während der Testung Bild und Tonaufnahmen durchgeführt werden. Diese werden zur Analyse von Bewegung, Mimik und Gestik eingesetzt und nach der Analyse unwiederbringlich gelöscht.

Ich stimme zu, dass meine Daten in pseudonymisierter Form elektronisch gespeichert werden. Acht Wochen nach meiner Teilnahme werden die Daten durch Löschung des Zuteilungsschlüssels vollständig anonymisiert. Die Daten werden in einer, nur der Projektleitung zugänglichen Form und gemäß den aktuellen Standards der Datensicherung, gespeichert. Jede Form der Veröffentlichung der Daten wird so durchgeführt, dass keine Zuteilung einer Person möglich ist.

Sollte ich die Löschung meiner Daten wünschen, so kann ich dies schriftlich oder telefonisch ohne Angabe von Gründen und bis 8 Wochen nach Abschluss der Testung bei Peter Raidl (peter.raidl@unvie.ac.at) veranlassen.

Den Aufklärungsteil habe ich gelesen und verstanden. Ich konnte im Aufklärungsgespräch alle mich interessierenden Fragen stellen. Sie wurden vollständig und verständlich beantwortet.

Eine Kopie dieser Teilnehmer*innen-Information und Einwilligungserklärung habe ich erhalten. Das Original verbleibt bei der Studienleitung.

(Datum und Unterschrift der Teilnehmerin/des Teilnehmers)

.....

(Datum, Name und Unterschrift der Studienleitung)

.....

Anhang 2 – DASS 21 Fragebogen

DATUM: _____

Uhrzeit: _____

Fragebogen 2: Fragen zu Ihrem Befinden

ID: _____

Bearbeitungshinweis: Bitte lesen Sie jede Aussage und kreuzen Sie die Zahl 0, 1, 2 oder 3 an, die angeben soll, wie sehr die Aussage **während der letzten Woche** auf Sie zutraf. Es gibt keine richtigen oder falschen Antworten. Versuchen Sie, sich spontan für eine Antwort zu entscheiden.

0 Traf **gar nicht** auf mich zu

1 Traf **bis zu einem gewissen Grad** auf mich zu oder **manchmal**

2 Traf **in beträchtlichem Maße** auf mich zu oder **ziemlich oft**

3 Traf **sehr stark** auf mich zu oder **die meiste Zeit**

1. Ich fand es schwer, mich zu beruhigen.	0	1	2	3
2. Ich spürte, dass mein Mund trocken war.	0	1	2	3
3. Ich konnte überhaupt keine positiven Gefühle mehr erleben.	0	1	2	3
4. Ich hatte Atemprobleme (z.B. übermäßig schnelles Atmen, Atemlosigkeit ohne körperliche Anstrengung).	0	1	2	3
5. Es fiel mir schwer, mich dazu aufzuraffen, Dinge zu erledigen.	0	1	2	3
6. Ich tendierte dazu, auf Situationen überzureagieren.	0	1	2	3
7. Ich zitterte (z.B. an den Händen).	0	1	2	3
8. Ich fand alles anstrengend.	0	1	2	3
9. Ich machte mir Sorgen über Situationen, in denen ich in Panik geraten und mich lächerlich machen könnte.	0	1	2	3
10. Ich hatte das Gefühl, dass ich mich auf nichts mehr freuen konnte.	0	1	2	3
11. Ich bemerkte, dass ich mich schnell aufregte.	0	1	2	3
12. Ich fand es schwierig, mich zu entspannen.	0	1	2	3
13. Ich fühlte mich niedergeschlagen und traurig.	0	1	2	3
14. Ich reagierte ungehalten auf alles, was mich davon abhielt, meine momentane Tätigkeit fortzuführen.	0	1	2	3
15. Ich fühlte mich einer Panik nahe.	0	1	2	3
16. Ich war nicht in der Lage, mich für irgendetwas zu begeistern.	0	1	2	3
17. Ich fühlte mich als Person nicht viel wert.	0	1	2	3
18. Ich fand mich ziemlich empfindlich.	0	1	2	3
19. Ich habe meinen Herzschlag gespürt, ohne dass ich mich körperlich angestrengt hatte (z.B. Gefühl von Herzrasen oder Herzstolpern).	0	1	2	3
20. Ich fühlte mich grundlos ängstlich.	0	1	2	3
21. Ich empfand das Leben als sinnlos.	0	1	2	3

Anhang 3 – Anamnesebogen

Anamnesebogen zur Erhebung von Trainingszustand, Gesundheit und Risikofaktoren bei körperlicher Aktivität:

Studientitel: „Akute Regeneration physischer Leistungsfähigkeit“

ID: _____

Größe (cm): _____

Geburtsdatum: _____

Gewicht (kg): _____

Bitte beantworten Sie die folgenden Fragen nach bestem Wissen. Sollten Sie Schwierigkeiten bei der Beantwortung einer Frage haben, sprechen Sie bitte mit der für die Untersuchung verantwortlichen Person.

Die Fragen sind dazu bestimmt, um Ihre Eignung für die geplante Studie festzustellen und mögliche Einflussfaktoren auf die Ergebnisse zu untersuchen. Ihre Daten werden strikt geheim behandelt und nicht an dritte Personen weitergegeben. Im Falle von Publikationen, werden nur beschreibende Werte zur untersuchten Gruppe veröffentlicht, so dass keine Zuordnung zu einer Person möglich sein wird.

A) Erkrankungen und Beschwerden, die die Teilnahme an dieser Studie einschränken

Fragen	JA	NEIN
Haben Sie aktuell eine Verletzung, die Sie im Alltag, beim Sport oder der Arbeit einschränkt und die unter ärztlicher Behandlung stehen muss?		
Besteht aktuell oder bestand innerhalb der letzten Woche eine akute Infektion?		
Ist Ihnen eine Erkrankung des Immunsystems bekannt?		
Ist Ihnen eine Erkrankung oder Störung des Hormonsystems bekannt?		
Besteht bei Ihnen eine Erkrankung des Herz-Kreislaufsystems?		
Gibt es bei Ihnen eine bekannte psychiatrische Erkrankung oder waren Sie innerhalb des letzten Jahres in regelmäßiger psychiatrischer Behandlung?		
Müssen Sie im Moment Medikamente einnehmen?		

B) Für weibliche Teilnehmerinnen

Fragen	JA	NEIN
Sind Sie aktuell schwanger oder versuchen schwanger zu werden?		
Hatten Sie im letzten Jahr einen unregelmäßigen Zyklus (außerhalb 34 Tage oder Schwankungen länger als 7 Tage) oder ausbleibende Menstruationen?		
Haben Sie in den letzten zwei Monaten ihre hormonelle Verhütungsmethode gewechselt oder haben Sie vor diese in den nächsten vier Wochen zu verändern?		
Verwenden Sie hormonelle Kontrazeptiver? (Pille, Depotpräparat, Hormonimplantat, Hormonspiral etc.)		
Wenn ja: Welche Methode und welches Präparat verwenden Sie?		

C) Bewegung und Sport

Fragen	JA	NEIN
Betreiben Sie regelmäßig Sport?		
Wenn ja: welche Sportart(en) betreiben Sie seit wann (ca. wie viele Monate/Jahre)?		

D) Alltag und Schlaf

Fragen	JA	NEIN
Führen Sie einen Beruf aus?		
Haben Sie nachts oder in Schichtarbeit?		
Sind Sie in Ausbildung		
Ist ihre Schlafdauer von Tag zu Tag ca. gleich lange?		

	Werktags	Wochenende
Wann gehen Sie Schlafen?		
Wann stehen Sie morgens auf?		

3/4

Anamnese zu „Pilotstudie zu Bestimmung der akuten Stressreaktion nach stressinduzierenden Labortests“

Anhang 4 – STAIT Fragebogen

DATUM: _____

Tag [1] / [2]

Uhrzeit: _____

Zeitpunkt [1] / [2]

Fragebogen 1: Fragen zu Ihrem Befinden

ID: _____

Bearbeitungshinweis: Wie sehr treffen die folgenden **Gefühlsbeschreibungen im Moment auf Sie zu**? Kreuzen Sie das auf Sie passende Kästchen an. Es gibt keine richtigen oder falschen Antworten. Überlegen Sie bitte nicht lange und entscheiden Sie dann, wie stark das betreffende **Gefühl im Moment** bei Ihnen vorhanden ist.

0 Trifft **gar nicht** auf mich zu

8 Trifft **ganz und gar zu**

Ich bin ruhig	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Ich fühle mich angespannt	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Ich bin aufgeregt	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Ich fühle mich ausgeruht	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Ich bin beunruhigt	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Ich fühle mich selbstsicher	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Ich bin nervös	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Ich bin verkrampft	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Ich bin besorgt	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Ich bin vergnügt	0	1	2	3	4	5	6	7	8

Anhang 5 – Ausschreibungsblatt



universität
wien

Zentrum für Sportwissenschaft
und Universitätssport

Studienteilnehmer*innen gesucht!

Bestimmung von hormoneller Reaktion nach akuter Belastung- in
Abhängigkeit der Leistungsfähigkeit

Wir suchen Proband*innen mit folgenden Merkmalen:

- Sportler*innen und Sportbegeisterte
- 18 bis 40 Jahre alt
- Gesund
- Weibliche Proband*innen verwenden keine hormonellen Kontrazeptiva

Wir untersuchen die hormonellen Reaktionen auf akute Belastung in Abhängigkeit der Leistungsfähigkeit.

Melde dich, um eine umfangreiche Analyse deiner **hormonellen Reaktion** nach akuter Belastung zu bekommen.

Du wirst außerdem eine **Spiroergometrie** durchführen, um deine aerobe Ausdauerleistungsfähigkeit zu bestimmen. Du bekommst im Anschluss eine **ausführliche Auswertung** deiner Spiroergometrie. Diese Ergebnisse geben dir einen Vorteil bei zukünftiger Trainingssteuerung und Trainingsplanung.

Melde dich jetzt für unsere Studie an und profitiere von einem besseren Verständnis für Belastung, Erholung und Trainingssteuerung!

Zeitlicher Aufwand:

3 Termine innerhalb 5 - 6 Wochen

Die Termine dauern 1 - 2 Stunden

**Im Labor der Subeinheit Trainingswissenschaft,
Institut für Sportwissenschaft und Universitätssport
auf der Schmelz 6
1150 Wien**

Für ausführliche Informationen zur Teilnahme, wende dich bitte an:

Jonas Gary, Bsc

jonas.gary96@gmail.com

Tel.: +43 664 9151954

Peter Raidl, MSc

peter.raidl@univie.ac.at

Tel.: +43 (1) 4277-59162

Mobil: +43 676 4158188

Anhang 6 – Checkliste Ablauf Stresstest

Probanden ID: _____

Datum: _____

Tag: _____

Test: _____

		Uhrzeit	Startzeit laut HRV	Timeline
1. Einverständniserklärung	☐	_____		
2. Brustgurt	☐	_____		
3. HRV App	☐	_____		
4. Anamnesebogen (Dom. Hand bei MAST)	☐	_____		
5. Gewicht und Größe	☐	_____		
6. DASS-21	☐	_____		
7. Glucosedrink	☐	_____	_____	0'
8. Ruheherzfrequenz	☐		_____	2'
9. STAIT (1) + VAS-100 + Saliva (1)	☐		_____	10'
10. Test Beschreibung (+Vorbereitung TSST)	☐		_____	15'
11. VAS-100 + Saliva (2)	☐		_____	
12. MAST/TSST	☐		_____	
13. VAS-100 + Saliva (3)	☐	_____	_____	0'
14. Ruheherzfrequenz	☐		_____	3'
15. STAIT (2) + VAS-100 + Saliva (4)	☐		_____	10'
16. VAS-100 + Saliva (5)	☐		_____	20'
17. Ruheherzfrequenz	☐		_____	25'
18. VAS-100 + Saliva (6)	☐		_____	30'