



universität
wien

MASTERARBEIT / MASTER'S THESIS

Titel der Masterarbeit / Title of the Master's Thesis

„Der Einfluss des Menstruationszyklus auf die Leistungsfähigkeit von Handballerinnen, welche eine einphasige Kombinationspille einnehmen“

verfasst von / submitted by

Patricia Haider, Bakk. rer. nat.

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

Wien, 2020 / Vienna 2020

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:

Dr. Christoph Triska, BSc MSc

Kurzzusammenfassung

Das Ziel der vorliegenden Masterarbeit ist es zu untersuchen, ob der Menstruationszyklus die Leistungsfähigkeit von Handballerinnen, welche eine einphasige Kombinationspille einnehmen, beeinflusst. Angenommen wird, dass die Zufuhr von exogenen Östrogenen und Gestagenen physiologische Vorgänge beeinflussen und so ggf. eine Leistungssteigerung bzw. -minderung mit sich ziehen. Es wurde eine Studie durchgeführt bei den Handballerinnen ($n = 16$, Alter $22,8 \pm 3,1$ Jahre, Größe $1,69 \pm ,08$ m) zu zwei unterschiedlichen Messzeitpunkten jeweils einen Krafttest und eine Laufbandspiroergometrie absolvierten. Vor der jeweiligen Testung wurde ein Anamnesegespräch geführt und der Probandin wurde Blut abgenommen, um so die Hormonkonzentrationen und Hämatokrit- und Hämoglobinwerte untersuchen zu können. Die Messzeitpunkte waren einmal an Tag 2-3 (Pillenpause) und einmal an Tag 16-18 (Pilleneinnahme) des Menstruationszyklus. Lediglich in zwei Leistungsparameter der Ausdauerleistungsfähigkeit konnten signifikante Unterschiede festgestellt werden. Die maximale- und relative Sauerstoffaufnahme sind zum Zeitpunkt der Pillenpause signifikant höher als zum Zeitpunkt der Pilleneinnahme. In der Kraftleistung konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. In der aktuellen Literatur zeigen sich keine einheitlichen Ergebnisse, jedoch wurde meist eine heterogene Gruppe untersucht. Die Ergebnisse dieser Studie deuten darauf hin, dass eine menstruationsbasierte Trainingssteuerung bei gut trainierten Handballerinnen nicht notwendig ist.

Abstract

The purpose of this master's thesis is to investigate the influence of the menstrual cycle on strength and endurance performance in female handball players using monophasic oral contraceptives. It is supposed, that the intake of estrogen and progesterone has an influence on physiological processes. These processes can have a positive as well as a negative effect on athletic performance. 16 female handball players (age $22,8 \pm 3,1$, height $1,69 \pm ,08$ m) performed a strength tests and a running test to exhaustion while taking oral contraceptives (between day 16-18) and not taking oral contraceptives (between day 2-3). Prior each session, personal detailed anamnesis interviews were conducted, and blood samples were taken to examine hormone concentration, haematocrit and haemoglobin levels. Results indicate, that only maximal and relative oxygen uptake were significantly higher when not taking oral contraceptives. No significant differences were found in strength parameters. Recent studies show inconsistent results due to assessing heterogenous samples. Results of the present study deny the importance of menstrual cycle based training.

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	6
1 Einleitung.....	7
1.1 Aktueller Forschungsstand	13
1.2 Problemstellung und Zielsetzung der Arbeit	19
1.3 Forschungsfragen und Forschungshypothesen	20
2 Methodik	22
2.1 Studiendesign	22
2.2 Rekrutierung der Probandinnen.....	22
2.3 Probandinnen	24
2.4 Anonymisierung.....	25
2.5 Anamnesegespräch und Blutparameter	25
2.6 Krafttestung.....	27
2.6.1 Leistungsparameter der Krafttestung	29
2.7 Ausdauerleistung	31
2.7.1 Leistungsparameter der Ausdauerleistung.....	33
2.8 Nachbearbeitung der Daten.....	34
2.9 Statistische Verfahren	35
3 Ergebnisse.....	37
3.1 Anthropometrische Daten	37
3.1.1 Deskriptive Statistik.....	37
3.1.2 Überprüfung auf Unterschiede und Zusammenhänge.....	37
3.2 Krafttestung.....	37
3.2.1 Deskriptive Statistik.....	38
3.2.2 Überprüfung auf Unterschiede und Zusammenhänge.....	40
3.3 Ausdauerleistung	51
3.3.1 Deskriptive Statistik.....	51
3.3.2 Untersuchung auf Unterschiede und Zusammenhänge	52
3.4 Hämatokrit- und Hämoglobinwerte (n = 9).....	58

3.4.1 Deskriptive Statistik.....	59
3.4.2 Überprüfung auf Unterschiede und Zusammenhänge.....	59
3.5 Sexualhormone	61
3.5.1 Deskriptive Statistik.....	61
3.5.2 Überprüfung auf Unterschiede und Zusammenhänge.....	62
4 Diskussion	67
5 Schlussfolgerung	75
Tabellenverzeichnis	76
Abbildungsverzeichnis	78
Literaturverzeichnis.....	80
Eigenständigkeitserklärung.....	83

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich herzlich bei meinem Betreuer Dr. Christoph Triska bedanken. Er hat es mir ermöglicht mich mit diesem Themenbereich auseinanderzusetzen und diese Masterarbeit zu schreiben. Er unterstütze mich während dem Verfassen der Arbeit und stand mir sowohl bei inhaltlichen, als auch bei methodischen Fragen stets zur Seite. Ein großer Dank geht auch an Dr. Astrid Reif, die mich nicht nur bei der Durchführung der Testungen unterstützt hat, sondern mir von Anfang an mit Rat zur Seite stand.

Ebenfalls danken möchte ich Dr. Reinhard Feßl und Karin Mesicek, da sie die Anamnesegespräche geführt und das Blut abgenommen haben. Hierbei möchte ich mich auch bei Dr. Claudia Vidotto für die Analyse der Blutproben und bei der Universität Wien für die Finanzierung der angefallenen Kosten bedanken.

Vor allem bei Fragen zu den Hormonen stand immer Assoz. Prof. Dipl.-Ing. Dr. Barbara Wessner hilfsbereit zur Seite, vielen Dank dafür. Zudem auch ein großes Dankeschön an Doris Kneidinger, welche eine große Unterstützung bei der Durchführung der Testungen war.

Einen sehr wichtigen Teil der Masterarbeit nehmen jene Handballspielerinnen ein, die sich als Probandin zur Verfügung gestellt haben. Ohne euch gäbe es diese Masterarbeit nicht, vielen Dank.

Zuletzt möchte ich mich für die Unterstützung meiner Familie und Freunde bedanken, die mich nicht nur während dem Verfassen der Masterarbeit, sondern während der gesamten Studienzeit unterstützten.

1 Einleitung

Seit 1960 gilt die Pille als ein orales Verhütungsmittel (Kontrazeptivum), welche sich mit den Jahren als eine der sichersten Verhütungsmethoden bewährt hat. In Österreich verhüten 34% der Frauen mit der Pille und damit liegt sie direkt auf Platz 2 der Verhütungsmittel (Flala & Parzer, 2019). Gründe für den hohen Anteil der Pillennehmerinne könnten die einfache Anwendung und der zuverlässige Schutz sein. In den letzten Jahren hat die Pille zudem eine immer wichtigere Rolle im Sport eingenommen. Durch die Möglichkeit mit der Pille den Menstruationszyklus steuern zu können, könnte man annehmen, dass sich dieser an die Wettkampfphasen einer Sportlerin anpassen lässt. Dies würde bedeuten, dass Trainer*innen die Möglichkeiten haben, die Leistung der Spielerinnen, vor allem vor wichtigen Wettkämpfen, optimieren zu können. Immerhin ist die Zahl der Athletinnen, die die Pille einnehmen, in den letzten Jahren stark gestiegen. Im Jahr 1980 nahmen noch 5-12 % der Athletinnen die Pille, während es 2008 bereits 83 % waren (Rechichi, Dawson & Goodman, 2009). Schaumberg et al. (2018) befragten australische Athletinnen mittels Fragebogen zur Pilleneinnahme. 459 von 755 befragte Sportlerinnen gaben an die Pille einzunehmen, was 61% der befragten Frauen ausmacht. Darunter waren 108 Profisportlerinnen, von welchen $3,4 \pm 1,5$ angaben, dass sie die Pille nutzen, um für einen sportlichen Wettkampf Menstruationsphasen zu verschieben. Dies ist mit 3% kein hoher Anteil, zeigt allerdings, dass in Einzelfällen die Pille nicht nur als Verhütungsmittel eingesetzt wird, sondern gleichzeitig auch als Faktor für die Leistungsfähigkeit gesehen werden kann. Es wird davon ausgegangen, dass die Auswirkungen der Pille auf die Leistungsfähigkeit vor allem von der Hormonkonzentration der jeweiligen Pillen beeinflusst werden. (Burrows & Peters, 2007).

Bei der Pille unterscheidet man die Kombinationspille bzw. Mikropille und die Minipille. Sie unterscheiden sich in der Hormonzusammensetzung und in der Dosierung. Wie auch die Kombinationspille enthält die Mikropille die Hormonkombination der weiblichen Sexualhormone, Östrogen und Gestagen. Die Kombinationspille kann nochmals in einphasig und mehrphasig (zweiphasig und dreiphasig) unterschieden werden. Die einphasige Kombinationspille enthält in jeder Tablette dieselbe Hormonkonzentration. Innerhalb eines Zyklus wird sie 21 Tage lang hintereinander eingenommen und die darauffolgenden 7 Tagen folgt eine Pillenpause. Bei mehrphasigen Präparaten sind die Tabletten eines Zyklus unterschiedlich dosiert (Burrows & Peters, 2007) (Abbildung 1).

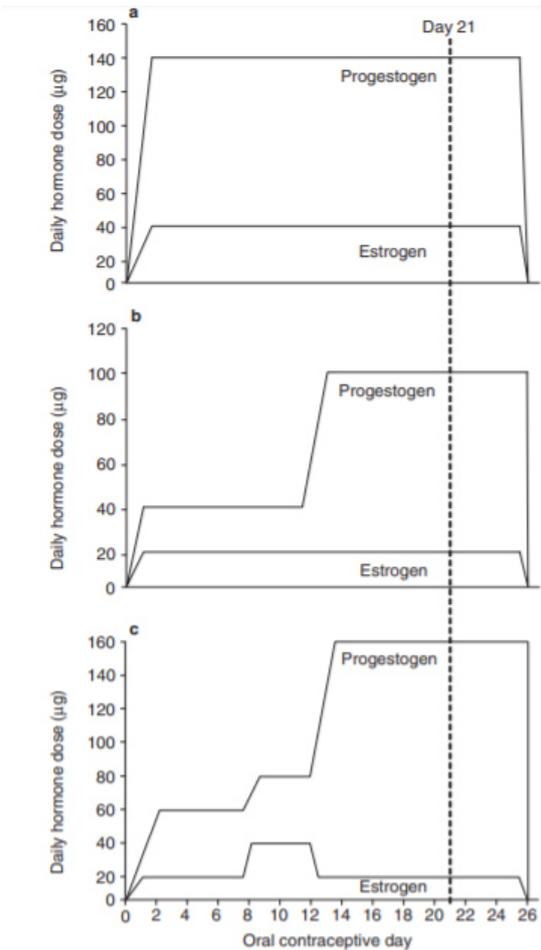


Abbildung 1: Unterschiede in den Hormonkonzentrationen der a) einphasigen Pille b) zweiphasigen Pille c) dreiphasigen Pille (Burrows & Peters, 2007, S. 561)

98% der Profisportlerinnen, die die Pille einnehmen, nehmen diese in Form eines einphasigen Präparats ein, lediglich 2% nehmen ein mehrphasiges Präparat (Rechichi et al., 2009). Seit die Pille 1960 als orales Verhütungsmittel zugelassen wurde, hat sich die Hormonzusammensetzung der Kombinationspille geändert. Die ursprünglichen Kombinationspräparate enthalten neben Gestagen ebenso 0,05 mg Östrogen und sind damit relativ hoch dosiert. Eine erneuerte Form der Kombinationspille ist die Mikropille. Sie stellt mit einem Östrogenanteil von unter 0,05 mg (Meistens 0,02 bzw. 0,03 mg) eine leichter dosierte Form der Kombinationspille dar. Der Gestagengehalt der Mikropille kann zwischen ,075 und 1,0 mg liegen. Die Minipille enthält nur Gestagene, also Gelbkörperhormone und keine Östrogene (Burrows & Peters, 2007; Rechichi et al., 2009). Die Gestagene sorgen dafür, dass sich der Schleim im Gebärmutterhals verfestigt. So können keine Spermien in die Gebärmutter eindringen. In der vorliegenden Studie wurden Handballerinnen, die ein einphasiges Kombinationspräparat, also eine Kombination aus Östrogenen und Gestagenen, einnehmen, untersucht. Die eingenommenen Kombinationspillen der Probandinnen hatten einen Östrogengehalt zwischen ,020 und ,035 mg. Durch die

Einnahme der Pille, wird die Eireifung im Eierstock unterdrückt und damit der Eisprung der Frau verhindert (Burrows & Peters, 2007). Wenn die Pille eingenommen wird, werden lediglich zwei Phasen der Hormonkonzentrationen unterschieden. Die Phase des höheren Östrogen- und Gestagenspiegels während die Pille eingenommen wird und die Phase des niedrigeren Östrogen- und Gestagenspiegels während der siebentägigen Pillenpause (Abbildung 2).

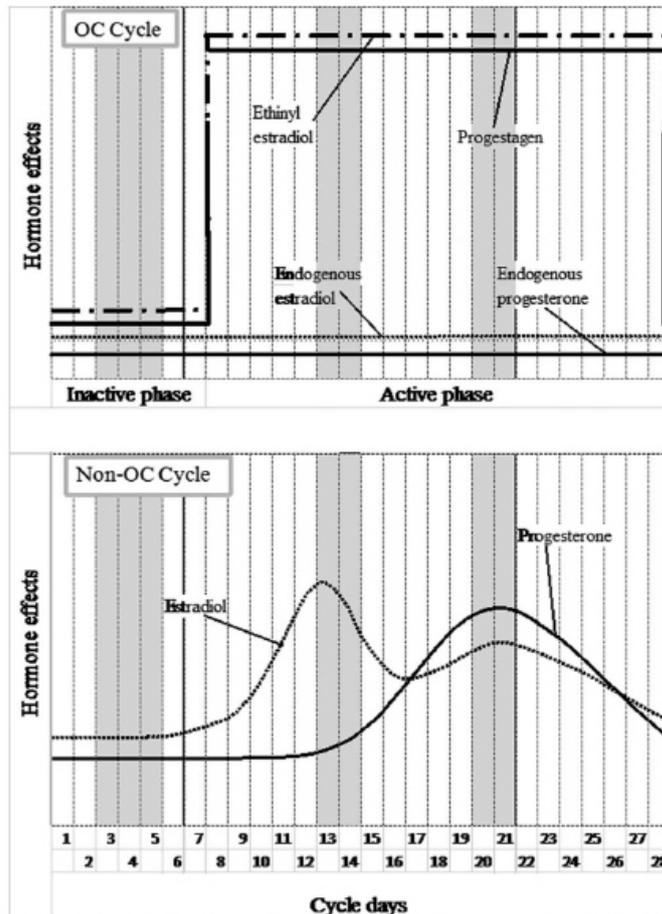


Abbildung 2: Unterschiede des Östrogen- und Gestagenspiegels bei einem Menstruationszyklus mit Pille (oben) und ohne Pille (unten).; Progesteragen = Progesteron (Eine Form der Gestagene); Estradiol = Estradiol/Östradiol (Form der Östrogene) (Ekenros, Hirschberg, Heijne & Fridén, 2013, S. 204)

Die Hormonkonzentration der weiblichen Sexualhormone Östrogene und Gestagene spielt in den verschiedenen Pillenarten die größte Rolle. Im Folgenden wird noch näher darauf eingegangen welche Stellung die verschiedenen Sexualhormone im regulären Menstruationszyklus einnehmen. Östrogene werden größtenteils in den Eierstöcken gebildet. Die höchste Aktivität unter den Östrogenen besitzt Östradiol. Die Östrogene stimulieren den Uterus in der ersten Zyklushälfte (Follikelphase) vor der Ovulation (Eisprung) und bereiten den Uterus nach der Menstruationsblutung direkt wieder auf einen Eisprung vor (Pape, Kurtz & Silbernagl, 2018). Nach dem Eisprung fällt der Östrogenspiegel wieder ab. Der Östrogenspiegel im Blut ist abhängig von der aktuellen Phase des

Menstruationszyklus und schwankt daher. Abhängig von der Zyklusphase liegt das Östradiol bei ca. 10-320 pg/ml im Körper. Gestagene sind Gelbkörperhormone, von welchen das Progesteron der häufigste Vertreter ist. Im Gegensatz zu den Östrogenen ist die Konzentration erst nach dem Eisprung erhöht. Progesteron ist wie die Östrogene vom Monatszyklus abhängig und wird vor allem in den Eierstöcken gebildet. Die Follikelphase des Menstruationszyklus startet an Tag 1 der Menstruation und dauert bis zum Eisprung. Während dieser Phase ist der Progesteron Gehalt im Blut sehr gering. Die Progesteronkonzentration steigt ab dem Zeitpunkt des Eisprungs. Die Sexualhormone unterliegen einer Regulation durch Hypophyse und Hypothalamus, was von dem luteinisierenden Hormon (LH) gesteuert wird (Pape et al., 2018). Das LH wird in der Hirnanhangdrüse produziert und bei Bedarf ins Blut abgegeben. Als wichtiger Botenstoff für Sexualfunktionen ist das LH an der Reifung der Eizellen und der Produktion von Östrogen beteiligt. Des Weiteren setzt das LH den Eisprung in Gang und erhöht nach diesem die Progesteronkonzentration. Während des gesamten Zyklus ist die LH Konzentration von der aktuellen Phase, der hormonellen Verhütung und ggf. der Wechseljahre abhängig. Nicht nur die Progesteronkonzentration steigt nach dem Eisprung, sondern auch das LH steigt bis auf das Zehnfache an. Neben dem LH gibt es auch das follikelstimulierende Hormon (FSH). Beide zusammen regulieren durch die Einleitung des Eisprungs den Menstruationszyklus (Königshoff & Brandenburger, 2018). Bei Männern sind die beiden Botenstoffe für die Ausschüttung von Testosteron und der Produktion von Eizellen und Spermien zuständig. Das FSH allein führt bei der Frau zur Follikelreifung und zur Östrogensynthese. In der ersten Zyklusphase liegt das LH bei der Frau bei ca. 1,9 bis 12,5 U/l und das FSH bei 2,5 und 10,2 U/l. Zum Zeitpunkt des Eisprungs steigt das LH auf 8,7 bis 76,3 U/l und das FSH auf 3,4 bis 33,4 U/l. Nach dem Eisprung, also in der zweiten Zyklushälfte sinken beide Werte auf 0,5 bis 16,9 U/l bzw. 1,5 bis 9,1 U/l. Das Dehydroepiandrosteron (DHEA) ist ein Hormon, das in der Nebennierenrinde produziert wird. DHEA dient als Vorstufe für die Testosteron- und Östrogensynthese und verstoffwechselt in der Leber zu Testosteron. Die Nebennieren können Östrogene aus DHEA herstellen. Testosteron, das vor allem als Sexualhormon der Männer bekannt ist, spielt auch bei der Frau eine Rolle. Es fördert das Muskelwachstum, die Knochenbildung und reduziert die Bindung von Körperfett. Der Zusammenhang der beschriebenen Hormone wird in Abbildung 3 noch deutlicher.

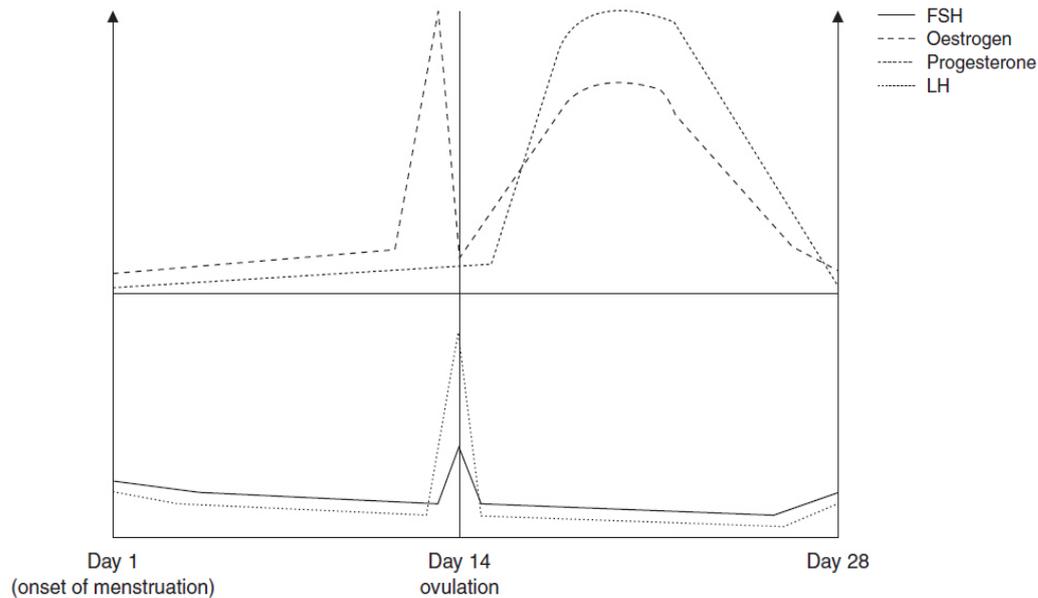


Abbildung 3: Die Hormonkonzentration von FSH (Follikelstimulierendes Hormon), Östrogen, Progesteron (Progesteron) und LH (Luteinisierendes Hormon), abhängig von den Phasen des Menstruationszyklus (Oosthuyse & Bosch, 2010, S. 209)

Angenommen wird, dass die Zufuhr von exogenen Östrogenen und Gestagenen physiologische Vorgänge beeinflussen und so ggf. eine Leistungssteigerung bzw. -minderung mit sich ziehen. Doch während bei den Männern der Einfluss des Sexualhormons Testosteron schon genau untersucht und ein anaboler Effekt nachgewiesen werden konnte, ist der Einfluss von Östrogenen und Gestagenen noch nicht einheitlich geklärt (Wikström-Frisén, Boraxbekk & Henriksson-Larsén, 2017). Ein Grund dafür können die täglichen Schwankungen der Hormonkonzentrationen sein (Oosthuyse & Bosch, 2010). Es wird angenommen, dass durch die Sexualhormone die Rezeptoren im peripheren Gewebe wie bspw. in den Muskeln und den Sehnen beeinflusst werden (Dalgaard et al., 2019). Oosthuyse und Bosch, Andrew N. (2010) beschreiben, dass die Sexualhormone einen Einfluss auf den Proteinstoffwechsel haben. Sie halten fest, dass Progesteron den Proteinstoffwechsel ankurbelt, während Östrogene diesen hemmen. Des Weiteren schreiben sie, dass Östrogene die Leistungsfähigkeit verbessern könnten, indem sie den Kohlenhydrat- und Fettstoffwechsel beeinflussen. Dadurch würden Östrogene einen anabolen Effekt bewirken, während Progesteron einen katabolen Effekt mit sich zieht (Sung et al., 2014). Sie geben an, dass Östrogene die Verfügbarkeit von Glukose und die Aufnahme in Muskelfasern Typ 1 fördern. Dies ist vor allem für Trainings von kurzer Dauer und hoher Intensität wichtig. Während Östrogen dies fördert, kann Progesteron es hemmen. Das heißt kurz vor dem Eisprung wird durch Östrogen der Glykogenspeicher größer. Da die Östrogenkonzentration nach dem Eisprung sinkt, sinkt auch die Verfügbarkeit von anaerober Glykolyse was wiederum eine niedrigere Laktatkonzentration mit sich führt

(Oosthuyse & Bosch, 2010). Bedingt durch einen erhöhten Östrogenwert kann während der Muskelkontraktion Myosin stärker an Aktin binden, was wiederum die Kraftleistung beeinflussen würde. Dies könnte erklären, wieso angenommen wird dass die Kraftleistung in der ersten Hälfte des Menstruationszyklus höher ist, als in der zweiten Menstruationshälfte (Sung et al., 2014). Mit dem Menstruationszyklus schwankt meistens auch die Flüssigkeitsregulierung, und damit das Gewicht, im Körper. Janse de Jonge (2003) geben an, dass die maximale Sauerstoffaufnahme meistens in Abhängigkeit vom Körpergewicht der Person angegeben wird. Dies kann während des Menstruationszyklus allerdings durch mögliche Veränderungen Wasserregulierung schwanken und verändert damit automatisch die VO_{2max} . Selbiges kann auch das Plasmavolumen beeinflussen, was wiederum die Herzfrequenz beeinflussen kann.

Zwei Beispiele aus dem Sport zeigen wie unterschiedlich Athletinnen den Einfluss des Menstruationszyklus auf die Leistungsfähigkeit am eigenen Körper wahrnehmen können. Die Profischwimmerin Fu Yuanhui konnte im Jahr 2016 bei den olympischen Sommerspielen in Rio de Janeiro nicht ihre gewohnt gute Leistung abrufen. Im Interview nach ihrem Wettkampf wurde sie gefragt, weshalb sie ihre Leistung nicht zeigen konnte und ob sie Schmerzen hätte. Fu Yuanhui gab als Grund an, dass ihre Periode in der Nacht vor dem Wettkampf eingetreten ist und sie solche Schmerzen hätte und sehr müde wäre, sodass sie nicht in der Lage war ihre Leistung abzurufen (Shanghai Expat, 2016). Im Gegensatz zu Fu Yuanhui gab Elisabeth Görgl, Doppelweltmeisterin im Skirennlauf, in einem Interview an, dass sie sich während ihrer sportlichen Karriere nie von der Menstruation negativ beeinflusst gefühlt hätte. Im Gegenteil, sie habe am Tag vorm Eintreten der Periode meistens ihre beste Leistung abrufen können (Interview mit Elisabeth Görgl, 21.07.2019).

Mit den Statements der beiden Profisportlerinnen wurde nicht nur ein vermeintliches Tabuthema angesprochen, sie zeigen auch, dass sich Sportlerinnen Gedanken zum Einfluss des Menstruationszyklus auf die Leistungsfähigkeit machen und einen Zusammenhang nicht ausschließen. Wie bereits angedeutet, beschäftigte sich auch die Wissenschaft in den letzten Jahren intensiv mit dieser Thematik. Im Folgenden wird der aktuelle Forschungsstand präsentiert. Die vorliegende Literatur ergab sich aus der Suche in verschiedenen Onlinedatenbanken nach Studien und Reviews zu den Themen Menstruationszyklus, Leistungsfähigkeit und Pille. Besonders die Datenbank Pubmed lieferte relevante Artikel. Die wichtigsten Suchbegriffe sind „menstrual Cycle“, „performance“ und „oral contraceptive“. Im weiteren Verlauf der Recherche wurden den Suchanfragen weitere Begriffe wie „athletic“, „endurance“, „strength“, „team sport“ und

„capacity“ hinzugefügt. Die daraus resultierenden Artikel wurden zuerst über den Titel und im weiteren Schritt über den Abstract als relevant oder irrelevant eingestuft. Die Literaturangaben jedes Artikels wurden genutzt, um nach weiteren bedeutsamen Quellen zu suchen.

1.1 Aktueller Forschungsstand

Sowohl Redman und Weatherby (2004), als auch Vaiksaar et al. (2011) untersuchten in ihren Studien Ruderinnen. In der ersteren wurden fünf Frauen mit einer $\dot{V}O_{2max}$ über $50 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ bezüglich der anaeroben Leistungsfähigkeit und der anaeroben Kapazität untersucht (Alter $20 \pm 1,9$ Jahre). Das Testprotokoll beinhaltete einen 10-s all-out Test und einen 1000-m Rudertest auf einem Ruderergometer. Die Probandinnen nahmen alle seit mindestens einem Jahr ein leicht dosiertes orales Kontrazeptivum (50 – 125 μg Gestagen und 30 – 40 μg Östrogen) ein. Getestet wurden die Sportlerinnen an zwei unterschiedlichen Testtagen. Der erste war zum Zeitpunkt der Pilleneinnahme und der zweite zum Zeitpunkt der Pillenpause. Auch die Teilnehmerinnen von Vaiksaar et al. (2011) nahmen alle seit mindestens drei Monaten die Pille. Acht Ruderinnen (Alter $21 \pm 2,8$ Jahre) absolvierten einen 1-h submaximalen Ausdauerstest auf einem Ruderergometer mit 70 % der $\dot{V}O_{2max}$. Währenddessen wurden laufend die Atemgasse gemessen. Die Testung wurde zwei Mal durchgeführt, einmal an einem Tag, an dem die Pille gerade eingenommen wird und einmal zum Zeitpunkt der Pillenpause. Die Autoren konnten feststellen, dass die submaximale $\dot{V}O_2$ zum Zeitpunkt der Pilleneinnahme signifikant niedriger ist ($p < ,05$). Es wurden keine signifikanten Unterschiede bezüglich des Messzeitpunkts und der Herzfrequenz bzw. dem Atemminutenvolumen festgestellt ($p > ,05$). Redman und Weatherby, Robert P. (2004) konnten feststellen, dass die durchschnittliche Maximalleistung zum Zeitpunkt der Pillenpause signifikant höher ist. Die maximale Blutlaktatkonzentration zeigt keinen signifikanten Unterschied zwischen den Messzeitpunkten ($p = ,16$). Mattu, Iannetta, MacInnis, Doyle-Baker und Murias (2019) untersuchten bei 15 Frauen die eine einphasige Pille einnehmen (Alter 24 ± 4 Jahre) und 15 Frauen ohne Pille (Alter 25 ± 6 Jahre) die submaximale und maximale Leistungsfähigkeit zu unterschiedlichen Zeitpunkten. Die Messzeitpunkte bei den Frauen, die ein orales Kontrazeptivum einnehmen waren zum Zeitpunkt der Pillenpause an Tag 1-7 des Menstruationszyklus und zum Zeitpunkt der Pilleneinnahme an Tag 17-24 des Menstruationszyklus. Die Teilnehmerinnen ohne hormonelles Verhütungsmittel wurden zwischen den Tagen 5-10 und 19-24 des Menstruationszyklus gemessen. Bei insgesamt 6-7 Tests pro Gruppe wurden während einer Radspirometrie die Sauerstoffaufnahme, die Laktatkonzentration, das Maximal lactate

steady state (MLSS) und die Zeit bis zur kompletten Ausbelastung untersucht. Die MLSS wurde als die Belastungsintensität definiert, bei der von Belastungsminute 10 bis 30 die Blutlaktatkonzentration um weniger als 1 mmol/l ansteigt. Innerhalb der beiden Gruppen konnte bei der Sauerstoffaufnahme kein signifikanter Unterschied zwischen den verschiedenen Messzeitpunkten festgestellt werden. Die Sauerstoffaufnahme war in der Gruppe ohne Pille signifikant geringer, als in der Gruppe der Pillennehmerinnen ($p = ,014$). Auch bei der Laktatkonzentration konnte innerhalb der Gruppen kein signifikanter Unterschied festgestellt werden ($p = ,370$). Ebenfalls keine signifikanten Unterschiede zeigte die Zeit bis zur Ausbelastung ($p = ,405$).

Ebenfalls wie Redman und Weatherby, Robert P. (2004) haben Joyce, Sabapathy, Bulmer und Minahan (2013) eine Spiroergometrie durchgeführt. Allerdings nicht auf einem Ruderergometer, sondern auf einem Fahrradergometer. Von den 16 getesteten Frauen nahmen acht (Alter 20 ± 2 Jahre) seit mindestens einem Jahr regelmäßig die Pille ein und absolvierten die Testung am zweiten Tag der Pillenpause. Die weiteren acht Frauen (Alter 22 ± 3 Jahre) nahmen die Pille nicht ein und wurden am zweiten Tag des Menstruationszyklus getestet. Das Testprotokoll enthielt eine ausbelastende Fahrradspiroergometrie. Die Untersuchung der kardiorespiratorischen Parameter während des Ausbelastungstest ergaben einen signifikant höheren Maximalwert der $\dot{V}O_2$ in der Gruppe der Frauen, die die Pille nicht einnehmen. Weitere signifikante Zusammenhänge konnten nicht festgestellt werden ($p > ,05$). Ebenfalls eine maximale Fahrradspiroergometrie führten Casazza, Suh, Miller, Navazio und Brooks (2002) mit sechs Athletinnen durch (Alter $25,5 \pm 1,5$ Jahre). Keine nahm die Pille ein und sie wurden einmal zum Zeitpunkt der frühen Follikelphase (4-8 Tage nach Eintreten der Periode) und der mittleren Follikelphase (6-8 Tage nach Ovulation) getestet. Nachdem die beiden Testungen durchgeführt wurden, begannen die Probandinnen die Pille einzunehmen. In einem Zyklus (28 Tage) nahmen sie die Pille 21 Tage lang hintereinander und 7 Tage lang nicht. Nach vier Zyklen wurde dieselbe Testung nochmals zum Zeitpunkt einer Pilleneinnahme und einer Pillenpause durchgeführt. Casazza et al. (2002) konnten bezüglich der maximalen Leistung zu keinem Zeitpunkt einen signifikanten Unterschied ($p > ,05$) feststellen. Allerdings ist die Dauer bis zur maximalen Leistung nach der viermonatigen Pilleneinnahme signifikant geringer ($p < ,05$) als noch davor. Bei der Interpretation der Ergebnisse ist zu berücksichtigen, dass die Zeitspanne zwischen den Messzeitpunkten teilweise sehr groß ist und eine Leistungsverbesserung oder -verschlechterung auch andere Gründe haben könnte.

Auch Julian, Hecksteden, Fullagar und Meyer (2017) untersuchten ob der Menstruationszyklus die Ausdauerleistungsfähigkeit beeinflusst. Mit neun Fußballspielerinnen (Alter 19 ± 4 Jahre), welche die Pille nicht einnehmen, wurde ein intermittierender YoYo-Test durchgeführt, um die Ausdauerleistungsfähigkeit zu untersuchen. Jede Athletin wurde einmal in der frühen Follikelphase (Tag 5-7 des Menstruationszyklus) und einmal in der mittleren Follikelphase (Tag 21-22 des Menstruationszyklus) getestet. Neben der zurückgelegten Laufstrecke wurde kontinuierlich die Herzfrequenz jeder Spielerin gemessen. Außerdem wurde sowohl vor der Testung als auch nach der Testung, aus dem Ohrläppchen Blut entnommen, um so die Blutlaktatkonzentration bestimmen zu können. Die Autoren konnten dabei einen signifikanten Unterschied ($p = ,07$) in der zurückgelegten Strecke erkennen. Während in der frühen Follikelphase im Durchschnitt 3288 ± 800 m zurückgelegt wurden, waren es in der mittleren Follikelphase nur 2833 ± 896 m. Zwischen den anderen Parametern konnte kein signifikanter Zusammenhang ($p > ,05$) festgehalten werden. Neben der Ausdauerleistungsfähigkeit wurde mit derselben Gruppe, zu denselben Zeitpunkten, auch die Sprintleistung und die Sprungleistung untersucht. Jede Athletin absolvierte drei Mal einen 30 m Sprint, sowie einen Counter Movement Jump ohne Armeinsatz. Die Autoren konnten sowohl bei der Sprintleistung ($p = ,96$), als auch beim Counter Movement Jump ($p = ,33$) keinen signifikanten Unterschied in der Leistungsfähigkeit zu den verschiedenen Messzeitpunkten feststellen.

Ebenfalls die Sprungleistung untersuchten Rechichi und Dawson (2009). Zehn Teamsportlerinnen, welche die Pille nehmen, wurden zu drei unterschiedlichen Zeitpunkten getestet. Die Sprungleistung wurde mittels einem Counter Movement Jump und einem Drop Jump überprüft. Der erste Messzeitpunkt war an Tag 13-17 der Pilleneinnahme, der zweite an Tag 2-3 der Pillenpause und der dritte an Tag 6-7 der Pillenpause. Um die Explosivkraft zu messen, wurde der Counter Movement Jump ohne Armeinsatz durchgeführt. Die Reaktivkraft wurde mittels Drop Jump gemessen und erfolgte aus 30 cm und 45 cm Höhe. Zwischen der Explosivkraft und des Menstruationszyklus konnte kein signifikanter Zusammenhang ($p > ,05$) erkannt werden. Im Gegensatz dazu zeigte die Reaktivkraft einen signifikanten Zusammenhang ($p < ,05$) mit der Phase des Menstruationszyklus. Die Reaktivkraft der Sprünge aus 30 cm Höhe war an Tag 6-7 des Menstruationszyklus signifikant geringer als in den anderen beiden Phase, während die Sprünge aus 45 cm Höhe an Tag 13-17, im Gegensatz zu den anderen beiden Messzeitpunkten, signifikant höher war. Mit der Sprungkraft beschäftigten sich auch Ekenros et al. (2013), welche insgesamt 17 Teilnehmerinnen bezüglich Muskelkraft und Sprungleistung untersucht. Von den 17 Probandinnen, nahmen 8 (Alter $26 \pm 2,5$ Jahre) ein einphasiges orales

Kontrazeptivum und 9 (Alter $27,0 \pm 4,8$ Jahre) nahmen seit mindestens drei Monaten keines. Die Testtage waren bei der Gruppe der Pillennehmerinnen an Tag 2-4 der Pillenpause und in der Phase der Pilleneinnahme an Tag 7-8 und Tag 14-15. Die andere Gruppe wurde ebenfalls zu drei Messzeitpunkten getestet, an Tag 2-4 des Menstruationszyklus, dann zum Zeitpunkt des Eisprungs und nochmal 7-8 Tage nach dem Eisprung. Zu jedem Messzeitpunkt wurde die Kraft der Kniestrecke und die Griffkraft gemessen. Des Weiteren wurde ein einbeiniger Weitsprung aus dem Stand durchgeführt. Zwischen den beiden Gruppen konnte kein signifikanter Unterschied in der Muskelkraft der Kniestrecke ($p = ,78$), der Griffkraft ($p = ,76$) und der Sprungweite ($p = ,78$) festgestellt werden. Innerhalb der Gruppe der Pilleneinnehmerinnen konnte kein signifikanter Unterschied in der Kraft der Kniestecker ($p = ,11$), der Griffkraft ($p = ,45$) und der Sprungweite ($p = ,69$) festgehalten werden. Ekenros et al. (2013) konnten aber festhalten, dass sich in der Gruppe der Frauen ohne hormonelle Verhütung die Kraft der Kniestrecke zwischen Messzeitpunkt 1 und 3 signifikant verändert ($p = ,02$). Während bei Messzeitpunkt 1 die aufgebrachte Kraft im Mittel bei 139 ± 26 Nm lag, war sie zum Messzeitpunkt 3 durchschnittlich 145 ± 26 Nm hoch.

Romance et al. (2019) untersuchten anhand von zwei Gruppen den Einfluss eines orales Kontrazeptivum auf die Kraft und Schnellkraft. Die erste Gruppe bestand aus 12 Teilnehmerinnen (Alter $28,3 \pm 4,1$ Jahre) welche ein orales Kontrazeptivum einnehmen und die zweite Gruppe bestand aus 11 Frauen (Alter $26,6 \pm 3,7$ Jahre) die kein hormonelles Verhütungsmittel zu sich nehmen. Alle Studienteilnehmerinnen führten ein festgelegtes acht wöchiges Trainingsprogramm durch, welches aus vier wöchentlichen Krafttrainings besteht. Vor und nach der achtwöchigen Trainingsperiode absolvierte jede Probandin einen Maximalkrafttest und einen Counter Movement Jump zur Überprüfung der Schnellkraftleistung. Der Counter Movement Jump wurde auf einer Sprungmatte und ohne Armeinsatz durchgeführt. Romance et al. (2019) konnten in der Sprungkraftleistung weder zwischen den beiden Gruppen, noch innerhalb einer Gruppe signifikante Unterschiede feststellen. Die Maximalkraft wurde in Form von Kniebeugen und Bankdrücken überprüft. In beiden Gruppen konnten signifikante Unterschiede festgestellt werden ($p < ,05$). In der Gruppe der Pillennehmerinnen verbesserte sich die Kraftleistung der Kniebeuge von $68,2 \pm 8,5$ kg auf $81,2 \pm 9,3$ und die Leistung des Bankdrückens von $37,8 \pm 7,6$ kg auf $44,5 \pm 7,4$ kg. In der Gruppe der Frauen, die kein hormonelles Verhütungsmittel einnehmen hat sich die Kraftleistung der Kniebeuge von $64,5 \pm 11,3$ kg auf $80,1 \pm 10,8$ kg und die Leistung des Bankdrückens von $39,8 \pm 7,1$ kg auf $44,6 \pm 7,4$ gesteigert. Da die Studie darauf hinabzielt die Auswirkungen des achtwöchigen Trainingsprogramms zu messen und damit die Wahrscheinlichkeit der Kraftsteigerung sehr hoch ist, sagt dies noch nichts über die direkten

Auswirkungen des oralen Kontrazeptivums aus. Allerdings wird durch diese Studie deutlich, dass die Pille die Kraftentwicklung nicht negativ beeinflusst.

Ähnlich wie in der vorliegenden Studie untersuchten Elliott, Cable und Reilly (2005) den Einfluss eines oralen Kontrazeptivums auf die Kraftleistungsfähigkeit mittels eines isokinetischen Dynamometers. Dabei wurden 14 Frauen (Alter 22 ± 4 Jahre), die ein einphasiges Kombinationspräparat einnehmen, untersucht. Die Messzeitpunkte waren an Tag 7 und 14 der Pilleneinnahme und an Tag 5 der Pillenpause. Anhand eines isokinetischen Tests wurde das Drehmoment der Knieextension und Knieflexion gemessen. Sie konnten zwischen den gemessenen Parameter und den Messzeitpunkten keinen signifikanten Unterschied feststellen (Elliott et al., 2005). Die Drehmomente der Knieextensoren und -flexoren testeten auch Gordon et al. (2013) mittels eines isokinetischen Dynamometers. Sie testeten in der einen Gruppe elf Frauen (Alter $20,7 \pm 1,4$ Jahre) die kein hormonelles Verhütungsmittel einnehmen und eine Gruppe von sechs Frauen (Alter $20,3 \pm 0,5$ Jahre), die seit mindestens drei Monaten ein einphasiges Kombinationspräparat zu sich nehmen. Beide Gruppen führten jeweils zu vier unterschiedlichen Messzeitpunkten einen isokinetischen Test zur Bestimmung des maximalen Drehmoments in Knieextensoren und -flexoren durch. Die Messzeitpunkte waren einmal während der Menstruation, während der Follikelphase (vor dem Eisprung), während der Lutealphase (nach dem Eisprung) und kurz vor erneutem Eintreten der Menstruation. In der Gruppe der Pilleneinnehmerinnen wurden die Testungen daher drei Mal in der Phase der Pilleneinnahme und einmal in der Phase der Pillenpause durchgeführt. In beiden Gruppen zeigen sich signifikante Unterschiede im maximalen Drehmoment der Extensoren bei einer Winkelgeschwindigkeit von $120^\circ/\text{s}$. In beiden Gruppen ist das maximale Drehmoment zum Zeitpunkt der Menstruation bzw. der Pillenpause signifikant geringer als zu den anderen Messzeitpunkten ($p = ,02$ bei beiden Gruppen). Weitere Unterschiede konnten in der Gruppe der Pilleneinnehmerinnen nicht festgehalten werden (Gordon et al., 2013).

Wikström-Frisén et al. (2017) untersuchten, inwiefern das Krafttraining durch den Menstruationszyklus gesteuert werden kann. Dafür absolvierten drei verschiedene Gruppen ein Trainingsprogramm durchgeführt. Die Gruppenzusammenstellung, sowie das absolvierte Trainingsprogramm können Tabelle 1 entnommen werden.

Tabelle 1: Übersicht der Gruppen und des Trainingsplans der Teilnehmerinnen aus der Studie von Wikström-Frisén, Boraxbekk und Henriksson-Larsén (2017)

	Gruppe 1	Gruppe 2	Kontrollgruppe
Anzahl	n = 19 11 mit Pille 8 ohne Pille	n = 19 10 mit Pille 9 ohne Pille	n = 21 11 mit Pille 10 ohne Pille
Alter (Jahre)	25,0 ± 4,0	24,5 ± 2,6	24,5 ± 3,9
Trainingsplan Woche 1 und 2 des Menstruationszyklus	Fünf Einheiten intensives Beinkrafttraining	Eine Einheit Beinkrafttraining	Drei Einheiten Beinkrafttraining
Trainingsplan Woche 3 und 4 des Menstruationszyklus	Eine Einheit Beinkrafttraining	Fünf Einheiten intensives Beinkrafttraining	Drei Einheiten Beinkrafttraining

Sowohl vor Beginn des Trainings als auch nach der vierwöchigen Trainingsperiode, wurden verschiedene Kraftparameter der unteren Extremitäten untersucht. Die Kraft der Knie Extensoren und Flexoren wurde mittels eines isokinetischen Dynamometers anhand des maximalen Drehmoments gemessen. Vertikale Sprünge wurden in Form von Squat Jumps und Counter Movement Jumps durchgeführt und gaben Auskunft über die Schnellkraft und Sprunghöhe. Wikström-Frisén et al. (2017) haben einen signifikanten Zusammenhang zwischen der Kraft- und Schnellkraftleistung und der Phase des Menstruationszyklus feststellen können. Sie konnten festhalten, dass die Kontrollgruppe zum zweiten Messzeitpunkt eine signifikant höhere Sprunghöhe und signifikant höhere Drehmomente im linken bzw. im rechten Bein erreichen konnten, als zum ersten Messzeitpunkt. Im Gegensatz zu den anderen Gruppen, konnte in Gruppe 1 eine signifikante Steigung des Drehmoments im rechten hinteren und vorderen Oberschenkel festgestellt werden (Hinterer Oberschenkel/Flexoren $p = ,007$; Vorderer Oberschenkel/Extensoren $p < ,001$). Anhand der Ergebnisse von Wikström-Frisén et al. (2017) leiten die Autoren ab, dass ein regelmäßiges Krafttraining der Beine während der ersten zwei Wochen des Menstruationszyklus einen größeren Kraftzuwachs und eine höhere Steigerung der Schnellkraftleistung bringt, als in den letzten beiden Wochen des Menstruationszyklus.

Im Gegensatz zu den bereits genannten Autoren untersuchten Ansdell et al. (2019) nicht die konditionellen Fähigkeiten, sondern die neuromuskuläre Funktion und die Ermüdung der Kniestrecker. In Gruppe A wurden 15 Frauen (Alter 23 ± 2 Jahre) untersucht, die ein einphasiges orales Kontrazeptivum einnehmen und in Gruppe B 15 Frauen (Alter 25 ± 4 Jahre), die kein hormonelles Verhütungsmittel einnehmen. Gruppe A wurde zwei Mal in den letzten 14 Tagen der Pilleneinnahme getestet, wobei der Abstand zwischen den Testungen mindestens 48 h betrug. Gruppe B führte die Testungen an Tag 2, 14 und 21 des Menstruationszyklus durch. Zu jedem Messzeitpunkt führten die Probandinnen 2 Sätze mit jeweils fünf isometrischen Kontraktionen der Kniestrecker durch. Zwischen den Kontraktionen waren jeweils 5 s Belastungspause. Für die Feststellung der neuromuskulären Aktivität wurden vor dem ersten (pre) und nach dem zweiten Satz (post) die Motorneuronen des N. Femoralis stimuliert. Während der Belastung und in der Belastungspause wurde zusätzlich mittels transkranieller Magnetstimulation der kontralaterale Motorkortex stimuliert. Gemessen wurden die maximal selbstaufgewandte Kontraktionskraft (MVC), die Amplitude der potenzierten Muskelkontraktionen (Q) und die selbstaufgebrachte Aktivierung unter Stimulierung der Motorneuronen (VA). In keinem der gemessenen Parameter konnten signifikante Unterschiede festgestellt werden (Pre MVC $p = ,31$; Post MVC $p = ,36$; Pre Q $p = ,59$; Post Q $p = ,94$; Pre VA $p = ,83$; Post VA $p = ,94$). Die muskuläre Ermüdung wurde mittels drei Sekunden langer submaximaler Kontraktion ermittelt. Diese wurden innerhalb eines Satzes 11 Mal ausgeführt. Die Kontraktionen wurden über ein hörbares Metronom gesteuert. Der Testabbruch erfolgte nach dem dritten Mal nicht Erreichen eines definierten Kraftwertes. Gemessen wurde die Zeit bis zum Eintreten des Testabbruchs. In Gruppe B konnten diesbezüglich signifikante Unterschiede festgestellt werden. An Tag 21 des Menstruationszyklus ist die Zeit bis zum Eintreten des Testabbruchs (706 ± 262 s) signifikant höher als an Tag 2 des Menstruationszyklus (519 ± 164 s) ($p = ,03$). In Gruppe A konnten keine signifikanten Unterschiede festgehalten werden ($p = ,34$) (Ansdell et al., 2019).

1.2 Problemstellung und Zielsetzung der Arbeit

Der aktuelle Forschungsstand zeigt, dass die Wissenschaft in den letzten Jahren vermehrt den Einfluss des Menstruationszyklus auf die Leistungsfähigkeit untersucht hat. Auch der Zweck der vorliegenden Arbeit ist es zu ermitteln, inwiefern die Leistungsfähigkeit von Handballerinnen, die die Pille einnehmen, durch den Menstruationszyklus beeinflusst wird. In den bereits publizierten Studien wird bei der Probandenwahl nicht immer berücksichtigt, welche Art der Pille eingenommen wird und welche Sportart die Probandinnen betreiben. Allerdings ist die Hormonkonzentration eines Zweiphasenpräparats anders, als die einer

einphasigen Kombinationspille (vgl. Kapitel 1). Um in der vorliegenden Studie eine möglichst homogene Stichprobe zu untersuchen, wurden lediglich Handballerinnen berücksichtigt, welche ein einphasiges Kombinationspräparat einnehmen. Dadurch konnte außerdem das Datum einer Testung genau festgelegt werden. Auch im Alter unterscheiden sich die Probandinnen nicht wesentlich voneinander. Im Vergleich zu anderen Studien wurden in der vorliegenden Masterarbeit nur zwei Messzeitpunkte gewählt. Diese wurden so gewählt, dass sich die Probandinnen einmal in der Phase der Pilleneinnahme und einmal in der Phase der Pillenpause befinden. Da die Hormonkonzentrationen während der Pilleneinnahme konstant bleiben, genügt eine Testung in der Phase der Pilleneinnahme. Zur Überprüfung der Hormonkonzentrationen und der Hämatokrit- und Hämoglobinwerte wurden zu jedem Messzeitpunkt zwei Blutproben entnommen. Teilweise wurden auch in bereits publizierten Studien Hormonkonzentrationen untersucht, allerdings wurden in keiner Studie die Hämatokrit- und Hämoglobinwerte bestimmt. Das Testprotokoll enthält sowohl eine Kraft-, als auch eine Ausdauerleistungstestung. Da auch im Handballsport sowohl die Ausdauer-, als auch die Kraftkomponente eine große Rolle spielen, können mit der Testung mehrere sportartspezifische konditionelle Fähigkeiten untersucht werden. Die homogene Stichprobe ermöglicht es, den Einfluss des Menstruationszyklus möglichst genau zu untersuchen, sodass sich so für Trainer*innen und Spielerinnen mögliche Trainingsempfehlungen ableiten lassen können. Die Ergebnisse können daher für die zukünftige Entwicklung der Trainingssteuerung, vor allem im Handballsport, eine große Rolle spielen.

1.3 Forschungsfragen und Forschungshypothesen

Die vorliegende Studie untersucht den Einfluss des Menstruationszyklus auf die Ausdauerleistungsfähigkeit und Kraftfähigkeit von Handballerinnen, die ein einphasiges Pillenkombinationspräparat einnehmen. Die Leistungsfähigkeit wurde in Form eines stufenförmigen Laufband- und eines isokinetischen und isometrischen Krafttests ermittelt. Während des Stufentests auf dem Laufband wurden laufend die Atemgase gemessen. Der Krafttest wurde mittels eines Dynamometers durchgeführt. Es wurden sowohl isokinetische als auch isometrische Messungen absolviert. Folgende Forschungsfragen bzw. -hypothesen wurden anhand der ermittelten Parameter überprüft:

1. Gibt es signifikante Unterschiede zwischen den Parametern der Laufband Spiroergometrie zwischen den Phasen des weiblichen Menstruationszyklus?

H1_0: Es gibt keine signifikanten Unterschiede zwischen den Parametern der Laufband Spiroergometrie zwischen den Phasen des weiblichen Menstruationszyklus.

H1_1: Es gibt signifikante Unterschiede zwischen den Parametern der Laufband Spiroergometrie zwischen den Phasen des weiblichen Menstruationszyklus.

2. Gibt es signifikante Unterschiede zwischen den Parametern der Kraftmessung zwischen den Phasen des weiblichen Menstruationszyklus?

H2_0: Es gibt keine signifikanten Unterschiede zwischen den Parametern der Kraftmessung zwischen den Phasen des weiblichen Menstruationszyklus.

H2_1: Es gibt signifikante Unterschiede zwischen den Parametern der Kraftmessung zwischen den Phasen des weiblichen Menstruationszyklus.

2 Methodik

2.1 Studiendesign

Um die Forschungsfragen zu beantworten wurde zu zwei unterschiedlichen Messzeitpunkten getestet: Messzeitpunkt I fand an Tag 2-3 des Menstruationszyklus statt, zu einer Phase wo die Pille aktuell nicht eingenommen wurde. Der zweite Messzeitpunkt fand zwei Wochen vorher bzw. später statt, in beiden Fällen befand sich die Probandin an Tag 16-18 des Menstruationszyklus, an welchem die Pille seit mindestens zehn Tagen wieder eingenommen wurde.

Vor der ersten Testung führte ein Mediziner mit der Probandin ein Anamnesegespräch durch, um anschließend die Teilnahme an der Studie freizugeben. Nach dem Anamnesegespräch folgte eine Blutabnahme. Die Blutproben dienen zur Analyse verschiedener Hormone und zur Bestimmung der Hämatokrit- und Hämoglobinwerte. Der Hämatokritwert bezeichnet den Anteil zellulärer Bestandteile (z.B. Erythrozyten, Thrombozyten und Leukozyten) am Volumen des Blutes. Hämoglobin ist ein Proteinkomplex und ein wichtiger Bestandteil der roten Blutkörperchen, der Erythrozyten.

Nach der Blutabnahme fand ein isokinetischer und isometrischer Krafttest auf einem Dynamometer statt. Die isokinetische Testung untersuchte die Extension und Flexion des rechten bzw. linken Beines. Die isometrische Testung der Oberschenkelvorderseite wurde erst mit dem rechten und dann mit dem linken Bein bei 60° Kniebeugung durchgeführt. Nach der Krafttestung folgte eine stufenförmige Laufbandtestung bis zur Ausbelastung. Während dieser wurden laufend die Atemgase und die Herzfrequenz gemessen. Die Blutlaktatkonzentrationen wurden vor und nach der Laufbandspiroergometrie untersucht. Die Dauer einer Testung betrug ca. 2 h.

2.2 Rekrutierung der Probandinnen

Nach dem positiven Bescheid, für die Durchführung der vorliegenden Masterarbeitsstudie, der Ethikkommission der Universität Wien (Bearbeitungsnummer 00435), folgte die Rekrutierung der Probandinnen. Damit eine möglichst homogene Gruppe vorliegt, wurden vorab folgende Ein- und Ausschlusskriterien festgelegt:

Ausschlusskriterien:

- Verletzung vor oder während der Studie, die eine Teilnahme am Training aus gesundheitlicher Sicht nicht erlaubt
- Kardiovaskuläre, pulmonale oder metabolische Erkrankung(en), die die Teilnahme an den Tests nicht erlauben.
- Akute Infektionen ab 1 Woche vor dem ersten Messzeitpunkt und während der gesamten Studiendauer
- Bekannte Autoimmunkrankheit oder Erkrankung des Immunsystems betreffend
- Einnahme von Medikamenten, die die Messung beeinflussen könnten (ausgenommen da-von ist die einphasige Kombinations-Pille) oder laut WADA-Code im Training und/oder Wettkampf verboten sind
- Alter <18 Jahren bzw. >35 Jahren

Einschlusskriterien:

- Frauen im Alter zwischen 18 und 35 Jahren
- Motivation für Leistungstests
- Einnahme einer Pille in Form eines einphasigen Kombinationspräparats seit mindestens einem halben Jahr
- Regelmäßiger Menstruationszyklus
- Handballspielerin seit mindestens einem Jahr mit mind. 3 x/Woche vereinsorganisiertem Training
- Freigabe zur Teilnahme an der Studie nach ärztlicher Untersuchung an dem jeweiligen Testtag

Im ersten Schritt wurden persönliche Kontakte zu Handballspielerinnen genutzt, um nach einer möglichen Teilnahme an der Studie zu fragen. Es wurde sowohl der Ablauf der Studie als auch die Voraussetzungen für die Teilnahme an der Studie erklärt. Die weitere Suche erfolgte über persönliche Kontakte zu Handballtrainer*innen und -vereine. In einem Verein ergab sich die Möglichkeit, einer Damenmannschaft die vorliegende Studie vorstellen zu dürfen. Im letzten Schritt wurde zu noch weiteren fünf Vereinen Kontakt aufgenommen. Insgesamt erfüllten 16 Handballspielerinnen die Voraussetzungen für die Teilnahme an der vorliegenden Studie.

Nach der Kontaktaufnahme und Nachfrage bei Vereinen und Spielerinnen, folgte entweder die telefonische oder schriftliche Terminvereinbarung mit den Athletinnen. Hierbei wurde nochmals der Ablauf der Studie erklärt. Für die Terminvereinbarung wurde die Probandin gebeten der Studienleiterin mitzuteilen, wann Tag 2-3 und Tag 16-18 ihres Menstruationszyklus sei. Sie wurden drauf hingewiesen, dass der Tag, an dem die Periode eintritt, Tag 1 des Menstruationszyklus ist. Falls bei einer Probandin Tag 2-3 des Menstruationszyklus auf ein Wochenende fällt, konnte sie an der Studie nicht teilnehmen. Für die Standardisierung der Bedingungen durften die Uhrzeiten der jeweiligen Testungen maximal 2 h auseinander liegen. Die eine Hälfte der Probandinnen führte die erste Testung am 16-18. Tag des Menstruationszyklus durch, die andere Hälfte führte die erste Testung am 2-3. Tag des Menstruationszyklus durch.

Bei der Terminvereinbarung wurden die Probandinnen bereits auf die Auswirkungen der Lebensführung und die Verpflichtungen, die aufgrund der Teilnahme an der Studie zu beachten waren, hingewiesen. Zum einen durften am Tag vor der jeweiligen Untersuchung nur leichte körperliche Aktivitäten durchgeführt werden, sodass die Testungen in einem ermüdungsfreien Zustand absolviert werden konnten. Außerdem durften drei Stunden vor der Testung keine schweren Mahlzeiten, keine koffeinhaltigen Getränke und keine Sportgetränke zu sich genommen werden. Während der Testung durfte ausschließlich Wasser getrunken werden. Außerdem müssen die Probandinnen die Pille verlässlich nach dem vorgegebenen Schema des Beipackzettels einnehmen. Da die Termine teilweise bereits zwei Monate vor der ersten Untersuchung fixiert wurden, wurden die Spielerinnen nochmals zwei Tage vor der Testung auf die einzuhaltenden Verhaltensweisen vor der Testung hingewiesen.

2.3 Probandinnen

Von den 16 Probandinnen absolvierten alle beide Krafttestungen, allerdings nur 15 beide Laufbandspiroergometrien, da sich eine Probandin bei der zweiten Laufbandspiroergometrie leicht verletzte. Gemessen wurden vor jeder Testung die Größe und das Gewicht. Das Alter wurde aus dem Geburtsdatum berechnet und der BMI setzt sich aus dem Körpergewicht (in Kilogramm), dividiert durch die Körpergröße (in Metern) zum Quadrat zusammen. Der Minimum-, Maximum- und Mittelwert, sowie die Standardabweichung der gemessenen Parameter aller 16 Probandinnen werden in Tabelle 2 präsentiert.

Das durchschnittliche Alter der Probandinnen lag bei $22,8 \pm 3,1$ Jahren (Minimum: 18,0 Jahre; Maximum: 29,0 Jahre) und die durchschnittliche Größe bei $1,69 \pm ,08$ m (Minimum: 1,56 m, Maximum: 1,88 m). Zum Zeitpunkt der Pilleneinnahme wogen die Athletinnen im Mittel $66,5 \pm 8,7$ kg (Minimum: 52,5 kg; Maximum: 88,8 kg). Zum Zeitpunkt der Pillenpause waren die Probandinnen im Mittel $66,4 \pm 8,5$ kg (Minimum: 52,6 kg; Maximum: 88,6 kg) schwer. Der BMI lag im Durchschnitt bei 23 ± 2 (Minimum: 20; Maximum: 25).

Tabelle 2: Deskriptive Statistik der anthropometrischen Daten der Probandinnen (n = 16). _P = Zum Zeitpunkt der Pilleneinnahme, _KP = Zum Zeitpunkt der Pillenpause

	Mittelwert \pm Standardabweichung	Minimum	Maximum
Alter [Jahre]	22,8 \pm 3,1	18,0	29,0
Größe [m]	1,69 \pm ,08	1,56	1,88
Gewicht_P [kg]	66,5 \pm 8,7	52,5	88,8
Gewicht_KP [kg]	66,4 \pm 8,5	52,6	88,6
BMI	23 \pm 2	20	25

2.4 Anonymisierung

Da bei der vorliegenden Studie keine Namen verwendet werden, musste vorab für die Probandin ein Code erstellt werden. In einer Zuordnungsdatei werden die Probandenschlüssel gespeichert. Diese Zuordnung ist auf dem passwortgeschützten Laptop der Versuchsleiterin gespeichert und wurde acht Wochen nach Beendigung der jeweiligen Studienteilnahme gelöscht.

2.5 Anamnesegespräch und Blutparameter

Nachdem die Probandin begrüßt wurde, erhält sie die Teilnehmerinformation und Einverständniserklärung. Diese galt es für die Probandin zu lesen und bei Einverständnis zu unterschreiben. Falls die Probandin Fragen dazu hatte, wurden diese von der Versuchsleiterin beantwortet. Sowohl die Blutabnahme, als auch das Anamnesegespräch fanden im Österreichischen Institutsfonds für Sportmedizin (ÖISM), Auf der Schmelz 6, 1150 Wien statt. Das Anamnesegespräch führte ein Arzt, die Blutproben wurden teilweise von einem Arzt und teilweise von einer medizinisch-technischen Assistentin abgenommen. Danach folgte das Anamnesegespräch. Nach der Aufnahme der persönlichen Daten folgten Fragen zu Allergien und früheren Krankheiten und Verletzungen. Des Weiteren wurde der Blutdruck gemessen und ein Ruhe-EKG durchgeführt. Die aufgezeichneten Daten wurden

auf dem passwortgeschützten Computer des Arztes gespeichert, zu welchem lediglich er allein Zugang hatte. Weiters sind die Daten nach medizinischen Standards gespeichert. Wenn der Arzt die Teilnahme an der Studie frei gab, folgte die Blutabnahme.

Für die Blutabnahme wurden zwei verschiedene Röhrcchen benötigt. Für die Bestimmung der Hämatokrit- und Hämoglobinwerte wurde ein EDTA (Ethylendiamintetraacetat) Röhrcchen verwendet. Die Ethylendiamintetraessigsäure in dem Röhrcchen verhindert die Gerinnung des Blutes. Das Röhrcchen wurde mit dem Code der Probandin beschriftet und dann nahm der Arzt an einer Armbeuge 6 ml Blut ab. Die bestimmten Werte der Blutprobe lagen direkt nach dem hämatologischen Analysieren (Swelab Alfa, Boule Diagnostics AB, Spanga, Sweden) in ausgedruckter Form vor. Die Hämatokrit- und Hämoglobinwerte wurden von neun Probandinnen untersucht.

Für die Analyse der Hormone wurde ein Serumröhrcchen benötigt, welches mit dem Code der Probandin beschriftet wurde. Das Serumröhrcchen beinhaltet ein Trenngel, welches nach dem Zentrifugieren des Blutes eine stabile Barriere zwischen dem Serum und den Zellen bildet. Der Arzt nahm an derselben Armbeuge der Probandin 8 ml Blut ab und gab das befüllte Serumröhrcchen anschließend der Versuchsleiterin. Das Röhrcchen wurde einmal gewendet und anschließend aufrecht in eine Halterung gestellt. Für die Analyse des Blutes auf Hormone wurde lediglich das Blutserum benötigt. Um dieses zu erhalten musste das Blut im ersten Schritt gerinnen. Dies geschieht, wenn das Serumröhrcchen mindestens 20 min und maximal 120 min aufrecht gestellt ruht. Die Gerinnungsfaktoren im Blut sorgen dafür, dass das Blut innerhalb dieser Zeit gerinnt. Die Gerinnungsfaktoren sind Bluteiweiße, welche bei entsprechender Aktivierung von einem flüssigen in einen festen Aggregatzustand wechseln. Durch die Gerinnung setzt sich das Blutserum vom Blutplasma und den anderen Bestandteilen des Blutes ab. Da der geronnene Zustand noch kein abpipettieren des Serums ermöglicht, wurde das Serumröhrcchen zentrifugiert. Für das Zentrifugieren wurde die Zentrifuge Rotina 420R (Hettich, Wien, Österreich) im Labor des Arbeitsbereiches Sportmedizin, Leistungsphysiologie und Prävention am Zentrum für Sportwissenschaft und Universitätssport, Auf der Schmelz 6, 1150 Wien verwendet. Das Serumröhrcchen wurde in der Zentrifuge einem Gegengewicht gegenübergestellt und dann zehn Minuten lang bei einem Wert der relative Zentrifugalbeschleunigung von 3000 zentrifugiert. Aufgrund des Trenngels im Serumröhrcchen wird durch das Zentrifugieren eine dauerhafte und stabile Trennung von Blutgerinnsel (Plasma) und Serum erreicht. Die Bestandteile des Blutgerinnsels lagern sich am Boden des Serums ab, während sich das Serum nach oben bewegt. Das Serum wurde anschließend mit einer Pipette in ein leeres Röhrcchen gefüllt. Das Röhrcchen mit dem Serum wurde mit dem Code der Probandin

beschriftet und bei -40°C eingefroren. Nachdem alle Probandinnen getestet wurden, wurden die eingefroren Serumproben in einem zertifizierten Labor hinsichtlich der Hormone Östradiol (Östrogen), Progesteron (Gestagen), Testosteron, Dehydroepiandrosteron (DHEA), follikelstimulierende Hormon (FH) und luteinisierendes Hormon (LH) analysiert.

2.6 Krafttestung

Nach der Blutabnahme und dem Anamnesegegespräch folgte die Krafttestung. Hierfür wurde der Dynamometer ISOMED2000 (Ferstl GmbH, Regensburg, Deutschland) verwendet. Sowohl die Krafttestung, als auch die Ausdauerleistung fanden im Kraftlabor des Arbeitsbereichs Trainingswissenschaft am Zentrum für Sportwissenschaft und Universitätssport, Auf der Schmelz 6, 1150 Wien statt. Die Raumtemperatur des Labors lag kontinuierlich zwischen 20 und 22°C und die Luftfeuchtigkeit bei $45-55\%$. Unmittelbar vor der Krafttestung wurden die Größe und das Gewicht der Probandin gemessen. Hierfür wurde das Messgerät Fabrikat 877 2 in 1 (Seca, Hamburg, Deutschland) verwendet. Anschließend wärmte sich die Probandin 10 min mit $0,75$ W/kg auf einem Ergometer auf (Racer S, Kettler Freizeit GmbH, Ense-Parsit, Deutschland).

Nach dem 10-minütigen Aufwärmen wurde das isokinetische Messgerät an die Probandin angepasst. Dazu setzte sich die Probandin auf den Stuhl, von welchem die Lehne ggf. nach vorne oder hinten gefahren wurde. Die Schultern, die Hüfte und der Oberschenkel wurden fixiert, sodass keine Ausweichbewegungen möglich waren. Der Knieadapter und die Auflage für den Unterschenkel wurden an dem Dynamometer angebracht. Anschließend wurde mittels eines Lasers die Drehachse bestimmt. Diese befindet sich eine Fingerbreite proximal des Gelenkspalts der Probandin. Es musste darauf geachtet werden, dass der Dynamometer parallel zu dem zu testenden Bein ausgerichtet ist und der Dynamometerkopf nach den Einstellungen fixiert wird. Im nächsten Schritt wurde die Unterschenkelaufgabe am Schienbein, ca. $2-3$ cm über dem lateralen Malleolus, fixiert. Eine Plantarflexion der Probandin musste ohne Berührung der Unterschenkelaufgabe möglich sein. Falls nötig wurde die Länge des Knieadapters angepasst. Die Einstellungen wurden für die zweite Testung der Probandin notiert und beim zweiten Test repliziert.

Das Protokoll der isokinetischen und isometrischen Testungen setzt sich folgendermaßen zusammen:

(a) Isokinetische Testung der Extension und Flexion des rechten Beins ($8^{\circ}-90^{\circ}$ Bewegungsradius, $60^{\circ}/\text{s}$ Winkelgeschwindigkeit). Zwei Durchgänge mit einer einminütigen Pause nach dem ersten- und einer zweiminütigen Pause nach dem zweiten Durchgang.

(b) Isometrische Testung des rechten Beins bei 60° Kniebeugung mit einer Dauer von 5 s. Zwei Durchgänge wurden mit einer einminütigen Pause nach der ersten Wiederholung durchgeführt. Nach dem zweiten Durchgang wird das isokinetische Messgerät für das andere Bein vorbereitet (Pausendauer zwischen rechten und linken Bein: ca. 5 min)

(c) Isokinetische Testung der Extension und Flexion des linken Beins (8°-90° Bewegungsradius, 60°/s Winkelgeschwindigkeit). Zwei Durchgänge mit einer einminütigen Pause nach dem ersten- und einer zweiminütigen Pause nach dem zweiten Durchgang.

(d) Isometrische Testung des linken Beins bei 60° Kniebeugung mit einer Dauer von 5 s. Zwei Durchgänge wurden mit einer einminütigen Pause nach der ersten Wiederholung durchgeführt.

Vor dem Teststart wurden – wie vom Hersteller vorgesehen – im Dynamometerkopf die vorgegebenen mechanischen Grenzen gesetzt, sodass die Probandin bei einem mechanischen Defekt geschützt wäre. Die Versuchsleiterin erklärte der Probandin nochmals den Ablauf der Krafttestung und gab die Instruktion, die Testungen so kraftvoll und so explosiv wie möglich zu absolvieren. Vor dem Test konnten die Probandinnen noch Bewegung ohne Widerstand durchführen, um sich an die Bewegung zu gewöhnen. Des Weiteren wurde die Probandin darauf hingewiesen erst zu starten, sobald das Startkommando kommt. Die Versuchsleiterin vergewisserte sich, dass die Probandin keine Fragen mehr hat und fixierte anschließend die Gurte am Schienbein und am Oberschenkel. Anschließend startete der erste Testablauf. Die Versuchsleiterin zählte laut die Sekunden bis zum Start und gab das Kommando sobald die Probandin starten durfte.

In den zweiminütigen Pausen, sowie während der Umstellung des Geräts auf das linke Bein, wurden die Gurte am Schienbein und am Oberschenkel gelockert. Nachdem die Probandin die Krafttestung durchgeführt hat, werden die Daten gespeichert und für die weitere Analyse exportiert. Die Zeit bis zum Start der Ausdauerleistung wurde gestoppt, sodass die Dauer des Wechsels bei der zweiten Testung exakt eingehalten werden kann.

2.6.1 Leistungsparameter der Krafttestung

Für die Beantwortung der Forschungsfrage, ob es einen signifikanten Unterschied zwischen den Parametern der Kraftmessung zwischen Messzeitpunkt 1 und Messzeitpunkt 2 gibt, wurden unterschiedliche Leistungsparameter analysiert. Es wurden insgesamt 18 Parameter untersucht. Diese setzten sich aus 8 Parametern der isokinetischen Testung und 10 Parametern der isometrischen Testung zusammen.

Mittels der isokinetischen Krafttestung wurde das maximale Drehmoment der Extension und Flexion des linken und rechten Beines gemessen. Außerdem wurde das Verhältnis des Quadriceps (Extension) und der Hamstrings (Flexion) im linken bzw. im rechten Bein untersucht. Das Verhältnis wird berechnet, indem das maximale Drehmoment der Flexion durch das maximale Drehmoment der Extension des jeweiligen Beines dividiert wird. Zwei weitere Messparameter der isokinetischen Testung sind der bilaterale Unterschied der Extension und der Flexion. Um diesen zu berechnen, wird der niedrigere Extensions- bzw. Flexionswert von dem höheren Extensions- bzw. Flexionswert dividiert und anschließend wird dieses Ergebnis nochmal mit eins subtrahiert. Sowohl die untersuchten Leistungsparameter, als auch die verwendeten Abkürzungen für die vorliegende Masterarbeit, können Tabelle 3 entnommen werden.

Tabelle 3: Leistungsparameter der isokinetischen Krafttestung

Bezeichnung	Abkürzung [Einheit]
Maximales Drehmoment der Extension des rechten Beines	Ext_re [Nm]
Maximales Drehmoment der Extension des linken Beines	Ext_li [Nm]
Maximales Drehmoment der Flexion des rechten Beines	Flex_re [Nm]
Maximales Drehmoment der Extension des linken Beines	Flex_li [Nm]
Das Verhältnis des Quadriceps (Extension) und der Hamstrings (Flexion) des rechten Beines	HQratio_re
Das Verhältnis des Quadriceps (Extension) und der Hamstrings (Flexion) des linken Beines	HQratio_li
Bilateraler Unterschied in der Extension	latDef_Ext
Bilateraler Unterschied in der Flexion	latDef_Flex

Für die Analyse der isometrischen Leistung wurden das maximale Drehmoment des rechten und linken Beines untersucht („Peak Torque“), die maximale Drehmomententwicklung („Peak rate of torque development“) wurde ebenfalls vom linken und rechten Bein gemessen. Zwei weitere Leistungsparameter der isometrischen Messung ist die Zeit bis zum Erreichen des maximalen Drehmoments des rechten und linken Beines („Time to peak torque“). Außerdem wurde das Mittel der Drehmomententwicklung („Mean rate of torque development“) zum Zeitpunkt $t_1 = 0,05$ s und $t_2 = 0,25$ s des linken und rechten Beines gemessen. Die untersuchten Leistungsparameter der isometrischen Messung und die jeweiligen Abkürzungen für die vorliegende Masterarbeit, können Tabelle 4 entnommen werden.

Tabelle 4: Leistungsparameter der isometrischen Krafttestung

Bezeichnung	Abkürzung [Einheit]
Maximales Drehmoment des rechten Beines	PT_re [Nm]
Maximales Drehmoment des linken Beines	PT_li [Nm]
Maximale Drehmomententwicklung des rechten Beines	PRTD_re [Nm/s]
Maximale Drehmomententwicklung des linken Beines	PRTD_li [Nm/s]
Zeit bis zum Erreichen des maximalen Drehmoments des rechten Beines	TTPT_re [s]
Zeit bis zum Erreichen des maximalen Drehmoments des linken Beines	TTPT_li [s]
Mittel der Drehmomententwicklung zum Zeitpunkt $t_1=0,05$ s des rechten Beines	MRTDt _{1_re} [Nm/s]
Mittel der Drehmomententwicklung zum Zeitpunkt $t_1=0,05$ s des linken Beines	MRTDt _{1_li} [Nm/s]
Mittel der Drehmomententwicklung zum Zeitpunkt $t_2=0,25$ s des rechten Beines	MRTDt _{2_re} [Nm/s]
Mittel der Drehmomententwicklung zum Zeitpunkt $t_2=0,25$ s des linken Beines	MRTDt _{2_li} [Nm/s]

In der vorliegenden Masterarbeit werden die Abkürzungen der Leistungsparameter zum Zeitpunkt der Pilleneinnahme mit einem **_P** (z.B. Ext_re_P) ergänzt. Zum Zeitpunkt der Pillenpause werden die Abkürzungen zusätzlich um ein **_KP** (z.B: Ext_re_KP) ergänzt.

2.7 Ausdauerleistung

Nach der Krafttestung folgte die Messung der Ausdauer mittels eines Laufbandtests. Die Zeit bis zum Start der Ausdauerleistung wurde gestoppt, sodass die Dauer des Wechsels bei der zweiten Testung exakt eingehalten werden kann und war durchschnittlich 20 min lang. Der Test wurde stufenförmig bis zur maximalen Ausbelastung auf einem motorisierten Laufband durchgeführt (Saturn, h/p/cosmos, Traunstein, Deutschland). Während der Testung wurden laufend die Atemgase gemessen (MetaMax 3B-R2, Cortex Medical GmbH, Leipzig, Deutschland). Außerdem wurde sowohl vor der Testung als auch eine Minute nach der Testung aus dem hyperämisierten Ohrläppchen der Probandin 20 µl Blut entnommen.

Diese Blutproben dienen zur Bestimmung der Blutlaktatkonzentration. Anschließend wurde der Probandin mittels eines Haarnetzes die Maske für die Spirometrie um Mund und Nase befestigt. Die Versuchsleiterin vergewisserte sich, dass die Maske dicht ist. Während sich die Probandin an die Maske gewöhnen konnte, wurde die Spiroergometrie vorbereitet. Anschließend wurde ein Sensorabgleich der Absaugstrecke durchgeführt und der Volumenstromsensor mit einem Kalibrier-Set kalibriert (Cortex Medical GmbH, Leipzig, Deutschland). Während der Testung wurden laufend R-R Herzfrequenzintervalle mit einem Brustgurt gemessen (H7, Polar Electro Oy, Kempele, Finnland). Hierfür erhielt die Probandin einen Brustgurt und einen Sensor, welchen sie sich unterhalb der Brust angelegt hat. Das Laufband wurde eingeschaltet und mittels eines Kabels mit dem Laptop verbunden. Anschließend erfolgte die Gerätekonfiguration, bei welcher die Verbindung zwischen Spiroergometrie, Laufband, HF-Sensor und Laptop überprüft wurde. Im nächsten Schritt erfolgte die Blutabnahme am Ohrläppchen der Probandin. Hierfür wurde zuerst die Wärmesalbe mit Desinfektionsmittel entfernt und dann mittels Sicherheitslanzette ein kleines Loch in ein Ohrläppchen gestochen. Mit einem Kapillarröhrchen wurden 20 µl Blut entnommen. Das Kapillarröhrchen wurde anschließend in eine 1000 µl Glukoselösung gegeben und dort aufgelöst. Danach wurde es mittels eines automatischen Laktatanalysegeräts ausgewertet (Biosen S_Line, EKF Diagnostics, Barleben, Deutschland).

Danach wurde der Probandin nochmals der Ablauf der Testung erklärt. Die Probandinnen wurden zusätzlich darauf hingewiesen, bis zur Ausbelastung zu laufen. Wenn die Probandin keine Fragen mehr hatte, wurde die Absaugstrecke an der Turbine befestigt und diese wurde dann vorsichtig in das Mundstück der Maske hineingedreht. Anschließend startete die Ausdauerleistung mit folgendem Protokoll:

(a) Eine Minute ruhig stehen – 0% Steigung

(b) Zwei Minuten gehen bei 5 km/h – 0% Steigung

(c) Nach drei Minuten beginnt die Probandin mit 6 km/h und 1% Steigung zu laufen. Die Geschwindigkeit des Laufbandes erhöht sich bis zur Ausbelastung jede Minute um 0,5 km/h. Während der Testung wurde der Probandin nach jeder Minute die nächste Stufe mitgeteilt.

Sobald die Probandin das Zeichen zum Beenden der Testung gab, wird das Laufband kurz gestoppt und anschließend zum Ausgehen auf 4 km/h gestellt. Eine Minute nach Testende wurden zur Bestimmung der maximalen Blutlaktatkonzentration erneut 20 µl Blut aus dem Ohrläppchen entnommen. Die Probandin ging mindestens 5 min auf dem Laufband aus.

2.7.1 Leistungsparameter der Ausdauerleistung

Für die Beantwortung der Forschungsfrage, ob es zum Messzeitpunkt 1 und 2 einen signifikanten Unterschied zwischen den Parametern der Ausdauerleistungsfähigkeit gibt, wurden insgesamt zehn Leistungsparameter untersucht.

Sowohl die absolute als auch die relative maximale Sauerstoffaufnahme, sowie das maximale Atemminutenvolumen wurden ermittelt. Die Running Economy, also die Laufökonomie, spiegelt den Sauerstoffverbrauch bei submaximaler Laufgeschwindigkeit wider. In der vorliegenden Masterarbeit wurde die Laufökonomie mittels der durchschnittlichen Sauerstoffaufnahme bei 9 km/h Laufgeschwindigkeit berechnet. Weitere Leistungsparameter der Ausdauerleistungsfähigkeit sind die maximale Herzfrequenz und die durchschnittliche Herzfrequenz bei 9 km/h Laufgeschwindigkeit, sowie die durchschnittliche Sauerstoffaufnahme während der ersten drei Minuten auf dem Laufband („Baseline“). Ebenfalls festgehalten wurde die maximale Laufbandgeschwindigkeit. Alle gemessenen Parameter, sowie deren Beschreibung werden in Tabelle 5 präsentiert.

Tabelle 5: Leistungsparameter der Laufbandspiroergometrie

Bezeichnung	Abkürzung [Einheit]
Absolute maximale Sauerstoffaufnahme	$\dot{V}O_{2max}$ [ml/min]
Relative maximale Sauerstoffaufnahme	rel $\dot{V}O_{2max}$ [ml/min/kg]
Maximales Atemminutenvolumen	$\dot{V}E_{max}$ [l/min]
Running Economy - Laufökonomie	R.E. [ml/km/kg]
Maximale Herzfrequenz	Hf _{max} [bpm]
Durchschnittliche Herzfrequenz bei 9km/h	Hf _{9km/h} [bpm]
Laktatkonzentration vor der Laufbandspiroergometrie	La ₁ [mmol/l]
Laktatkonzentration eine Minute nach der Laufbandspiroergometrie	La ₂ [mmol/l]
Durchschnittliche Sauerstoffaufnahme während der ersten drei Minuten (‚Baseline‘)	BL $\dot{V}O_2$ [ml/min]
Maximal erreichte Geschwindigkeit des Laufbandes	MAS [m/s]

Wie auch bei den Parametern der Krafttestung werden die Abkürzungen in der vorliegenden Masterarbeit durch Kürzel ergänzt. Zum Messzeitpunkt während der Pilleneinnahme wird der Abkürzung ein _P (z.B. $\dot{V}O_{2max_P}$) hinzugefügt. Während bei dem Messzeitpunkt wo die Pille nicht eingenommen wird die Abkürzung mit einem _KP (z.B. $\dot{V}O_{2max_KP}$) ergänzt wird.

2.8 Nachbearbeitung der Daten

Die Breath-by-Breath Daten wurden mittels 30-s Intervallen ausgewertet. Sowohl die Blutlaktatkonzentrationen als auch die Größe und das Gewicht der Probandin, die Einstellungen des isokinetischen Messgeräts und die Zeit zwischen Kraft- und Ausdauerleistung, wurden in ein verschlüsseltes Dokument auf dem Laptop der Versuchsleiterin gespeichert.

2.9 Statistische Verfahren

Für die Berechnung der isometrischen Leistungsparameter der Krafttestungen wurde eine angefertigte Exceldatei verwendet. In dieser wurden die Rohdaten jeder einzelnen Krafttestung eingefügt und die Exceldatei berechnete die isometrischen Leistungsparameter sowohl als Raw- als auch als Smoothed-Daten. Die Raw-Daten sind die Rohdaten, also die aufgezeichneten Daten. Smoothed-Daten sind „geglättete“ Rohdaten, bei welchen das Rauschen der Messsignale ausgeglichen bzw. verringert wurde. Dies hat den Vorteil, dass Ausreißer in den Messwerten keinen zu hohen Einfluss auf das Ergebnis haben. Für die vorliegende Masterarbeit wurden ausschließlich die geglätteten Daten verwendet. Die Parameter der isokinetischen Messungen wurden mittels der Rohdaten berechnet. Hierfür wurden die Rechnungsfunktionen von Excel verwendet.

Die $\dot{V}O_{2max}$ ist die absolute maximale Sauerstoffaufnahme und spiegelt damit den höchst gemessenen Wert der Sauerstoffaufnahme dar. Der höchste 30-s Wert während der Messung wurde von der Software der Spiroergometrielösung berechnet. Die maximale Herzfrequenz (Hf_{max}) wurde aus den Rohdaten entnommen. Die $Hf_{9km/h}$ stellt den Mittelwert der Herzfrequenz bei 9 km/h Laufbandgeschwindigkeit dar und wurde mittels der aufgezeichneten Rohdaten berechnet. Die Running Economy spiegelt den Sauerstoffverbrauch bei submaximaler Laufgeschwindigkeit wider. Für die Berechnung der Running Economy wurde zuerst die durchschnittliche Sauerstoffaufnahme bei 9 km/h Laufbandgeschwindigkeit (in ml/min) durch das Körpergewicht der Probandin dividiert. Anschließend wurde der berechnete Wert durch 6,66 min dividiert. Die 6,66 min stellt die benötigte Zeit für einen Kilometer bei einer Laufgeschwindigkeit von 9 km/h dar. Das Ergebnis zeigt wie viel ml Sauerstoff die Probandin für einen Kilometer pro Kilogramm Körpergewicht verbraucht. Ein niedriger Wert der Running Economy bedeutet daher einen niedrigeren Sauerstoffverbrauch bei submaximaler Laufgeschwindigkeit. Die weiteren Leistungsparameter der Laufbandspiroergometrie wurden anhand der Rohdaten mit den Rechnungsfunktionen von Excel berechnet.

Die statistische Analyse aller Leistungsparameter wurde mittels SPSS (Version 24, IBM Analytics, USA) durchgeführt. Im ersten Schritt wurden die Leistungsparameter auf Normalverteilung untersucht. Die Überprüfung folgte mittels Shapiro Wilk Test und der Beurteilung des Histogramms, des Q/Q Plots und des Box Plots der jeweiligen Variablen. Die Normalverteilung war bei den Parametern der Kraft- und Ausdauerleistung, sowie bei den Hämatokrit- und Hämoglobinwerten gegeben ($p > ,05$). Bei den Hormonparametern war keine Normalverteilung gegeben. Im zweiten Schritt wurden die Werte der Hormone mittels Wilcoxon Test und die Parameter der Kraft- und Ausdauerleistung und die

Hämatokrit- und Hämoglobinwerte mittels abhängigen t-Tests hinsichtlich signifikanter Unterschiede untersucht. Ein signifikanter Unterschied wurde bei $p < ,05$ angenommen. Da bei den Hormonwerten keine Normalverteilung gegeben war, wurden für diese Werte die Effektgröße r berechnet. Für die anderen Variablen, bei denen die Normalverteilung gegeben war, wurde die Effektstärke d nach Cohen berechnet. Da die verglichenen Gruppen gleich viele Probandinnen hatten und die Standardabweichungen keine großen Unterschiede zeigten, ist die Effektstärke d in der vorliegenden Arbeit als der Quotient aus dem Mittelwert und der Standardabweichung der Differenz der zu vergleichenden Parameter definiert (Fritz, Morris & Richler, 2012). Die Effektgröße r wird berechnet, indem der Betrag des Z-Wertes durch die Wurzel der Stichprobenanzahl dividiert wird. Je nach Wert wird die Effektstärke folgendermaßen definiert:

$d/r < ,2$ trivialer Effekt

$,2 < d/r < ,5$ kleiner Effekt

$,5 < d/r < ,8$ moderater Effekt

$d/r > ,8$ großer Effekt

Im letzten Schritt wurden die Parameter der Kraft- und Ausdauerleistung und die Hämatokrit- und Hämoglobinwerte auf Korrelationen nach Pearson geprüft. Die Variablen der Hormonuntersuchung wurden auf Korrelationen nach Spearman überprüft. Bei einer vorliegenden Korrelation wurde die Stärke des Zusammenhangs folgendermaßen definiert:

$R < ,2$ klein bis sehr geringen Zusammenhang

$,2 < R < ,5$ geringer Zusammenhang

$,5 < R < ,7$ mittlerer Zusammenhang

$,7 < R < ,9$ hoher Zusammenhang

$,9 < R < 1$ sehr hoher Zusammenhang

Zusätzlich zu den statistischen Untersuchungen auf Unterschiede und Zusammenhängen, wird die deskriptive Statistik der Parameter der Kraft- und Ausdauerleistung und die Hämatokrit- und Hämoglobinwerte als Mittelwert \pm Standardabweichung und die Hormonkonzentrationen als Median und Interquartilrange von 25-75% präsentiert.

3 Ergebnisse

3.1 Anthropometrische Daten

3.1.1 Deskriptive Statistik

Die deskriptive Statistik der anthropometrischen Daten wurde bereits in Kap. 2.3 präsentiert (Tabelle 2).

3.1.2 Überprüfung auf Unterschiede und Zusammenhänge

Keinen signifikanten Unterschied und eine triviale Effektstärke zeigen die Werte des Gewichts ($t_{15} = ,27$; $p = ,55$; $d = ,15$). Es liegt ein Zusammenhang vor, welcher als sehr hoch eingestuft werden kann ($R = 1,000$; $p < ,001$) (Abbildung 4).

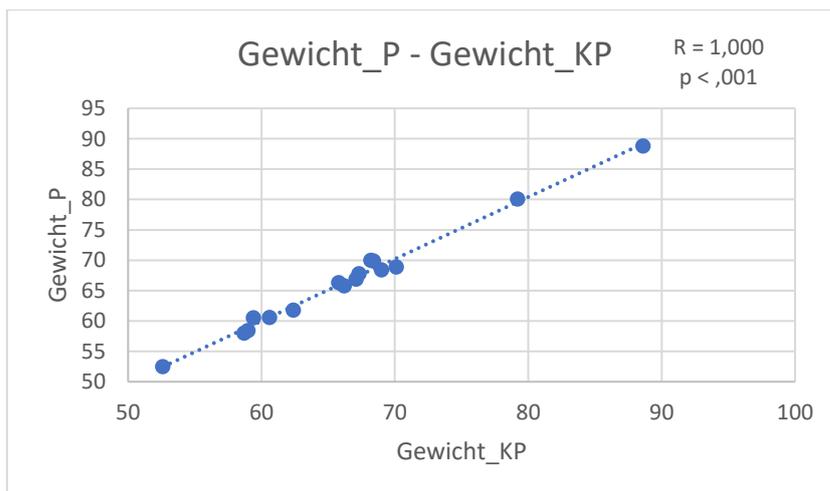


Abbildung 4: Regression Gewicht_P – Gewicht_KP

3.2 Krafttestung

Im folgenden Kapitel werden die Ergebnisse der durchgeführten Krafttestung präsentiert. Im ersten Schritt wird die deskriptive Statistik erläutert. Weiteres folgt die statistische Überprüfung auf Unterschiede und Zusammenhänge der untersuchten Leistungsparameter.

3.2.1 Deskriptive Statistik

Zur statistischen Analyse wurde der jeweils bessere Wert herangezogen. In Tabelle 6 werden der Minimal-, Maximal-, und Mittelwert, sowie die Standardabweichung jedes Leistungsparameters zum Zeitpunkt der Pilleneinnahme, präsentiert.

Tabelle 6: Deskriptive Statistik der Leistungsparameter der Krafttestung zum Zeitpunkt des Pilleneinnahme (n=16)

	Mittelwert ± Standardabweichung	Minimum	Maximum
Isokinetische Parameter			
Ext_li_P [Nm]	148 ± 29	107	191
Ext_re_P [Nm]	152 ± 33	103	212
Flex_li_P [Nm]	104 ± 18	78	138
Flex_re_P [Nm]	109 ± 20	86	156
HQratio_li_P	,71 ± ,07	,60	,86
HQratio_re_P	,73 ± ,09	,56	,94
latDef_Ext_P	,1 ± ,07	,01	,24
latDef_Flex_P	,09 ± ,06	,00	,16
Isometrische Parameter			
PT_li_P [Nm]	188 ± 43	126	282
PT_re_P [Nm]	197 ± 50	138	322
PRTD_li_P [Nm/s]	1214 ± 424	619	1963
PRTD_re_P [Nm/s]	1217 ± 362	654	1890
TTPT_li_P [s]	2,9 ± ,8	1,33	4,27
TTPT_re_P [s]	2,35 ± 1,12	,54	3,90
MRTDt ₁ _li_P [Nm/s]	825 ± 258	422	1356
MRTDt ₁ _re_P [Nm/s]	848 ± 283	445	1655
MRTDt ₂ _li_P [Nm/s]	340 ± 90	215	542
MRTDt ₂ _re_P [Nm/s]	362 ± 117	165	570

Der zweite Messzeitpunkt fand zu einer Phase statt, in der die Pille nicht eingenommen wurde. Die Minimum-, Maximum-, und Mittelwerte, sowie die Standardabweichung der gemessenen Parameter, werden in Tabelle 7 präsentiert.

Tabelle 7: Deskriptive Statistik der Leistungsparameter der Krafttestung zum Zeitpunkt der Pillenpause (n=16)

	Mittelwert ± Standardabweichung	Minimum	Maximum
Isokinetische Parameter			
Ext_li_KP [Nm]	148 ± 29	104	191
Ext_re_KP [Nm]	152 ± 27	112	198
Flex_li_KP [Nm]	103 ± 20	78	134
Flex_re_KP [Nm]	111 ± 19	85	154
HQratio_li_KP	,71 ± ,09	,55	,89
HQratio_re_KP	,73 ± ,09	,59	,87
latDef_Ext_KP	,08 ± ,07	,00	,24
latDef_Flex_KP	,11 ± ,07	,02	,27
Isometrische Parameter			
PT_li_KP [Nm]	185 ± 39	121	252
PT_re_KP [Nm]	190 ± 40	126	287
PRTD_li_KP [Nm/s]	1117 ± 710	457	3511
PRTD_re_KP [Nm/s]	1088 ± 393	558	1916
TTPT_li_KP [s]	3,01 ± ,96	1,62	4,83
TTPT_re_KP[s]	2,66 ± 1,28	,14	4,59
MRTDt ₁ _li_KP [Nm/s]	766 ± 212	447	1264
MRTDt ₁ _re_KP [Nm/s]	835 ± 256	453	1395
MRTDt ₂ _li_KP [Nm/s]	324 ± 76	175	469
MRTDt ₂ _re_KP [Nm/s]	366 ± 98	184	527

3.2.2 Überprüfung auf Unterschiede und Zusammenhänge

Isokinetische Messungen

Mittels inferenzstatistischer Verfahren wurden die gemessenen Parameter hinsichtlich statistischer Unterschiede zwischen den beiden Messzeitpunkten überprüft. Außerdem wurden die Werte auf Zusammenhänge untersucht. Für eine bessere Übersicht über die Ergebnisse wurden diese auch in Tabelle 8 und Tabelle 9 dargestellt.

Es zeigt sich kein signifikanter Unterschied und eine triviale Effektgröße zwischen dem maximalen Drehmoment der Extension des linken Beines ($t_{15} < ,01$; $p = 1,000$; $d < ,01$). Die Werte korrelieren signifikant miteinander ($R = ,872$; $p < ,001$). Es besteht ein starker Zusammenhang (Abbildung 5).

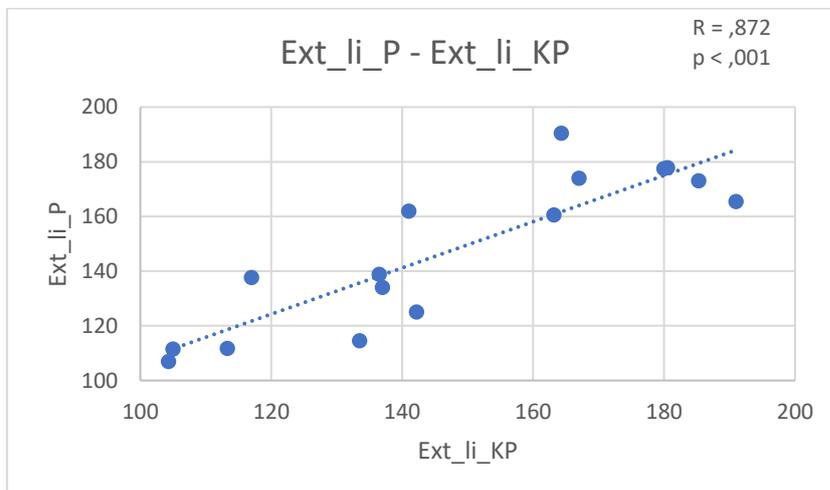


Abbildung 5: Regression Ext_li_P - Ext_li_KP

Auch beim maximalen Drehmoment der Extension des rechten Beines tritt kein signifikanter Unterschied und eine triviale Effektgröße zwischen Messzeitpunkt 1 und Messzeitpunkt 2 auf ($t_{15} = -,03$; $p = ,978$; $d = ,01$). Die Werte korrelieren signifikant miteinander und weisen einen sehr hohen Zusammenhang auf ($R = ,920$; $p < ,001$) (Abbildung 6).

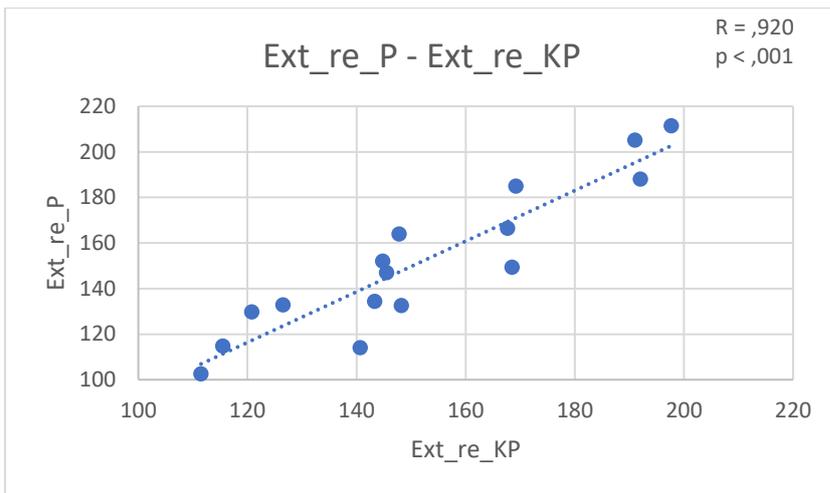


Abbildung 6: Regression Ext_re_P - Ext_re_KP

Das maximale Drehmoment der Flexion des linken Beines zeigt zu keinem Zeitpunkt einen signifikanten Unterschied. Es liegt eine triviale Effektstärke vor ($t_{15} = ,25$; $p = ,810$; $d = ,06$). Die Werte korrelieren miteinander signifikant und es liegt ein sehr hoher Zusammenhang vor ($R = ,819$; $p < ,001$) (Abbildung 7).

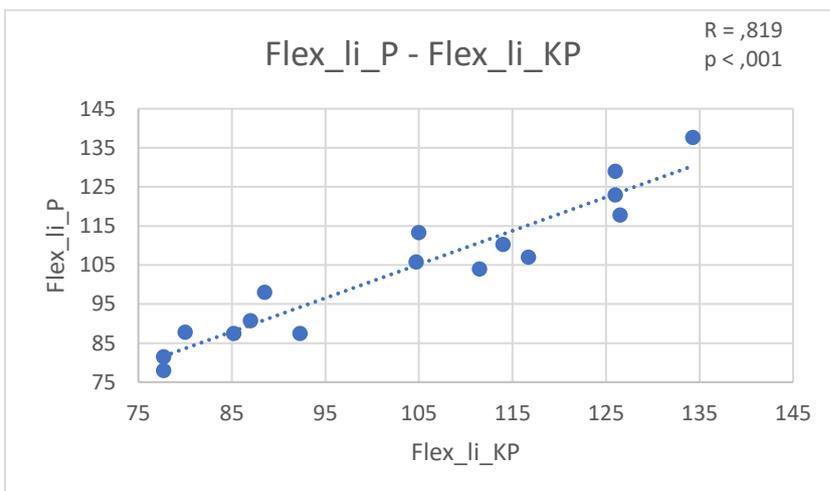


Abbildung 7: Regression Flex_li_P - Flex_li_KP

Im maximalen Drehmoment der Flexion des rechten Beins konnte ebenfalls kein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Es liegt eine triviale Effektgröße vor ($t_{15} = -,52$; $p = ,609$; $d = ,13$). Zwischen den Werten besteht eine signifikante Korrelation mit einem hohen Zusammenhang ($R = ,788$; $p < ,001$) (Abbildung 8).

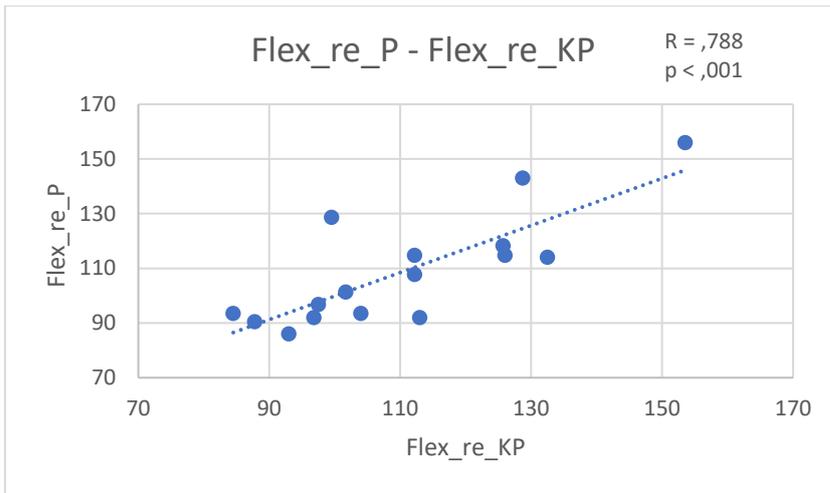


Abbildung 8: Regression Flex_re_P - Flex_re_KP

Es zeigt sich kein signifikanter Unterschied und eine triviale Effektgröße zwischen dem Verhältnis des Quadriceps und der Hamstrings des linken Beins ($t_{15} = ,10$; $p = ,924$; $d = ,02$). Die Werte zeigen einen signifikanten Zusammenhang, der in seiner Stärke hoch ausfällt ($R = ,761$; $p = ,001$) (Abbildung 9).

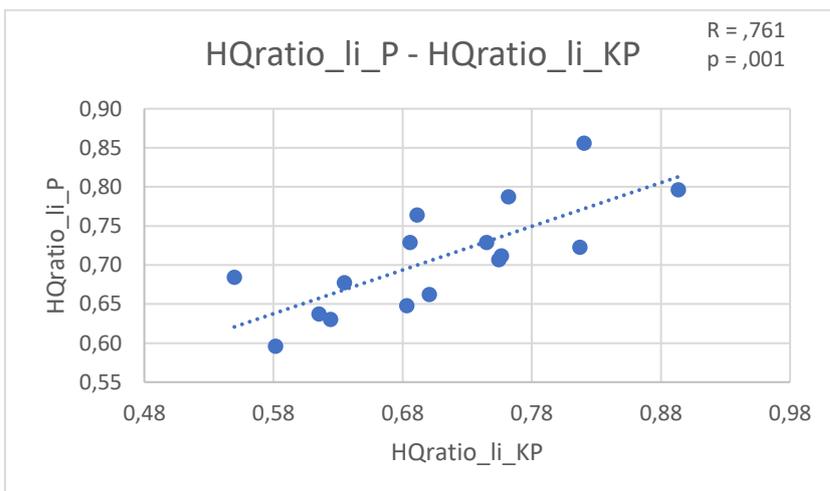


Abbildung 9: Regression HQratio_li_P - HQratio_li_KP

Das Verhältnis des rechten Beines zeigt bei einer trivialen Effektstärke ebenfalls keinen signifikanten Unterschied ($t_{15} = -,28$; $p = ,786$; $d = ,07$). Die Werte korrelieren signifikant miteinander und zeigen einen hohen Zusammenhang ($R = ,782$; $p < ,001$) (Abbildung 10).

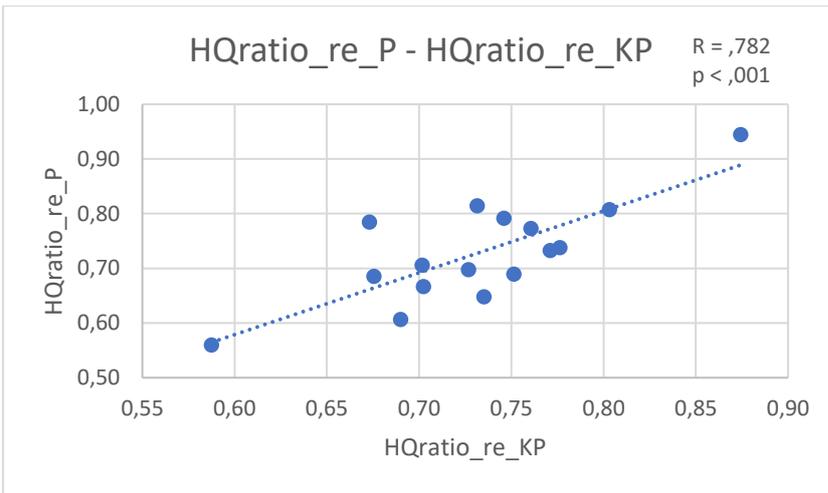


Abbildung 10: Regression HQratio_re_P - HQratio_re_KP

Der laterale Unterschied, also der Unterschied zwischen dem linken und rechten Bein, zeigt in der Extension keinen signifikanten Unterschied und einen kleinen Effekt ($t_{15} = 1,09$; $p = ,294$; $d = ,27$). Zwischen den Werten besteht kein signifikanter Zusammenhang ($R = ,390$; $p = ,136$) (Abbildung 11).

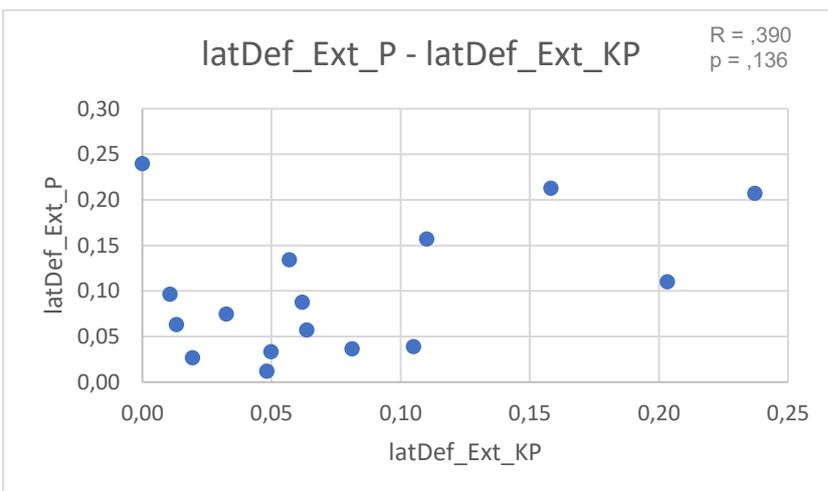


Abbildung 11: Regression latDef_Ext_P - latDef_Ext_KP

Der laterale Unterschied der Flexion zeigt zu keinem Zeitpunkt einen signifikanten Unterschied. Es liegt ein kleiner Effekt vor ($t_{15} = -,79$; $p = ,444$; $d = ,20$). Es zeigt sich keine signifikante Korrelation zwischen den Werten ($R = -,257$; $p = ,336$) (Abbildung 12).

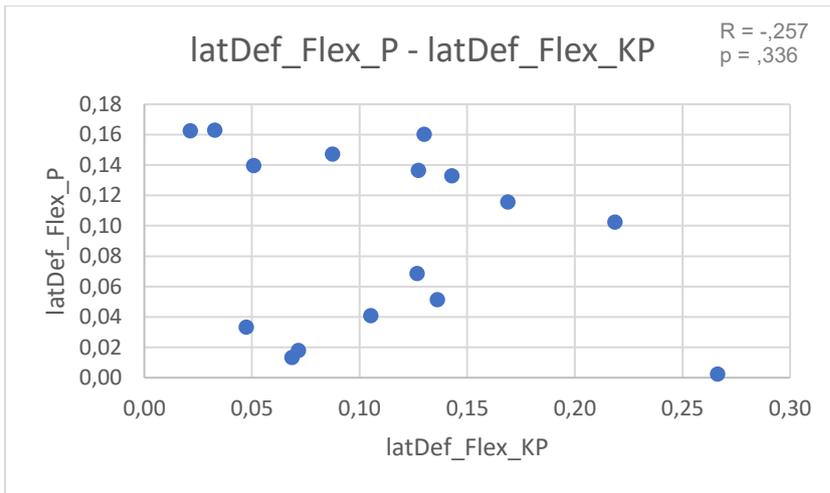


Abbildung 12: Regression latDef_Flex_P - latDef_Flex_KP

Tabelle 8: Ergebnisse der Inferenzstatistik der Leistungsparameter der isokinetischen Messungen mit Signifikanzwert (p), t-Wert (t_{15}) und Effektstärke (d)

Leistungsparameter	Signifikanzwert		
	(p)	t-Wert (t_{15})	Effektstärke (d)
Ext_li_P - Ext_li_KP	1,000	,00	,00
Ext_re_P - Ext_re_KP	,978	-,03	,01
Flex_li_P - Flex_li_KP	,810	,25	,06
Flex_re_P - Flex_re_KP	,609	-,52	,13
HQratio_li_P - HQratio_li_KP	,924	,10	,02
HQratio_re_P - HQratio_re_KP	,786	-,28	,07
latDef_Ext_P - latDef_Ext_KP	,294	1,09	,27
latDef_Flex_P - latDef_Flex_KP	,444	-,79	,20

Tabelle 9: Ergebnisse der Korrelationen nach Pearson der Leistungsparameter der isokinetischen Messungen mit Korrelationskoeffizient (R) und Signifikanzwert (p)

Leistungsparameter	Korrelationskoeffizient (R)	Signifikanzwert (p)
Ext_li_P - Ext_li_KP	,872	< ,001
Ext_re_P - Ext_re_KP	,920	< ,001
Flex_li_P - Flex_li_KP	,952	< ,001
Flex_re_P - Flex_re_KP	,788	< ,001
HQratio_li_P - HQratio_li_KP	,761	,001
HQratio_re_P - HQratio_re_KP	,782	< ,001
latDef_Ext_P - latDef_Ext_KP	,390	,136
latDef_Flex_P - latDef_Flex_KP	-,257	,336

Isometrische Messungen

Die gemessenen Werten wurden sowohl auf Unterschiede als auch auf Zusammenhänge zwischen den beiden Messzeitpunkten überprüft. Für eine bessere Übersicht sind die Ergebnisse auch in Tabelle 10 und Tabelle 11 dargestellt.

Das maximale Drehmoment des linken Beines unterscheidet sich zwischen den Messzeitpunkten nicht signifikant voneinander und weist eine triviale Effektgröße auf ($t_{15} = ,52$; $p = ,611$; $d = ,13$). Die ermittelten Daten ergeben nach statistischer Prüfung eine signifikante Korrelation und einen hohen Zusammenhang ($R = ,890$; $p < ,001$) (Abbildung 13).

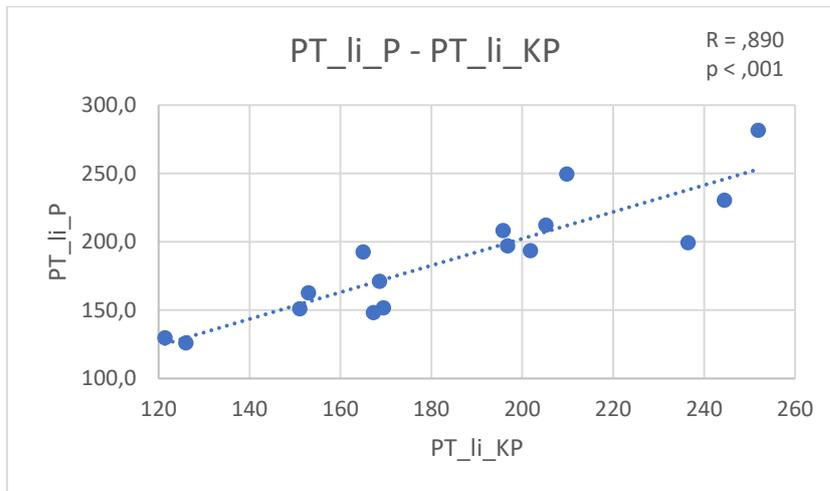


Abbildung 13: Regression PT_li_P - PT_li_KP

Das maximale Drehmoment des rechten Beines unterscheidet sich bei einem kleinen Effekt ebenfalls nicht signifikant voneinander ($t_{15} = ,94$; $p = ,360$; $d = ,24$). Die gemessenen Werte zeigen einen signifikanten Zusammenhang, der hoch ausfällt ($R = ,795$; $p < ,001$) (Abbildung 14).

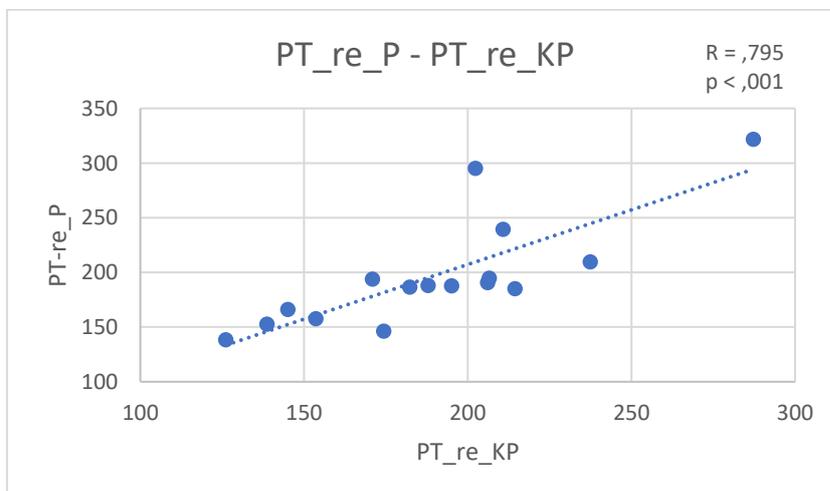


Abbildung 14: Regression PT_re_P - PT_re_KP

Die maximale Drehmomententwicklung des linken Beines zeigt bei einer trivialen Effektstärke keinen signifikanten Unterschied ($t_{15} = ,66$; $p = ,517$; $d = ,17$). Die Werte korrelieren signifikant miteinander und weisen einen mittleren Zusammenhang auf ($R = ,576$ $p = ,019$) (Abbildung 15).

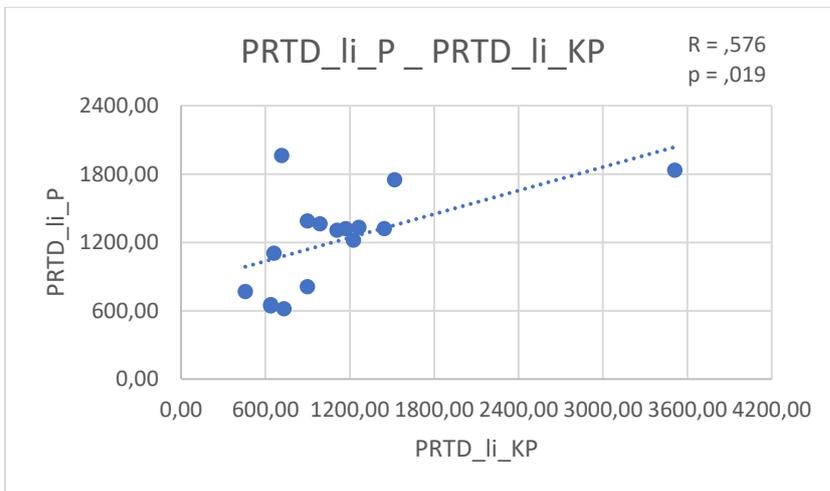


Abbildung 15: Regression PRTD_li_P _ PRTD_li_KP

Die maximale Drehmomententwicklung des rechten Beines zeigt keinen signifikanten Unterschied und eine moderate Effektstärke ($t_{15} = 2,13$; $p = ,051$; $d = ,53$). Nach statistischer Prüfung ergeben die gemessenen Werte einen signifikanten Zusammenhang, der als hoch interpretiert werden kann ($R = ,799$; $p < ,001$) (Abbildung 16).

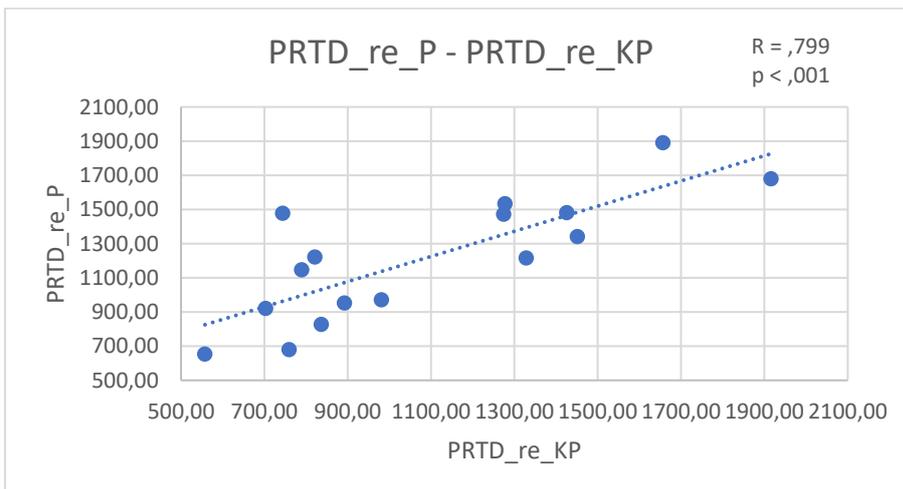


Abbildung 16: Regression PRTD_re_P - PRTD_re_KP

In der Dauer bis zum Erreichen des maximalen Drehmoments zeigt sich im linken Bein bei einer trivialen Effektgröße kein signifikanter Unterschied ($t_{15} = -,40$; $p = ,692$; $d = ,10$). Es zeigt sich auch kein signifikanter Zusammenhang ($R = ,238$; $p = ,374$) (Abbildung 17).

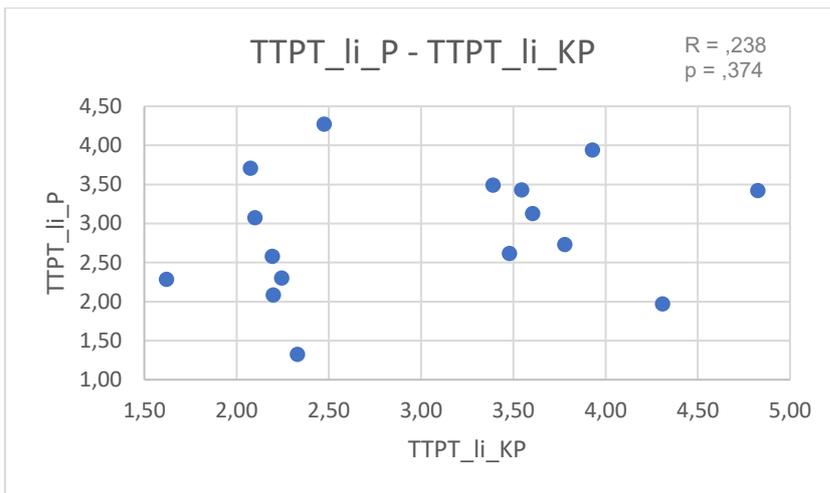


Abbildung 17: Regression TTPT_li_P - TTPT_li_KP

Im rechten Bein zeigt die Dauer bis zum Erreichen des maximalen Drehmoments keinen signifikanten Unterschied und eine kleine Effektgröße ($t_{15} = -,94$; $p = ,362$; $d = ,24$). Es liegt kein signifikanter Zusammenhang vor ($R = ,392$; $p = ,133$) (Abbildung 18).

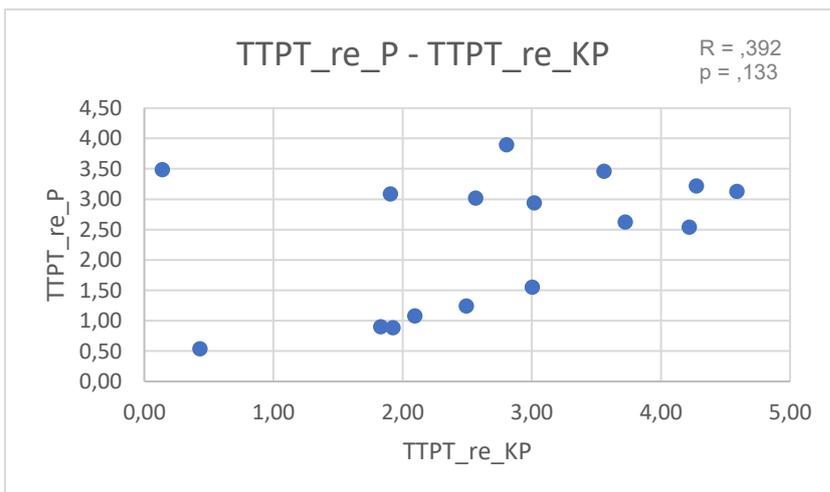


Abbildung 18: Regression TTPT_re_P - TTPT_re_KP

Die mittlere Drehmomententwicklung im linken Bein weist zum Zeitpunkt $t_1 = ,05$ s keinen signifikanten Unterschied und eine kleine Effektgröße auf ($t_{15} = 1,02$; $p = ,323$; $d = ,26$). Nach statistischer Überprüfung liegt zwischen den gemessenen Werten ein signifikanter Zusammenhang vor. Der Zusammenhang kann als mittel interpretiert werden ($R = ,532$; $p = ,034$) (Abbildung 19).

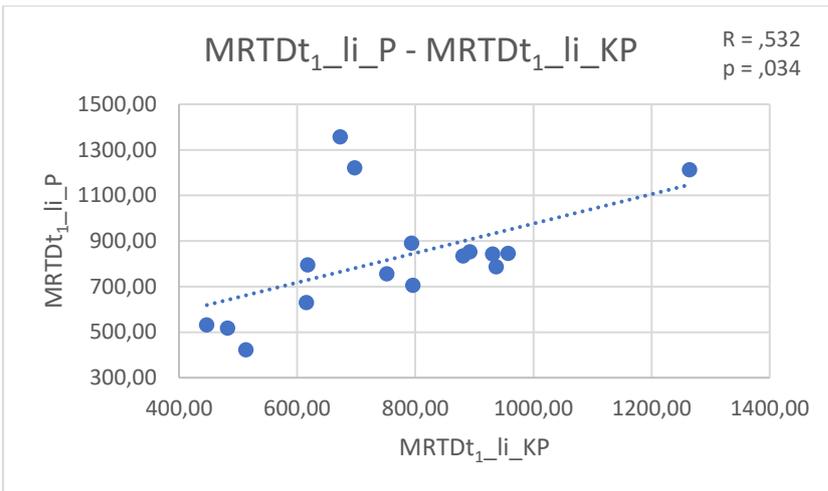


Abbildung 19: Regression MRTDt₁_li_P - MRTDt₁_li_KP

Im rechten Bein kommt es zum Zeitpunkt $t_1 = ,05$ s bei einer trivialen Effektgröße zu keinem signifikanten Unterschied ($t_{15} = ,29$; $p = ,773$; $d = ,07$). Die Werte korrelieren signifikant und zeigen einen hohen Zusammenhang ($R = ,790$; $p < ,001$) (Abbildung 20).

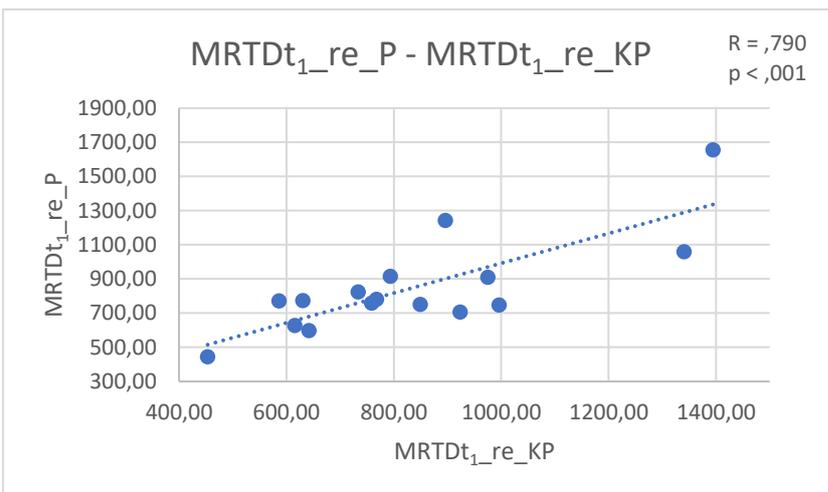


Abbildung 20: Regression MRTDt₁_re_P - MRTDt₁_re_KP

Bei der mittlere Drehmomententwicklung zum Zeitpunkt $t_2 = ,25$ s kommt es im linken Bein zu keinem signifikanten Unterschied und einem trivialen Effekt ($t_{15} = ,73$; $p = ,480$, $d = ,18$). Es liegt kein signifikanter Zusammenhang vor ($R = ,437$; $p = ,091$) (Abbildung 21).

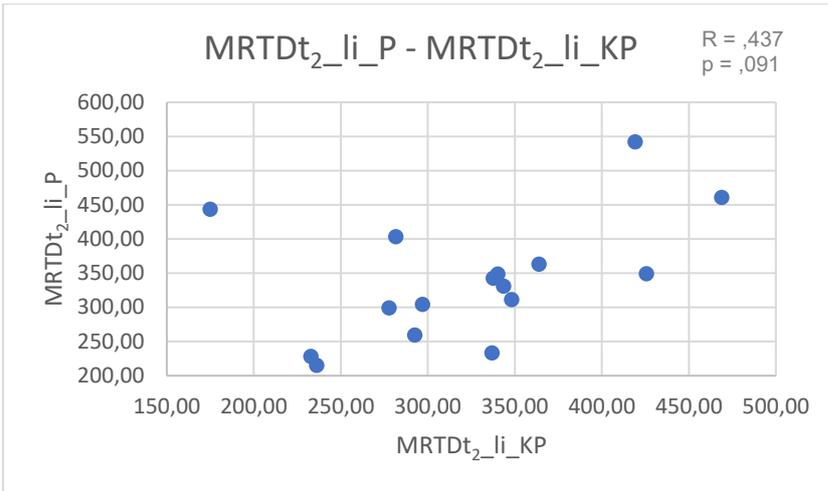


Abbildung 21: Regression MRTDt₂_li_P - MRTDt₂_li_KP

Bei der mittlere Drehmomententwicklung des rechten Beines zum Zeitpunkt $t_2 = ,25$ s liegt kein signifikanter Unterschied und eine triviale Effektstärke ($t_{15} = -,14$; $p = ,889$; $d = ,04$). Die Werte korrelieren nicht signifikant miteinander ($R = ,474$; $p = ,064$) (Abbildung 22).

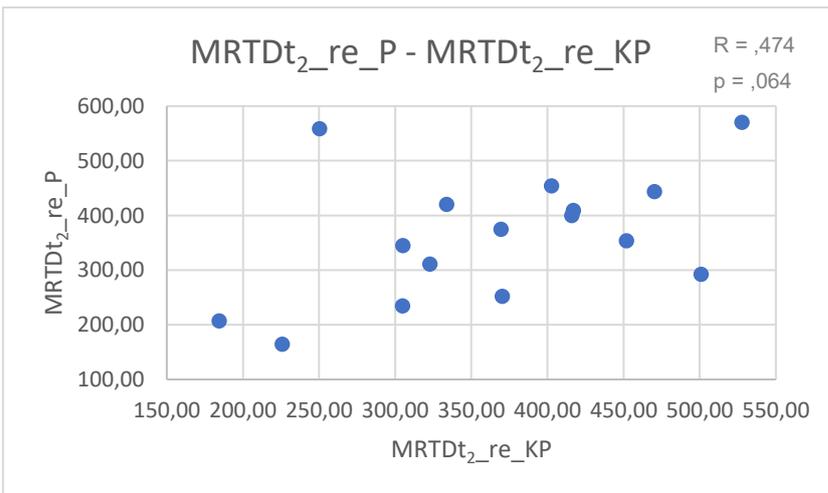


Abbildung 22: Regression MRTDt₂_re_P - MRTDt₂_re_KP

Tabelle 10: Ergebnisse der Inferenzstatistik der Leistungsparameter der isometrischen Messungen mit Signifikanzwert (p), t-Wert (t_{15}) und Effektstärke (d)

Leistungsparameter	Signifikanzwert (p)	t-Wert (t_{15})	Effektstärke (d)
PT_li_P - PT_li_KP	,611	,52	,13
PT_re_P - PT_re_KP	,360	,94	,24
PRTD_li_P - PRTD_li_KP	,517	,66	,17
PRTD_re_P - PRTD_re_KP	,051	2,13	,53
TTPT_li_P - TTPT_li_KP	,692	-,40	,10
TTPT_re_P - TTPT_re_KP	,362	-,94	,24
MRTDt ₁ _li_P - MRTDt ₁ _li_KP	,323	1,02	,26
MRTDt ₁ _re_P - MRTDt ₁ _re_KP	,773	,94	,07
MRTDt ₂ _li_P - MRTDt ₂ _li_KP	,480	,73	,18
MRTDt ₂ _re_P - MRTDt ₂ _re_KP	,889	-,14	,04

Tabelle 11: Ergebnisse der Korrelationen nach Pearson der Leistungsparameter der isometrischen Messungen mit Korrelationskoeffizient (R) und Signifikanzwert (p)

Leistungsparameter	Korrelationskoeffizient (R)	Signifikanzwert (p)
PT_li_P - PT_li_KP	,890	< ,001
PT_re_P - PT_re_KP	,795	< ,001
PRTD_li_P - PRTD_li_KP	,576	,019
PRTD_re_P - PRTD_re_KP	,799	< ,001
TTPT_li_P - TTPT_li_KP	,238	,374
TTPT_re_P - TTPT_re_KP	,392	,133
MRTDt ₁ _li_P - MRTDt ₁ _li_KP	,532	,034
MRTDt ₁ _re_P - MRTDt ₁ _re_KP	,790	< ,001
MRTDt ₂ _li_P - MRTDt ₂ _li_KP	,437	,091
MRTDt ₂ _re_P - MRTDt ₂ _re_KP	,474	,064

3.3 Ausdauerleistung

3.3.1 Deskriptive Statistik

Zeitpunkt der Pilleneinnahme

Die deskriptive Statistik der Leistungsparameter der Laufbandspiroergometrie, zum Zeitpunkt der Pilleneinnahme, wird in Tabelle 12 präsentiert.

Tabelle 12: Deskriptive Statistik der Leistungsparameter der Laufbandspiroergometrie zum Zeitpunkt der Pilleneinnahme (n=15)

	Mittelwert ± Standardabweichung	Minimum	Maximum
$\dot{V}O_{2max_P}$ [ml/min]	2864 ± 460	2173	3771
rel. $\dot{V}O_{2max_P}$ [ml/min/kg]	43 ± 4	38	50
$\dot{V}E_{max_P}$ [l/min]	105 ± 16	81	135
R.E. _P [ml/km/kg]	229 ± 18	196	258
Hf _{max_P} [bpm]	190 ± 11	175	206
Hf _{9km/h_P} [bpm]	164 ± 15	138	187
La _{1_P} [mmol/l]	1,0 ± ,4	,5	1,7
La _{2_P} [mmol/l]	8,2 ± 2,4	4,9	12
BL $\dot{V}O_{2_P}$ [ml/min]	846 ± 98	648	953
MAS_P [m/s]	3,5 ± 0,31	2,8	3,9

Zeitpunkt Pillenpause

Die deskriptive Statistik der Leistungsparameter der Laufbandspiroergometrie, zum Zeitpunkt, an dem die Pille nicht eingenommen wird, wird in Tabelle 13 präsentiert.

Tabelle 13: Deskriptive Statistik der Leistungsparameter der Laufbandspiroergometrie zum Zeitpunkt der Pillenpause (n=15)

	Mittelwert ± Standardabweichung	Minimum	Maximum
$\dot{V}O_{2max_KP}$ [ml/min]	2950,57± 420,95	2340	3797
rel. $\dot{V}O_{2max_KP}$ [ml/min/kg]	44,11 ± 2,96	39	50
$\dot{V}E_{max_KP}$ [l/min]	107,58 ± 15,27	78	133
R.E._KP [ml/km/kg]	230,99 ± 15,31	203	252
Hf _{max_KP} [bpm]	191 ± 8	180	202
Hf _{9km/h_KP} [bpm]	164 ± 12	141	181
La _{1_KP} [mmol/l]	1,1 ± ,3	0,7	1,7
La _{2_KP} [mmol/l]	8,5 ± 2,8	3,7	12,7
BL $\dot{V}O_2_KP$ [ml/min]	863 ± 101	696	1062
MAS_KP [m/s]	3,5 ± 0,25	3,0	3,9

3.3.2 Untersuchung auf Unterschiede und Zusammenhänge

Mittels statistischer Verfahren wurden die gemessenen Parameter hinsichtlich Unterschiede zwischen den beiden Messzeitpunkten überprüft. Außerdem wurden die Werte auf Zusammenhänge untersucht. Die Ergebnisse der statistischer Überprüfung der Leistungsparameter der Laufbandspiroergometrie sind zur besseren Übersicht auch in Tabelle 14 und Tabelle 15 dargestellt.

Es besteht ein signifikanter Unterschied und eine mittlere Effektstärke zwischen den Werten der maximalen Sauerstoffaufnahme ($t_{14} = -2,56$; $p = ,023$; $d = ,66$). Zum Zeitpunkt der Pillenpause ist die maximale Sauerstoffaufnahme signifikant höher, als zum Zeitpunkt der Pilleneinnahme. Die Werte korrelieren signifikant miteinander und der Zusammenhang kann als sehr hoch interpretiert werden ($R = ,960$; $p < ,001$) (Abbildung 23).

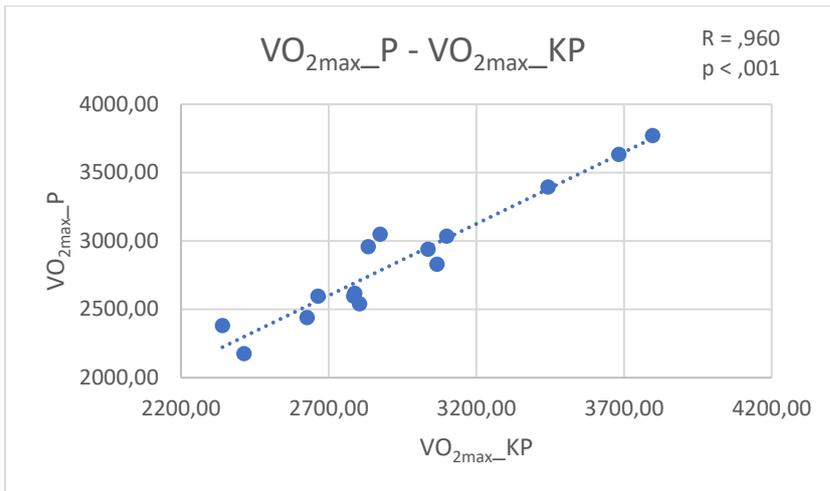


Abbildung 23: Regression $\dot{V}O_{2max_P}$ - $\dot{V}O_{2max_KP}$

Die relative Sauerstoffaufnahme zeigt einen signifikanten Unterschied und eine hohe Effektstärke ($t_{14} = -2,84$; $p = ,013$; $d = ,73$). Zum Zeitpunkt an dem die Pille nicht eingenommen wird ist die relative Sauerstoffaufnahme signifikant höher, als zum Zeitpunkt der Pilleneinnahme. Es besteht ein signifikanter Zusammenhang, welcher als hoch interpretiert werden kann ($R = ,821$; $p < ,001$) (Abbildung 24).

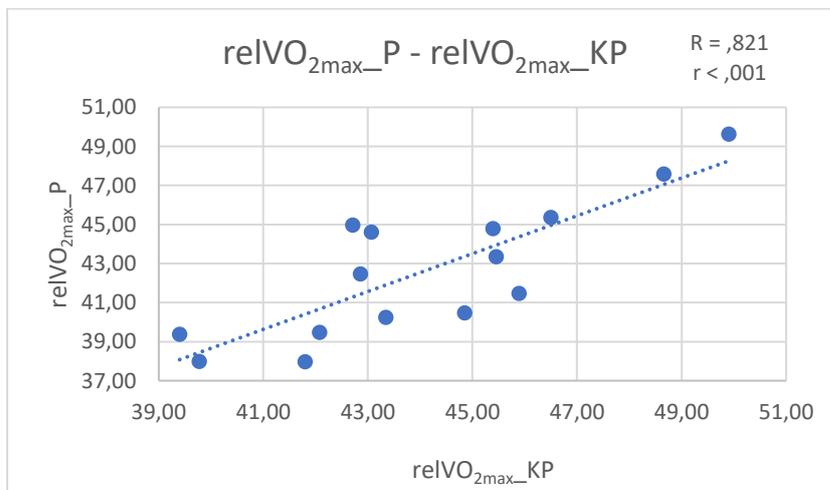


Abbildung 24: Regression $rel\dot{V}O_{2max_P}$ - $rel\dot{V}O_{2max_KP}$

Das maximale Atemminutenvolumen zeigt keinen signifikanten Unterschied und eine geringe Effektstärke ($t_{14} = -1,71$; $p = ,109$; $d = ,44$). Nach statistischer Überprüfung liegt zwischen den gemessenen Werten ein signifikanter Zusammenhang vor, welcher sehr hoch ist ($R = ,938$; $p < ,001$) (Abbildung 25).

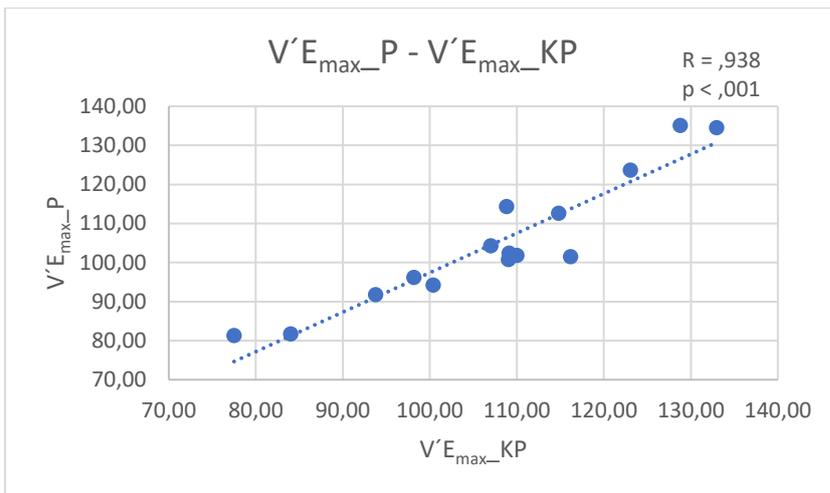


Abbildung 25: Regresssion $\dot{V}E_{max_P}$ - $\dot{V}E_{max_KP}$

Die Werte der Running Economy unterschieden sich nicht signifikant voneinander und weisen eine geringe Effektstärke auf ($t_{14} = -,95$; $p = ,360$; $d = ,24$). Die Werte korrelieren signifikant und zeigen einen sehr hohen Zusammenhang ($R = ,906$; $p < ,001$) (Abbildung 26).

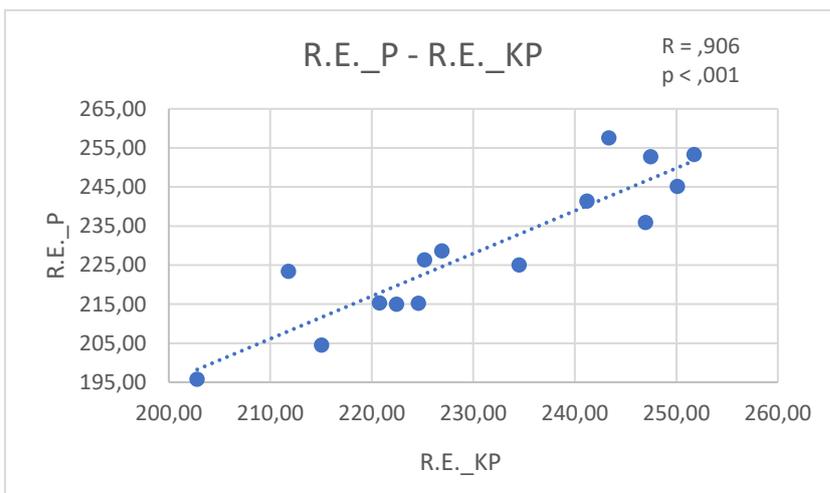


Abbildung 26: Regression $R.E._P$ - $R.E._KP$

Kein signifikanter Unterschied und eine kleine Effektstärke besteht zwischen den Werten der maximalen Herzfrequenz ($t_{14} = -,08$; $p = ,937$; $d = ,02$). Die Werte korrelieren miteinander und zeigen einen sehr hohen Zusammenhang ($R = ,992$ $p < ,001$) (Abbildung 27).

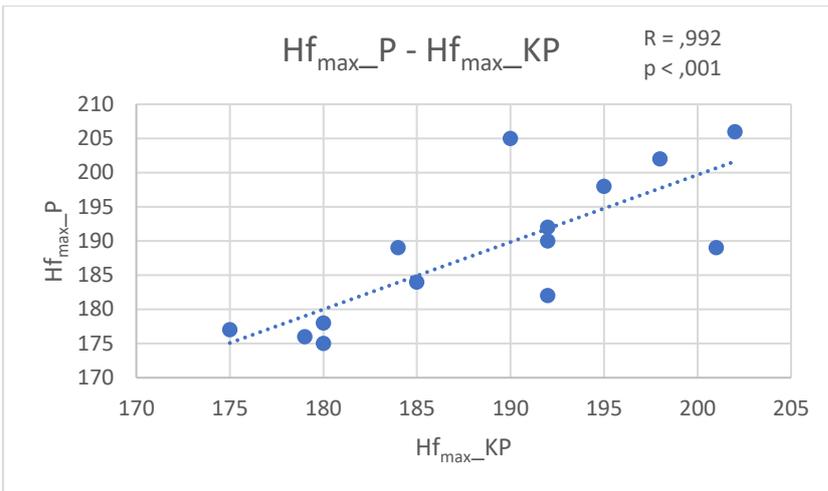


Abbildung 27: Hf_{max_P} - Hf_{max_KP}

Der durchschnittliche Wert der Herzfrequenz bei 9 km/h Laufbandgeschwindigkeit zeigt bei einer kleinen Effektstärke keinen signifikanten Unterschied ($t_{14} = -,17$; $p = ,872$; $d = ,04$). Nach statistischer Überprüfung liegt zwischen den gemessenen Werten ein signifikanter Zusammenhang vor, welcher sehr hoch ist ($R = ,984$; $p < ,001$) (Abbildung 28).

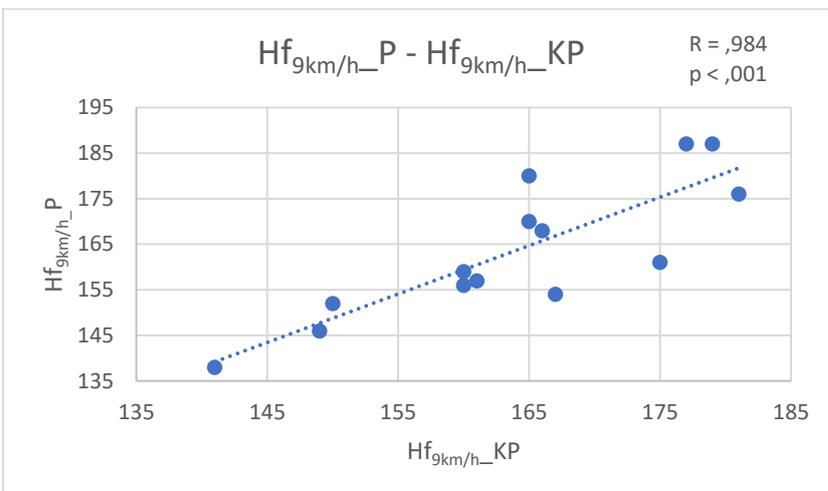


Abbildung 28: Regression Hf_{9km/h_P} - Hf_{9km/h_KP}

Die Laktatkonzentration vor der Laufbandspiroergometrie zeigt keinen signifikanten Unterschied und eine kleine Effektstärke ($t_{14} = -,72$; $p = ,483$; $d = ,18$). Die Werte ergeben einen signifikanten Zusammenhang, der mittel ausfällt ($R = ,616$; $p = ,014$) (Abbildung 29).

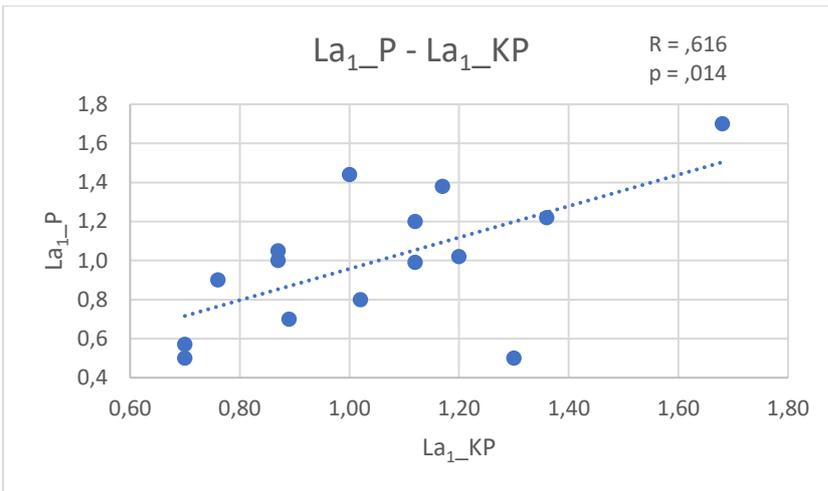


Abbildung 29: Regression La₁_P - La₁_KP

Keinen signifikanten Unterschied und eine geringe Effektstärke zeigen die Werte der Laktatkonzentration eine Minute nach der Laufbandtestung ($t_{14} = -,97$; $p = ,346$; $d = ,25$). Die Werte korrelieren signifikant miteinander und es besteht ein hoher Zusammenhang ($R = ,875$; $p < ,001$) (Abbildung 30).

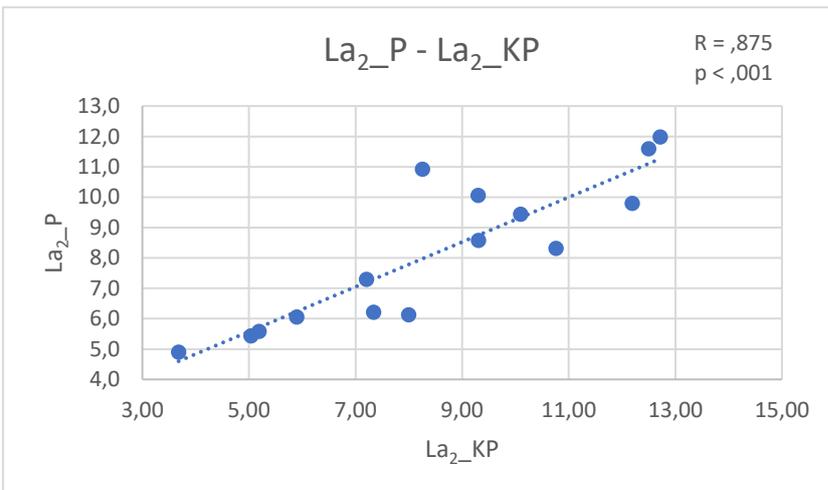


Abbildung 30: Regression La₂_P - La₂_KP

Der Mittelwert der Sauerstoffaufnahme während der ersten drei Minuten zeigt keinen signifikanten Unterschied und eine geringe Effektstärke ($t_{14} = -,95$; $p = ,360$; $d = ,24$). Die ermittelten Daten ergeben nach statistischer Prüfung einen signifikanten Zusammenhang. Der Zusammenhang kann als hoch interpretiert werden ($R = ,736$; $p = ,002$) (Abbildung 31).

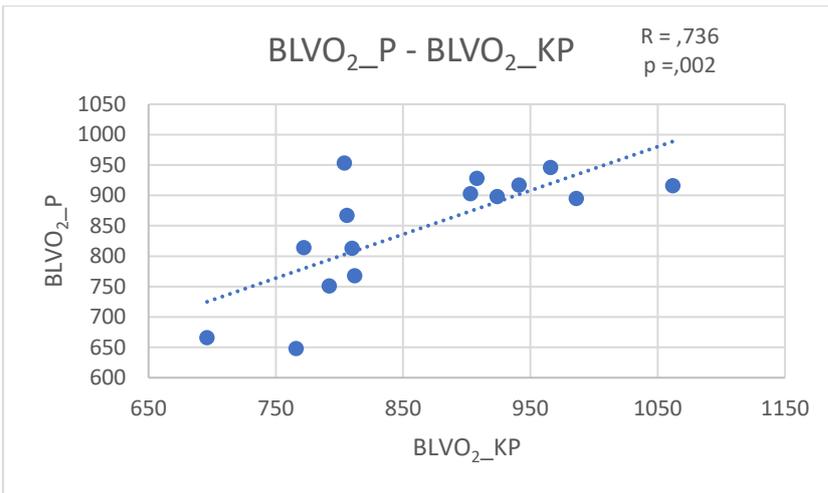


Abbildung 31: Regression BLVO₂_P - BLVO₂_KP

Keinen signifikanten Unterschied und eine geringe Effektstärke zeigen die Werte der maximal erreichten Laufbandgeschwindigkeit ($t_{14} = -1,59$; $p = ,134$; $d = ,42$). Die Werte zeigen einen signifikanten Zusammenhang, der sehr hoch ausfällt ($R = ,911$; $p < ,001$) (Abbildung 32).

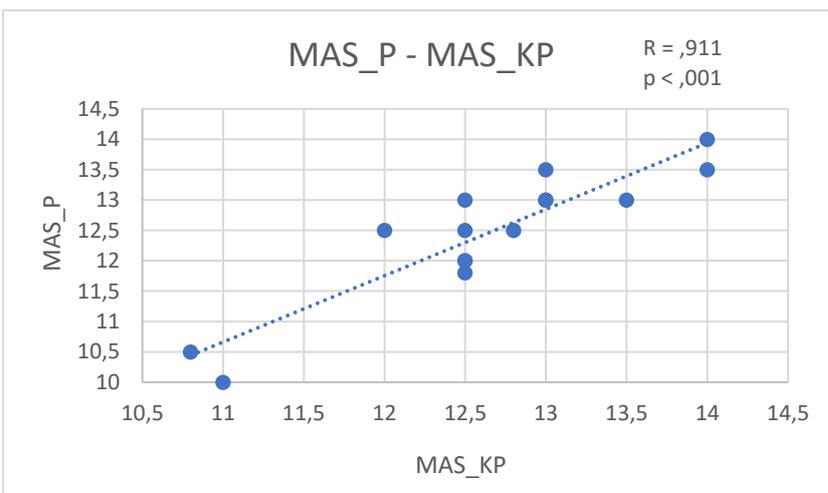


Abbildung 32: Regression MAS_P - MAS_KP

Tabelle 14: Ergebnisse der Inferenzstatistik der Leistungsparameter der Laufbandspiroergometrie mit Signifikanzwert (p), t-Wert (t₁₄) und Effektstärke (d)

Leistungsparameter	Signifikanzwert (p)	t-Wert (t ₁₄)	Effektstärke (d)
$\dot{V}O_{2max_P} - \dot{V}O_{2max_KP}$,023	-2,56	,66
rel $\dot{V}O_{2max_P} - rel\dot{V}O_{2max_KP}$,013	-2,84	,73
$\dot{V}E_{max_P} - \dot{V}E_{max_KP}$,109	-1,71	,44
R.E._P - R.E._KP	,360	-,95	,24
Hf _{max_P} - Hf _{max_KP}	,937	-,08	,02
Hf _{9km/h_P} - Hf _{9km/h_KP}	,872	-,17	,04
La _{1_P} - La _{1_KP}	,483	-,72	,18
La _{2_P} - La _{2_KP}	,347	-,97	,25
BL $\dot{V}O_{2_P} - BL\dot{V}O_{2_KP}$,360	-,95	,24
MAS_P - MAS_KP	,134	-1,59	,42

Tabelle 15: Ergebnisse der Korrelationen nach Pearson der Leistungsparameter der Laufbandspiroergometrie mit Korrelationskoeffizient (R) und Signifikanzwert (p)

Leistungsparameter	Korrelationskoeffizient (R)	Signifikanzwert (p)
$\dot{V}O_{2max_P} - \dot{V}O_{2max_KP}$,960	< ,001
rel $\dot{V}O_{2max_P} - rel\dot{V}O_{2max_KP}$,821	< ,001
$\dot{V}E_{max_P} - \dot{V}E_{max_KP}$,938	< ,001
R.E._P - R.E._KP	,906	< ,001
Hf _{max_P} - Hf _{max_KP}	,992	< ,001
Hf _{9km/h_P} - Hf _{9km/h_KP}	,984	< ,001
La _{1_P} - La _{1_KP}	,616	,014
La _{2_P} - La _{2_KP}	,875	< ,001
BL $\dot{V}O_{2_P} - BL\dot{V}O_{2_KP}$,736	,002
MAS_P - MAS_KP	,911	< ,001

3.4 Hämatokrit- und Hämoglobinwerte (n = 9)

Wie auch bei den Leistungsparametern der Kraft- und Ausdauerleistung wird der Parameterbezeichnung Hämatokrit bzw. Hämoglobin ein _P angehängt, wenn der Messzeitpunkt während der Pilleneinnahme war und ein _KP wenn der Messzeitpunkt ohne Pilleneinnahme war.

3.4.1 Deskriptive Statistik

Die deskriptive Statistik der Hämatokrit- und Hämoglobinwerte kann Tabelle 16 entnommen werden.

Tabelle 16: Deskriptive Statistik der Hämatokrit- und Hämoglobinwerte (n=9)

	Mittelwert ± Standardabweichung	Minimum	Maximum
Zeitpunkt der Pilleneinnahme			
Hämatokrit [%]	38,3 ± 3,1	34,3	42,9
Hämoglobin [g/dL]	13,1 ± 1,1	11,4	14,3
Zeitpunkt der Pillenpause			
Hämatokrit [%]	39,2 ± 2,7	35,2	42,8
Hämoglobin [g/dL]	13,2 ± ,9	11,5	14,4

3.4.2 Überprüfung auf Unterschiede und Zusammenhänge

Zur besseren Übersicht können die Ergebnisse der Inferenzstatistik der Hämatokrit- und Hämoglobinwerte auch Tabelle 17 entnommen werden. Die Ergebnisse der Korrelationen nach Pearson werden zusätzlich in Tabelle 18 präsentiert.

Es besteht kein signifikanter Unterschied und eine mittlere Effektgröße zwischen den Werten des Hämatokrits ($t_8 = 1,86$; $p = ,099$; $d = ,64$). Die Werte zeigen einen signifikanten Zusammenhang, der hoch ausfällt ($R = ,889$; $p = ,001$) (Abbildung 33).

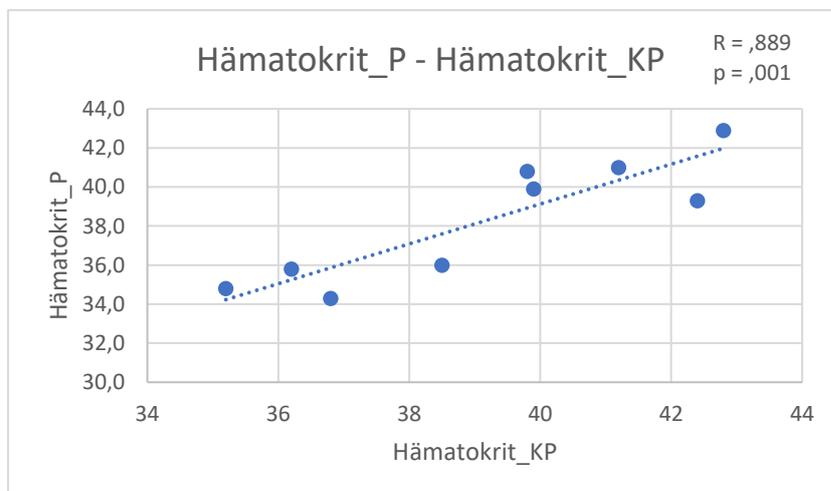


Abbildung 33: Regression Hämatokrit_P - Hämatokrit_KP

Die Werte des Hämoglobins zeigen keinen signifikanten Unterschied und eine kleine Effektgröße ($t_8 = ,45$; $p = ,661$; $d = ,14$). Die ermittelten Daten ergeben nach statistischer Prüfung keinen signifikanten Zusammenhang ($R = ,626$; $p = ,072$) (Abbildung 34).

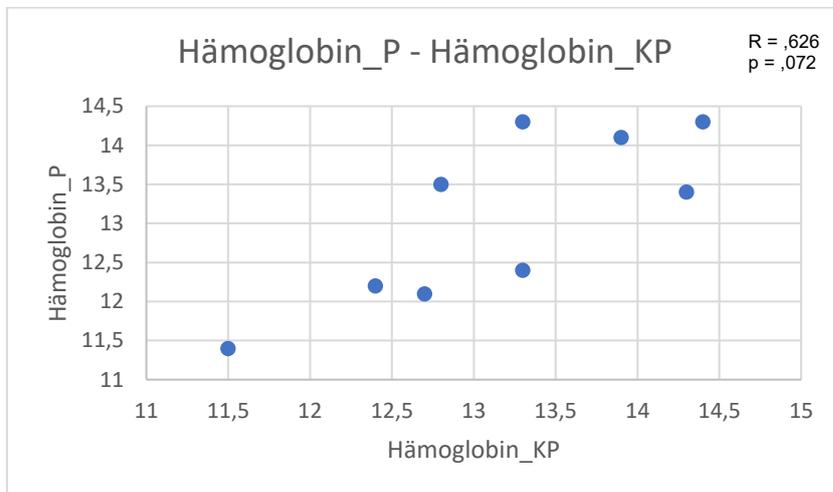


Abbildung 34: Regression Hämoglobin_P - Hämoglobin_KP

Tabelle 17: Ergebnisse Inferenzstatistik der Hämatokrit- und Hämoglobinwerte mit Signifikanzwert (p), t -Wert (t_8) und Effektstärke (d)

Leistungsparameter	Signifikanzwert (p)	t -Wert (t_8)	Effektstärke (d)
Hämatokrit_P - Hämatokrit_KP	,099	1,86	,64
Hämoglobin_P - Hämoglobin_KP	,661	,45	,14

Tabelle 18: Ergebnisse der Korrelationen nach Pearson der Hämatokrit- und Hämoglobinwerte mit Korrelationskoeffizient (R) und Signifikanzwert (p)

Leistungsparameter	Korrelationskoeffizient (R)	Signifikanzwert (p)
Hämatokrit_P - Hämatokrit_KP	,889	,001
Hämoglobin_P - Hämoglobin_KP	,626	,072

3.5 Sexualhormone

Wie auch bei den anderen Parametern wird der Variable ein `_P` angehängt, wenn der Messzeitpunkt während der Pilleneinnahme war und ein `_KP` wenn der Messzeitpunkt während der Pillenpause war.

3.5.1 Deskriptive Statistik

Die deskriptive Statistik der Hormonwerte kann Tabelle 19 entnommen werden.

Tabelle 19: Deskriptive Statistik der Sexualhormone (n = 16)

	Median	25%-Perzentil	75%-Perzentil	Minimum	Maximum
Zeitpunkt der Pilleneinnahme					
Progesteron [ng/ml]	,25	,09	,60	,09	1,00
Östradiol [pg/ml]	10	10	10	10	79
Testosteron [ng/ml]	,28	,17	,36	,10	,64
DHEA [μ g/dl]	137	100	156	46	306
LH [IU/l]	1,1	,2	2,7	,2	6,6
FH [IU/l]	1,9	,3	3,3	,2	5,9
Zeitpunkt der Pillenpause					
Progesteron [ng/ml]	,25	,10	,60	,09	1,10
Östradiol [pg/ml]	14	10	29	10	81
Testosteron [ng/ml]	,32	,15	,40	,10	,76
DHEA [μ g/dl]	113	95	182	42	317
LH [IU/l]	3,3	,4	4,8	,2	7,2
FH [IU/l]	5,7	1,4	9,7	,5	12,9

3.5.2 Überprüfung auf Unterschiede und Zusammenhänge

Zur besseren Übersicht können die Ergebnisse der Inferenzstatistik der Hämatokrit- und Hämoglobinwerte auch Tabelle 20: Ergebnisse Inferenzstatistik der Hormonwerte mit Signifikanzwert (p) und Effektstärke (r) Tabelle 20 entnommen werden. Die Ergebnisse der Korrelationen nach Spearman werden zusätzlich in Tabelle 21 präsentiert.

Es besteht kein signifikanter Unterschied und eine triviale Effektgröße zwischen den Werten des Progesterons ($p = ,867$; $r = ,04$). Die Werte ergeben einen signifikanten Zusammenhang, der mittel ausfällt ($R = ,644$; $p = ,004$) (Abbildung 35).

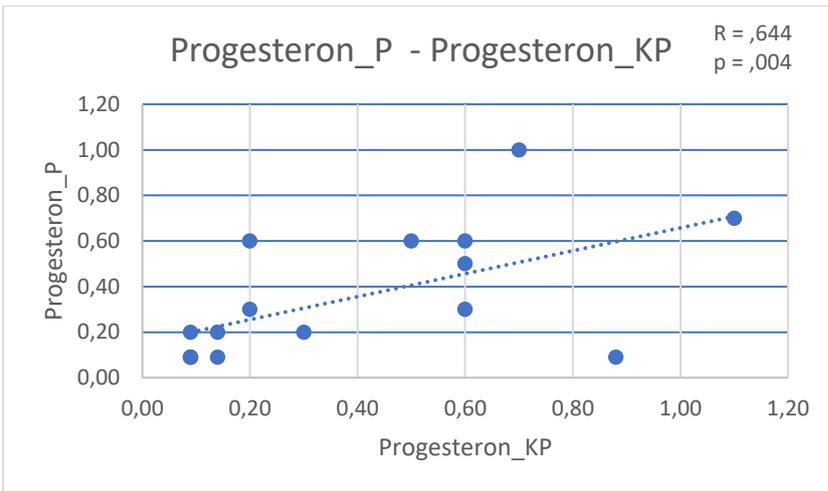


Abbildung 35: Regression Progesteron_P - Progesteron_KP

Die Östradiolwerte zeigen bei einer moderaten Effektstärke einen signifikanten Zusammenhang. Zum Zeitpunkt der Pillepause ist der Östradiolwert signifikant höher als zum Zeitpunkt der Pilleneinnahme ($p = ,027$; $r = ,55$). Es besteht kein signifikanter Zusammenhang ($R = ,178$; $p = ,254$) (Abbildung 36).

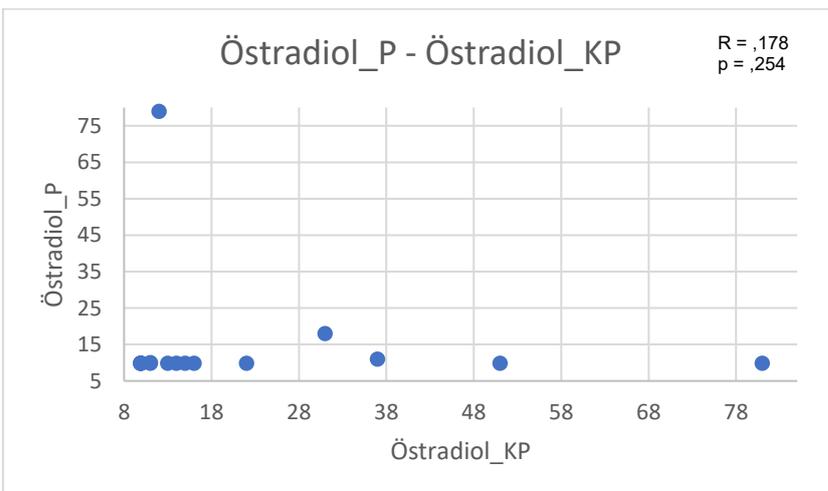


Abbildung 36: Regression Östradiol_P - Östradiol_KP

Die Werte des Testosterons zeigen keinen signifikanten Unterschied und eine kleine Effektstärke ($p = ,117$; $r = ,40$). Es besteht ein hoher signifikanter Zusammenhang ($R = ,844$; $p < ,001$) (Abbildung 37).

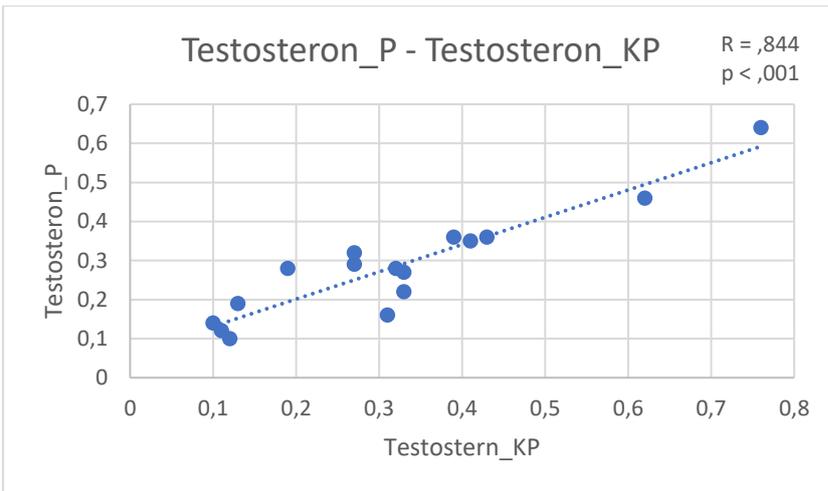


Abbildung 37: Regression Testosteron_P - Testosteron_KP

Zwischen den Werten des DHEA besteht bei einer trivialen Effektstärke kein signifikanter Zusammenhang ($p = ,831$; $r = ,06$). Es liegt ein hoher signifikanter Zusammenhang vor ($R = ,884$; $p < ,001$) (Abbildung 38).

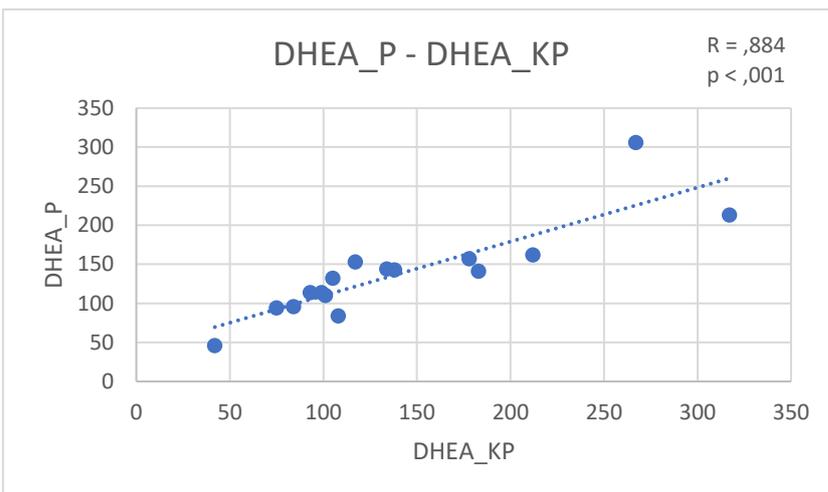


Abbildung 38: Regression DHEA_P - DHEA_KP

Es besteht ein signifikanter Zusammenhang und eine moderate Effektstärke zwischen den LH-Werten. Zum Zeitpunkt der Pillenpause sind die Werte signifikant höher als zum Zeitpunkt der Pilleneinnahme ($p = ,011$; $r = ,62$). Es liegt ein hoher signifikanter Zusammenhang vor ($R = ,742$; $p = ,001$) (Abbildung 39).

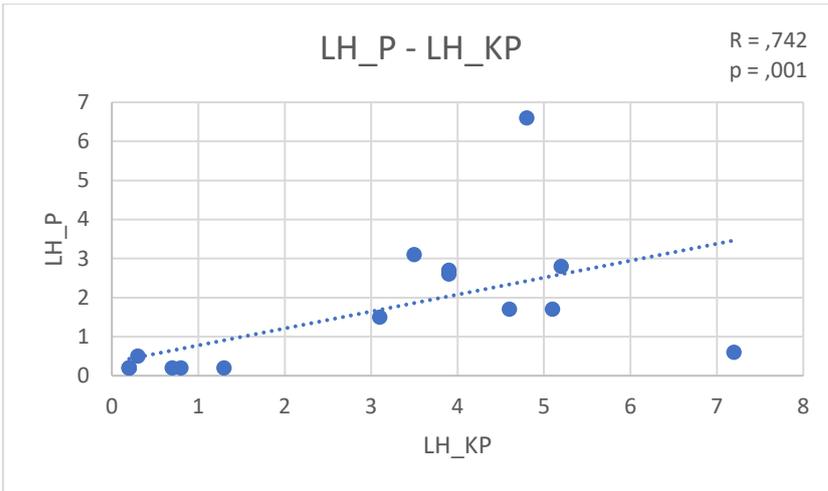


Abbildung 39: Regression LH_P - LH_KP

Es besteht ein signifikanter Zusammenhang und eine große Effektstärke zwischen den FH-Werten. Zum Zeitpunkt der Pillenpause sind die Werte signifikant höher als zum Zeitpunkt der Pilleneinnahme ($p < ,001$; $r = ,83$). Es liegt ein hoher signifikanter Zusammenhang vor ($R = ,551$; $p = ,015$) (Abbildung 40).

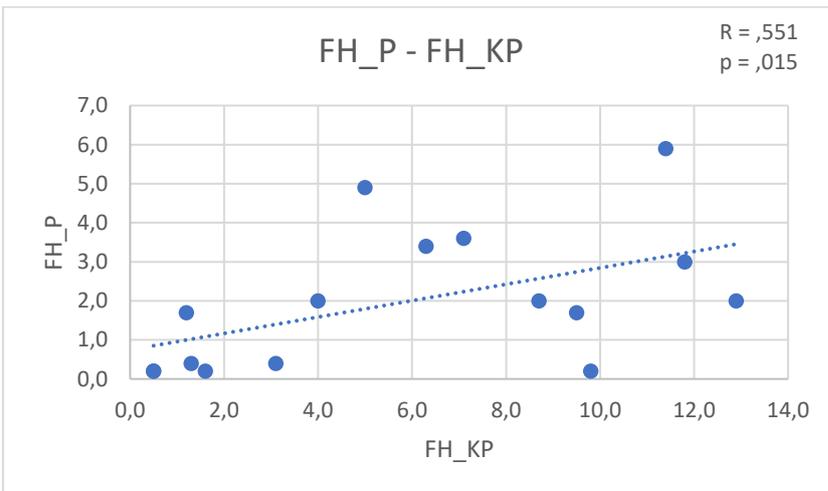


Abbildung 40: Regression FH_P - FH_KP

Tabelle 20: Ergebnisse Inferenzstatistik der Hormonwerte mit Signifikanzwert (p) und Effektstärke (r)

Leistungsparameter	Signifikanzwert (p)	Effektstärke (r)
Progesteron_P – Progesteron_KP	,867	,04
Östradiol_P – Östradiol_KP	,027	,55
Testosteron_P – Testosteron_KP	,117	,40
DHEA_P – DHEA_KP	,831	,06
LH_P – LH_KP	,011	,62
FH_P – FH_KP	< ,001	,83

Tabelle 21: Ergebnisse der Korrelationen nach Spearman der Hormonwerte mit Korrelationskoeffizient (R) und Signifikanzwert (p)

Leistungsparameter	Korrelationskoeffizient (R)	Signifikanzwert (p)
Progesteron_P – Progesteron_KP	,644	,004
Östradiol_P – Östradiol_KP	,178	,254
Testosteron_P – Testosteron_KP	,844	< ,001
DHEA_P – DHEA_KP	,884	< ,001
LH_P – LH_KP	,742	,001
FH_P – FH_KP	,551	,015

4 Diskussion

Die vorliegende Studie untersuchte ob der Menstruationszyklus bei Handballerinnen, die eine einphasige Kombinationspille einnehmen, einen Einfluss auf die Leistungsfähigkeit hat. Dafür wurden mit 16 Handballerinnen zu zwei unterschiedlichen Messzeitpunkten jeweils eine Laufbandspiroergometrie und ein Krafttest durchgeführt. Messzeitpunkt I fand an Tag 2-3 des Menstruationszyklus statt, zu einer Phase wo die Pille aktuell nicht eingenommen wurde. Der zweite Messzeitpunkt fand zwei Wochen vorher bzw. später statt, in beiden Fällen befand sich die Probandin an Tag 16-18 des Menstruationszyklus, an welchem die Pille seit mindestens zehn Tagen wieder eingenommen wurde.

Nach den Ergebnissen der vorliegenden Studie scheint es, als wäre die Leistungsfähigkeit nicht von hormonellen Kontrazeptiva beeinflusst. Die aktuelle Literatur zeigt in Einzelfällen signifikante Unterschiede auf, doch scheint es, als wäre der Einfluss von hormonellen Kontrazeptiva noch nicht einheitlich geklärt.

In den Leistungsparametern der isokinetischen und isometrischen Messungen konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Messzeitpunkten festgestellt werden. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie stimmen mit den Ergebnissen der Studie von Elliott et al. (2005) überein. Auch in dieser Studie konnte kein signifikanter Unterschied zwischen dem maximalen Drehmoment im linken bzw. rechten Bein und den Messzeitpunkten festgehalten werden. Ein etwas anderes Ergebnis zeigt die Studie von Gordon et al. (2013). Sie haben festgestellt, dass sich das maximale Drehmoment der Knieextensoren bei einer Winkelgeschwindigkeit von 120 °/s zum Zeitpunkt der Pillenpause signifikant von der Phase der Pilleneinnahme unterscheidet. Hierbei ist allerdings anzumerken, dass die Stichprobe ($n = 6$) sehr gering war und bei weiteren Winkelgeschwindigkeiten (60 °/s, 180 °/s, 240 °/s) keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden konnten. Nicht nur einen signifikanten Unterschied im maximalen Drehmoment der Knieextensoren, sondern auch in den Knieflexoren konnten Wikström-Frisén et al. (2017) feststellen. In ihrer Studie führten drei Gruppen ein unterschiedliches Trainingsprogramm durch. Während die Kontrollgruppe über vier Wochen dasselbe Beinkrafttraining absolvierte, absolvierte eine Gruppe in den ersten zwei Wochen des Menstruationszyklus ein intensives Krafttraining und den anderen zwei Wochen des Menstruationszyklus ein weniger intensives Beinkrafttraining durch. Die zweite Gruppe hat erst die weniger intensiven Krafttrainings und dann die intensiven absolviert. Anhand der Ergebnisse wurde die Trainingsempfehlung abgeleitet, dass ein größerer Kraftzuwachs aus

intensiveren Krafttrainings in den ersten zwei Wochen des Menstruationszyklus resultiert, als in den letzten zwei Wochen des Menstruationszyklus. Diese Aussage würde bestätigen, dass Östrogene aufgrund des anabolen Effekts einen positiven Effekt auf die Kraftleistung haben. Auch Gordon et al. (2013) gehen aufgrund ihrer Studienergebnisse von dieser Annahme aus. Auffällig ist dennoch, dass man in drei unterschiedlichen Studien, welche einen sehr ähnlichen Testablauf haben, zu drei unterschiedlichen Ergebnissen kommt. Das zeigt, dass man nicht einheitlich behaupten kann, dass die Kraftleistung vom Menstruationszyklus beeinflusst wird. Für die Trainingsempfehlung ist das Ergebnis von Wikström-Frisén et al. (2017) dennoch nicht zu vernachlässigen. Die Stichprobe von Wikström-Frisén et al. (2017) waren Frauen, die alle im selben Fitnessstudio trainieren. Das Aktivitätslevel wurde dabei aber nicht berücksichtigt. Daher stellt sich die Frage inwiefern sich die Trainingsempfehlung auch auf Handballspielerinnen übertragen lässt.

Die Sprungleistung spielt in der Sportart Handball eine wichtige Rolle und stellt eine wichtige physiologische Voraussetzung dar. Die Sprungleistung wurde in der vorliegenden Studie nicht direkt gemessen. Die Parameter PRTD, MRTDt₁ (t₁ = ,05 s) und MRTDt₂ (t₂ = ,25 s) der isometrischen Messung stellen Anstiegsraten dar, welche ebenfalls wie die Sprungleistung neuromuskuläre Leistungen sind. Daher lassen sich die Ergebnisse der vorliegenden Studie mit den Ergebnissen zu den Sprungleistungen aus der Literatur einigermaßen vergleichen. Die vorliegenden Ergebnisse zeigen weder im linken noch im rechten Bein einen signifikanten Unterschied in den Variablen PRTD, MRTDt₁ und MRTDt₂. Die aktuelle Literatur zeigt keine einheitlichen Ergebnisse. Während sich signifikante Unterschiede zwischen der aktuellen Phase des Menstruationszyklus und der Reaktivkraft zeigten, scheint es so als wäre die Explosivkraft nicht vom Menstruationszyklus beeinflusst (Rechichi & Dawson, 2009). An Tag 6-7 des Menstruationszyklus war die Reaktivkraft bei Frauen, die die Pille einnehmen, signifikant geringer als an Tag 2-3 und Tag 13-17 des Menstruationszyklus. Auffällig ist, dass sowohl Tag 2-3 als auch Tag 6-7 des Menstruationszyklus zum Zeitpunkt der Pillenpause ist und man so behaupten könnte, dass die Explosivkraft erst zum späteren Zeitpunkt der Pillenpause vom Menstruationszyklus beeinflusst wird. Ein Grund dafür könnte sein, dass sich in der späten Phase der Pillenpause kaum mehr exogenes, sondern vermehrt endogenes Östrogen im Körper befindet (Rechichi & Dawson, 2009). Dies wiederum würde bedeuten, dass endogenes Östrogen einen negativen Effekt auf die Aktivierung der Muskeln und damit auf die Leistungsfähigkeit hat. Rechichi und Dawson, Brian (2009) mutmaßen, dass dieser Effekt bei exogenen Östrogen nicht eintritt und deshalb die Reaktivkraft an Tag 13-17 des Menstruationszyklus am besten ist. Da sich aber nur bei Rechichi und Dawson, Brian (2009) ein Unterschied in der Sprungkraft feststellen lässt, sollte man die Annahme dass

endogenes Östrogen die Aktivierung der Muskel beeinflusst eher kritisch betrachten. Denn weder in der vorliegenden Studie zeigten die Kraftanstiegsraten signifikante Unterschiede, noch Ekenros et al. (2013) und Romance et al. (2019) konnten signifikante Unterschiede in der Kraft bzw. Schnellkraft und dem Menstruationszyklus festhalten. Festzuhalten ist, dass Romance et al. (2019) mit ihrer Studie feststellen, dass sich die Einnahme eines oralen Kontrazeptivum zwar nicht positiv auf die Kraftleistung auswirkt, aber dass die Pille auch keine negativen Effekte aufweist.

Die aktuelle Literatur zeigt teilweise signifikante Unterschiede in der Kraftleistung zu unterschiedlichen Messzeitpunkten. Doch es lässt sich nicht eindeutig sagen, ob die Kraftleistung vom Menstruationszyklus beeinflusst wird. Für die Zukunft wäre es von Bedeutung zu untersuchen, ob sich die Ergebnisse von Wikström-Frisén et al. (2017) auch in anderen Muskeln als "nur" den Knieextensoren und -flexoren wiederfinden lassen und ob die Ergebnisse auch auf andere Sportarten replizierbar sind. Solange dies nicht ganzheitlich untersucht ist, würden die Ergebnisse anderer Studien eher dafürsprechen die Steuerung des Krafttrainings unabhängig vom Menstruationszyklus zu gestalten. Auch in der Kraftanstiegsrate und Sprungkraftleistung überwiegen die Studienergebnisse ohne signifikante Unterschiede, weshalb man auch hier annehmen kann, dass der Menstruationszyklus keinen Einfluss hat. Wobei es für die Zukunft von Relevanz wäre den unterschiedlichen Einfluss von exogenen und endogenen Östrogen zu untersuchen um so eindeutig der Vermutung Rechichi und Dawson, Brian (2009) zustimmen bzw. nicht zustimmen zu können.

Bezüglich der Parameter der Laufbandspiroergometrie konnten signifikante Unterschiede in der VO_{2max} und der $relVO_{2max}$ festgestellt werden. Die Leistung war jeweils zum Zeitpunkt an dem die Pille aktuell nicht eingenommen wird höher. Auffällig ist, dass die Werte der VO_{2max} und der $relVO_{2max}$ sowohl einen signifikanten Unterschied als auch eine sehr hohe bzw. hohe Korrelation aufweisen. Vaiksaar et al. (2011) kamen in ihrer Studie auf ein ähnliches Ergebnis. Sie konnten feststellen, dass die submaximale Sauerstoffaufnahme zum Zeitpunkt der Pilleneinnahme signifikant niedriger ist. Auch Joyce et al. (2013) haben feststellen können, dass sowohl die maximale Sauerstoffaufnahme, als auch die Sauerstoffaufnahme zum Zeitpunkt der anaeroben Schwelle, bei Frauen die die Pille einnehmen, signifikant geringer ist. Hierbei ist anzumerken, dass die Studienteilnehmerinnen seit $32,3 \pm 24,2$ Monaten ein einphasiges Kombinationspräparat einnehmen. Die lange Einnahme eines Kombinationspräparats kann zu einer verminderten Aktivierung des sympathischen Nervensystems führen, was wiederum ein Grund für die reduzierte Sauerstoffaufnahme bei Frauen, die die Pille einnehmen, sein könnte (Joyce et

al., 2013). Doch dass dies noch nicht eindeutig wissenschaftlich belegt ist, zeigen die Ergebnisse anderer Studien. In weiteren Studien konnten bezüglich der Sauerstoffaufnahme keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden (Casazza et al., 2002; Joyce et al., 2013; Mattu et al., 2019). Dabei war es egal ob die Spiroergometrie auf einem Laufband, Ruderergometer oder Ergometer durchgeführt wurde.

Wie auch bei Vaiksaar et al. (2011) konnte in der vorliegende Studie kein signifikanter Unterschied in dem Atemminutenvolumen und der Herzfrequenz festgestellt werden. Auch Redman und Weatherby, Robert P. (2004) und Julian et al. (2017) konnten in ihren Studien keinen Unterschied in der maximalen Herzfrequenz festhalten. Janse de Jonge (2003) beschrieb, dass sich die Herzfrequenz aufgrund von veränderter Flüssigkeitsregulierung während des Menstruationszyklus beeinflussen lassen kann. Gleichzeitig gibt der Autor aber auch an, dass in kaum einer Studie ein signifikanter Zusammenhang zwischen Herzfrequenz und Menstruationszyklus festgestellt werden konnte.

Keiner der Leistungsparameter R.E., La₁, La₂, BLVO₂ und MAS weist in der vorliegenden Studie einen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Messzeitpunkten auf. Bis auf die Laktatkonzentration werden die anderen Parameter in der Literatur nicht untersucht. Mattu et al. (2019) und Julian et al. (2017) haben die Laktatkonzentration untersucht und konnten diesbezüglich keine Unterschiede festhalten. Die Werte der maximal erreichten Geschwindigkeit des Laufbandes (MAS) lassen darauf schließen, wie hoch die maximale aerobe Leistungsfähigkeit ist und wie viel Strecke zurückgelegt wurde. In der vorliegenden Studie konnten diesbezüglich keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Auch Julian et al. (2017) haben die zurückgelegte Strecke von Fußballspielerinnen während eines YoYo-Tests untersucht und konnten einen signifikanten Unterschied feststellen. Während Julian et al. (2017) einen Unterschied bei Fußballerinnen feststellen konnte, ist dieser in der vorliegenden Studie bei den Handballerinnen bei einer Laufbandspiroergometrie nicht vorhanden. Die physiologischen Voraussetzungen für Handball und Fußball sind sehr ähnlich, weshalb die unterschiedlichen Ergebnisse die Frage aufkommen lassen, warum man unterschiedliche Ergebnisse erzielte. Zu berücksichtigen ist allerdings die kleine Stichprobe (n = 9) in der Studie von Julian et al. (2017).

Wie bereits erwähnt konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den MAS Werten festgestellt werden. Dies ist deshalb von Relevanz, da MAS den Parameter für die Feststellung der aeroben Ausdauerleistungsfähigkeit darstellt. Dadurch, dass keine signifikanten Unterschiede vorliegen, lässt sich ableiten, dass die aerobe

Ausdauerleistungsfähigkeit von Handballerinnen, die eine einphasige Kombinationspille zu sich nehmen, nicht vom Menstruationszyklus beeinflusst wird. Doch während die maximale aerobe Leistungsfähigkeit keine signifikanten Unterschiede zeigt, sind die Werte der maximalen und relativen Sauerstoffaufnahme zum Zeitpunkt an dem die Pille nicht eingenommen wird höher. Dies lässt den Schluss zu, dass zwar während der Pilleneinnahme die $\dot{V}O_{2max}$ niedriger ist, allerdings mit einer niedrigeren aeroben Energiebereitstellung dieselbe Geschwindigkeit gelaufen wird.

Anhand der aufgeführten Studien kann nicht pauschal behauptet werden ob der Menstruationszyklus einen Einfluss auf die Ausdauerleistungsfähigkeit hat. Aufgrund der verschiedenen Stichproben und verschiedenen Studienmethoden lassen sich gerade in dieser Thematik schwer Studien miteinander vergleichen. Die Stichprobe der vorliegenden Gruppe wurde so homogen wie möglich gehalten. Es konnte ein signifikanter Unterschied in $\dot{V}O_{2max}$ und $rel\dot{V}O_{2max}$ festgestellt werden, allerdings hat er keinen direkten Einfluss auf die Leistungsfähigkeit. Der Parameter, der zur Bestimmung der maximalen aeroben Leistungsfähigkeit (i.e. MAS) herangezogen wird, zeigt keine signifikanten Unterschiede.

Der Hämatokrit- und Hämoglobingehalt sind Bestandteile der roten Blutkörperchen und Marker für die Beurteilung der Sauerstofftransportkapazität und Blutbildung. Eine Reduktion dessen würde zu einer verringerten maximalen Sauerstoffaufnahme und damit zu einer verminderten Ausdauerleistungsfähigkeit führen (Calbet, Lundby, Koskolou & Boushel, 2006). In der vorliegenden Studie zeigen die Werte des Hämatokrit- und Hämoglobingehalts keine signifikanten Unterschiede, was dafürsprechen würde, dass die Hämoglobin- und Hämatokritwerte nicht vom Menstruationszyklus beeinflusst werden. Ebenfalls würde das bedeuten, dass die VO_{2max} nicht von den Hämatokrit- und Hämoglobinwerten abhängt, da diese signifikante Unterschiede zeigte. Angelehnt an Calbet et al. (2006) und unter Berücksichtigung der moderaten Effektgröße der Hämatokritwerte wird die Behauptung, dass die Ausdauerleistungsfähigkeit von den Hämatokrit- und Hämoglobinwerte abhängt, eher kritisch betrachtet. Bei der Interpretation dieses Ergebnisses ist auch zu berücksichtigen, dass nur bei 9 der 16 Probandinnen die Hämatokrit- und Hämoglobinwerte analysiert wurden.

In der vorliegenden Masterarbeit wurde das Hormon E2 (Östradiol) gemessen und analysiert. Es konnte festgestellt werden, dass die Werte des Östradiols zum Zeitpunkt der Pillenpause signifikant höher ist. Der Wirkstoff der Östrogene in den eingenommenen Pillenarten der Probandinnen ist Ethinylestradiol. Da der gesamte Östrogengehalt zum Zeitpunkt der Pilleneinnahme höher als zum Zeitpunkt der Pillenpause ist, stellt sich die

Frage weshalb es bei Östradiol genau anders rum ist. Ein Grund dafür kann sein, dass die körpereigene Produktion von Östradiol durch die Zufuhr von Ethinylestradiol zurück geht und daher während der Pilleneinnahme signifikant geringer ist. Dafür sprechen würde auch der hohe signifikante Unterschied des durchschnittlichen Östradiolgehalts in Athletinnen die die Pille einnehmen bzw. nicht einnehmen ($13,02 \pm 7,22$ pg/ml bzw. $33,65 \pm 5,34$ pg/ml, $p < ,001$) (Joyce et al., 2013). Dieser Annahme stimmen auch Burrows und Peters, Charlotte E. (2007) zu. Sie beschreiben ebenfalls, dass die körpereigene Produktion von Östrogenen während der Phase der Pilleneinnahme unterdrückt wird. Synthetisches Ethinylestradiol hat eine höhere Affinität zu Östrogenrezeptoren und induziert dadurch größere Effekte als endogene Östrogene (Ekenros et al., 2013) . Burrows und Peters, Charlotte E. (2007) behaupten allerdings auch, dass dieser Prozess ebenfalls auf das Hormon Progesteron zutrifft. Dieser Behauptung kann aufgrund der Ergebnisse der vorliegenden Studie nicht zugestimmt werden, da zwischen den Progesteron Werten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden konnten. Hierbei zu beachten gilt allerdings die große individuelle Variabilität der Probandinnen. In der vorliegenden Studie konnte ebenfalls keine signifikanten Unterschiede zwischen den Hormonen Testosteron und DHEA festgestellt werden. Es scheint auch keinen Unterschied in den DHEA und Testosteron Konzentrationen zwischen Athletinnen, die die Pille einnehmen bzw. nicht einnehmen, zu geben. Die Studie von Enea et al. (2009) zeigt bei untrainierten Frauen, die die Pille einnehmen bzw. nicht einnehmen, keinen signifikanten Unterschied zwischen den DHEA und Testosteron Konzentrationen. In der vorliegenden Studie sind die LH und FH Werte zum Zeitpunkt der Pillenpause signifikant höher. Durch die Einnahme eines oralen Kontrazeptivums werden dem Körper exogene Sexualhormone zugeführt. Ähnlich wie beim Östradiol, sorgen diese dafür, dass FSH und LH nicht mehr von der Hirnanhangsdrüse ins Blut abgegeben werden. Dies führt dazu, dass, wie bei dem Hormon Östradiol die Konzentration von FSH und LH während der Pilleneinnahme signifikant niedriger ist.

Die verschiedenen Ergebnisse in der aktuellen Literatur resultieren auch aus den vielen Einflussgrößen auf die Auswahl der Stichprobe. Die ausgewählte Stichprobe spielt gerade bei dieser Thematik eine große Rolle. Die Stichprobe sollte so homogen und so frei von Einflussgrößen wie möglich sein. Ähnlich wie Julian et al. (2017) ist auch die Probandinnenanzahl von Vaiksaar et al. (2011) eher gering ($n = 8$). Während Vaiksaar et al. (2011) zwar eine eher geringere Stichprobe haben, haben Casazza et al. (2002) zusätzlich zur kleinen Anzahl der Teilnehmerinnen ($n = 8$) noch Frauen aus unterschiedlichen Sportarten getestet. Da die physiologischen Voraussetzungen in jeder Sportart anders sind sollte die Sportart, die die Probandinnen ausführen, mindestens ein sehr ähnliches physiologisches Profil besitzen. Auch sollte auf den Leistungszustand der

Testpersonen geachtet werden. Lediglich Redman und Weatherby, Robert P. (2004) schränkte die Stichprobe auch anhand des Leistungszustandes ein. Doch macht es sehr wohl einen Unterschied ob die Stichprobe nur aus Leistungs- oder Hobbysportlerinnen besteht, oder ob die Gruppe gemischt ist. Das Aktivitätslevel der Probandinnen könnte nämlich ein Grund für die vielen unterschiedlichen Ergebnisse in der aktuellen Literatur sein. Joyce et al. (2013) beschreiben nämlich, dass sich die Probandinnen von ihrer und der Studie von Rebelo et al. (2010) in Größe, Gewicht und Alter kaum unterscheiden und sie jedoch trotzdem unterschiedliche Testergebnisse erhalten. Sie stellen die Vermutung auf, dass es beim Einfluss des Menstruationszyklus auf die Leistungsfähigkeit eine Rolle spielt, ob die Probandinnen regelmäßig körperlich aktiv sind oder nicht (Joyce et al., 2013).

Auch spielen die gewählten Messzeitpunkte eine große Rolle wie das Ergebnis von Rechichi und Dawson, Brian (2009) zeigt. Während der Phase der Pillenpause unterscheidet sich die Leistung nochmal signifikant voneinander. Ob sich dies auf Müdigkeit, oder wirklich auf den Einfluss von exogenen bzw. endogenen Östrogen begründen lässt, ist noch nicht belegt. Ebenfalls zu beachten gilt es, seit wann die Probandinnen ein orales Kontrazeptivum einnehmen, denn wie die Studie von Joyce et al. (2013) zeigt könnte auch dies eine Einflussgröße sein. Auch wichtig bei Frauen, die ein Kontrazeptiva einnehmen ist die Angabe welche Art der Pille eingenommen wird. Ob man ein einphasiges-, zweiphasiges- oder dreiphasiges Kombinationspräparat einnimmt, wirkt sich jeweils unterschiedlich auf das Hormonprofil aus. Vor allem wenn man annimmt, dass die Hormone der Grund für die veränderte Leistungsfähigkeit während des Menstruationszyklus sind, sollte bei der Auswahl der Probandinnen darauf geachtet werden, welche Art von Kombinationspille eingenommen wird.

Einflüsse auf die jeweiligen Testergebnisse können der Lernfaktor und die Eigenerfahrung in der jeweiligen ersten Testung einer Probandin sein. Um den negativen Einfluss von Lerneffekten in der vorliegenden Studie auszuschließen, absolvierte die Hälfte der Probandinnen zuerst die Testung während der Pilleneinnahme und dann während der Pillenpause und die andere Hälfte absolvierte die Testungen in umgekehrter Reihenfolge. In der aktuellen Literatur wird selten angegeben ob ebenfalls eine zufällige Einteilung stattfand oder ob jede Probandin dieselbe Reihenfolge der Testtage einhielt.

Was weder in der vorliegenden Studie noch in den meisten Studien der aktuellen Literatur beachtet wurde ist der psychische Einfluss während des Menstruationszyklus. Gerade das Prämenstruellen Syndrom (PMS) spielt hier eine große Rolle. Charakteristisch für dieses Syndrom sind sowohl emotionale als auch körperliche Beschwerden, welche den Lebensstil

und damit auch die Leistungsfähigkeit beeinflussen können (Buddhabunyakan et al., 2017). Um diesen Einfluss berücksichtigen zu können könnten die Probandinnen mittels eines Fragebogens zum subjektiven Körpergefühl befragt werden. Dass das PMS nicht bei jeder Frau auftritt zeigen die Interviews von Fu Yuanhui und Elisabeth Görgl. Während die eine Frau die Phase der Menstruation als Leistungssteigerung nutzt, gibt die andere Frau die Menstruation als Grund der verminderten Leistung an (Interview mit Elisabeth Görgl, 21.07.2019; Shanghai Expat, 2016).

Ein regulärer Menstruationszyklus ohne Einfluss von exogenen Hormonen lässt sich aufgrund der fünf Hormonphasen nicht mit dem zweiphasigen Menstruationszyklus von Frauen, die ein monophasiges Kombinationspräparat einnehmen, vergleichen. Ein aktueller Artikel macht jedoch den Anschein, als sei der Einfluss des regulären Menstruationszyklus auf die Leistungsfähigkeit bereits ausgiebig untersucht worden. Shakalio, Hainc Scheller und Gronwald (2020) fassen in ihrem Artikel die aktuelle Studienlage zusammen und geben die Trainingsempfehlung, dass in den ersten zwei Wochen des Zyklus neue Belastungsreize gesetzt werden sollten und in den weiteren zwei Wochen des Menstruationszyklus keine neuen Trainingsbelastungen dazu kommen sollten. Stattdessen sollte gegen Ende des Menstruationszyklus auf Stabilisierung und Adaption des davor erreichten Leistungsniveaus gesetzt werden. So kann die Trainingssteuerung mittels Menstruationszyklus mit Hilfe von Be- und Entlastungsspitzen auch Übertraining vorbeugen. Dies klingt nach einer praktischen Richtlinie, für die Zukunft sollte jedoch untersucht werden ob die Trainingsempfehlungen auch für Frauen, die die Pille einnehmen, gelten. Außerdem muss die Wirksamkeit auf internationalem Leistungssportniveau über einen längeren Zeitraum evaluiert werden.

5 Schlussfolgerung

Für die Sportart Handball lässt sich festhalten, dass bei der Trainingssteuerung der Menstruationszyklus nicht unbedingt berücksichtigt werden muss. Dass die maximale und relative Sauerstoffaufnahme zum Zeitpunkt an dem die Pille nicht eingenommen wird signifikant höher als zum Zeitpunkt der Pilleneinnahme ist, zeigt dass ein Einfluss nicht gänzlich auszuschließen ist, jedoch keine Auswirkungen auf die aerobe Leistungsfähigkeit hat. Dieser Einfluss kann jedoch, aufgrund der verschiedenen physiologischen Komponenten der Sportart Handball, als gering eingeschätzt werden. Für die Zukunft sollten anhand von Studien die Trainingsrichtlinien von Wikström-Frisén et al. (2017) sportartspezifischer untersucht werden. Auch könnten die Richtlinien für die Trainingssteuerung anhand eines regulären Menstruationszyklus von Shakalio et al. (2020) an Frauen, die ein Kombinationspräparat einnehmen, untersucht werden.

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht der Gruppen und des Trainingsplans der Teilnehmerinnen aus der Studie von Wikström-Frisén, Boraxbekk und Henriksson-Larsén (2017).....	18
Tabelle 2: Deskriptive Statistik der anthropometrischen Daten der Probandinnen (n = 16). _P = Zum Zeitpunkt der Pilleneinnahme, _KP = Zum Zeitpunkt der Pillenpause.....	25
Tabelle 3: Leistungsparameter der isokinetischen Krafttestung	30
Tabelle 4: Leistungsparameter der isometrischen Krafttestung.....	31
Tabelle 5: Leistungsparameter der Laufbandspiroergometrie	34
Tabelle 6: Deskriptive Statistik der Leistungsparameter der Krafttestung zum Zeitpunkt des Pilleneinnahme (n=16).....	38
Tabelle 7: Deskriptive Statistik der Leistungsparameter der Krafttestung zum Zeitpunkt der Pillenpause (n=16).....	39
Tabelle 8: Ergebnisse der Inferenzstatistik der Leistungsparameter der isokinetischen Messungen mit Signifikanzwert (p), t-Wert (t_{15}) und Effektstärke (d)	44
Tabelle 9: Ergebnisse der Korrelationen nach Pearson der Leistungsparameter der isokinetischen Messungen mit Korrelationskoeffizient (R) und Signifikanzwert (p).....	44
Tabelle 10: Ergebnisse der Inferenzstatistik der Leistungsparameter der isometrischen Messungen mit Signifikanzwert (p), t-Wert (t_{15}) und Effektstärke (d)	50
Tabelle 11: Ergebnisse der Korrelationen nach Pearson der Leistungsparameter der isometrischen Messungen mit Korrelationskoeffizient (R) und Signifikanzwert (p)	50
Tabelle 12: Deskriptive Statistik der Leistungsparameter der Laufbandspiroergometrie zum Zeitpunkt der Pilleneinnahme (n=15)	51
Tabelle 13: Deskriptive Statistik der Leistungsparameter der Laufbandspiroergometrie zum Zeitpunkt der Pillenpause (n=15)	52
Tabelle 14: Ergebnisse der Inferenzstatistik der Leistungsparameter der Laufbandspiroergometrie mit Signifikanzwert (p), t-Wert (t_{14}) und Effektstärke (d)	58
Tabelle 15: Ergebnisse der Korrelationen nach Pearson der Leistungsparameter der Laufbandspiroergometrie mit Korrelationskoeffizient (R) und Signifikanzwert (p).....	58
Tabelle 16: Deskriptive Statistik der Hämatokrit- und Hämoglobinwerte (n=9)	59
Tabelle 17: Ergebnisse Inferenzstatistik der Hämatokrit- und Hämoglobinwerte mit Signifikanzwert (p), t-Wert (t_8) und Effektstärke (d)	60
Tabelle 18: Ergebnisse der Korrelationen nach Pearson der Hämatokrit- und Hämoglobinwerte mit Korrelationskoeffizient (R) und Signifikanzwert (p).....	60
Tabelle 19: Deskriptive Statistik der Sexualhormone (n = 16)	62

Tabelle 20: Ergebnisse Inferenzstatistik der Hormonwerte mit Signifikanzwert (p) und Effektstärke (r)	66
Tabelle 21: Ergebnisse der Korrelationen nach Spearman der Hormonwerte mit Korrelationskoeffizient (R) und Signifikanzwert (p).....	66

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Unterschiede in den Hormonkonzentrationen der a) einphasigen Pille b) zweiphasigen Pille c) dreiphasigen Pille (Burrows & Peters, 2007, S. 561).....	8
Abbildung 2: Unterschiede des Östrogen- und Gestagenspiegels bei einem Menstruationszyklus mit Pille (oben) und ohne Pille (unten).; Progestagen = Progesteron (Eine Form der Gestagene); Estradiol = Estradiol/Östradiol (Form der Östrogene) (Ekenros, Hirschberg, Heijne & Fridén, 2013, S. 204).....	9
Abbildung 3: Die Hormonkonzentration von FSH (Follikelstimulierendes Hormon), Östrogen, Progesteron (Progesteron) und LH (Luteinisierendes Hormon), abhängig von den Phasen des Menstruationszyklus (Oosthuysen & Bosch, 2010, S. 209)	11
Abbildung 4: Regression Gewicht_P – Gewicht_KP	37
Abbildung 5: Regression Ext_li_P - Ext_li_KP	40
Abbildung 6: Regression Ext_re_P - Ext_re_KP	41
Abbildung 7: Regression Flex_li_P - Flex_li_KP	41
Abbildung 8: Regression Flex_re_P - Flex_re_KP	42
Abbildung 9: Regression HQRatio_li_P - HQRatio_li_KP	42
Abbildung 10: Regression HQRatio_re_P - HQRatio_re_KP	43
Abbildung 11: Regression latDef_Ext_P - latDef_Ext_KP	43
Abbildung 12: Regression latDef_Flex_P - latDef_Flex_KP	44
Abbildung 13: Regression PT_li_P - PT_li_KP	45
Abbildung 14: Regression PT_re_P - PT_re_KP.....	45
Abbildung 15: Regression PRTD_li_P _ PRTD_li_KP.....	46
Abbildung 16: Regression PRTD_re_P - PRTD_re_KP	46
Abbildung 17: Regression TTPT_li_P - TTPT_li_KP	47
Abbildung 18: Regression TTPT_re_P - TTPT_re_KP.....	47
Abbildung 19: Regression MRTDt ₁ _li_P - MRTDt ₁ _li_KP	48
Abbildung 20: Regression MRTDt ₁ _re_P - MRTDt ₁ _re_KP	48
Abbildung 21: Regression MRTDt ₂ _li_P - MRTDt ₂ _li_KP	49
Abbildung 22: Regression MRTDt ₂ _re_P - MRTDt ₂ _re_KP.....	49
Abbildung 23: Regression VO _{2max} _P - VO _{2max} _KP.....	53
Abbildung 24: Regression relVO _{2max} _P - relVO _{2max} _KP	53
Abbildung 25: Regresssion VE _{max} _P - VE _{max} _KP	54
Abbildung 26: Regression R.E._P - R.E._KP	54
Abbildung 27: Hf _{max} _P - Hf _{max} _KP	55
Abbildung 28: Regression Hf _{9km/h} _P - Hf _{9km/h} _KP.....	55

Abbildung 29: Regression La ₁ _P - La ₁ _KP	56
Abbildung 30: Regression La ₂ _P - La ₂ _KP	56
Abbildung 31: Regression BLVO ₂ _P - BLVO ₂ _KP	57
Abbildung 32: Regression MAS_P - MAS_KP	57
Abbildung 33: Regression Hämatokrit_P - Hämatokrit_KP.....	59
Abbildung 34: Regression Hämoglobin_P - Hämoglobin_KP	60
Abbildung 35: Regression Progesteron_P - Progesteron_KP	63
Abbildung 36: Regression Östradiol_P - Östradiol_KP.....	63
Abbildung 37: Regression Testosteron_P - Testosteron_KP.....	64
Abbildung 38: Regression DHEA_P - DHEA_KP	64
Abbildung 39: Regression LH_P - LH_KP.....	65
Abbildung 40: Regression FH_P - FH_KP	65

Literaturverzeichnis

- Ansdell, P., Brownstein, C. G., Škarabot, J., Hicks, K. M., Simoes, D. C. M., Thomas, K. et al. (2019). Menstrual cycle associated modulations in neuromuscular function and fatigability of the knee extensors in eumenorrhic females. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md. : 1985)*. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01041.2018>
- Buddhabunyakan, N., Kaewrudee, S., Chongsomchai, C., Soontrapa, S., Somboonporn, W. & Sothornwit, J. (2017). Premenstrual syndrome (PMS) among high school students. *International Journal of Women's Health*, 9, 501–505. <https://doi.org/10.2147/IJWH.S140679>
- Burrows, M. & Peters, C. E. (2007). The influence of oral contraceptives on athletic performance in female athletes. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 37(7), 557–574. <https://doi.org/10.2165/00007256-200737070-00001>
- Calbet, J. A. L., Lundby, C., Koskolou, M. & Boushel, R. (2006). Importance of hemoglobin concentration to exercise: acute manipulations. *Respiratory Physiology & Neurobiology*, 151(2-3), 132–140. <https://doi.org/10.1016/j.resp.2006.01.014>
- Casazza, G. A., Suh, S.-H., Miller, B. F., Navazio, F. M. & Brooks, G. A. (2002). Effects of oral contraceptives on peak exercise capacity. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 93(5), 1698–1702. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00622.2002>
- Dalgaard, L. B., Dalgas, U., Andersen, J. L., Rossen, N. B., Møller, A. B., Stødkilde-Jørgensen, H. et al. (2019). Influence of Oral Contraceptive Use on Adaptations to Resistance Training. *Frontiers in Physiology*, 10, 824. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00824>
- Ekenros, L., Hirschberg, A. L., Heijne, A. & Fridén, C. (2013). Oral contraceptives do not affect muscle strength and hop performance in active women. *Clinical Journal of Sport Medicine : Official Journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*, 23(3), 202–207. <https://doi.org/10.1097/JSM.0b013e3182625a51>
- Elliott, K. J., Cable, N. T. & Reilly, T. (2005). Does oral contraceptive use affect maximum force production in women? *British Journal of Sports Medicine*, 39(1), 15–19. <https://doi.org/10.1136/bjism.2003.009886>
- Enea, C., Boisseau, N., Ottavy, M., Mulliez, J., Millet, C., Ingrand, I. et al. (2009). Effects of menstrual cycle, oral contraception, and training on exercise-induced changes in circulating DHEA-sulphate and testosterone in young women. *European Journal of Applied Physiology*, 106(3), 365–373. <https://doi.org/10.1007/s00421-009-1017-6>
- Flala, C. & Parzer, E. (gymmed, Hrsg.). (2019). *Österreichischer Verhütungsreport*, Gynmed Ambulatoriums Wiens.

- Fritz, C. O., Morris, P. E. & Richler, J. J. (2012). Effect size estimates: current use, calculations, and interpretation. *Journal of Experimental Psychology. General*, 141(1), 2–18. <https://doi.org/10.1037/a0024338>
- Gordon, D., Hughes, F., Young, K., Scruton, A., Keiller, D., Caddy, O. et al. (2013). The effects of menstrual cycle phase on the development of peak torque under isokinetic conditions. *Isokinetics and Exercise Science*, 21(4), 285–291. <https://doi.org/10.3233/IES-130499>
- Görgl, E. (21.07.2019). *Die ehemalige Skirennläuferin über ihre Erfahrungen mit Leistungsfähigkeit und Menstruation*. Interview durch Fritz Neumann, Peter Stuibler.
- Janse de Jonge, X. A. K. (2003). Effects of the menstrual cycle on exercise performance. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 33(11), 833–851. <https://doi.org/10.2165/00007256-200333110-00004>
- Joyce, S., Sabapathy, S., Bulmer, A. & Minahan, C. (2013). Effect of long-term oral contraceptive use on determinants of endurance performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(7), 1891–1896. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182736935>
- Julian, R., Hecksteden, A., Fullagar, H. H. K. & Meyer, T. (2017). The effects of menstrual cycle phase on physical performance in female soccer players. *PloS One*, 12(3), e0173951. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0173951>
- Königshoff, M. & Brandenburger, T. (2018). *Kurzlehrbuch Biochemie* (Kurzlehrbuch, 4., vollständig überarbeitete Auflage). Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Mattu, A. T., Iannetta, D., MacInnis, M. J., Doyle-Baker, P. K. & Murias, J. M. (2019). Menstrual and oral contraceptive cycle phases do not affect submaximal and maximal exercise responses. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. <https://doi.org/10.1111/sms.13590>
- Oosthuysen, T. & Bosch, A. N. (2010). The effect of the menstrual cycle on exercise metabolism: implications for exercise performance in eumenorrhoeic women. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 40(3), 207–227. <https://doi.org/10.2165/11317090-000000000-00000>
- Pape, H.-C., Kurtz, A. & Silbernagl, S. (2018). *Physiologie* (8., unveränderte Auflage). Stuttgart: Thieme. <https://doi.org/10.1055/b-006-149284>
- Rebello, A. C. S., Zuttin, R. S., Verlengia, R., Cesar, M. d. C., Sá, M. F. S. de & da Silva, E. (2010). Effect of low-dose combined oral contraceptive on aerobic capacity and anaerobic threshold level in active and sedentary young women. *Contraception*, 81(4), 309–315. <https://doi.org/10.1016/j.contraception.2009.11.005>

- Rechichi, C. & Dawson, B. (2009). Effect of oral contraceptive cycle phase on performance in team sport players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12(1), 190–195. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2007.10.005>
- Rechichi, C., Dawson, B. & Goodman, C. (2009). Athletic performance and the oral contraceptive. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 4(2), 151–162.
- Redman, L. M. & Weatherby, R. P. (2004). Measuring performance during the menstrual cycle: a model using oral contraceptives. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(1), 130–136. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000106181.52102.99>
- Romance, R., Vargas, S., Espinar, S., Petro, J. L., Bonilla, D. A., Schöenfeld, B. J. et al. (2019). Oral Contraceptive Use does not Negatively Affect Body Composition and Strength Adaptations in Trained Women. *International Journal of Sports Medicine*, 40(13), 842–849. <https://doi.org/10.1055/a-0985-4373>
- Schaumberg, M. A., Emmerton, L. M., Jenkins, D. G., Burton, N. W., Janse de Jonge, X. A. K. & Skinner, T. L. (2018). Use of Oral Contraceptives to Manipulate Menstruation in Young, Physically Active Women. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(1), 82–87. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0689>
- Shakalio, S., Hainc Scheller, C. & Gronwald, T. (2020). Menstruationszyklus-basiertes Training im Leistungssport. Ein narratives Review mit trainingspraktischen Schlussfolgerungen für Ausdauersportarten. *Leistungssport*, (1), 28–31.
- Shanghai Expat (Autor), 16.08.2016. *Fu Yuanhui Talks About Her Period (English Subs)*, YouTube. Verfügbar unter <https://www.youtube.com/watch?v=9JeWZZ39b6Y>
- Sung, E., Han, A., Hinrichs, T., Vorgerd, M., Manchado, C. & Platen, P. (2014). Effects of follicular versus luteal phase-based strength training in young women. *SpringerPlus*, 3, 668. <https://doi.org/10.1186/2193-1801-3-668>
- Vaiksaar, S., Jürimäe, J., Mäestu, J., Purge, P., Kalytka, S., Shakhlina, L. et al. (2011). No effect of menstrual cycle phase and oral contraceptive use on endurance performance in rowers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(6), 1571–1578. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181df7fd2>
- Wikström-Frisén, L., Boraxbeek, C. J. & Henriksson-Larsén, K. (2017). Effects on power, strength and lean body mass of menstrual/oral contraceptive cycle based resistance training. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 57(1-2), 43–52. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.16.05848-5>

Eigenständigkeitserklärung

Ich, Patricia Haider, erkläre, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst habe und nur die ausgewiesenen Hilfsmittel verwendet habe. Diese Arbeit wurde weder an einer anderen Stelle eingereicht (z.B. für andere Lehrveranstaltungen) noch von anderen Personen (z.B. Arbeiten von anderen Personen aus dem Internet) vorgelegt.

Wien, 10.04.2020