

Aus der Medizinischen Universitätsklinik
und Poliklinik Tübingen
Abteilung Innere Medizin V, Sportmedizin
(Schwerpunkt: Leistungsmedizin, spezielle Prävention,
spezielle Rehabilitation)

**Unterschiede im Kohlenhydratstoffwechsel
bei ausdauertrainierten und nicht ausdauertrainierten
Personen im höheren Lebensalter**

**Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin**

**der Medizinischen Fakultät
der Eberhard Karls Universität
zu Tübingen**

vorgelegt von

**Kraus, Jochen
2020**

Dekan: Professor Dr. I. B. Autenrieth

1. Berichterstatter: Professor Dr. H.-C. Heitkamp

2. Berichterstatter: Professor Dr. C. Weigert

Tag der Disputation: 17.01.2020

Meiner Familie

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|------------|
| Tabellenverzeichnis | VI |
| Abbildungsverzeichnis | VII |
| | |
| 1. Einleitung | 8 |
| 1.1 Kohlenhydratstoffwechsel | 9 |
| 1.1.1 Kohlenhydratstoffwechsel und ausgesuchte Parameter | 9 |
| 1.1.2 Ursachen für Störungen des Kohlenhydratstoff- wechsels im Alter | 13 |
| 1.1.3 Körperliche Aktivität als Therapie der Insulinresistenz | 14 |
| 1.2 Fragestellung | 15 |
| | |
| 2. Material und Methoden | 17 |
| 2.1 Untersuchungsdesign | 17 |
| 2.2 Studienteilnehmer | 17 |
| 2.3 Gruppeneinteilung der Studienteilnehmer | 20 |
| 2.3.1 Knie- und Hüftsport-Gruppen | 20 |
| 2.3.2 Präventionssportgruppen | 20 |
| 2.3.3 Sportliche Betätigung der jeweiligen Gruppen | 21 |
| 2.4 Datenerhebung | 22 |
| 2.4.1 Material und Messungen | 23 |
| 2.4.1.1 Gemessene Parameter | 23 |
| 2.4.1.2 Lange Skinfold Caliper | 24 |
| 2.4.1.3 Bestimmung des HbA1c-Werts und der Triglycerid/HDL-Ratio | 25 |
| 2.4.1.4 Übriges Material | 27 |
| 2.4.2 Anamnese | 27 |
| 2.4.3 Statistische Analyse | 28 |

| | |
|---|-----------|
| 3. Ergebnisse | 30 |
| 3.1 Anthropometrische Daten der jeweiligen Sportgruppen im Vergleich | 30 |
| 3.2 Vergleich verschiedener Kohlenhydratstoffwechsel-Parameter | 32 |
| 3.2.1 Vergleich der HbA1c-Werte der jeweiligen Sportgruppen | 32 |
| 3.2.2 Vergleich der Triglycerid/HDL-Ratio der jeweiligen Sportgruppen | 33 |
| 3.3 Beurteilung verschiedener Histogramme auf Normalverteilung | 35 |
| 3.3.1 Beurteilung der HbA1c-Histogramme | 35 |
| 3.3.2 Beurteilung der Triglycerid/HDL-Ratio-Histogramme | 37 |
| 3.4 Korrelationen verschiedener Variablen | 39 |
| 3.5. Inferenzstatistik | 39 |
| | |
| 4. Diskussion | 42 |
| 4.1 Methodenkritik | 42 |
| 4.2 Vergleich des Probandenkollektivs | 45 |
| 4.3 Bezug zur Fragestellung | 47 |
| 4.3.1 Vergleich der HbA1c-Werte | 47 |
| 4.3.2 Vergleich der Triglycerid/HDL-Ratio | 49 |
| 4.3.3 Korrelationen | 52 |
| 4.4 Conclusio | 54 |
| | |
| 5. Zusammenfassung | 55 |
| 6. Literaturverzeichnis | 58 |
| 7. Erklärung zum Eigenanteil | 65 |
| 8. Anhang | 67 |

Tabellenverzeichnis

| | | |
|-----------------|---|----|
| Tab. 1: | Geschlechterverteilung und Durchschnittsalter der Sportgruppen... | 18 |
| Tab. 2: | Ernährungs- und Genussmittelverhalten der jeweiligen Sportgruppen..... | 18 |
| Tab. 3: | Anteil der kardiovaskulär und pulmonal vorerkrankten Probanden.. | 19 |
| Tab. 4: | Anzahl an Arthrosebeschwerden und Endoprothesen..... | 19 |
| Tab. 5: | Zuordnung der verschiedenen Sportarten..... | 21 |
| Tab. 6: | Anthropometrische Daten der Nichtausdauersportler..... | 30 |
| Tab. 7: | Anthropometrische Daten der Ausdauersportler..... | 31 |
| Tab. 8: | Vergleich der HbA1c-Werte der jeweiligen Gruppen..... | 33 |
| Tab. 9: | Vergleich der Triglyzerid/HDL-Ratio..... | 34 |
| Tab. 10: | Vergleich der Triglyzerid/HDL-Ratio der weiblichen Teilnehmer..... | 34 |
| Tab. 11: | Vergleich der Triglyzerid/HDL-Ratio der männlichen Teilnehmer..... | 35 |
| Tab. 12: | Korrelationen von HbA1c mit verschiedenen Parametern..... | 40 |

Abbildungsverzeichnis

| | | |
|----------------|--|----|
| Abb. 1: | Quo-Test-HbA1c- Analysator (Micro-Medical Instrumente GmbH, (2012): | 26 |
| Abb. 2: | Cholestech LDX Analysegerät (Cholestech Corporation, 2006) | 27 |
| Abb. 3 | Normalverteilungshistogramm für HbA1c-Werte der Gruppe A..... | 36 |
| Abb. 4: | Normalverteilungskurve der Hba1c-Werte der Gruppe NA | 37 |
| Abb. 5: | Normalverteilungskurve der Triglycerid/HDL-Ratio der Gruppe A..... | 38 |
| Abb. 6: | Normalverteilungshistogramm der Triglycerid/HDL-Ratio der Gruppe NA | 39 |
| Abb. 7: | Unterschiede im HbA1c-Wert der Gruppen NA zu A..... | 41 |
| Abb. 8: | Unterschiede in der Triglycerid/HDL-Ratio der Gruppe NA zu A..... | 42 |

1. Einleitung

Erkrankungen im Bereich des Kohlenhydratstoffwechsels und deren Folgeerscheinungen gehören in Deutschland zu den häufigsten gesundheitlichen Problemen. Alleine im Jahr 2016 waren 253.153 Menschen von kardiovaskulären Erkrankungen betroffen und bildeten mit 13,7% der Gesamtkrankheitskosten den größten Posten im Gesundheitssystem (Statistisches Bundesamt, 2016). Auch die Liste der Todesursachen in Deutschland wird von den kardiovaskulären Erkrankungen und deren Auswirkungen, weit vor den tumorösen Erkrankungen, angeführt (Statistisches Bundesamt, 2017). Laut Daten des Robert-Koch-Instituts verursachen Erkrankungen des Herz- und Gefäßsystems 40% aller Sterbefälle in Deutschland. Dieser Formenkreis von Erkrankungen betrifft gerade Menschen höheren Lebensalters, wobei ein starker Anstieg in der Altersgruppe der 60-80jährigen zu erkennen ist (Robert-Koch-Institut, 2013). Im Jahr 2014 lag der Anteil der über 65jährigen Menschen in Deutschland bei 21%, wobei die 13. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung für Deutschland davon ausgeht, dass der Anteil der über 65jährigen Personen bis zum Jahr 2060 bis auf 33% ansteigen wird, bei gleichzeitiger erhöhter Lebenserwartung (Statistisches Bundesamt, 2015). Es ist daher davon auszugehen, dass die Problematik der Herz- und Gefäßerkrankungen auch in Zukunft bestehen wird.

Die Genese dieser Erkrankungen teilt sich in beeinflussbare und nicht beeinflussbare Faktoren auf. Während genetische Prädisposition, Alter und männliches Geschlecht nicht modifizierbar sind, können Hypertonie, Dyslipidämie, Lebensführung, Insulinresistenz beziehungsweise Diabetes mellitus Typ 2 und fehlende sportliche Betätigung (Reiner et al., 2011) durchaus positiv beeinflusst werden und somit das Auftreten kardiovaskulärer Erkrankungen einschränken. Das Augenmerk dieser Arbeit richtet sich auf den Zusammenhang zwischen sportlicher Betätigung und deren Auswirkung auf den Kohlenhydratstoffwechsel.

1.1 Kohlenhydratstoffwechsel

Im folgenden Abschnitt soll ein Überblick über den physiologischen Kohlenhydratstoffwechsel des menschlichen Körpers gegeben werden. Insbesondere wird hier auf die in dieser Arbeit verwendeten Parameter des Kohlenhydratstoffwechsels eingegangen und durch fortgeschrittenes Lebensalter bedingte Störungen beleuchtet. Weiterhin wird betrachtet, ob und wie sich körperliche Aktivität positiv auf den Kohlenhydratstoffwechsel auswirkt. In Betrachtung bestehender Forschungsergebnisse, leitet sich schließlich die Fragestellung dieser Dissertation ab.

1.1.1 Kohlenhydratstoffwechsel und ausgesuchte Parameter

Aufgrund der großen Komplexität dieses Themas, wird an dieser Stelle auf nur auf die Grundmechanismen des menschlichen Kohlenhydratstoffwechsels eingegangen. Aufgrund der Vielzahl an Parametern, anhand derer die Funktion dieses Stoffwechselsystems bestimmt werden kann, werden nur die für diese Arbeit relevanten besprochen.

Zu den wichtigsten Kohlenhydratlieferanten zählen Stärke und Disaccharide. Beide können jedoch nur in Form von Monosacchariden resorbiert werden. Stärke wird durch die Amylase aus Speichel und Pankreas in Oligosaccharide gespalten, um anschließend, genau wie die Disaccharide, durch Maltasen, Isomaltasen, Lactasen und Saccharasen am intestinalen Bürstensaum zu Monosacchariden hydrolysiert zu werden. Diese Monosaccharide können nun anhand Na^+ -gekoppelter sekundär aktiver Symportcarrier entlang des elektrochemischen Na^+ -Gradienten absorbiert werden. Dieser Symportcarrier ist relativ spezifisch für den Transport von Glukose, aber auch Galaktose. Weiter gelangt die Glukose durch den Enterozyt per erleichterter Diffusion über einen Glukose-Uniport-Carrier (Glut2) in das Pfortadersystem. Da dieser Absorptionsmechanismus sehr schnell erfolgt, ist er zu großen Teilen bereits in oberen Dünndarmanteilen abgeschlossen. Damit die Glukose für essentielle Stoffwechselwege des mensch-

lichen Organismus, wie beispielsweise Glykolyse oder Pentosephosphatweg, zur Verfügung stehen kann, bedarf es einer hormonellen Regulation. Zentrales Organ der hormonellen Blutglukoseregulation bildet das Pankreas. Im endokrinen Anteil dieses Drüsenapparates werden die beiden wichtigsten Hormone gebildet, um eine Homöostase der Blutglukose zu gewährleisten. Das Insulin, welches in den β -Zellen des pankreatischen Inselapparates gebildet wird, fungiert als das einzige und damit wichtigste Hormon, um die zelluläre Glukoseaufnahme zu gewährleisten, während das Glukagon, produziert in den α -Zellen, als Gegenspieler eine wichtige Rolle einnimmt. Als wichtigster Reiz zur Ausschüttung von Insulin dient eine Erhöhung der Blutglukosekonzentration. Es erfolgt eine konzentrationsabhängige Aufnahme der Glukose in pankreatische β -Zellen über den GLUT2-Carrier, was wiederum zu einer gesteigerten Exozytose von Insulin führt. Durch diese Kopplung der Insulinsekretion an die Blutglukosekonzentration und damit an die Nahrungsaufnahme können im gesunden Organismus postprandiale Blutzuckerspitzen vermieden werden. An den Zielorganen hat Insulin eine Vielzahl wichtiger Wirkungen: Als erstes genannt sei natürlich die Induktion der Glukoseaufnahme in Muskel- und Fettzellen durch erleichterte Diffusion über einen insulinabhängigen Glukose-Transporter (GLUT4) (die Aufnahme in Leber- Pankreas- und ZNS- Zellen erfolgt insulinunabhängig). Weiterhin induziert Insulin Enzyme der Glykolyse bei gleichzeitiger Hemmung von Enzymen der Glukoneogenese. Des Weiteren fördert Insulin die Speicherung von energiereichen Substraten, wie Fett- und Aminosäuren, vor allem in Muskel- Leber- und Fettzellen, hemmt die Lipolyse und fördert die Lipogenese. Im Gegensatz dazu dient der wichtigste Gegenspieler des Insulins – das Glukagon – zur Bereitstellung von energiereichen Substraten, allen voran Glukose. Hauptreiz zur Freisetzung von Glukagon aus den α -Zellen des pankreatischen Inselapparates ist ein erniedrigter Blutglukosespiegel. Glukagon fördert die Glykogenolyse, steigert die Glukoneogenese, Lipolyse und β -Oxidation. Weiterhin führt eine gesteigerte Glu-

kagonsekretion zur Bildung von Ketonkörpern aus Fettsäuren in der Leber und steigert die Proteolyse, wobei die hier freiwerdenden Aminosäuren wiederum zur Glukoneogenese zur Verfügung stehen (Huppelsberg, Jens, Physiologie, 2009, S. 149-206).

Diese Homöostase kann durch eine Vielzahl von pathologischen Prozessen gestört werden, weshalb hier nur die für diese Arbeit relevanten beleuchtet werden. Um eine adäquate Insulinproduktion zu gewährleisten, ist ein funktionierender Inselapparat des Pankreas erforderlich. Kommt es zu einer Zerstörung der β -Zellen von $> 80 \%$, kann eine adäquate Blutglukoseregulation nicht mehr aufrechterhalten werden. Diese Zerstörung von β -Zellen durch autoimmune Prozesse wird unter dem Krankheitsbild des Diabetes mellitus Typ 1 zusammengefasst und betrifft hauptsächlich jüngere Menschen mit einer genetischen Prädisposition. Die Ursachen eines Typ 2 Diabetes mellitus unterscheiden sich dazu deutlich. Zugrunde liegt hier ein Zusammenspiel mehrerer Faktoren: Eine gestörte Insulin- und Glukagonsekretion führt zu postprandialen Hyperglykämien, welche durch eine konstant erhöhte Glukagonsekretion weiter verstärkt werden. Zudem entsteht eine konsekutive Apoptose der β -Zellen, was wiederum das Auftreten von Hyperglykämien nährt. Bei diesem Krankheitsbild ist jedoch nicht nur die hormonelle Regulation der Glukosehomöostase gestört, sondern ebenfalls die periphere Insulinwirkung am Zielorgan, beschrieben unter dem Begriff „Insulinresistenz“. Hier kommt es durch Downregulation von Rezeptoren und Störung der intrazellulären Signaltransduktion zur verminderten Wirkung von Insulin. Dies wiederum führt zu einer primär gesteigerten Insulinsekretion. Diese Hyperinsulinämie bedingt ein verstärktes Hungergefühl, was sich wiederum in der Ausbildung einer Adipositas mit Störungen im Fettstoffwechsel (Dyslipidämie) und Hypertonie äußert. Dieser Symptomkomplex aus Insulinresistenz, Dyslipidämie, Hypertonie und stammbetonter Adipositas wird unter dem Begriff „metabolisches Syndrom“ zusammengefasst. Die absolute Mehrzahl an Erkrankungen des diabetischen Formenkreises entwickelt sich auf

dem Boden von Überernährung und Bewegungsmangel.

Um eine Insulinresistenz und damit erhöhte Blutglukosekonzentrationen zu detektieren, haben sich in der Diagnostik diverse Möglichkeiten etabliert: Zunächst sei die Messung der Glukosekonzentration im Urin erwähnt. Kann wiederholt Glukose im Urin gemessen werden, lässt sich die Diagnose eines Diabetes stellen. Auch die Messung von Ketonkörpern im Blut kann zur Diagnosestellung herangezogen werden. Ein im klinischen Alltag nicht sehr gebräuchliches Verfahren ist der orale Glukosetoleranztest (OGTT). Voraussetzung zur Durchführung des OGTT ist eine Vermeidung eines Hungerzustandes für drei Tage, darauffolgend eine zehnstündige Nüchternheit. Hierauf wird eine Testlösung mit 75g Glukose eingenommen und durch Bestimmung des Nüchternblutzuckers und des Blutzuckers nach 120 Minuten nach Einnahme der Glukoselösung eine Diagnose ermöglicht. Dieses Verfahren erlaubt zwar eine recht genaue Einschätzung des Kohlenhydratstoffwechsels, ist aber aufgrund des relativ hohen Aufwandes im klinischen Alltag selten anzutreffen. Es braucht daher genaue, aber einfachere Methoden zur Untersuchung. Die Messung der Nüchternglukosekonzentration stellt einen klinisch ausreichenden Wert dar, um einen Diabetes mellitus zu diagnostizieren, bietet jedoch nur einen punktuellen Einblick in die aktuelle Stoffwechsellage. Im Gegensatz dazu bietet das HbA1c durch seine lange Lebensdauer die Möglichkeit, die Blutzuckerstoffwechsellage der vergangenen acht Wochen zu bestimmen und somit die Möglichkeit, Diabetes mellitus zu diagnostizieren (Herold, Gerd und Mitarbeiter, Innere Medizin, 2013, S. 717-744). Ein weiterer Parameter, welcher die Vorhersage einer Insulinresistenz erlaubt, ist die Triglycerid/HDL-Ratio. Aufgrund der oben erwähnten Vergesellschaftung von Dyslipidämie und Insulinresistenz kann dieses Verhältnis von zwei wichtigen Komponenten des Lipidstoffwechsels auf eine periphere Insulinresistenz hinweisen (siehe Punkt 2.4.1.1 und 4.3.3).

1.1.2 Ursachen für Störungen des Kohlenhydratstoffwechsels im Alter

Viele bisher durchgeführte Studien konnten darlegen, dass ein fortgeschrittenes Lebensalter mit Störungen der Homöostase des Kohlenhydratstoffwechsels verbunden ist. In der Arbeit von Yang et al. konnte gezeigt werden, dass der Anstieg des HbA1c in der dritten Lebensdekade beginnt und bis zum Alter von 65 Jahren anhält. Weiterhin konnten Korrelationen zwischen Alter und HbA1c durch zahlreiche weitere Studien belegt werden (Kabadi et al., 1988; Hashimoto et al., 1995; Barrett-Connor et al., 1987; Kovarik et al., 1981; Simon et al., 1989; Barrett-Connor et al., 1980). Zur Untersuchung der Auswirkungen des Lebensalters auf den Kohlenhydratstoffwechsel wurde jedoch nicht nur der HbA1c herangezogen. In einer Arbeit von Davidson konnte der Zusammenhang zwischen Alter und Glukosetoleranz schon früh aufgezeigt werden. So wurde deutlich, dass die Ergebnisse des 2h Glukosetoleranztests pro Lebensdekade im Mittel um 5.3 mg/dl ansteigen, die Nüchternglukosewerte um 1mg/dl (Davidson, 1979). Ein Abfall der Glukosetoleranz mit dem Alter konnte weiterhin durch eine Vielzahl von Studien belegt werden (Andres, 1971; Broughton et al., 1991; Davidson, 1979; DeFronzo, 1981; Reaven et al., 1989). Der Zusammenhang zwischen Lebensalter und negativen Veränderungen im Kohlenhydratstoffwechsel ist demnach hinreichend untersucht.

Nicht abschließend geklärt ist, ob der Alterungsprozess per se für die Änderungen im Kohlenhydratstoffwechsel verantwortlich gemacht werden kann, oder ob dieser Zusammenhang über die Einwirkung von Cofaktoren zustande kommt. Es ist bekannt, dass es mit steigendem Lebensalter zu diversen Veränderungen der Körperkomposition und Lebensführung kommt. Menschen des höheren Lebensalters sind häufiger betroffen von chronischen Erkrankungen, nehmen an Körperfettanteil und Körpergewicht zu und sind im Durchschnitt weniger körperlich aktiv. Diese genannten Faktoren spielen alle eine Rolle bei der Entwicklung einer Glukosetoleranz (Elahi et al., 2000). Shimokata et al. konnten in ihrer Arbeit dar-

legen, dass die oben genannten Einflussfaktoren aber vor allem in Erwachsenen jungen und mittleren Alters die Glukosetoleranz und damit die Insulinresistenz beeinflussen, beziehungsweise vollständig darauf zurückzuführen sind, das Alter aber gerade in der Gruppe der 60 bis 92 jährigen Probanden ein für sich stehender Risikofaktor für die Entwicklung einer Glukosetoleranz darstellt.

1.1.3 Körperliche Aktivität als Therapie der Insulinresistenz

Die körperliche Aktivität stellt, ähnlich wie die Tabakentwöhnung oder eine Ernährungstherapie, ein Basisinstrument der Behandlung von prädiabetischen oder diabetischen Personen dar. So empfiehlt die nationale Versorgungsleitlinie zur Therapie des Diabetes mellitus Typ 2 (DMT2) eine Steigerung der Aktivität für Patienten mit DMT2 in unterschiedlichen Ausprägungen. Zum einen wird empfohlen, die unstrukturierte körperliche Aktivität im Alltag zu steigern. Explizit wird das Treppensteigen, Gartenarbeit und Spaziergänge erwähnt. Dass diese Steigerung des allgemeinen Aktivitätslevels zu einer Verbesserung der Insulinresistenz führt, wird auch in weiteren Arbeiten belegt (Venkatasamy et al., 2014; Balkau et al., 2008). Zum anderen wird eine klare Empfehlung ausgesprochen, mehrmals wöchentlich an einem strukturierten Bewegungsprogramm teilzunehmen, wobei diese Empfehlung für aerobes Ausdauertraining genauso gilt, wie für Krafttraining oder einer Kombination aus beidem (Nationale Versorgungsleitlinie Therapie des Typ-2 Diabetes, 2014). Diese Empfehlung, welche nicht zwischen den verschiedenen Arten der strukturierten körperlichen Betätigung differenziert, spiegelt sich in der uneinheitlichen Datenlage wieder. So konnte in der Arbeit von Sigal et al. gezeigt werden, dass sowohl Ausdauersport als auch Kraftsport den HbA1c-Level in ähnlichem Maße senken, eine Kombination aus beiden Sportarten jedoch die größte Wirkung erzielte. Auch eine Arbeit von Marcus et al. kam zu diesem Ergebnis. Deutlich wurde auch, dass sich der Erfolg durch sportliche Intervention bei Personen mit einem hohen Ausgangs-HbA1c maximierte. Dass

eine Senkung bei Probanden mit einem schlechteren baseline-HbA1c deutlicher zu Tage tritt, wird durch die Arbeit von Castaneda et al. bestätigt. Bacchi et al. wiederum legten dar, dass zwar sowohl Kraft- als auch Ausdauertraining geeignet sind, um eine Senkung des HbA1c zu erreichen, der Ausdauersport jedoch einen leichten Vorteil mit sich brachte. Auch wurde in dieser Arbeit deutlich, dass der Blutglukosewert während des Trainings stärker durch die Ausübung von Ausdauersport gesenkt werden konnte (Bacchi et al., 2012). Church et al. wiederum verglichen die alleinige Ausübung von Ausdauersport und einer Kombination aus Kraft- und Ausdauersport, wobei sich wiederum gerade bei Probanden mit einem hohen baseline-HbA1c eine signifikante Senkung einstellte, sich beide Betätigungsmodelle allerdings in ähnlichem Maße geeignet zeigten, um Verbesserungen in der Insulinresistenz zu erbringen.

Der Effekt von unstrukturierter und strukturierter körperlicher Betätigung in regelmäßigen Intervallen auf die Insulinresistenz ist demnach gut belegt. Uneinheitlich ist die Datenlage jedoch, was die Art und Intensität der Ausübung von sportlicher Betätigung angeht.

1.2 Fragestellung

Wie oben aufgeführt, sind die Forschungsergebnisse bezüglich der Auswirkungen verschiedener Sportarten auf den Kohlenhydratstoffwechsel nicht immer eindeutig, wobei eine Verbesserung der Insulinresistenz und damit eine direkte Auswirkung auf den Kohlenhydratstoffwechsel durch regelmäßige körperliche Aktivität als sehr wahrscheinlich angenommen werden kann. Da sich jedoch die meisten der vorliegenden Daten entweder auf junge und gesunde Menschen beziehen, oder aber auf an Diabetes mellitus Erkrankte, ist die Forschungslage bezüglich Menschen im höheren Lebensalter nicht geklärt, zumal erschwerend hinzukommt, dass gerade im höheren Lebensalter nicht mehr jede Form der körperlichen Aktivität durchgeführt werden kann, sodass sich aus diesen Informationen folgende Fragestellung ergibt:

Forschungsfragen:

1. Aufgrund der Daten anderer Studien wird die Hypothese aufgestellt, dass die regelmäßige Ausübung von Ausdauersport ebenfalls im höheren Lebensalter zu einem niedrigeren HbA1c führt, als bei Nichtausdauersportlern und sich somit positiv auf den Kohlenhydratstoffwechsel auswirkt.
2. Weiterhin soll untersucht werden, wie die Triglycerid/HDL-Ratio bei sportlich aktiven Menschen im höheren Lebensalter mit dem HbA1c zusammenhängt. Außerdem wird die Hypothese aufgestellt, dass die Ausdauersportler eine niedrigere Triglycerid/HDL-Ratio aufweisen.
3. Zudem soll die Abhängigkeit des HbA1c-Werts von ausgesuchten anthropometrischen Daten betrachtet werden.

2. Material und Methoden

2.1 Untersuchungsdesign

Die Studienteilnehmer wurden anhand der Art ihrer sportlichen Betätigung in zwei Untergruppen eingeordnet und bezüglich verschiedener Parameter miteinander verglichen. Die Anamnese und Befunderhebung wurde anonymisiert durchgeführt, es erfolgte keine Nachuntersuchung oder ein Vergleich mit einer jeweiligen Kontrollgruppe. Das Untersuchungsdesign entspricht demnach dem einer Querschnittsstudie.

2.2 Studienteilnehmer

Um das Kriterium des höheren Lebensalters zu erfüllen, wurde vor dem Beginn der Datenerhebung ein Mindestalter von 55 Jahren als Voraussetzung zur Teilnahme an der Studie festgelegt. Als regelmäßige Ausübung der jeweiligen Sportarten (Ausdauersport und Nichtausdauersport) wurde mindestens eine Einheit pro Woche für mindestens 30 Minuten gefordert, basierend auf den europäischen Leitlinien aus dem Jahr 2011 (Reiner et al., 2011). Um ein Probandenkollektiv in ausreichendem Umfang zu erreichen, wurden verschiedene Sportgruppen im Großraum Tübingen angefragt. Dabei handelte es sich einerseits um Vertreter der Präventionssportarten (s. 2.3.2), welche die Gruppe der Ausdauersport treibenden Probanden repräsentieren und andererseits um Teilnehmer der Knie- und Hüftsportgruppen (s. 2.3.1), welche das Kollektiv der Nichtausdauersport treibenden Probanden bilden. Um den Interessenten eine ausreichende Informationsgrundlage zu bieten, wurden zunächst alle Gruppenleiter per E-Mail über die Studie informiert und gebeten, die Sportgruppenteilnehmer über unser Vorhaben aufzuklären. Hierauf folgte eine persönliche Vorstellung sowie eine detaillierte Erklärung zu der Studie mit Betonung der Teilnahme Kriterien, wobei jedem Interessenten die Möglichkeit geboten wurde, ausführliches Informationsmaterial zum erneuten Durchlesen mit nach Hause zu nehmen. Im darauffolgenden Training

wurden dann vor Trainingsbeginn eine ausführliche Anamnese (s. 2.4.2) erhoben und kapilläres Blut aus der Fingerbeere entnommen. Um den Probanden eine Gegenleistung für ihre Teilnahme bieten zu können, wurden die erhobenen Messergebnisse direkt im Anschluss mitgeteilt.

Das sich daraus ergebende Probandenkollektiv lässt sich wie folgt beschreiben: Insgesamt teilgenommen an der Studie haben 426 Probanden, wovon 29 Probanden aufgrund von schweren Systemerkrankungen, Stoffwechselerkrankungen oder wegen der Einnahme von Medikamenten, die den Kohlenhydratstoffwechsel beeinflussen, aus der Gesamtmenge ausgeschlossen werden mussten. Unter den verbliebenen 398 Probanden befinden sich 290 Frauen und 108 Männer, wobei sich das Durchschnittsalter des Gesamtkollektivs auf $69,2 \pm 6,9$ Jahre beläuft. Eine genaue Aufstellung der Altersverteilung der jeweiligen Geschlechter, bezogen auf die Sportgruppen Nichtausdauersport (NA) und Ausdauersport (A) ist in der untenstehenden Tabelle aufgeführt.

Tab. 1: Geschlechterverteilung und Durchschnittsalter der Sportgruppen

| Variable | Teilnehmerzahl | Männlich | Weiblich | Durchschnittsalter |
|----------|----------------|----------|----------|--------------------|
| A | 188 | 51 | 137 | $67,69 \pm 6,86$ |
| NA | 210 | 57 | 153 | $70,57 \pm 6,74$ |

Um einen Überblick über Ernährungs- und Lebensgewohnheiten der Probanden zu erhalten, wurden ebenfalls Daten in diesem Bereich anamnestisch erhoben. So hat sich gezeigt, dass sich unter allen Teilnehmenden 22 Raucher befanden, wobei 74 Probanden angegeben haben, den Nikotinkonsum aufgegeben zu haben. 16,8% der Probanden gaben an, auf Alkoholkonsum gänzlich zu verzichten, 35,2% tranken weniger als ein Mal pro Woche und 19,6% gaben an, täglich Bier oder Wein zu trinken. Die Ernährung betreffend gaben 81,9% keine Ernährungsbesonderheiten an, 10,6% ernährten sich gezielt fettarm und 3,8% vegetarisch.

Tab. 2: Ernährungs- und Genussmittelverhalten der jeweiligen Sportgruppen

| Variable | Raucher | Ex-Raucher | Regelmäßiger Alkoholkonsum | Vegetarische Ernährung | Fettarme Ernährung |
|----------|---------|------------|----------------------------|------------------------|--------------------|
| A | 4,8% | 20,7% | 52,6% | 6,4% | 10,6% |
| NA | 6,2% | 16,3% | 43,8% | 1,4% | 10,5% |

Neben dem Rauchen zeigten einige Probanden zudem zusätzliche kardiovaskuläre Risikofaktoren. So litten 180 Personen des Gesamtkollektivs (45,3%) an einer arteriellen Hypertonie. 115 Probanden (28,9%) zeigten eine Hypercholesterinämie. Zudem waren 23 Probanden (5,9%) pulmonal erkrankt (Asthma bronchiale und COPD).

Tab. 3: Anteil der kardiovaskulär und pulmonal vorerkrankten Probanden

| Variable | Hypertonie | Hypercholesterinämie | Pulmonale Erkrankungen |
|----------|------------|----------------------|------------------------|
| A | 35,7% | 32,4% | 4,8% |
| NA | 52,8% | 25,7% | 6,7% |

Neben den Erkrankungen des kardiovaskulären und pulmonalen Systems wiesen aufgrund des höheren Lebensalters einige der Probanden Beeinträchtigungen des Bewegungsapparates im Sinne einer Arthrose von Knie, Hüfte oder Schulter auf, oder waren aufgrund einer Knie- oder Hüftendoprothese im Bewegungsablauf beeinträchtigt. Bei dem Kollektiv der Ausdauersportler waren 81 Personen von einer Arthrose betroffen, 46 trainierten mit einer Knie- oder Hüftendoprothese. Demgegenüber litten in der Gruppe der Nichtausdauersportler 137 Probanden unter einer Arthrose in Knie, Hüfte oder Schulter, während 82 gegenwärtig mit einer Knie- oder Hüftendoprothese versorgt waren.

Tab. 4: Anzahl an Arthrosebeschwerden und Endoprothesen

| Variable | Arthrose | Endoprothese |
|----------|----------|--------------|
| A | 81 | 46 |
| NA | 137 | 82 |

2.3 Gruppeneinteilung der Studienteilnehmer

2.3.1 Knie- und Hüftsport-Gruppen

Bei den Knie- und Hüftsportgruppen handelt es sich um einen Personenkreis des höheren Lebensalters, der aufgrund von Knie- oder Hüftgelenksprothesen oder -arthrosen keinen Ausdauersport betreiben kann. Jedoch betätigt sich diese Personengruppe regelmäßig sportlich (mindestens eine Einheit pro Woche) im Rahmen von funktioneller Gymnastik, Koordinationsübungen, Gleichgewichts- und Stabilitätsübungen, sowie Körperwahrnehmungs- und Entspannungsübungen, um letztendlich ein Operationsergebnis oder den Verlauf einer Arthrose positiv zu beeinflussen. Die Knie- und Hüftsportgruppen werden durch einen sachkundigen Gruppenleiter betreut. Als Nichtausdauersportarten wurden definiert: Ausgleichsgymnastik mit Pilates, Wassergymnastik, Kniesport, Hüftsport, Yoga, Gymnastik, Fitnessstraining sowie Sportspiele im Bereich des Präventionssports Tübingen, als auch Kiesertraining, Pilates, Rheumaliga, Gymnastik, Turnen, Volleyball, Tischtennis und Spazieren im Bereich des Privatsports.

2.3.2 Präventionssportgruppen

Bei den Präventionssportgruppen handelt es sich um Personen des höheren Lebensalters mit Risikofaktoren (Hypertonie, Atherosklerose, Hypercholesterinämie, Rauchen, Übergewicht, Diabetes mellitus, Insulinresistenz, metabolisches Syndrom), die im Rahmen des Angebots der Präventionssportgruppen Tübingen in Gruppen regelmäßig (mindestens eine Einheit pro Woche, mehr als 30 Minuten) verschiedene Arten von Ausdauersport betreiben. Die korrekte Ausführung der

verschiedenen Sportarten wird, ebenso wie bei den Trainingsgruppen der Nichtausdauersportler, gewährleistet über die Betreuung der Sportgruppen durch einen sachkundigen Gruppenleiter. Als Ausdauersportarten wurden definiert: Joggen, Nordic Walking, Walking, Aquajogging, Tanzfitness sowie Zirkeltraining im Rahmen der Präventionssportgruppen Tübingen. Da ebenfalls regelmäßige Sporteinheiten im privaten Bereich berücksichtigt werden müssen, wurden auch Wandern, Radfahren, Schwimmen, Tennis und Badminton anamnestisch erhoben.

Tab. 5: Zuordnung der verschiedenen Sportarten

| Ausdauersport | Nichtausdauersport |
|----------------|-------------------------------------|
| Joggen | Ausgleichsgymnastik mit Pilates |
| Walking | Kniesport/Hüftsport |
| Aquajogging | Yoga |
| Tanzfitness | Gymnastik |
| Zirkeltraining | Fitnessstraining |
| Wandern | Sportspiele |
| Radfahren | Krafttraining/Kiesersport |
| Schwimmen | Pilates |
| Tennis | Rheumasport der Rheumaliga Tübingen |
| Badminton | Turnen |
| | Volleyball |
| | Tischtennis |
| | Spazieren |

2.3.3 Sportliche Betätigung der jeweiligen Gruppen

Während die Gruppe der Ausdauersportler im Mittel 3,8 Einheiten pro Woche für mindestens 30 Minuten trainierte, waren es bei der Gruppe der Nichtausdauersportler 1,9 Einheiten. Das absolvierte wöchentliche Training der Ausdauersportler teilt sich auf in 2,3 Einheiten Ausdauersport und 1,5 Einheiten Nichtausdauersport. Die Probanden der Ausdauersportgruppe waren im Mittel

16 Jahre in ihrer am längsten ausgeübten Sportart aktiv, wohingegen die Probanden der Nichtausdauersportgruppe im Mittel 10 Jahre aktiv waren. Zusätzlich betrieben insgesamt 43 Probanden Kraftsport, wobei 20 Ausdauersportler 23 Nichtausdauersportlern gegenüberstehen. Im Alter unter 21 Jahren waren außerdem 37 Probanden im Leistungssport aktiv, wovon 21 aus dem Kollektiv der Ausdauersportler stammen.

2.4 Datenerhebung

Die Datenerhebung wurde direkt an den jeweiligen Trainingsorten vorgenommen. Um einen reibungslosen Ablauf zu gewährleisten, wurden die Probanden eine Woche vor der Datenerhebung informiert (s. 2.2) und gebeten, zur nächsten Trainingseinheit ca. 30 Minuten früher sowie nüchtern zu erscheinen. Die teilnehmenden Probanden wurden zuerst einer umfangreichen Anamnese (s. 2.4.2) unterzogen. Nach der Anamnese wurde Kapillarblut aus der Fingerbeere entnommen, der Körperfettgehalt mittels Lange Skinfold Caliper (s. 2.4.1.2) bestimmt, sowie das Körpergewicht und der Bauchumfang gemessen. Um die Privatsphäre der Teilnehmer zu schützen, wurde auf eine angemessene Umgebung geachtet. Die so erhobenen Daten wurden fortlaufenden Nummern zugeordnet, sodass eine spätere Zuordnung des Datensatzes zu dem jeweiligen teilnehmenden Probanden nicht mehr möglich war. Zusätzlich wurden die Datensätze in einem abgeschlossenen Raum der Sportmedizin der Eberhard-Karls-Universität Tübingen aufbewahrt, um einen maximalen Schutz der Privatsphäre und Daten zu gewährleisten. Nachdem die Probanden erneut über die Datenschutzrichtlinien und Bedingungen zur Studienteilnahme informiert wurden und dies per Unterschrift signierten, galt die Datenerhebung als beendet und die Probanden konnten mit ihrer Trainingseinheit beginnen.

2.4.1 Material und Messungen

2.4.1.1 Gemessene Parameter

Um Stoffwechseldifferenzen der beiden unter 2.3.1 und 2.3.2 genannten Gruppen erfassen zu können, wurden vor dem Trainingsbeginn verschiedene Parameter erfasst: Zum einen wurden die Probanden gewogen, um das Gesamtkörpergewicht festzustellen. Weiterhin wurde sowohl Bauch- als auch Hüftumfang gemessen, sowie der Körperfettgehalt mit dem Lange Skinfold Caliper bestimmt. Aus Körpergewicht und Körpergröße wurde der Body Mass Index (BMI) gebildet, welcher den Quotienten aus Körpergewicht in [kg] und der Körpergröße in [m²] bildet. Die Normwerte für Männer und Frauen liegen bei einem BMI [kg/m²] von 18,5-24,9. Personen mit einem BMI [kg/m²] von über 25 werden als präadipös, Personen mit einem BMI [kg/m²] von über 30 als adipös bezeichnet. Personen mit einem BMI [kg/m²] kleiner als 18,5 sind per Definition untergewichtig (Herold et al., Innere Medizin, 2013, S.712).

Die einheitliche Bestimmung des Bauchumfangs erfolgte an der dicksten Stelle des Bauches, welche sich ungefähr 2cm oberhalb des Bauchnabels befindet. Als anatomische Landmarke diente die Mitte zwischen unterstem Rippenbogen und Spina iliaca anterior superior in Atemmittellage. Sind bei Frauen Werte über 80cm und bei Männern über 94cm zu messen, lässt sich von einem deutlich erhöhten Risiko für Adipositas assoziierte und kardiovaskuläre Erkrankungen ausgehen (Herold et al., Innere Medizin, 2013, S.713).

Des Weiteren wurde der Körperfettanteil gemessen. Dies geschah mit Hilfe des Lange Skinfold Calipers. Unterschiede im Körperfettanteil ergeben sich neben genetischer Prädisposition und adipösem Habitus ebenfalls durch das Geschlecht sowie das Lebensalter. So werden Werte bei Frauen zwischen 20-39 Jahren im Bereich von 21-33% als normal angesehen und im Altersbereich zwischen 60 und 79 Jahren von 24-36%. Normwerte für Männer in der Altersgruppe von 20-39 Jahren liegen bei 8-20%, im höheren Lebensalter zwischen 60 und 79 Jahren bei

13-25% (Gallagher et al., 2000).

Zur Messung der durchschnittlichen Blutglukosekonzentration wurde hierauf der HbA1c-Wert mit dem Quo-Test-HbA1c-Analysator bestimmt. Im Gegensatz zum aktuellen Blutglukosewert, welcher stark abhängig ist von vielen Faktoren, wie beispielsweise Stress, Hormonlage und Nahrungszufuhr, gibt der HbA1c-Wert den durchschnittlichen Blutglukosespiegel der letzten 8 Wochen zuverlässig wieder. Dieses glykierte Hämoglobin A1 wird über eine instabile Zwischenstufe, die Aldimin-Form, zur Ketoamin-Form gebildet. Die stabile Ketoamin-Form besteht aus den a-, b- und c- Untereinheiten, wobei die c-Untereinheit 70% des HbA1 ausmacht und damit als zu messenden Parameter herangezogen wird. Dabei gelten Werte unter 5,7% als Normwerte, Werte ab 6,5% als Diagnosekriterium für einen Diabetes mellitus (Herold et al., 2013, S. 724, S. 725).

Zuletzt wurde das Verhältnis von Triglyceriden und HDL mit dem Cholestech-LDX-Analysegerät bestimmt. González-Chávez et al. haben gezeigt, dass eine erhöhte Triglycerid/HDL-Ratio assoziiert ist mit einer gesteigerten Insulinresistenz. Eine gesteigerte Insulinresistenz wiederum gilt als Risikofaktor für die Erkrankung an Hypertonie, Diabetes mellitus Typ 2 und dem metabolischen Syndrom. Weiterhin haben González-Chávez et al. gezeigt, dass die Triglycerid/HDL-Ratio einen geeigneten Parameter darstellt, um auf eine Insulinresistenz zu schließen, da in gesunden Probanden die Triglycerid/HDL-Ratio signifikant mit dem Vorliegen einer Insulinresistenz assoziiert war (González-Chávez, et al., 2011).

2.4.1.2 Lange Skinfold Caliper

Verwendet wurde der Lange Skinfold Caliper. Hierbei handelt es sich um eine Messzange, die es ermöglicht, anhand der Hautfaltendicke das subkutane Fettgewebe zu ermitteln und damit das prozentuale Gesamtkörperfett abzuschätzen. Hierzu wurden an drei verschiedenen Körperstellen, oberhalb des Olecranon, oberhalb der Spina iliaca anterior superior und subscapulär die Hautfaltendicke

gemessen und addiert. (Beta Technology Incorporated, 1985).

2.4.1.3 Bestimmung des HbA1c-Werts und der Triglycerid/HDL-Ratio

Um diese Blutwerte eines Probanden zu bestimmen, musste kapilläres Blut gewonnen werden. Hierzu wurde die Fingerbeere des Teilnehmenden mittels Alkohol-Sprühdesinfektion desinfiziert, um darauf eine kleine Stichinzision mittels Lanzette an der Fingerbeere vorzunehmen. Nachdem der erste Blutstropfen verworfen wurde, konnte mittels Blutkollektors des Quo-Test-HbA1c-Analysators der Blutstropfen direkt von dem Finger entnommen und in die Testkartusche des Analysators eingebracht werden. Die Messung des HbA1c-Werts konnte hierauf eingeleitet werden. Daraufhin folgte die Messung der Serumlipid-Parameter, indem ein zuvor vorbereitetes Kapillarröhrchen mit einem Kolben versehen wurde, um den Blutstropfen, nachdem dieser den Kapillarkräften folgend, in das Sammelröhrchen aufgenommen wurde, in das Testsystem des Cholestech-LDX-Analysegeräts eingebracht werden konnte. Hierbei war darauf zu achten, dass das Blut nicht länger als 10 Sekunden im Kapillarröhrchen verbrachte, um eine Blutgerinnung zu vermeiden. Daraufhin wurden die Probanden gebeten, durch Druck mittels sterilem Tupfer die Blutung zu stillen, ein Pflaster diente der Wundversorgung.

Funktionsprinzip des Quo-Test-HbA1c-Analysators:

Der Quo-Test-HbA1c-Analysator ist ein portables Gerät und dient der Bestimmung des glykierten HbA1c. Die HbA1-Fraktion wird abhängig von der relativen Konzentration an Monosacchariden nicht-enzymatisch glykiert. Hierbei wird die Glukose konzentrationsabhängig über die Carbonylgruppe mit freien Aminogruppen des Hämoglobins reversibel zu einer Aldiminverbindung verknüpft. Darauffolgend entsteht durch eine Amadori-Umlagerung ein wesentlich stabileres Ketoamin, das Glykhämoglobin. Da die Bildung des Ketoamins um den Faktor 50 langsamer erfolgt, als die Bildung der Aldiminverbindung, beeinflussen kurzfristige Blutzucker-

spitzen oder -abfälle die Konzentration des Glyk-
hämoglobins nicht. Der Analysator kann nun die
Konzentration des Glyk-hämoglobins durch die
Boronat-Affinitätschromatographie (BAC) ermit-
teln. Boronatgruppen bilden im Alkalischen mit
der cis-Diostruktur des nicht glykierten Häm-
oglobins Komplexe aus, wobei sich die Fluores-
zenz des Borsäurekonjugats verringert. Diese
Abnahme der Fluoreszenz wird simultan zur
Veränderung der Lösungsabsorbtion gemessen



Abb. 1: Quo-Test-HbA1c-Analysator (Micro-Medical Instrumente GmbH, (2012))

und daraus der HbA1c-Wert berechnet (Micro-Medical Instrumente GmbH, 2012).
Es wurde nachgewiesen, dass die Genauigkeit des oben beschriebenen Analyse-
verfahrens mit der des HPLC-Verfahrens vergleichbar ist (Grant et al., 2017).

Funktionsprinzip des Cholestech-LDX-Analysegeräts:



Abb. 2: Cholestech LDX Analysegerät (Cholestech Corporation, 2006)

Ebenso wie der Quo-Test-HbA1c-Analysator ist das Cholestech-LDX-Analysegerät ein portables System, welches jedoch zur Bestimmung der Serumlipid-Parameter Totalcholesterin, HDL, sowie der Triglyceride geeignet ist. Auch das LDL kann über den Umweg der Friedemann-Formel durch diesen Analysator berechnet werden ($LDL = TC - HDL - TG/5$ [mg/dl]). Im ersten Schritt werden im System des Cholestech-LDX-Analysegeräts zelluläre Bestandteile vom Blutplasma getrennt. Nun wird der Plasmaanteil, der zur Bestimmung der Triglyceride und des Totalcholesterins benötigt wird, direkt in die dafür vorgesehenen Reagenzfelder eingebracht. In den

Plasmaanteil, welcher der Bestimmung des HDL dient, wird nun Dextransulfat und Magnesiumsulfat appliziert, um dadurch eine Ausfällung von LDL und VLDL zu erreichen (Warnick et al., 1982). Nach Elimination dieser Komponenten kann nun das Plasma zur HDL-Bestimmung in das dafür vorgesehene Reaktionsfeld eingebracht werden. Sowohl die Ermittlung der HDL-Konzentration als auch die des Totalcholesterins folgt durch enzymatische Prozesse. Durch die Hydrolyse von Cholesterinestern entsteht freies Cholesterin und Fettsäuren. Das Cholesterin wird hierauf zu Wasserstoffperoxid und A4-Cholestenon oxidiert. Das so gebildete Wasserstoffperoxid reagiert nun mit 4-Aminophenazon und N-Ethyl-Sulfohydroxypropyl-m-Toluidin. Der so gebildete Chinonimin-Farbstoff verhält sich direkt proportional zur Konzentration des HDL und Totalcholesterins (Allain et al., 1974, Roeschlau et al., 1974). Diese Änderung in der Farbstoffkonzentration wird mittels Reflexionsphotometrie gemessen, wodurch letztlich die Blutkonzentration der genannten Stoffe abgelesen werden kann (Cholestech Corporation 2004, 2006).

2.4.1.4 Übriges Material

Weiterhin wurden ein Maßband zu Ermittlung des Bauch- und Hüftumfangs, eine Waage zur Ermittlung des Gesamtkörpergewichts, sowie sterile Tupfer, Pflaster, alkoholische Desinfektionslösung und Lanzetten zur Gewinnung von Kapillarblut aus der Fingerbeere verwendet.

2.4.2 Anamnese

Der Anamnesebogen, welcher jeweils unmittelbar vor der sportlichen Aktivität mit den Probanden gemeinsam ausgefüllt wurde, enthielt eine Vielzahl an Informationen (s. Anhang). Im medizinischen Teil wurden zuerst allgemeine Daten wie Größe, Gewicht, Alter, Ernährungsbesonderheiten und Daten zum Genussmittelverhalten erhoben. Hierauf wurde nach aktueller Medikamenteneinnahme, Allergien,

Erkrankungen innerer Organsysteme, Stoffwechsel- und malignen Erkrankungen gefragt, um im späteren Verlauf die Daten hinsichtlich dieser Einflussgrößen interpretieren zu können. Weiterhin wurde erfragt, ob aktuell Erkrankungen des Bewegungsapparates und damit verbunden Einflussnahmen auf sportliche Aktivitäten vorliegen können. Eine wichtige Erkrankung des Bewegungsapparates, gerade im Hinblick auf das fortgeschrittene Alter des Probandenkollektivs, bildete hier die Gruppe der degenerativen Gelenkerkrankungen. Ebenfalls hinsichtlich dieser Problematik war der Einsatz einer Gelenkprothese (mit besonderem Augenmerk auf folgende Gelenke: Kniegelenk, Hüftgelenk, Schulter- und Ellenbogengelenk) ebenso von Interesse, wie stattgehabte Frakturen oder Operationen, die den Stütz- und Bewegungsapparat betrafen.

Nach diesem medizinischen Teil der Anamnese erfolgte eine genaue Befragung der Probanden zu ihren sportlichen Betätigungen und Leistungen, um diese später fundiert einer Probandengruppe zuzuteilen und vergleichen zu können (s. Anhang). In dieser Sportanamnese wurden alle aktuell ausgeführten Sportarten erfasst, ebenso wie die Anzahl der Jahre, in denen diese ausgeführt wurden, wie viele Einheiten pro Woche absolviert wurden und wie lange eine solche Einheit dauerte. Um die Intensität der geleisteten Einheiten abschätzen zu können, wurden die Probanden gebeten, diese nach einer Zehn-Punkte-Skala zu bewerten, wie sie in ähnlicher Art von der American College of Sport's und der New York Heart Association verwendet wird, um die körperliche Aktivität im Alter zu bewerten (Nelson et al., 2007). Dabei wurden sportliche Aktivitäten, deren Bewertung unter einem Wert von 3 angegeben wurden, nicht mit in die Auswertung einbezogen. Abschließend wurden die Probanden nach früheren und mittlerweile aufgegeben Sportarten, sowie ehemals betriebenen Leistungssport und schweren körperlichen Aktivitäten in Haus und Garten befragt.

2.4.3 Statistische Analyse

Die Auswertung der Daten erfolgte mit dem Programm IBM Statistics 22.0, welches von dem Institut für Biometrie Tübingen zur statistischen Bearbeitung der erhobenen Daten empfohlen wurde.

Die statistische Auswertung gliedert sich in die deskriptive Statistik mit dem Vergleich der anthropometrischen Daten beider Gruppen, der Auswertung der Unterschiede im HbA1c-Wert der beiden Gruppen, Triglycerid/HDL-Ratio sowie der Beurteilung der HbA1c-Histogramme und Darstellung verschiedener Korrelationen. Hierauf folgt die Inferenzstatistik mit den entsprechenden Tests auf statistisch signifikante Ergebnisse unabhängiger Stichproben.

In der deskriptiven Statistik wurden das arithmetische Mittel (\bar{x}), die Standardabweichung (SD), das Minimum (Min), das Maximum (Max), die Varianz (Var), die 25. Perzentile (Q1(25%)), der Median (Med) und die 75. Perzentile (Q3(75%)) berechnet. Nachdem alle Merkmale mittels Histogrammen auf Normalverteilung geprüft wurden, wurden Abweichungen von dieser mittels Shapiro-Wilk und Kolmogorov-Smirnov berechnet (Hatzinger et al., 2009, S. 193, 209). Wie oben erwähnt folgte hierauf die Berechnung der Korrelationen, wobei bei Vorliegen einer Normalverteilung der Variablen mit Pearson's r gearbeitet wurde. Bei nicht normalverteilten Daten wurde mit Kendall-tau-b gerechnet (Eid et al., 2013, S. 547).

Für die Inferenzstatistik wurde der t-Test zur Testung unabhängiger Stichproben zur Signifikanzprüfung verwendet. Um diesen anwenden zu können, galt es einerseits die abhängigen Variablen auf Normalverteilung zu prüfen und andererseits mittels des Levene-Tests Varianzgleichheit zu gewährleisten (Hatzinger et al., 2013, S. 259). Um den t-Test zur Testung unabhängiger Stichproben zu bestätigen, wurde außerdem der Mann-Whitney-U-Test herangezogen. Hier sind Normalverteilung, im Gegensatz zum t-Test für unabhängige Stichproben, keine Voraussetzung (Hatzinger et al., 2013, S. 263). Das Signifikanzniveau wurde zu Beginn der Studie auf $\alpha = 0,05$ definiert. Bei einseitig gerichteten Hypothesen wurde der p-Wert halbiert.

3. Ergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse aus Anamnese, gemessenen anthropometrischen Daten und HbA1c-Werten dargelegt, nachdem eine statistische Aufarbeitung erfolgte (s. 2.4.3). Es werden zunächst die Ergebnisse der deskriptiven Statistik gezeigt, um daraufhin die Inferenzstatistik aufzuführen.

3.1 Anthropometrische Daten der jeweiligen Sportgruppen im Vergleich

Tab. 6: Anthropometrische Daten der Nichtausdauersportler

| | N | \bar{x} | SD | Min | Max | Var | Q1 | Med | Q3 | |
|--------------------------|-----|-----------|--------|-------|------|--------|--------|--------|-------|-------|
| Größe [cm] | 210 | 166,97 | 8,2 | 145 | 195 | 67,24 | 161 | 168,00 | 172 | |
| Gewicht [kg] | 210 | 73,3 | 15,31 | 41 | 117 | 236,23 | 63 | 72,5 | 82,25 | |
| BMI [kg/m ²] | 208 | 26,26 | 4,93 | 17 | 42,8 | 24,31 | 23,23 | 25,96 | 28,61 | |
| Körperfett [%] | ♂ | 56 | 27,15 | 3,96 | 18,4 | 44,7 | 15,67 | 24,53 | 26,7 | 29,2 |
| | ♀ | 152 | 34,24 | 3,51 | 24 | 43,9 | 12,33 | 32 | 33,95 | 36,8 |
| Bauchumfang [cm] | ♂ | 57 | 100,46 | 10,61 | 78 | 120 | 112,57 | 92,5 | 100 | 107,5 |
| | ♀ | 153 | 90,93 | 13,24 | 59 | 130 | 175,37 | 81 | 90 | 97 |

Anmerkung: N=Anzahl, \bar{x} =Mittelwert, SD=Standardabweichung, Min=Minimum, Max=Maximum, Var=Varianz, Q1= 25% Perzentile, Med=Median, Q3=75% Perzentile

Tab. 7: Anthropometrische Daten der Ausdauersportler

| | N | \bar{x} | SD | Min | Max | Var | Q1 | Med | Q3 |
|--------------------------|-------|-----------|------|------|------|--------|-------|-------|-------|
| Größe [cm] | 187 | 167,63 | 7,72 | 145 | 185 | 60,4 | 162 | 168 | 173 |
| Gewicht [kg] | 187 | 70,8 | 11,8 | 49 | 118 | 139,2 | 62 | 70 | 78 |
| BMI [kg/m ²] | 187 | 25,12 | 3,67 | 17,9 | 41,8 | 13,34 | 22,67 | 24,61 | 27,13 |
| Körperfett [%] | ♂ 51 | 24,76 | 3,19 | 17,2 | 34,3 | 10,14 | 23,1 | 24,76 | 34,3 |
| | ♀ 136 | 33,64 | 3,83 | 23,9 | 43,9 | 14,65 | 31,3 | 33,7 | 36,03 |
| Bauchumfang [cm] | ♂ 51 | 96,37 | 8,16 | 81 | 119 | 66,64 | 90 | 96 | 101,1 |
| | ♀ 137 | 86,36 | 11,9 | 63 | 132 | 141,68 | 78 | 86,36 | 93 |

Anmerkung: N=Anzahl, M=Mittelwert, SD=Standardabweichung, Min=Minimum, Max=Maximum, Var=Varianz, Q1= 25% Perzentile Med=Median, Q3=75% Perzentile

Die Körpergröße beider Gruppen zeigt im arithmetischen Mittel kaum eine Differenz. Bei der Betrachtung des Körpergewichts fällt auf, dass die Ausdauersportler mit 70,8kg im Mittel (Med = 70kg) 2,5kg leichter sind, als die Nichtausdauersportler. Dieses spiegelt sich im BMI wider, bei dem die Ausdauersportler einen mittleren Wert von 25,12kg/m² (Med = 24,61kg/m²) aufweisen, während die Nichtausdauersportler mit einem Wert von 26,62kg/m² (Med = 26kg/m²) um 1,5kg/m² höher liegen. Sowohl der Körperfettanteil, als auch der Bauchumfang wurden nach Geschlechtern differenziert, da diese Variablen in der Literatur mit geschlechterspezifischen Normwerten beschrieben werden (Herold et al., 2013, S.713, Gallagher et al. 2000, Tabelle 3, S.6). So zeigte sich, dass die männlichen Probanden der Ausdauersportgruppe mit 24,7% Körperfett (Med = 24,8%) um 2,39% weniger Körperfett besaßen, als die männlichen Nichtausdauersportler (\bar{x} = 27,2%, Med = 26,7%). Auch die weiblichen Ausdauersportler wiesen mit 33,6% Körperfett (Med = 33,7%) einen geringeren Wert auf, als die Nichtausdauersportlerinnen mit 34,2% (Med = 33,95%). In ähnlicher Weise verhält es sich mit dem

Bauchumfang, der bei den männlichen Ausdauersportlern mit 96,4 cm (Med = 96) um 4,09cm geringer gemessen wurde, als bei den männlichen Nichtausdauersportlern (\bar{x} = 100cm, Med = 100cm). So haben auch die weiblichen Vertreter der Ausdauersportgruppe mit 86,4cm (Med = 86,4cm) einen kleineren Bauchumfang, als die der Nichtausdauersportgruppe mit 90,9cm (Med = 90cm).

3.2 Vergleich verschiedener Kohlenhydratstoffwechsel-Parameter

Im nun folgenden Abschnitt werden verschiedene, den Kohlenhydratstoffwechsel betreffende Parameter unter den beiden Hauptgruppen miteinander verglichen. Bei diesen Parametern handelt es sich in erster Linie um den HbA1c-Wert. Weiterhin wird das Verhältnis zwischen Triglyzeriden und HDL der jeweiligen Sportgruppen auf Unterschiede untersucht.

3.2.1 Vergleich der HbA1c-Werte der jeweiligen Sportgruppen

Tab. 8: Vergleich der HbA1c-Werte der jeweiligen Gruppen

| | N | \bar{x} | SD | Min | Max | Var | Q1 | Med | Q3 |
|-----------------|-----|-----------|-------|-----|-----|-------|-----|-----|-----|
| HbA1c [%] NA | 208 | 5,53 | 0,399 | 4,4 | 6,7 | 0,159 | 5,3 | 5,6 | 5,8 |
| HbA1c [%] A | 187 | 5,44 | 0,442 | 4,4 | 6,6 | 0,196 | 5,1 | 5,4 | 5,7 |

Anmerkung: N=Anzahl, \bar{x} =Mittelwert, SD=Standartabweichung, Min=Minimum, Max=Maximum, Var=Varianz, Q1= 25% Perzentile Med=Median, Q3=75% Perzentile

Wie in Tabelle 8 ersichtlich ist, unterscheiden sich die HbA1c-Werte beider Gruppen deutlich. Während das glykierte Hämoglobin c bei der Gruppe der Nichtausdauersportler bei 5,53% liegt, bei einem Median von 5,6%, wurde das arithmetische Mittel des HbA1c-Werts der Ausdauersportgruppe bei 5,44% und der Median bei 5,4% berechnet.

3.2.2 Vergleich der Triglycerid/HDL-Ratio der jeweiligen Sportgruppen

Tab. 9: Vergleich der Triglycerid/HDL-Ratio

| | N | \bar{x} | SD | Min | Max | Var | Q1 | Med | Q3 |
|---------------------------------|-----|-----------|------|------|-------|------|------|------|------|
| Triglycerid/ HDL-Ratio NA | 205 | 3,64 | 2,57 | 0,54 | 17,25 | 6,6 | 1,92 | 2,84 | 4,52 |
| Triglycerid/ HDL-Ratio A | 182 | 3,28 | 2,42 | 0,59 | 18,88 | 5,87 | 1,78 | 2,53 | 4,26 |

Anmerkung: N=Anzahl, M=Mittelwert, SD=Standartabweichung, Min=Minimum, Max=Maximum, Var=Varianz, Q1= 25% Perzentile Med=Median, Q3=75% Perzentile

Ebenfalls in der Triglycerid/HDL-Ratio unterscheiden sich beide Gruppen. Für die Gruppe Nichtausdauersport wurde das arithmetische Mittel des Verhältnisses von Triglyceriden und HDL bei 3,64 und einem Median von 2,84 ermittelt. Die Ausdauersportler hingegen lassen mit 3,28, bei einem Median von 2,53, einen geringeren Durchschnittswert erkennen, als die Nichtausdauersportler.

Tab. 10: Vergleich der Triglycerid/HDL-Ratio der weiblichen Teilnehmer

| | N | \bar{x} | SD | Min | Max | Var | Q1 | Med | Q3 |
|-----------------------------------|-----|-----------|------|------|-------|------|------|------|------|
| Triglycerid/ HDL-Ratio NA ♀ | 153 | 3,32 | 2,28 | 0,54 | 17,25 | 5,2 | 1,87 | 2,73 | 4,1 |
| Triglycerid/ HDL-Ratio A ♀ | 140 | 2,9 | 1,88 | 0,59 | 11,68 | 3,53 | 1,67 | 2,36 | 3,72 |

Anmerkung: N=Anzahl, M=Mittelwert, SD=Standartabweichung, Min=Minimum, Max=Maximum, Var=Varianz, Q1= 25% Perzentile Med=Median, Q3=75% Perzentile

Bei der Unterteilung nach Geschlechtern wird ersichtlich, dass sich die Werte der weiblichen Nichtausdauersportler von denen der Ausdauersportler ebenfalls unterscheiden. So liegen die weiblichen Nichtausdauersportler mit einem Mittelwert von 3,32 (Med = 2,73) deutlich über dem der Ausdauersportlerinnen mit 2,9 (Med = 2,36).

Tab. 11: Vergleich der Triglyzerid/HDL-Ratio der männlichen Teilnehmer

| | N | \bar{x} | SD | Min | Max | Var | Q1 | Med | Q3 |
|-----------------------------------|----|-----------|------|------|-------|-------|------|------|------|
| Triglyzerid/ HDL-Ratio NA ♂ | 67 | 4,54 | 2,8 | 1,09 | 11,58 | 8,09 | 2,31 | 3,69 | 6,5 |
| Triglyzerid/ HDL-Ratio A ♂ | 54 | 4,49 | 3,32 | 0,8 | 18,88 | 11,07 | 2,1 | 3,7 | 5,74 |

Anmerkung: N=Anzahl, M=Mittelwert, SD=Standardabweichung, Min=Minimum, Max=Maximum, Var=Varianz, Q1= 25% Perzentile Med=Median, Q3=75% Perzentile

Ein geringer Unterschied in der Ratio lässt sich auch bei den männlichen Sportlern erkennen. So konnte für die männlichen Ausdauersportler ein Mittelwert von 4,49 (Med = 3,7) und für die Nichtausdauersportler von 4,54 (Med = 3,69) ermittelt werden.

3.3 Beurteilung verschiedener Histogramme auf Normalverteilung

Im Folgenden werden die verschiedenen Parameter mittels Histogrammen auf Normalverteilung geprüft.

3.3.1 Beurteilung der HbA1c-Histogramme

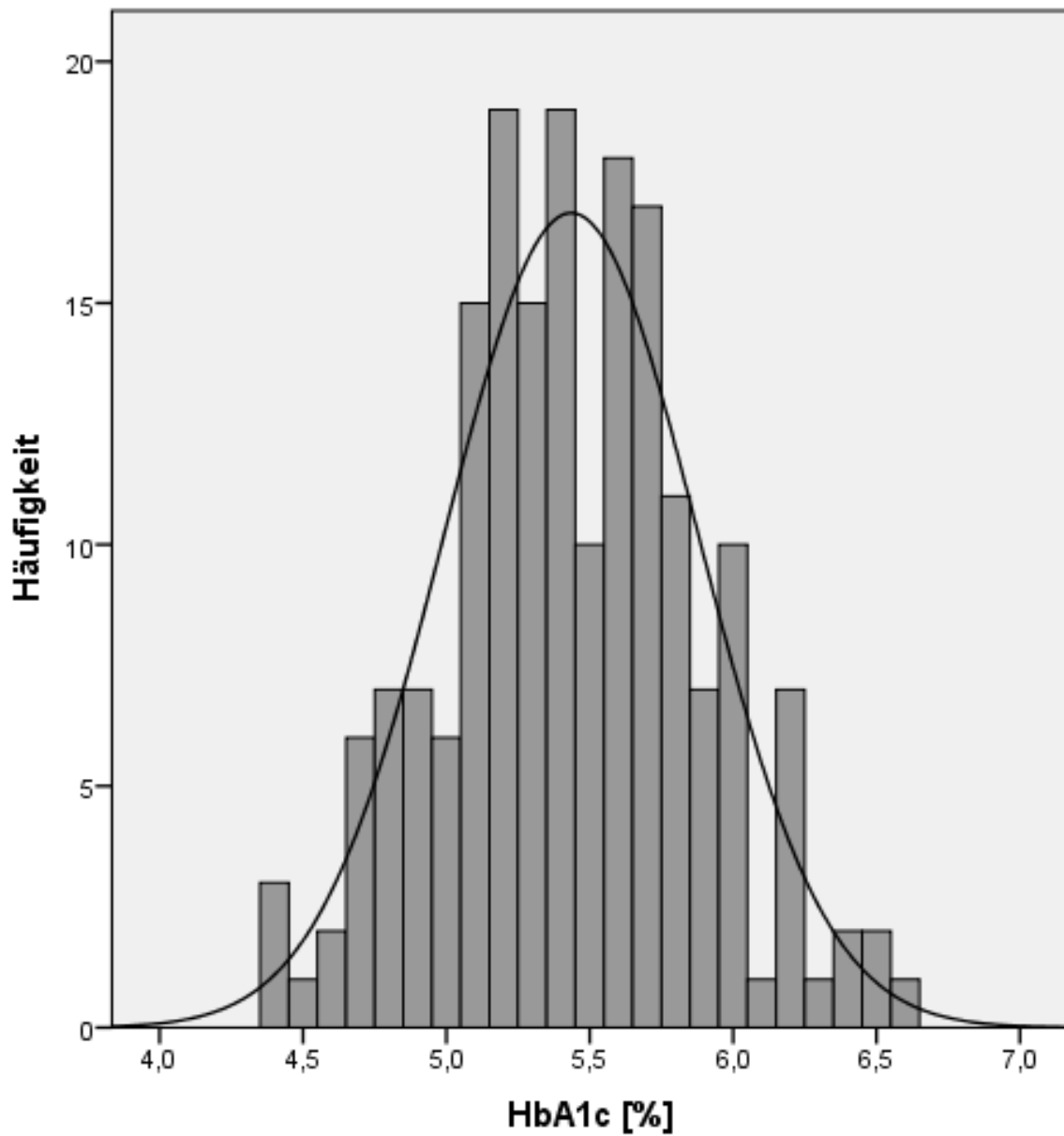


Abb. 3: Normalverteilungshistogramm für HbA1c-Werte der Gruppe A

Wie in Abb. 3 zu sehen ist, kann für die HbA1c-Werte der Ausdauersportgruppe von einer Normalverteilung ausgegangen werden.

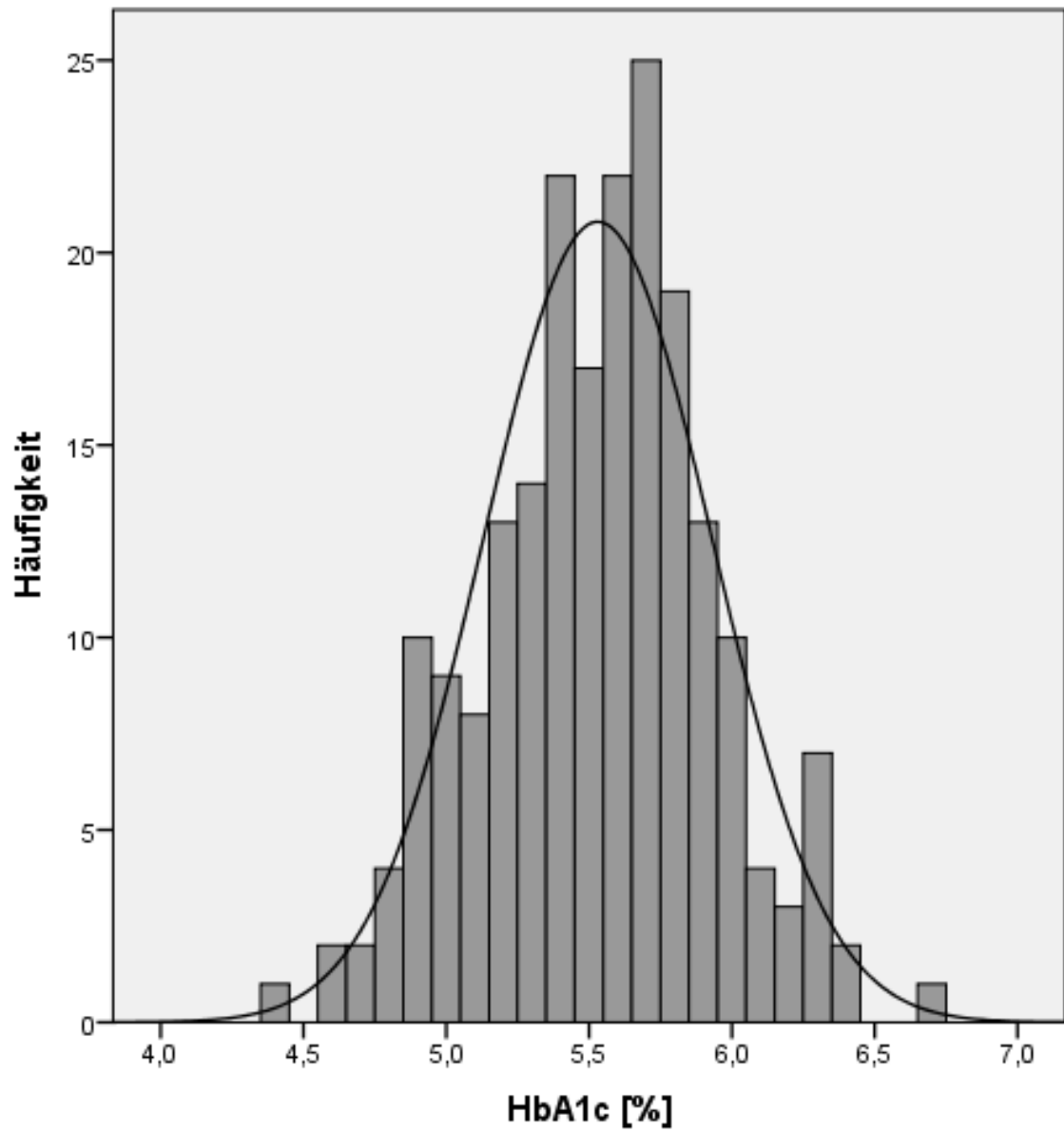


Abb. 4: Normalverteilungskurve der HbA1c-Werte der Gruppe NA

Auch bei der Gruppe der Nichtausdauersportler sind die HbA1c-Werte normalverteilt.

3.3.2 Beurteilung der Triglycerid/HDL-Ratio-Histogramme

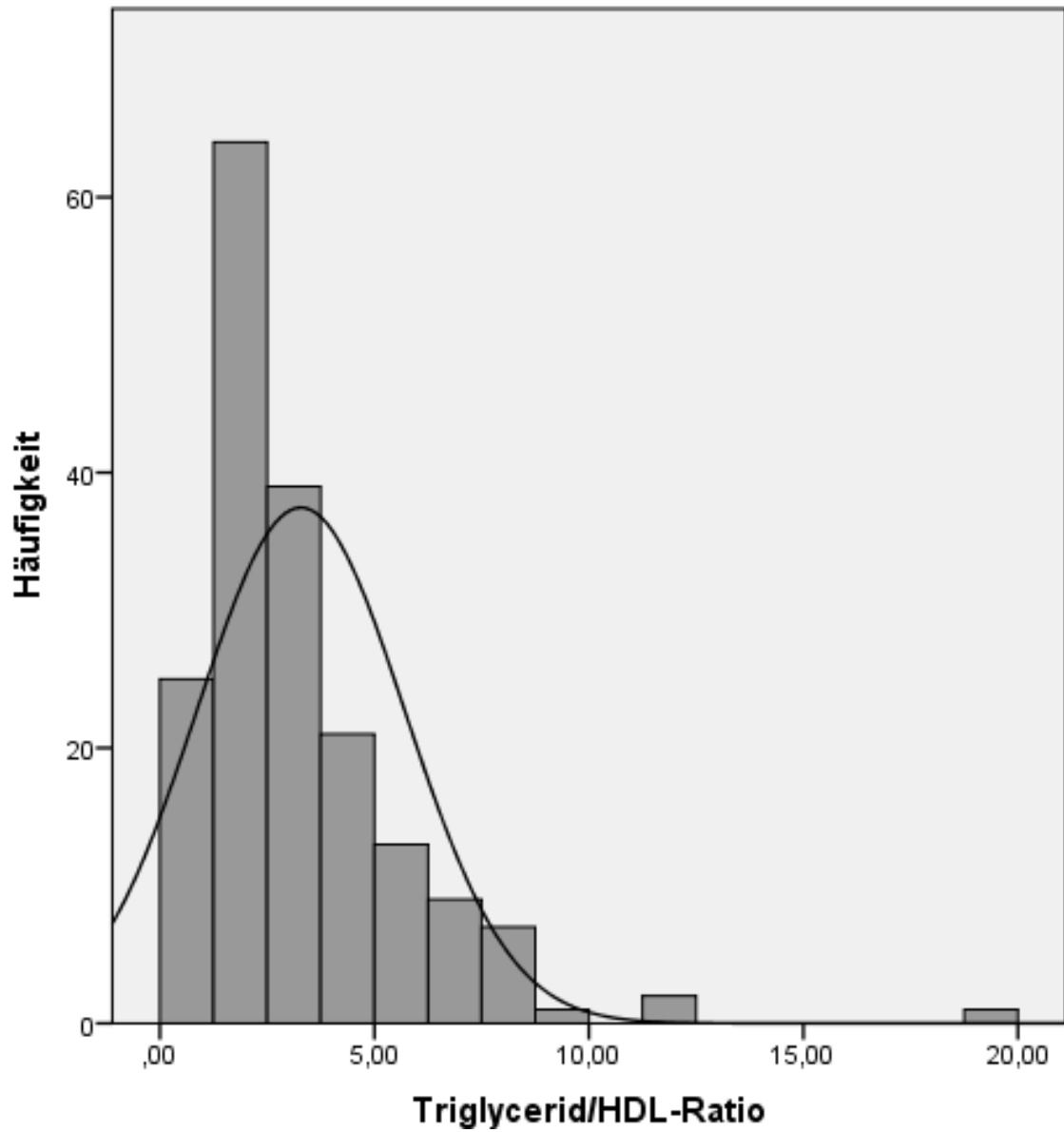


Abb. 5: Normalverteilungskurve der Triglycerid/HDL-Ratio der Gruppe A

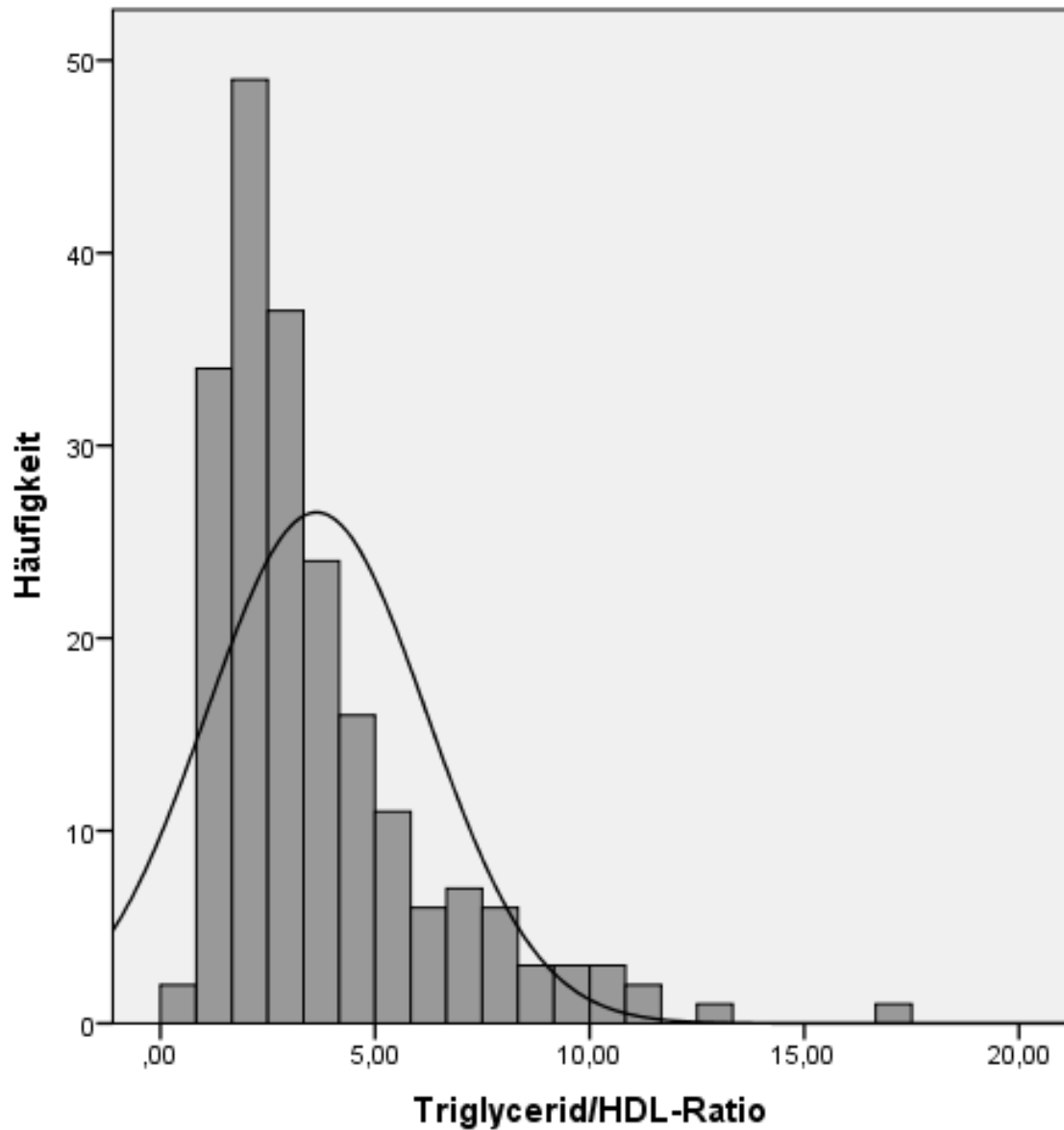


Abb. 6: Normalverteilungshistogramm der Triglycerid/HDL-Ratio der Gruppe NA

Die Daten der Triglycerid/HDL-Ratios weichen in beiden Gruppen deutlich von einer Normalverteilung ab. In beiden Abbildungen 5 und 6 lässt sich ein links-steiler und rechts-schiefer Verlauf der Normalverteilungskurve erkennen.

3.4 Korrelationen verschiedener Variablen

Tab. 12: Korrelationen von HbA1c mit verschiedenen Parametern

| | Gewicht | Alter | BMI | Körperfett | Bauch- umfang | Triglycerid/ HDL-Ratio |
|-----------|---------|--------|--------|------------|------------------|---------------------------|
| HbA1c [%] | 0,181* | 0,137* | 0,185* | 0,076 | 0,192* | 0,144* |

Anmerkung: * = Korrelation ist bei Niveau 0,01 signifikant

Es zeigt sich eine statistisch signifikante positive Korrelation zwischen HbA1c und dem Körpergewicht mit Pearson's $r(395) = 0,181$, $p = 0$.

Ebenso korrelieren HbA1c und das Alter der Probanden statistisch signifikant positiv mit Pearson's $r(395) = 0,137$, $p = 0,007$.

Des Weiteren zeigt sich eine Korrelation zwischen HbA1c und dem BMI, sodass hier Pearson's $r(395) = 0,185$, $p = 0$ beträgt.

Neben den oben Genannten korreliert außerdem der Bauchumfang positiv mit HbA1C ($r(395) = 0,192$, $p = 0,001$) lediglich die Variable Körperfettanteil weist keine statistisch signifikante Korrelation mit der Variable HbA1c auf.

Eine weitere positive statistisch signifikante Korrelation weisen die Variablen HbA1c und die Triglycerid/HDL-Ratio auf, mit Pearson's $r(384) = 0,144$, $p = 0,005$.

3.5. Inferenzstatistik

HbA1c

Der t-Test für unabhängige Stichproben errechnet einen zweiseitig signifikanten Unterschied im HbA1c-Wert der Ausdauersportgruppe ($\bar{x} = 5,4$, $SD = 0,422$) und der Nichtausdauersportgruppe ($\bar{x} = 5,53$, $SD = 0,399$), $t = 2,245$, $p = 0,025$.

Auch der Whitney-Mann-U-Test zeigt den zweiseitig signifikanten Unterschied des HbA1c-Werts in den beiden Gruppen: Ausdauersport (Mittlerer Rang = 183,68) und Nichtausdauersport (Mittlerer Rang = 210,88) mit $U = 16769,5$, $p = 0,018$.

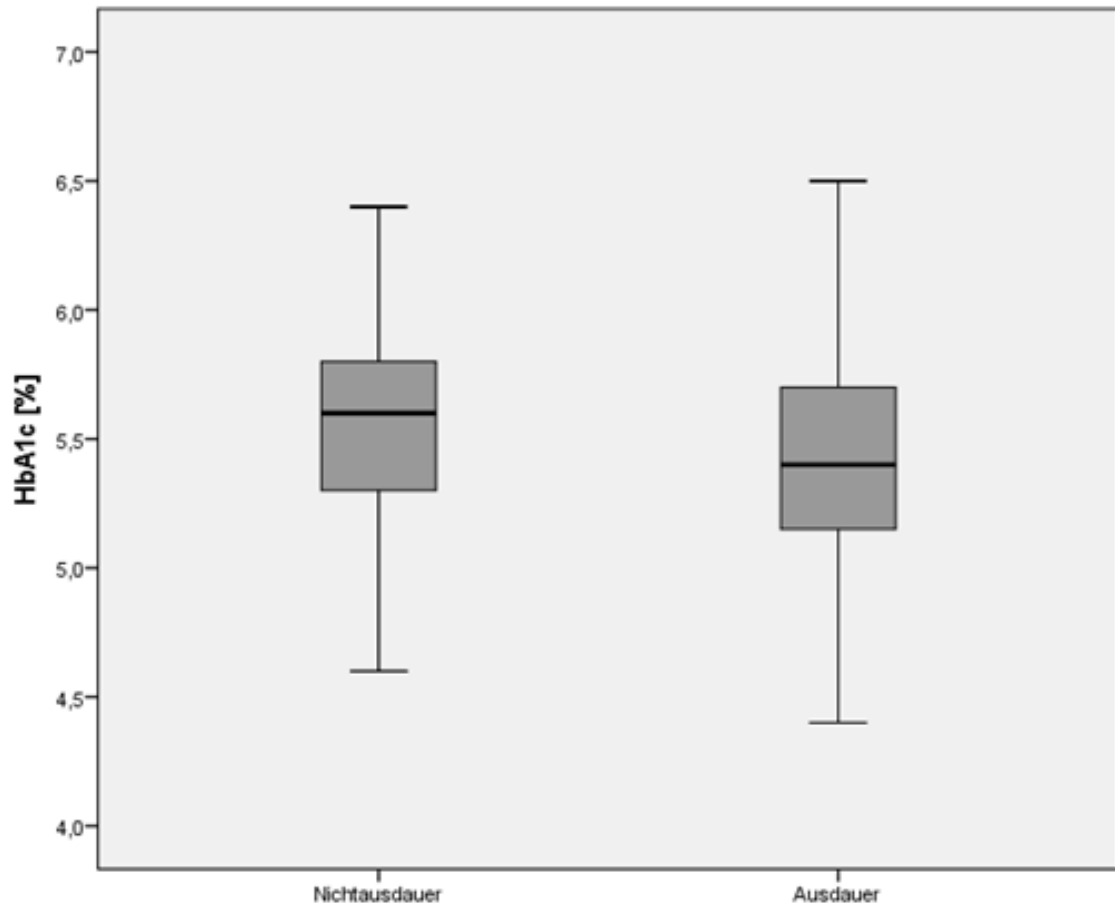


Abb. 7: Unterschiede im HbA1c-Wert der Gruppen NA zu A

Triglycerid/HDL-Ratio

Der t-Test für unabhängige Stichproben errechnet einen einseitig signifikanten Unterschied zwischen der Gruppe Ausdauersport ($\bar{x} = 3,21$, $SD = 2,39$) und Nichtausdauersport ($\bar{x} = 3,68$, $SD = 2,45$) mit $t = 1,792$, $p = 0,037$.

Dieses Ergebnis wird ebenfalls durch den Mann-Whitney-U-Test bestätigt. Dieser berechnet den Unterschied zwischen Ausdauersport (Mittlerer Rang = 162,55) und Nichtausdauersport (Mittlerer Rang = 185,65) bei $U = 13113$, $p = 0,016$.

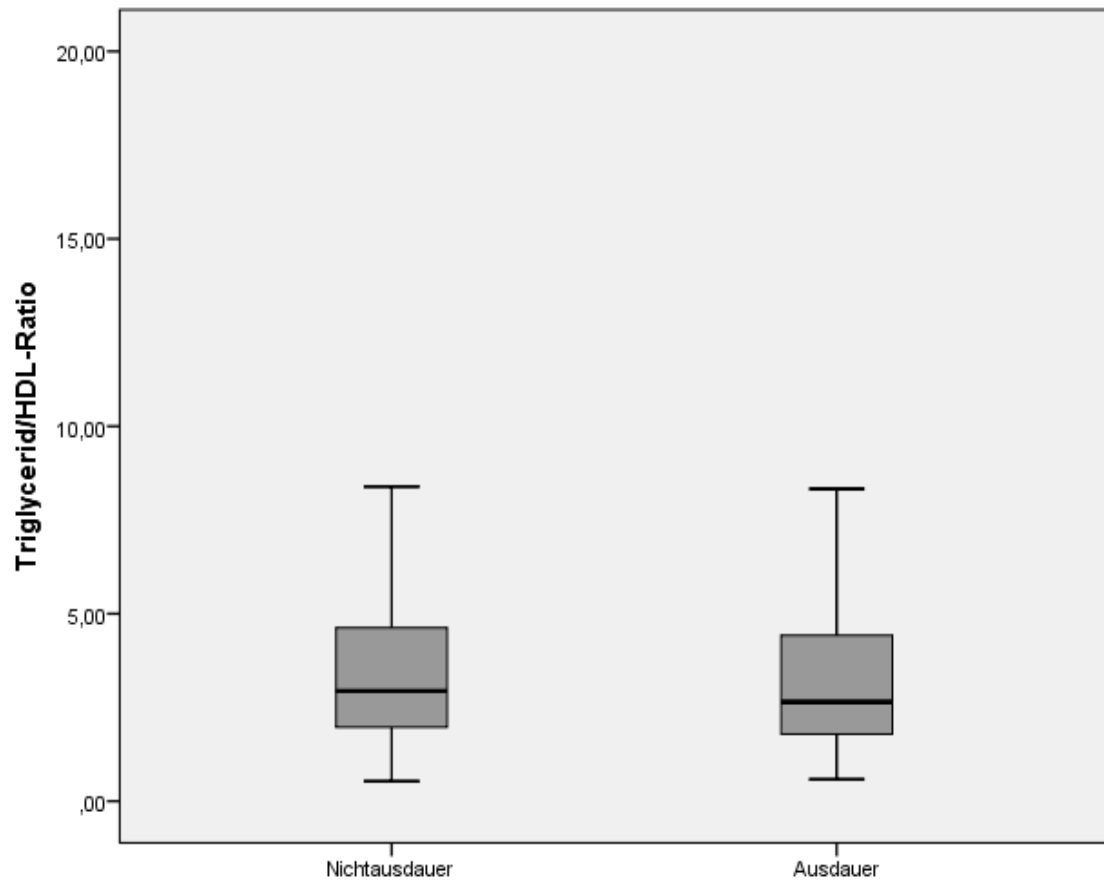


Abb. 8: Unterschiede in der Triglycerid/HDL-Ratio der Gruppe NA zu A

4. Diskussion

Im nun folgenden Abschnitt werden die gesammelten und ausgewerteten Ergebnisse der Datenerhebung einer kritischen Betrachtung unterzogen. Der allgemeinen Methodenkritik schließt sich die Betrachtung des Probandenkollektivs an. Hierauf werden die Forschungsergebnisse im Hinblick auf die Fragestellung interpretiert und Zusammenhänge charakterisiert.

4.1 Methodenkritik

Die anfängliche Konzeption des Studienprofils sah vor, das Probandenkollektiv in zwei Hauptgruppen einzuteilen: Die Ausdauersportgruppe und die Nichtausdauersportgruppe. Die Ausdauersportler aus dem Personenkreis der Präventionsportgruppen Tübingen zeigten eine körperliche Fitness, die es ihnen erlaubte, ebenfalls Sportarten aus dem Nichtausdauersportbereich auszuüben. Die Gruppe der Nichtausdauersportler bestand hauptsächlich aus Probanden der Knie- und Hüftsportgruppen Tübingen, die aufgrund von Gelenkerkrankungen aus dem degenerativen Kreis oder durch den Einsatz von Gelenkprothesen nicht mehr über die körperliche Fitness verfügten, Ausdauersport in relevantem Ausmaß zu betreiben. Im Verlauf der Datenerhebung stellte sich jedoch heraus, dass eine unerwartet hohe Anzahl an Probanden aus den Knie- und Hüftsportgruppen durchaus in der Lage war, Ausdauersportarten zu betreiben. Um dem Vergleich der beiden Hauptgruppen gerecht zu werden, mussten demnach viele Teilnehmer aus dem Nichtausdauersportbereich zu der Gruppe der Ausdauersportler gezählt werden, sofern diese die im Vorfeld definierten Bedingungen erfüllten, den Ausdauersport seit mindestens einem Jahr einmal in der Woche für mindestens 30 Minuten mit einer Intensität >3 zu betreiben. Die so erhöhte Anzahl an Ausdauersportlern wurde ausgeglichen, indem Teilnehmer aus dem Präventionssport akquiriert wurden, welche die Bedingungen des Nichtausdauersports erfüllten. Die so entstandene, unerwartete Durchmischung des Probandenkollektivs kann aber durchaus positiv

bewertet werden, da die so entstandenen Gruppen an Repräsentativität gewonnen haben.

Eine weitere Heterogenität ergibt sich bei Betrachtung der umfangreichen Daten zu den absolvierten Sportarten. Aufgrund der großen Probandenzahl und der dem höheren Lebensalter geschuldeten Unterschiedlichkeit der körperlichen Konstitution und Fitness ergab sich eine Variabilität in der Anzahl, der Intensität, der Dauer pro Einheit und der Zeitspanne, in der die jeweiligen Sportarten ausgeübt wurden. Um mit diesem Kollektiv dennoch eine homogene Verteilung zu gewährleisten, wäre die Bildung von Untergruppen naheliegend gewesen. Da unter dieser Änderung der Gruppierung die formulierten Forschungsfragen nicht zu beantworten gewesen wären, wurde ein damit verbundener Informationsverlust in Kauf genommen und auf die Bildung kleinerer Untergruppen verzichtet. Demnach bildet die Voraussetzung, dass Probanden der Nichtausdauersportgruppe keinen Ausdauersport betreiben dürfen, das wichtigste Unterscheidungsmerkmal beider Gruppen.

Ein weiterer Faktor, der komplizierend hinzukommt, ist die Ausübung von Freizeitsport. Während sowohl in den Präventionssportgruppen, als auch in den Knie- und Hüftsportgruppen durch professionelle Übungsgruppenleiter eine bestimmte Qualität und Intensität der ausgeübten Sportarten gewährleistet werden kann, gibt es dementsprechend keine Qualitätssicherung bei der Ausübung von nicht supervisiertem Sport. Ebenso verhält es sich mit der Kontrolle der Regelmäßigkeit und Dauer der jeweiligen Sporteinheit, da im Gegensatz zu den beaufsichtigten Sporteinheiten im Bereich des Freizeitsports keine Teilnehmerlisten geführt werden.

Neben der ausführlichen Anamnese zu sportlichen Aktivitäten wurde eine große Menge an Daten zu vorliegenden Erkrankungen und Medikamenteneinnahme erhoben. Alle Teilnehmer wurden zwar gebeten, ihre Medikation wahrheitsgemäß wiederzugeben, jedoch konnten sich vereinzelt Probanden nicht an alle Medikamente erinnern. Basierend auf den erhobenen Daten wurden einige Teilnehmer

von der Studie ausgeschlossen. So wurden 29 Probanden nicht gewertet, die eine antidiabetische Therapie (Insuline, orale Antidiabetika) erhielten, da bei diesen nicht von einem repräsentativen HbA1c-Wert ausgegangen werden kann. Außerdem zeigen an Diabetes mellitus Erkrankte erhöhte Werte bei Triglyceriden, LDL, und Totalcholesterin, während das HDL vermindert sein kann (Kreisberg 1998, Merkel, 2009), weshalb diese Probanden auch für Berechnungen mit Serumlipiden ausgeschlossen werden mussten. Weiterhin wurden Probanden nicht zugelassen, die Nikotinsäuren, Statine, Fibrate, Gallensäure-bindende Ionentauscher, Ezetemibe oder Phytosterine einnahmen (Reiner et al., 2011).

Des Weiteren kann eine Hyper- oder Hypothyreose zu Veränderungen des HbA1c-Werts und der Blutfettwerte führen. Das gesamte Probandenkollektiv beinhaltete 77 Personen, welche mit Schilddrüsenhormonen behandelt und 15, denen Thyreostatika verabreicht wurden. Zwar gaben alle Betroffene an, unter regelmäßiger hausärztlicher Kontrolle zu stehen, was eine euthyreote Stoffwechsellage wahrscheinlich macht, eine Kontrolle des Schilddrüsenhormonstatus war im Rahmen der Studie jedoch nicht möglich, weshalb Abweichungen im Hormonstatus Einzelner nicht völlig ausgeschlossen werden können. Eine Schilddrüsenunterfunktion kann zu signifikant höheren HbA1c-Werten führen, während eine Schilddrüsenüberfunktion keinen signifikanten Einfluss auf das HbA1c hat. In euthyreoter Stoffwechsellage (z.B. unter Schilddrüsenhormonsubstitution) zeigen weder Hypo- noch Hyperthyreosen einen Einfluss auf das HbA1c (Bhattacharjee et al., 2017). Weiterhin kann eine Hypothyreose über die LDL-Erhöhung zu Hypercholesterinämie führen, während HDL- und Triglyceridwerte mit Gesunden vergleichbar sind. Bei der Hyperthyreose hingegen können sowohl HDL, LDL, Triglyceride als auch das Gesamtcholesterin erniedrigt sein (Peppia et al., 2011, Mansourian, 2010).

Insgesamt 180 Probanden litten unter einer arteriellen Hypertonie, welche teilweise mit Diuretika behandelt wurde. Speziell die Einnahme von Thiazid-Diuretika kann initial die Konzentration von LDL, VLDL, Totalcholesterin, Triglyceriden erhöhen,

bei regelmäßiger Einnahme normalisieren sich diese Werte jedoch (Weidmann et al., 1993, Weir et al., 2000). Lange wurde aufgrund des durch diese Medikamentengruppe induzierten Kaliumverlusts ein Einfluss auf die Insulinsekretion und damit den Kohlenhydratstoffwechsel angenommen, es hat sich jedoch gezeigt, dass dieser Effekt, selbst bei täglicher Einnahme, überschätzt wurde (Luna et al., 2001). Abschließend sei zu erwähnen, dass als weitere Variablen der Lebensstil, Ernährungsverhalten und Suchtmittelverhalten eine Rolle als Störgröße spielen können, jedoch sind diese Variablen bei der großen Probandenanzahl nicht zu kontrollieren.

4.2 Vergleich des Probandenkollektivs

Im folgenden Abschnitt werden anthropometrischen Daten der Probanden der jeweiligen Hauptgruppen mit dem Durchschnitt der deutschen Bevölkerung verglichen. Die Daten, welche hierfür herangezogen werden, stammen aus den Auswertungen des statistischen Bundesamts (Mikrozensus 2013) und der Nationalen Verzehrstudie II des Max Rubner-Instituts, Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel, um die jeweiligen Probandengruppen hinsichtlich des BMI und Bauchumfangs an der deutschen Bevölkerung zu vergleichen. Werte hinsichtlich der Körperfettprozentage der deutschen Bevölkerung existieren nicht, weshalb die erhobenen Daten an Normwerten gemessen werden, welche von Gallagher et al. auf Basis von Guidelines der World Health Organisation (WHO) entwickelt wurden.

Bei Betrachtung des BMI fällt auf, dass die Ausdauersportler im Mittel mit 25,12 kg/m² ein besseres Ergebnis aufwiesen, als die Nichtausdauersportler mit 26,26 kg/m². Beide Gruppen liegen über den empfohlenen Normwerten 18-24,9 kg/m² (Herold et al., 2013, S. 712). Laut den Daten des Mikrozensus 2013 rangierte der BMI des deutschen Bevölkerungsdurchschnitts ab einem Alter von 55 Jahren zwischen 26,7kg/m² und 27,1kg/m² (Statistisches Bundesamt, 2013), sodass beide Sportgruppen einen besseren BMI hatten als der deutsche Durchschnitt.

Da aufgrund der unterschiedlichen Physiologie verschiedene Normwerte für Männer und Frauen im Körperfettwert existieren, wird hier, genauso wie beim Bauchumfang, nach Geschlechtern differenziert. Die männlichen Teilnehmer der Ausdauersportgruppe lagen mit einem Wert von 24,76% innerhalb des Normbereichs für Männer im höheren Lebensalter, welcher mit 13-25% angegeben wird (Gallagher et al., 2000, Tab.3, S. 6), während sich die männlichen Nichtausdauersportler mit einem Mittelwert von 27,15% leicht über der Obergrenze bewegten. Betrachtet man den Normbereich für Frauen des höheren Lebensalters von 24-36% (Gallagher et al., 2000, Tab.3, S. 6), so fällt auf, dass dieser deutlich über dem der Männer liegt. Zwar hatten die Frauen der Ausdauersportgruppe mit 33,6% einen geringeren Körperfettgehalt als die weiblichen Nichtausdauersportler mit 34,2%, beide Gruppen lagen jedoch innerhalb des Normbereichs.

Beim Bauchumfang zeigten die männlichen Ausdauersportler mit 96,4cm ebenfalls einen niedrigeren Wert, als die männlichen Nichtausdauersportler mit 100,5cm. Auch bei den weiblichen Ausdauersportlern war der Bauchumfang geringer als bei den weiblichen Nichtausdauersportlern. So standen 86,4cm der Gruppe Ausdauersport 90,9cm der Gruppe Nichtausdauersport gegenüber. Auffällig ist hier, dass sämtliche Gruppen oberhalb der empfohlenen Obergrenze von 94cm bei den Männern und 80cm bei den Frauen liegen (Herold, Innere Medizin, 2013, S. 712). Da das Max-Rubner-Institut Durchschnittswerte für den deutschen Bevölkerungsdurchschnitt angibt und nicht nach Geschlechtern differenziert, wird für den Vergleich mit der Bevölkerung eine Differenzierung ebenfalls unterlassen. So bewegt sich der Bauchumfang der über 50-jährigen deutschen Bevölkerung zwischen 92,5cm und 97,3cm (Max Rubner-Institut, S. 128), das arithmetische Mittel der Ausdauersportler lag mit 89,19cm deutlich unter dem deutschen Durchschnitt und das der Nichtausdauersportler rangierte mit 93,15cm im unteren Drittel.

Es wird also ersichtlich, dass die Gruppe der Ausdauersportler sowohl im BMI, als auch bei den Körperfettwerten und im Bauchumfang deutlich niedrigere Werte hat-

te, als die Gruppe der Nichtausdauersportler. Dies kann auf verschiedene Gründe zurückgeführt werden. Zum einen waren die Ausdauersportler deutlich aktiver, als die Nichtausdauersportler, was darin ersichtlich wird, dass diese nur die Hälfte an Sporeinheiten pro Woche absolvierten. Hinzu kommt, dass die Ausdauersportler ihre aktuelle Sportart seit durchschnittlich 16 Jahren betrieben, während die Nichtausdauersportler mit durchschnittlich 10 Jahren ihren aktuellen Sport 6 Jahre kürzer ausübten. Weiterhin stellte sich heraus, dass die Ausdauersportler einen gesünderen Lebensstil pflegten. So waren unter dieser Gruppe weniger Raucher und mehr Probanden, die auf eine gesunde Ernährung achteten, wodurch es wahrscheinlich ist, dass diese Gruppe ebenfalls mehr auf das Körpergewicht achtet, als es in der Nichtausdauersportgruppe der Fall ist. Weiterhin konnte gezeigt werden, dass Körpergewicht, Körperfettanteil und die Masse an abdominellem Fett mit zunehmendem Alter ansteigt (Martins et al., 2010). Da die Nichtausdauersportler im Durchschnitt drei Jahre älter waren, als die Ausdauersportler, kann dies ebenfalls als mögliche Erklärung herangezogen werden.

4.3 Bezug zur Fragestellung

Im Folgenden werden die oben aufgeführten Ergebnisse unter Berücksichtigung der unter 1.2 definierten Forschungsfragen betrachtet.

4.3.1 Vergleich der HbA1c-Werte

Aufgrund der Normalverteilung der Daten wurde zur Überprüfung der Hypothese, dass die regelmäßige Ausübung von Ausdauersport ebenfalls im höheren Lebensalter zu einem niedrigeren HbA1c-Wert führt, als bei Nichtausdauersportlern und sich somit positiv auf den Kohlenhydratstoffwechsel auswirkt, der t-Test für unabhängige Stichproben herangezogen. Es hat sich hierbei gezeigt, dass der Median-Wert des HbA1c der Ausdauersportgruppe mit 5,4% signifikant niedriger ist, als der der Nichtausdauersportgruppe mit 5,6%. Ein Vergleich mit an-

deren Studien ist aufgrund verschiedener Faktoren nur eingeschränkt möglich. Wie bereits erwähnt, zeichnete sich das Probandenkollektiv durch eine geringe Homogenität aus. Zum anderen untersucht die überwiegende Anzahl an Querschnittsstudien den Unterschied der glykämischen Kontrolle zwischen sportlich aktiven Menschen einer gewissen Sportart (Ausdauersport, Kraftsport, Nichtausdauersport) und sportlich komplett inaktiven Menschen. Weiterhin bezieht sich die überwiegende Zahl der Studien auf ein an Diabetes mellitus (Typ 1/Typ 2) erkranktes Probandenkollektiv. Die Nahrungsaufnahme und antidiabetische Medikation wurden in vielen Studien häufig kontrolliert, um die Einflussgröße der jeweiligen Sportart auf den Kohlenhydratstoffwechsel hervorzuheben. Hier wurden währenddessen Probanden mit den Kohlenhydratstoffwechsel betreffenden Erkrankungen und Medikationen ausgeschlossen, um damit eine Einflussnahme dieser Störgrößen zu eliminieren. Die meisten dieser Studien zeigen eine zwar geringe, jedoch signifikante Senkung des HbA1c-Levels. So zeichnet sich ab, dass der HbA1c-Level bei Erwachsenen mit Diabetes mellitus Typ 1 durch Ausdauersport signifikant gesenkt werden kann (Marrero et al., 1988; Michaliszyn et al., 2011; Ruzic et al., 2008; Sideraviciute et al., 2006; Dahl-Jorgensen et al., 1980), währenddessen keine signifikante Senkung des HbA1c durch reinen Kraftsport beobachtet werden kann (Durak et al., 1990; Ramalho et al., 2006). Ein ähnliches Ergebnis kann erwartungsgemäß bei an Diabetes mellitus Typ 2 erkrankten beobachtet werden (Boulé et al., 2001).

Weiterhin handelt es sich hier um ein Probandenkollektiv, welches, betreffend die Altersverteilung, zwar relativ homogen ist (67,7 Jahre Ausdauersportgruppe, 70,6 Jahre Nichtausdauersportgruppe), aufgrund der Fragestellungen jedoch deutlich älter, als in den genannten Studien. Viele Studien haben gezeigt, dass sich die Glukosetoleranz mit zunehmendem Alter verschlechtert und damit verbunden der HbA1c einem altersabhängigen Anstieg unterlegen ist. (Kabadi et al., 1988; Hashimoto et al., 1995; Barrett-Connor et al., 1987; Kovarik et al., 1981;

Simon et al., 1989; Barrett-Connor et al., 1980). Der Anstieg des HbA1c beginnt in der 3. Lebensdekade, erreicht sein Maximum in einem Altersbereich zwischen 45-54 Jahren und flacht ab einem Alter von 65 Jahren deutlich ab (Yang et al., 1997), sodass aufgrund des Durchschnittsalters innerhalb des vorliegenden Probandenkollektivs eine stabile Verteilung angenommen werden kann, eine Vergleichbarkeit mit anderen Studien jedoch nur bedingt möglich ist. Wie unter Punkt 3.4 ersichtlich ist, zeigte auch diese Studie eine signifikante positive Korrelation zwischen HbA1c und dem Lebensalter.

Auch gibt es Hinweise darauf, dass geschlechtsspezifische Unterschiede in der Höhe des HbA1c vorliegen. Durch den positiven Einfluss von Östrogen auf die pankreatische Insulinsekretion, Glucoseaufnahme im Gewebe und hepatische Insulinelimination (Walton et al., 1993; Godsland et al., 1993; Godsland et al., 1994) kommt es zu einer verbesserten Glukosetoleranz und damit zu einem niedrigeren HbA1c bei prämenopausalen Frauen. Postmenopausal steigt das HbA1c jedoch wieder an (Simon et al., 1989), sodass geschlechtsspezifische Unterschiede ab einem Alter von 55 Jahren nicht mehr zu erwarten sind (Yang et al., 1997). Da als Voraussetzung zur Teilnahme an dieser Studie ein Mindestalter von 55 Jahren gefordert wurde, ist trotz des erheblich höheren Frauenanteils daher nicht mit einer Verfälschung der Daten zu rechnen.

4.3.2 Vergleich der Triglycerid/HDL-Ratio

Zur Überprüfung der Hypothese, dass Ausdauersportler eine niedrigere Triglycerid/HDL-Ratio aufweisen, als Nichtausdauersportler, wurde mit 2 statistischen Tests gearbeitet. Aufgrund der fehlenden Normalverteilung der Daten wird hier das Ergebnis des Mann-Whitney-U-Tests diskutiert, welcher mit Rangsummen arbeitet. Hier hat sich gezeigt, dass die Ausdauersportler im arithmetischen Mittel mit 3,21 eine signifikant niedrigere Triglycerid/HDL-Ratio aufwiesen, als die Gruppe der Nichtausdauersportler mit 3,68. Des Weiteren konnte gezeigt wer-

den, dass das HbA1c-Level und die Triglycerid/HDL-Ratio signifikant positiv korrelieren. Den Probanden wurde zwar aufgetragen, bis zum Zeitpunkt der Blutentnahme aus der Fingerbeere nüchtern zu bleiben, jedoch konnte dies nicht immer eingehalten werden, da die zu absolvierenden Sporeinheiten teilweise nachmittags stattfanden und es einigen Studienteilnehmern nicht möglich war, den ganzen Tag auf Nahrungsaufnahme zu verzichten. In diesen Fällen wurde als Kompromiss vereinbart, dass der jeweilige Proband am Blutentnahmetag auf fettthaltige Nahrung verzichtet. Dennoch kann hier nicht ausgeschlossen werden, dass dies in einem geringen Maße zu einer Verfälschung der Triglycerid-Messungen führte. Betrachtet man aber die Datenlage anderer Arbeiten, wird ersichtlich, dass die hier gewonnenen Daten zur allgemeinen Forschungslage passen. So geht aus der Querschnittsstudie von González-Chávez et al. hervor, dass eine Erhöhung der Triglycerid/HDL-Ratio signifikant mit dem Vorhandensein einer Insulinresistenz bei gesunden Erwachsenen assoziiert ist. Auch andere Studien kamen zu diesem Ergebnis (Roa Barrios et al., 2009; Iwani et al., 2017). Es konnte jedoch auch gezeigt werden, dass die Güte der Triglycerid/HDL-Ratio für die Vorhersage einer Insulinresistenz abhängig ist von Hautfarbe und Geschlecht. Während Triglycerid/HDL-Ratio und Insulinresistenz bei Weißen stark assoziiert ist, konnte bei Afroamerikanern nur ein schwacher Zusammenhang festgestellt werden (Kim-Dorner et al., 2010). Salazar et al. zeigten außerdem, dass aufgrund der Unterschiede im Fettstoffwechsel bei Männern und Frauen unterschiedliche cut-off-Werte sinnvoll sind. Eine neuere Studie von Salazar et al. konnte jedoch anschaulich machen, dass eine erhöhte Triglycerid/HDL-Ratio in gleicher Güte dazu geeignet ist, wie die Diagnosekriterien des metabolischen Syndroms, um Personen mit einer Insulinresistenz zu diagnostizieren.

Weiterhin konnte in einer neuen Studie von Bibra et al. gezeigt werden, dass die Triglycerid/HDL-Ratio eine sehr starke Assoziation mit den Markern einer Insulinresistenz, wie beispielsweise HbA1c, hat und daher als relevantes und prak-

tikables Vorhersageinstrument zur Ausbildung eines metabolischen Syndroms, Insulinresistenz sowie Dyslipidämie angesehen werden kann. Ebenso wurde in dieser Studie deutlich, dass es sinnvoll ist, geschlechterspezifische cut-offs einzuführen. So konnte ermittelt werden, dass für junge gesunde Frauen ein cut-off bei 1,9, für junge gesunde Männer von 2,8 sinnvoll ist. Es wird also ersichtlich, dass eine höhere Ratio für die männlichen Probanden angenommen werden kann. In dieser Studie wurde demnach ebenso geschlechterspezifisch unterschieden. So wurden für Nichtausdauerportlerinnen ein Mittelwert von 3,32 und für Ausdauerportlerinnen von 2,9 errechnet. Die männlichen Nichtausdauerportler wiesen im Mittel eine Ratio von 4,54 auf, während die Ausdauerportler mit 4,49 nur geringfügig besser waren. Einerseits passen diese Ergebnisse zur aktuellen Studienlage, da die Ausdauerportler jeweils ein besseres Ergebnis erzielten, als die Nichtausdauerportler und weil die männlichen Teilnehmer im Mittel eine höhere Ratio hatten, als die weiblichen Teilnehmer. Andererseits wird deutlich, dass bei allen Probandengruppen der Mittelwert der Ratio deutlich über den von Bibra et al. ermittelten cut-offs lag. Die Begründung hierfür könnte darin liegen, dass in der Studie von Bibra et al. junge und gesunde Menschen untersucht wurden. In dieser Arbeit bildeten jedoch, wie bereits beschrieben, Menschen höheren Lebensalters die Grundlage des herangezogenen Probandenkollektivs. Es ist bekannt, dass mit zunehmendem Alter Körperfettanteil, Körpergewicht und die Menge an abdominalem Fett steigt. Ebenso steigt der Anteil an sitzenden Aktivitäten, was diese Entwicklung unterstützt (Martins et al., 2010). Ein steigender Mangel an Aktivität sowie Übergewicht gehen mit einer erhöhten Inzidenz von Dyslipidämien einher (Gordon et al., 2014, Poirier et al 2006, NCEP, 2002). Weiterhin könnte, wie oben beschrieben, das Problem der Einhaltung einer strikten Nahrungskarenz vor der Blutabnahme und Trainingsbeginn zu erhöhten Triglyceridwerten geführt haben. In den meisten der oben genannten Arbeiten wurde zur Ermittlung der Insulinresistenz das HOMA-Verfahren (Homeostasis model assessment) verwendet. Dies

ist ein klinisch etabliertes Verfahren, um durch gemessene und errechnete Glukose- und Insulinkonzentrationen eine Insulinresistenz zu ermitteln (Gayoso-Diz et al., 2013). Al-Hakeim et al. konnten in ihrer Arbeit demonstrieren, dass das HbA1c-Level mit dem HOMA-Index signifikant korreliert und daher ebenfalls als Parameter für die Determinierung einer Insulinresistenz dienen kann (Kadhem Al-Hakeim et al., 2015). Auch die Arbeit von Borai et al. konnte beweisen, dass gerade in Probanden mit noch normaler Glukosetoleranz der HbA1c-Wert als zuverlässiger Prediktor für die Entwicklung einer Insulinresistenz verwendet werden kann (Borai et al., 2010).

4.3.3 Korrelationen

Sowohl Körpergewicht als auch BMI zeigen in dieser Arbeit eine statistisch signifikant positive Korrelation mit dem HbA1c-Level. Dieser Zusammenhang ist bekannt und deckt sich mit den Ergebnissen anderer Studien. So werden eine gesteigerte Insulinresistenz und ein erhöhter BMI, zusammen mit zwei weiteren Diagnosekriterien, unter dem Krankheitsbild des metabolischen Syndroms zusammengefasst (Hoffman et al., 2015). Weiterhin konnte diese Korrelation bei an Diabetes mellitus Typ 2 Erkrankten nachgewiesen werden (Gaafar Babikr et al., 2016) ebenso wie bei Typ 1-Diabetikern (Lee et al., 2017).

Wie unter Punkt 4.3.2 schon erwähnt, korreliert mit dem HbA1c-Level ebenfalls das Probandenalter statistisch signifikant in dieser Studie. Auch dieses Ergebnis wird durch andere Arbeiten bestätigt. Kabadi et al., haben in ihrer Studie gezeigt, dass sich die Glukosetoleranz mit zunehmendem Alter verschlechtert und es dadurch zu einem im Durchschnitt erhöhten HbA1c-Level bei alternden Menschen kommt. Dieses Ergebnis wird durch eine Vielzahl weiterer Studien bekräftigt (Hashimoto et al., 1995; Barrett-Connor et al., 1987; KovarikJ et al., 1981; Simon et al., 1989; Barrett-Connor et al., 1980). Des Weiteren interessant ist, dass der Anstieg des HbA1c in der dritten Lebensdekade beginnt, sein Maximum in der

fünften Dekade erreicht und ab dem 55. Lebensjahr wieder abflacht (Yang et al., 1997). Dieses Ergebnis kann natürlich mit dieser Arbeit nicht verglichen werden, da eine Teilnahmevoraussetzung ein Mindestalter von 55 Jahren war.

Eine weitere Variable, welche signifikant positiv mit dem HbA1c korreliert, ist der Bauchumfang, welcher einen direkten Rückschluss auf das abdominelle/viszerale Fett zulässt. Zwar wurde der Zusammenhang von abdomineller Fettanreicherung und einer gesteigerten Insulinresistenz schon in anderen Studien beschrieben (Ho et al., 2015; Hardy et al., 2012), jedoch konnte eine abschließende Kausalität nicht bewiesen werden, sodass sich das Ergebnis dieser Arbeit mit dem anderer Studien deckt, aufgrund der nicht bewiesenen Kausalität jedoch die Einflussnahme von Cofaktoren bedacht werden muss (Frayn et al., 2000).

Entgegen anderer Studienergebnisse, konnte hier kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Körperfettanteil und dem HbA1c-Level gezeigt werden. An diesem Punkt muss erwähnt werden, dass sich nur eine sehr geringe Anzahl an Arbeiten mit diesem Zusammenhang beschäftigt hat. So hat eine Studie von Bower et al. zeigen können, dass es eine signifikante Korrelation zwischen den genannten Variablen gibt und daraufhin eine Empfehlung zur Einbeziehung der Lebensgewohnheiten zur Senkung des HbA1c-Levels ausgesprochen. Eine mögliche Ursache dieser Abweichung könnte sein, dass in der genannten Studie zum einen mit einer wesentlich größeren Probandenzahl gearbeitet wurde, und zum anderen, dass eine andere Messmethode zur Ermittlung der Körperfettwerte zur Verfügung stand. Während aufgrund logistischer und finanzieller Begrenzung die Messungen in dieser Arbeit mit einem Lange Skinfold Caliper durchgeführt wurde, stand der erwähnten Arbeit die Möglichkeit eines DXA-Scans zur Verfügung, welcher sich durch eine hohe Exaktheit und Präzision auszeichnet (Bilsborough et al., 2014).

Nur der Vollständigkeit wegen, da an anderer Stelle ausführlich diskutiert (siehe 4.3.2), soll an dieser Stelle abschließend die signifikante positive Korrelation zwi-

schen HbA1c und der Triglycerid/HDL-Ratio erwähnt werden.

4.4 Conclusio

Aufgrund der Daten, die in dieser Querschnittsstudie gewonnen wurden, konnte die Hypothese bestätigt werden, dass die HbA1c-Werte der Ausdauersportler signifikant niedriger waren als die der Nichtausdauersportler und sich somit Ausdauersport, welcher mindestens einmal pro Woche für 30 Minuten seit mindestens einem Jahr betrieben wurde, im höheren Lebensalter positiv auf den Kohlenhydratstoffwechsel auswirkt.

Die Untersuchung bestätigte weiter, dass Ausdauersportler eine bessere Triglycerid/HDL-Ratio aufweisen und außerdem ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen dieser Ratio und dem HbA1c-Level besteht.

Trotz der beschriebenen Heterogenitäten und der Tatsache, dass viele Ausdauersportler sich auch anderer Sportarten annahmen, darunter ebenfalls Nichtausdauersportarten, konnten weitere Wechselwirkungen aufgezeigt werden. So bestehen signifikante Zusammenhänge zwischen dem HbA1c und ausgesuchten anthropometrischen Messdaten, bei denen Hinweise hinsichtlich der Studienlage vorlagen, dass eine Verbindung zum Kohlenhydratstoffwechsel möglich ist. Sowohl Körpergewicht, als auch BMI korrelieren in dieser Untersuchung mit dem Langzeitblutzucker. Weiter konnte gezeigt werden, dass auch das Alter eine signifikante Rolle in der Wechselbeziehung zum HbA1c-Level spielt.

Ähnlich wie in anderen Studien, korrelieren auch hier Langzeitblutzucker und Bauchumfang, wobei die Art der Wechselwirkung hinsichtlich der Kausalität ungeklärt bleibt. Eine Beziehung zwischen HbA1c und dem Körperfettprozentwert konnte, entgegen anderer Studienergebnisse, nicht nachgewiesen werden, wobei diese nur in sehr geringer Zahl vertreten sind.

5. Zusammenfassung

Kardiovaskuläre Erkrankungen gehören zu den häufigsten Erkrankungen in Deutschland, führen die Liste der Sterbefälle an und verursachen enorme Kosten im Gesundheitssystem. Aufgrund der demographischen Entwicklung wird diese Problematik auch in Zukunft von großer Bedeutung sein. Wichtige Risikofaktoren für das Auftreten von Erkrankungen aus diesem Formenkreis sind Störungen im Kohlenhydratstoffwechsel, welche zu Mikro- und Makroangiopathien führen, und Bewegungsmangel. Viele bisher durchgeführte Studien belegen, dass die regelmäßige Ausübung verschiedener sportlicher Aktivitäten einen positiven Effekt auf den Kohlenhydratstoffwechsel haben, den HbA1c-Wert senken, beziehungsweise eine bestehende Insulinresistenz positiv beeinflussen können. Jedoch herrscht in der aktuellen Studienlage keine klare Meinung darüber, welche Sportarten den größten Einfluss auf den Kohlenhydratstoffwechsel zeigen. Auch ist die Datenlage begrenzt, was die Untersuchung von Individuen im höheren Lebensalter angeht. Daher beschäftigt sich diese Arbeit mit der Thematik, welche Art von Sport bei Probanden im gehobenen Lebensalter den Kohlenhydratstoffwechsel am effektivsten beeinflussen kann. Es soll die Hypothese überprüft werden, ob regelmäßige Ausübung von Ausdauersport bei Probanden im höheren Lebensalter zu einem geringeren HbA1c-Wert führt, als es durch die regelmäßige Ausübung von Nichtausdauersport erzielt werden kann und sich somit positiv auf den Kohlenhydratstoffwechsel auswirkt. Weiterhin soll untersucht werden, wie die Triglycerid/HDL-Ratio mit dem HbA1c-Wert zusammenhängt und ob Probanden der Ausdauersportgruppe eine niedrigere Triglycerid/HDL-Ratio aufweisen. Zudem soll die Abhängigkeit des HbA1c-Levels von ausgesuchten anthropometrischen Daten betrachtet werden. Um diese Forschungsfragen zu klären, wurde eine Querschnittsstudie durchgeführt, in welcher zwei Gruppen in der Analyse gegenüberstanden: Die Gruppe der Ausdauersportler und die Gruppe der Nichtausdauersportler. Insgesamt hatte das Probandenkollektiv ein Durchschnittsalter

von 69,1 Jahren und wurde damit der Forderung an ein höheres Lebensalter gerecht. Die Gruppen wurden verglichen in der Höhe des HbA1c-Wertes und der Triglycerid/HDL-Ratio, Körperfettgehalt, BMI und Bauchumfang. Um an der Studie teilnehmen zu können wurde ein Lebensalter von mindestens 55 Jahren gefordert, sowie eine supervisierte sportliche Betätigung einmal pro Woche seit mindestens einem Jahr. So durchliefen insgesamt 188 Ausdauersportler und 210 Nichtausdauersportler den dreiseitigen Anamnesebogen, in welchem ausführlich über Erkrankungen der inneren Organsysteme und Skelett-sowie Muskelerkrankungen befragt wurde, ebenso wie über aktuelle Medikation, Ernährungs- und Genussmittelverhalten. Auch wurde eine ausführliche Anamnese über aktuelle und vergangene sportliche Aktivitäten und Leistungen erhoben. Weiterhin wurden die Probanden gewogen, der Körperfettanteil gemessen und aus dem Kapillarblut der Fingerbeere der HbA1c-Wert und das Lipidprofil mit Hilfe des Quo-Test HbA1c-Analysators bzw. des Cholestech-LDX-Analysegeräts bestimmt.

Es zeigte sich, dass die Ausdauersportler mit 5,4% ein um 0,2% signifikant niedrigeres HbA1c hatten, als die Nichtausdauersportler mit 5,6%. Außerdem war die Triglycerid/HDL-Ratio bei den Ausdauersportlern um 0,47 signifikant niedriger. Weiterhin ergaben sich signifikante Korrelationen aus HbA1c und Triglycerid/HDL-Ratio, HbA1c und Bauchumfang, HbA1c und Lebensalter, so wie HbA1c und BMI. Lediglich der Körperfettanteil korrelierte nicht signifikant mit dem HbA1c-Wert. Somit konnte die Hypothese, dass Ausdauersportler im höheren Lebensalter ein besseres HbA1c-Level aufweisen, als Nichtausdauersportler, bestätigt werden.

Da die Datenlage hinsichtlich der sportlichen Aktivität im höheren Lebensalter und deren Auswirkung auf den Kohlenhydratstoffwechsel sehr begrenzt ist, wären diesbezüglich weitere Untersuchungen der Thematik wünschenswert. Um eine bessere Vergleichbarkeit zu gewährleisten, sollten die Studienteilnehmer idealerweise nur eine Sportart betreiben, welche sinnvollerweise in einem super-

visierten Rahmen ausgeübt werden sollte, da die Vielzahl an laiensportlich ausgeübten Freizeitsportarten eine Objektivierbarkeit erschwert.

6. Literaturverzeichnis

- (2002): The third report of the National Cholesterol Education Program (NCEP) expert panel on detection, evaluation and treatment of high blood cholesterol in adults (Adult Treatment Panel III) final report. *Circulation* 106: 3143-3421
- Al-Hakeim, H.K., Abdulzahra, M.S., (2015): Correlation Between Glycated Hemoglobin and Homa Indices in Type 2 Diabetes Mellitus: Prediction of beta-cell function from glycated hemoglobin. *J Med Biochem* 34(2): 191-199.
- Allain, C.C., Poon, L.S., Chan, C.S., Richmond, W., Fu, P.C., (1974): Enzymatic determination of total serum cholesterol. *Clin Chem* 20(4): 470-5
- Andres, R., (1971): Aging and diabetes. *Med Clin North Am* 55(4): 835-845.
- Babikr, W.G., Alshahrani, A.S.A., Hamid, H.G.M., Abdelraheem, A.H.M.K., Shalayel, M.H.F., (2016): The correlation of HbA1c with body mass index and HDL-cholesterol in type 2 diabetic patients. *Biomedical Research* 27(4): 1280-1283.
- Bacchi, E., Negri C., Trombetta, M., Zanolin, M.E., Lanza, M., Bonora, E., Moghetti, P., (2012): Differences in the acute effects of aerobic and resistance exercise in subjects with type 2 diabetes: results from the RAED2 Randomized Trial. *PLoS One* 7(12): e49937.
- Balkau, B., Mhamdi, L., Oppert, JM., Nolan, J., Golay, A., Porcellati, F., Laakso, M., Ferrannini, E., (2008): Physical activity and insulin sensitivity. *Diabetes* 57(10): 2613-2618.
- Barrett-Connor, E., Criqui, MH., Witztum, JL., Philippi, T., Zettner, A., (1987): Population-based study of glycosylated hemoglobin, lipids, and lipoproteins in nondiabetic adults. *Arteriosclerosis* 7: 66-70.
- Barrett-Connor, E., (1980): Factors associated with the distribution of fasting plasma glucose in an adult community. *Am J Epidemiol* 112: 518-523.
- Beta Technology Incorporated, (1985): Lange skinfold caliper operations manual.
- Bhattacharjee, R., Thukral, A., Chakraborty, P.P, Roy, A., Goswami, S., Ghosh, S., Mukhopadhyay, P., Mukhopadhyay, S., Chowdhury S., (2017): Effects of thyroid status on glycated hemoglobin. *Indian J Endocrinol Metab* 21(1): 26-30.
- Bibra H., Saha S., Hapfelmeier A., Müller G., Schwarz P.E.H., (2017): Impact of the Triglyceride/High-Density Lipoprotein Cholesterol Ratio and the hypertriglyceremic-waist phenotype to predict the metabolic syndrome and insulin resistance. *Horm Metab Res* 49(7):542-549.
- Bilsborough, J.C., Greenway, K., Opar, D., Livingstone, S., Cordy, J., Coutts, A.J., (2014): The accuracy and precision of DXA for assessing body composition in team sport athletes. *J Sports Sci* 32(19): 1821-8.

- Borai, A., Livingstone, C., Abdelaal, F., Bawazeer, A., Ketii, V., Ferns, G., (2011): The relationship between glycosylated haemoglobin (HbA1c) and measures of insulin resistance across a range of glucose tolerance. *Scand J Clin Lab Invest* 71(2): 168-72.
- Boulé, N.G., Haddad, E., Kenny, G.P., Wells, G.A., Sigal, R.J., (2001): Effects of exercise on glycemic control and body mass in type 2 diabetes mellitus: a meta-analysis of controlled clinical trials. *J Am Med Ass* 286(10): 1218-27.
- Bower, J.K., Meadows, R.J., Foster, M.C., Foraker, R.E., Shoben, A.B., (2017): The association of percent body fat and lean mass with HbA1c in US adults. *J Endocr Soc* 1(6): 600-608.
- Broughton, D.L., Taylor, R., (1991): Review: deterioration of glucose tolerance with age: The role of insulin resistance. *Age and Ageing* 20: 221-225.
- Castaneda, C., Layne, J.E., Munoz-Orians, L., Gordon, P.L., Walsmith, J., Foldvari, M., Roubenoff, R., Tucker, K.L., Nelson, M.E., (2002): A randomized controlled trial of resistance exercise training to improve glycemic control in older adults with type 2 diabetes. *Diabetes Care* 25(12): 2335-41.
- Cholestech Corporation (2004): Cholestech LDX. Packungsbeilage Lipid-Profil*Glu, in mmmicromedical.de, URL: <https://www.micromedical.de/userProductsData/cholestechLDX/de/downloads/LDXPackungsbeilageLIPIDGLU.pdf> (Stand: 07.06.2018)
- Cholestech Corporation (2006): Cholestech LDX. Packungsbeilage Lipid-Profil*Glu, in micromedical.de, URL: <https://www.micromedical.de/userProductsData/cholestechLDX/de/downloads/Bedienungsanleitung.pdf> (Stand: 07.06.2018)
- Dahl-Jørgensen, K., Meen, H.D., Hanssen, K.F., Aagaenaes, O., (1980): The effect of exercise on diabetic control and hemoglobin A1 (HbA1) in children. *Acta Paediatr Scand* 283: 53-6.
- Davidson, M.B., (1979): The effect of aging on carbohydrate metabolism: a review of the English literature and a practical approach to the diagnosis of diabetes mellitus in the elderly. *Metabolism* 28(6): 688-705.
- DeFronzo, R., (1981): Glucose intolerance and aging. *Diabetes Care* 4: 493-501.
- Durak, E.P., Jovanovic-Peterson, L., Peterson, C.M., (1990): Randomized crossover study of effect of resistance training on glycemic control, muscular strength, and cholesterol in type I diabetic men. *Diabetes Care* 13(10): 1039-43.
- Eid, M., Gollwitzer, M., Schmitt, M.: Statistik und Forschungsmethoden. *Beltz Verlag: Weinheim*; 2013.
- Elahi D., Mueller DC., (2000): Carbohydrate metabolism in the elderly. *Eur J Clin Nutr.* 54 (3): 112-20.
- Frayn, K.N., (2000): Visceral fat and insulin resistance - causative or correlative? *Br J Nutr* 83(1): 71-7.

- Gallagher, D., Heymsfield, S.B., Heo, M., Jebb, S.A., Murgatroyd, P.R., Sakamoto, Y., (2000): Healthy percentage body fat ranges: An approach for developing guidelines based on body mass index. *Am J Clin Nutr* 72(3): 694-701.
- Gayoso-Diz, P., Otero-González, A., Rodríguez-Alvarez, M.X., Gude, F., García, F., De Francisco, A., Quintela, A.G., (2013): Insulin resistance (HOMA-IR) cut-off values and the metabolic syndrome in a general adult population: effect of gender and age: EPIRCE cross-sectional study. *BMC Endocr Disord* 13:47.
- Godsland, I.F., Gangar, K., Walton, C., Cust, M.P., Whitehead, M.I., Wynn, Y., Stevenson, J.C., (1993): Insulin resistance, secretion, and elimination in postmenopausal women receiving oral or transdermal hormone replacement therapy. *Metabolism* 42: 846-853.
- Godsland, I.F., Walton, C., Stevenson, J.C., Berg, G., Hammar, M., (1994): Carbohydrate metabolism, cardiovascular disease and hormone replacement therapy in the modern management of the menopause. *Parthenon* 231-24
- González-Chávez, A., Simental-Mendía, L.E., Elizondo-Argueta, S., (2011): Elevated triglycerides/HDL-cholesterol ratio associated with insulin resistance. *Cir* 79(2): 126-31.
- Gordon B., Chen S., Durstine J.L., (2014): The effects of exercise training on the traditional lipid profile and beyond. *Curr Sports Med Rep* 13(4): 253-259.
- Grant, D.A., Dunseath, G.J., Churm, R., Luzio, S.D., (2017): Comparison of a point-of-care analyser for the determination of HbA1c with HPLC method. *Pract Lab Med* 8: 26-29.
- Hardy, O.T., Czech, M.P., Corvera, S., (2012): What causes the insulin resistance underlying obesity? *Curr Opin Endocrinol Diabetes Obes* 19(2): 81-87.
- Hashimoto, Y., Futamura, A., Ikushima, M., (1995): Effect of aging on HbA1c in a working male Japanese population. *Diabetes Care* 18: 1337-1340.
- Hatzinger, R., Nagel, H.: SPSS Statistics: Statistische Methoden und Fallbeispiele. *Pearson studium*: München; 2009.
- Herold Gerd und Mitarbeiter: Innere Medizin. *Gerd Herold Verlag: Köln*; 2013: S.712/713, S. 717-744.
- Ho, L.C., Yen, C.J., Chao, C.T., Chiang, C.K., Huang, J.W., Hung, K.Y., (2015): Visceral fat area is associated with HbA1c but not dialysate-related glucose load in nondiabetic PD patients. *Sci Rep* 5: 12811.
- Hoffman, E.L., Von Wald, T., Hansen, K., (2015): The metabolic syndrome. *South Decota Med* 24-8.
- Huppelsberg Jens, Walter Kerstin: Physiologie. *Georg Thieme Verlag: Stuttgart*; 2009: 149-206.

- Iwani, N.A., Jalaludin, M.Y., Zin, R.M., Fuziah, M.Z., Hong, J.Y., Abqariyah, Y., Mokhtar, A.H, Wan Nazaimoon, W.M., (2017): Triglyceride to HDL-C ratio is associated with insulin resistance in overweight and obese children. *Sci Rep* 7:40055.
- Kabadi, U.M., (1988): Glycosylation of proteins: lack of influence of aging. *Diabetes Care* 11: 429-432.
- Kim-Dorner, S.J., Deuster, P.A., Zeno, S.A., Remaley, A.T., Poth, M., (2009): Should triglycerides and the triglycerides to high-density lipoprotein cholesterol ratio be used as surrogates for insulin resistance. *Metabolism* 59(2): 299-304.
- Kovarik, J., Stummvoll, H.K., Graf, H., Miiller, M.M., (1981): Glucose intolerance and hemoglobin A1 in chronic renal insufficiency. *Nephron* 28: 209-212.
- Kreisberg, R.A., (1998): Diabetic dyslipidemia. *Am J Cardiol* 82: 67U-73U, discussion 85U-86U.
- Lee, E.Y., Lee, Y.H., Jin, S.M., Yang, H.K., Jung, C.H., Park, C.Y., Cho, J.H., Lee, W.J., Lee, B.W., Kim, J.H., (2016): Differential association of body mass index on glycemic control in type 1 diabetes. *Diabetes Metab Res Rev* 33(1): 10.1002/dmrr.2815.
- Luna, B., Feinglos, M.N., (2001): Drug-induced hyperglycemia. *J Am Med Ass* 286(16): 1945-8.
- Mansourian, A.R., (2010): The state of serum lipids profiles in sub-clinical hypothyroidism: a review of the literature. *Pak J Biol Sci* 13(11): 556-62.
- Marcus, R.L., Smith, S., Morrell, G., Addison, O., Dibble, L.E., Wahoff-Stice, D., Lastayo, P.C., (2008): Comparison of combined aerobic and high-force eccentric resistance exercise with aerobic exercise only for people with type 2 diabetes mellitus. *Physical Therapy* 11: 1345-354.
- Marrero, D.G., Fremion, A.S., Golden, M.P., (1988): Improving compliance with exercise in adolescents with insulin-dependent diabetes mellitus: results of a self-motivated home exercise program. *Pediatrics* 81(4): 519-25.
- Martins, R.A., Verissimo, M.T., Coelho e Silva, M.J., Cummming, S.P. and Teixeira, A.M. (2010): Effects of aerobic and strength-based training on metabolic health indicators in older adults. *Lipids Health Dis* 9:76.
- Max Rubner-Institut (Hrsg): Nationale Verzehrstudie II, Ergebnisbericht Teil 1. Die Bundesweite Befragung zur Ernährung von Jugendlichen und Erwachsenen. *Max Rubner-Institut*, Karlsruhe; 2008.
- Merkel, M., (2009): Diabetic dyslipoproteinemia: beyond LDL. *Dtsch Med Wochenschr* 134(20):1067-73.
- Michaliszyn, S.F., Faulkner, M.S., (2011): Physical activity and sedentary behavior in adolescents with type 1 diabetes. *Res Nurs Health* 33(5): 441-9.

- Micro-Medical Instrumente GmbH, (2012): Quo-Test HbA1c Analysator-Vollautomat: Informationsmappe und Bedienungsanleitung.
- Nationale Versorgungsleitlinie der Bundesärztekammer, (2013): Therapie des Typ-2-Diabetes, in: leitlinien.de/nvl/URL:https://www.leitlinien.de/mdb/downloads/nvl/diabetes-mellitus/dm-therapie-1aufl-vers4-lang.pdf (Stand: 06.06.2018).
- Peppas, M., Betsis, G., Dimitriadis, G., (2011): Lipid abnormalities and cardiometabolic risk in patients with overt and subclinical thyroid disease. *J Lipids* 2011: 575840.
- Poirier P., Giles T.D., Bray G.A., Hong Y., Stern J.S., Pi-Sunyer F.X., Eckel R.H.; (2006): Obesity and cardiovascular disease: pathophysiology, evaluation, and effect of weight loss: an update of the 1997 American Heart Association Scientific Statement on Obesity and Heart Disease from the Obesity Committee of the Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism. *Circulation* 113(6): 898-918.
- Ramalho, A.C., de Lourdes Lima, M., Nunes, F., et al., (2006): The effect of resistance versus aerobic training on metabolic control in patients with type-1 diabetes mellitus. *Diabetes Res Clin Pract* 72(3): 271-6.
- Reaven, G.M., Chen, N., Hollenbeck, C., Chen, Y.D.I., (1989): Effect of age on glucose tolerance and glucose uptake in healthy individuals. *J A Geriatr Soc* 37: 735-740.
- Reiner, Z., Catapano, A.L., De Backer, G., Graham, I., Taskinen, M.R., Wiklund, O., et al., (2011): ESC/EAS Guidelines for the management of dyslipidaemias: *Eur Heart J* 32(14): 1769-818.
- Roa Barrios, M., Arata-Bellabarba, G., Valeri, L., Velázquez-Maldonado, E., (2009). Relationship between the triglyceride/high-density lipoprotein-cholesterol ratio, insulin resistance index and cardiometabolic risk factors in women with polycystic ovary syndrome. *Endocrinol Nutr* 56(2): 59-65.
- Robert-Koch-Institut (2013): Herz-Kreislauf-Erkrankungen, in: rki.de/DE/Home/homepage_node.html, URL: https://www.rki.de/DE/Content/Gesundheitsmonitoring/Themen/Chronische_Erkrankungen/HKK/HKK_node.html (Stand: 05.06.2018).
- Roeschlau, P., Bernt, E., Gruber, W., (1974): Enzymatic determination of total cholesterol in serum. *Z Klin Chem Klin Biochem* 12(5): 226.
- Ruzic, L., Sporis, G., Matkovic, B.R., (2008): High volume-low intensity exercise camp and glycemic control in diabetic children. *J Paediatr Child Health* 44(3): 122-8.
- Salazar, M.R., Carbajal, H.A., Espeche, W.G., Leiva Sisnieguez, C.E., March, C.E., Balbín, E., Dulbecco, C.A., Aizpurúa, M., Marillet, A.G., Reaven, G.M., (2013): Comparison of the abilities of the plasma triglyceride/high-density lipoprotein cholesterol ratio and the metabolic syndrome to identify insulin resistance. *Diab Vasc Dis Res* 10(4): 346-52.

- Salazar, M.R., Carbajal, H.A., Espeche, W.G., Leiva Sisnieguez, C.E., Balbín, E., Dulbecco, C.A., Aizpurúa, M., Marillet, A.G., Reaven, G.M., (2012): Relation among the plasma triglyceride/high-density lipoprotein cholesterol concentration ratio, insulin resistance, and associated cardio-metabolic risk factors in men and women. *Am J Cardiol* 109(12): 1749-53.
- Shimokata, H., Muller, D.C., Fleg, J.L., Sorkin, J., Ziemba, A.W., Andres, R., (1991): Age as an independent determinant of glucose tolerance. *Diabetes* 40(1): 44-51.
- Sideraviciūte, S., Gaillūniene, A., Visagurskiene, K., Vizbaraite, D., (2006): The effect of long-term swimming program on glycemia control in 14-19-year aged healthy girls and girls with type 1 diabetes mellitus. *Medicina* 42(6): 513-8.
- Sigal, R.J., Kenny, G.P., Boulé, N.G., Wells, G.A., Prud'homme, D., Fortier, M., Reid, R.D., Tulloch, H., Coyle, D., Phillips, P., Jennings, A., Jaffey, J., (2007): Effects of aerobic training, resistance training, or both on glycemic control in type 2 diabetes: a randomized trial. *Ann Intern Med* 147(6): 357-69.
- Simon, D., Senan, C., Gamier, P., Saint-Paul, M., Papoz, L., (1989): Epidemiological features of glycated haemoglobin A1c-distribution in a healthy population. *Diabetologia* 32: 864-869.
- Statistisches Bundesamt (2017): Herz-Kreislauf-Erkrankungen verursachen die höchsten Kosten, in: [destatis.de/DE/Startseite.html](https://www.destatis.de/DE/Startseite.html), URL:https://www.destatis.de/DE/PresseService/Presse/Pressemitteilungen/2017/09/PD17_347_236.html (Stand: 05.06.2018).
- Statistisches Bundesamt (2016): Herz-Kreislauf-Erkrankungen, in: [destatis.de/DE/Startseite.html](https://www.destatis.de/DE/Startseite.html), URL: <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesellschaftStaat/Gesundheit/VorsorgeRehabilitationseinrichtungen/Tabellen/HerzKreislaufErkrankungen.html> (Stand: 05.06.2018).
- Statistisches Bundesamt (2015): 13. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung für Deutschland, in: [destatis.de/DE/Startseite.html](https://www.destatis.de/DE/Startseite.html), URL: <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesellschaftStaat/Bevoelkerung/Bevoelkerungsvorausberechnung/InteraktiveDarstellung/InteraktiveDarstellung.html> (Stand: 05.06.2018).
- Statistisches Bundesamt (2017): Todesursachen, in: [destatis.de/DE/Startseite.html](https://www.destatis.de/DE/Startseite.html), URL: <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesellschaftStaat/Gesundheit/Todesursachen/Todesursachen.html> (Stand: 05.06.2018).
- Statistisches Bundesamt (2013): Zahlen & Fakten. Gesellschaft und Staat. Gesundheit. Gesundheitszustand & - relevantes Verhalten. Körpermaße nach Altersgruppen und Geschlecht. Ergebnisse des Mikrozensus 2013, in: [destatis.de/DE/Startseite.html](https://www.destatis.de/DE/Startseite.html), URL: <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesellschaftStaat/Gesundheit/GesundheitszustandRelevantesVerhalten/Tabellen/Koerpermasse.html> (Stand 07.06.2018)
- Venkatasamy, V.V., Pericherla, S., Manthuruthil, S., Mishra, S., Hanno, R., (2013): Effect of physical activity on insulin resistance, inflammation and oxidative stress in diabetes mellitus. *J Clin Diagn Res* 7(8): 1764-1766.

- Walton, C., Godsland, I., Proudler, A., Wynn, V., Stevenson, J., (1993): The effects of the menopause on insulin sensitivity, secretion and elimination in nonobese, healthy women. *Eur J Clin Invest* 23: 466-473.
- Warnick, G.R., Benderson, J., Albers, J.J., (1982): Dextran sulfate-Mg²⁺ precipitation procedure for quantitation of high-density-lipoprotein cholesterol. *Clin Chem* 28(6): 1379-88.
- Weidmann, P., de Courten, M., Ferrari, P., Böhlen, L., (1993): Serum lipoproteins during treatment with antihypertensive drugs. *J Cardiovasc Pharmacol* 22 Suppl 6: 98-105.
- Weir, M.R., Moser, M., (2000): Diuretics and beta-blockers: is there a risk for dyslipidemia? *Am Heart J* 139(1 Pt 1):174-83139.
- Yang, Y.C., Lu, F.H., Wu, J.S., Chang, C.J., (1997): Age and sex effects on HbA1c. A study in a healthy chinese population. *Diabetes Care* 20(6):988-91.

7. Erklärung zum Eigenanteil

Diese Arbeit wurde an der medizinischen Universitätsklinik Tübingen – Abteilung Sportmedizin – unter der Betreuung von Herrn Prof. Dr. Hans-Christian Heitkamp durchgeführt. Die Konzeption der Studie erfolgte in Zusammenarbeit mit Herrn Prof. Dr. Heitkamp und Dr. Michael Kallinich. Sämtliche Messungen und Untersuchungen wurden in Zusammenarbeit mit Dr. Michael Kallinich durchgeführt. Die statistische Auswertung erfolgte nach Beratung durch das Institut für Biometrie Tübingen durch mich. Ich versichere, das Manuskript selbstständig verfasst zu haben und keine weiteren als die von mir angegebenen Quellen verwendet zu haben.

Friedrichshafen, den 18.12.2018

Danksagung

An erster Stelle möchte ich meinem Doktorvater – Prof. Dr. Hans-Christian Heitkamp – danken, der mir die Dissertation überlassen hat und mir jederzeit mit wissenschaftlichem Rat zur Seite stand, Fragen sehr zeitnah beantwortete und mich ermutigte, die Dissertation voranzubringen. Ganz besonders angenehm und sicherlich nicht selbstverständlich empfand ich das unkomplizierte und freundliche Arbeitsverhältnis. Des Weiteren möchte ich mich bei Annika Lang bedanken, die mich jederzeit unterstützte, ermutigte und entlastete während der Zeit des Schreibens. Ebenso danke ich meiner Familie, die mir das Studium der Medizin ermöglichte und so einen denkbar großen Anteil am Entstehen dieser Dissertation hatte. Schließlich bedanke ich mich bei Dr. Michael Kallinich, mit dem die Datenerhebung zielstrebig abgeschlossen werden konnte. Gerade sein professioneller Umgang mit den Geräten ermöglichte ein zügiges Vorschreiten der Datenerhebung. Abschließend möchte ich mich ganz herzlich bei allen Teilnehmern des Präventionssports und den Knie- und Hüftsportgruppen Tübingen bedanken, die mit großem Interesse, Geduld und hoher Teilnehmerzahl die Studie ermöglichten.

8. Anhang

Anamnesebogen 1/3

Studie: Lipid- und Kohlenhydratstoffwechsel bei allen Teilnehmern der Hüft- und Kniesportgruppen und bei den anderen aktiven Präventionssportlern

Anamnesebogen Probandennummer.....

1. Eigenanamnese

Alter:..... Geschlecht:..... Größe:.....cm Gewicht:.....kg

Ernährungsbesonderheiten: nein vegetarisch fettarm andere, wenn ja welche:
.....

Genussmittel:

| | | täglich | 1-3 x pro Woche | selten | nie |
|----------|-------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Alkohol: | Bier/Wein | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | Spirituosen | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Rauchen: wie viele Jahre..... Wie viele pro Tag..... Wann aufgehört.....

Allergien: nein ja, welche:.....
.....

Medikamente: keine
 aktuelle Medikation:.....
.....

Erkrankungen der inneren Organe:

Herz-Kreislauf: ICH Hypertonie AP Herzinfarkt andere.....
.....

Lungen/Bronchien: Asthma COPD Lungenembolie andere.....
.....

Stoffwechsel/Hormone: Diabetes mell. Typ II. Hypercholesterinämie (Blutfetterhöhung)
 andere.....

Maligne Erkrankungen:.....
.....

Anamnesebogen 2/3

Erkrankungen am Stütz- und Bewegungsapparat:

Arthrose: nein ja, welche(s) Gelenk(e).....
seit wann.....

Gelenkprothesen: nein ja, welche(s) Gelenk(e).....
seit wann.....

Wirbelsäulenbeschwerden: nein ja, welche.....
.....

Andere: nein ja, welche.....

Operationen: nein ja, welche.....

Unfälle/Frakturen: nein ja, welche.....

2. Familienanamnese

Herz-Kreislauf-Erkrankungen bei Eltern od. Kindern: nein ja, welche.....

Krebserkrankungen bei Eltern od. Kindern: nein ja, welche.....

3. Sportanamnese

Knie- und Hüftsportgruppe andere Präventionsportgruppen

Gegenwärtige Sportarten:

| | seit wann | Einheiten/W. | Dauer/Einheit | Intensität | km/W. |
|----|-----------|--------------|---------------|------------|-------|
| 1. | | | | | |
| 2. | | | | | |
| 3. | | | | | |
| 4. | | | | | |
| 5. | | | | | |

Körperliche Aktivität in Haushalt und Garten: nein ja, wie viele Stunden/W.:.....

Leistungssport im Kindesalter: nein ja, welchen.....

s. Tab. Spalte 1.

Frühere Sportarten:

| | wie viele Jahre | Einheiten/W. | Dauer/Einheit | Intensität | km/W. |
|----|-----------------|--------------|---------------|------------|-------|
| 1. | | | | | |
| 2. | | | | | |
| 3. | | | | | |
| 4. | | | | | |
| 5. | | | | | |

Seit wie vielen Jahren nutzen Sie das Angebot der Präventionsportgruppen?.....

Anamnesebogen 3/3

Studie: Lipid- und Kohlenhydratstoffwechsel bei allen Teilnehmern der Hüft- und Knie sportgruppen und bei den anderen aktiven Präventionssportlern

Messergebnisse

Probandennummer.....

BMI: $\frac{\text{Körpergewicht [kg]}}{(\text{Körpergröße [m]})^2} =$

Bauchumfang [cm]:

waist-to-hip-ratio: $\frac{\text{Bauchumfang [cm]}}{\text{Hüftumfang [cm]}} =$

Hüftumfang [cm]:

Körperfettgehalt [%]:

Blutwerte:

Cholesterin [mg/dl]:

LDL [mg/dl]:

HDL [mg/dl]:

Triglyceride [mg/dl]:

Blutzucker [mg/dl]:

HbA1c [%]:

Einwilligung Datenschutz 1/1



Medizinische Klinik und Poliklinik
Abteilung Sportmedizin
Sülicherstr. 5
72076 Tübingen
Prof. Dr. Il. Ch. Heitkamp

Tel./Fax: 07071-29-80696/-5162
E-Mail: hano-christian.heitkamp@
med.uni-tuebingen.de

Information und Einwilligungserklärung zum Datenschutz

Studie: Lipid- und Kohlenhydratstoffwechsel nach mehrjähriger Teilnahme am Präventionssport und am Hüft- und Kniesport ohne Ausdauerkomponente

Bei wissenschaftlichen Studien werden persönliche Daten und medizinische Befunde über Sie erhoben. Die Weitergabe, Speicherung und Auswertung dieser studienbezogenen Daten erfolgt nach gesetzlichen Bestimmungen und setzt vor Teilnahme an der Studie folgende Einwilligung voraus:

Ich erkläre mich damit einverstanden, dass die im Rahmen dieser Studie erhobenen Daten ohne Namensnennung auf Fragebögen und elektronischen Datenträgern aufgezeichnet werden.

Die Weitergabe der erhobenen Daten an Dritte, d. h. Personen, die mit der weiteren Bearbeitung, der Auswertung sowie die Veröffentlichung der Daten betraut sind, erfolgt ausschließlich in anonymisierter Form (d. h. ein Personenbezug kann anhand dieser Daten nicht hergestellt werden).

Wegen der Anonymisierung der Daten kann bei einem späteren Rücktritt von der Studie keine Löschung derselben mehr erfolgen. Die Daten werden in der Abteilung Sportmedizin in einem verschließbaren Raum in einem abgeschlossenen Schrank sowie in zugangsbeschränkten Computerfiles abgelegt. Zugangsberechtigt sind nur die unmittelbar mit der Studie beschäftigten Doktoranden und der Studienleiter.

Ort, Datum

Name

Unterschrift

Einwilligung Studienteilnahme 1/1



Medizinische Klinik und Palliatrik
Abteilung Sportsmedizin
Silberstr. 5
72076 Tübingen
Prof. Dr. H. Ch. Heikamp

Tel./Fax: 07071-29-80696/-5162
E-Mail: hans-christian.heikamp@
med.uni-tuebingen.de

Einwilligungserklärung zur Studienteilnahme

Studie: Lipid- und Kohlenhydratstoffwechsel nach mehrjähriger Teilnahme am Präventionssport und am Hüft- und Kniesport ohne Ausdauerkomponente

Hiermit erkläre ich, dass ich über die Ziele, den Ablauf, die Dauer und den Nutzen der Studienteilnahme schriftlich und mündlich aufgeklärt worden bin.

Die Teilnahmeinformationen habe ich gelesen und hatte ich die Möglichkeit, Fragen dazu zu stellen. Kopien des Informationsblattes und der Einwilligungserklärung habe ich erhalten.

Ich bin darüber informiert, dass die Teilnahme an der Untersuchung vollkommen freiwillig ist und ich das Einverständnis zur Teilnahme jederzeit und ohne Angabe von Gründen widerrufen kann. Dadurch würden keine Nachteile, auch nicht in der Behandlung in der Sportmedizin Tübingen, für mich entstehen.

Ort, Datum

Unterschrift Teilnehmer

Ort, Datum

Unterschrift Arzt

Informationsblatt 1/2



Medizinische Klinik und Poliklinik
Abteilung Sportmedizin
Silberstr. 5
72076 Tübingen
Prof. Dr. H. Ch. Heitkamp

Tel./Fax: 07071-29-80696/-5162
E-Mail: hase-christian.heitkamp@
med.uni-tuebingen.de

INFORMATIONSBLATT

Studie: Lipid- und Kohlenhydratstoffwechsel nach mehrjähriger Teilnahme am Präventionssport und am Hüft- und Kniesport ohne Ausdauerkomponente

Lieber Studieninteressent,

Ausdauertraining wirkt sich nicht nur auf den Fett-, sondern auch auf den Kohlenhydratstoffwechsel günstig aus. Man kann sich sehr gut vorstellen, dass jegliche körperliche Aktivität zum Verbrauch von Kohlenhydraten beiträgt und damit den Kohlenhydratstoffwechsel günstig beeinflusst. Besonders Ausdauertraining gilt als optimal, weil es nicht nur zu einer Senkung des Nüchternblutzuckers, sondern auch zu einer verbesserten Glukosetoleranz beiträgt, das heißt bei einer kohlenhydratreichen Mahlzeit steigt der Blutzucker nicht mehr so stark an, wenn längere Zeit Ausdauertraining absolviert wurde. Wiederholt auftretende Blutzuckerspitzen führen zu einer Veränderung der körpereigenen Eiweiße; dies nennt man Glykolisierung.

Fett- und Kohlenhydratstoffwechsel werden durch die familiäre Belastung, persönliche Vorerkrankungen, Operationen und Lebensweise, Sport, Nahrungs- und Genussmittel, sowie die Einnahme von Medikamenten unterschiedlich stark beeinflusst. Um diese Einflüsse zu erfassen, werden Sie gebeten, einen Fragebogen zu diesen Punkten zu beantworten.

Beide Stoffwechsellbereiche lassen sich durch eine einfache Blutuntersuchung aus wenigen Tropfen Blut übersichtsmäßig erfassen. Hierzu werden aus dem Mikroblut aus dem Ohrflüppchen Gesamtcholesterin, Triglyzeride, HDL- und LDL-Cholesterin, sowie für den Kohlenhydratstoffwechsel der Langzeitblutzucker HbA_{1c} und der aktuelle Glukosewert bestimmt.

Informationsblatt 2/2

Zusammengefasst ergeben sich folgende Studienziele:

1. Hat eine mehrjährige Teilnahme am Präventionssport einen günstigen Einfluss auf den Lipid- und Kohlenhydratstoffwechsel?
2. Ist dagegen eine mehrjährige Teilnahme am Hüft- und Kniesport weitgehend ohne günstige Auswirkung auf den Lipid- und Kohlenhydratstoffwechsel?

Vor der Gewinnung des Blutes aus dem Ohrläppchen wird dasselbe mit einer hyperämisierenden Salbe (Finalgon) eingerieben. Hierbei handelt es sich um eine frei verkäufliche Salbe mit den Wirkstoffen Nonylvanillamid und Nikotinsäure-Beta-Butoxyethylester. Falls Sie gegen diese Wirkstoffe allergisch sind, wird die Salbe nicht aufgetragen. Falls Sie die Salbe an die Finger bekommen, müssen dieselben gereinigt werden, damit diese Wirkstoffe nicht an die Schleimhäute gebracht werden können. Die Salbe wird vom Untersucher wieder komplett entfernt und nach Punktion durch eine sterile Lanzette werden mehrere Tropfen Blut aus dem Ohrläppchen entnommen. In seltenen Fällen können örtlich begrenzte Hautreizungen bis zur Entzündung, mit Rötung, Schwellung und Schmerzen, vorkommen und komplikationslos wieder verschwinden. Sie ist der einzige denkbare ungünstige Effekt der Untersuchung.

Dem gegenüber stehen die für Sie persönlich günstigen Effekte: Sie erfahren sofort den aktuellen Stand Ihrer Blutfette, also Cholesterin, Triglyzeride, HDL- und LDL-Cholesterin, sowie den aktuellen Blutzucker und den Wert des Langzeitblutzuckers HbA1c. Der gesamte Zeitaufwand beträgt ca. 15-20 Minuten. Klären Sie bitte mit Ihrem Hausarzt, ob gegen Ihre Teilnahme an der Blutuntersuchung Bedenken bestehen. Es ist zu erwarten, dass etwa 300-400 Teilnehmer am Präventionssport bei dieser Untersuchung mitmachen.

Die Teilnahme an dieser Untersuchung ist freiwillig, und von der Teilnahme kann jederzeit zurückgetreten werden. Dadurch entstehen keinerlei Nachteile für die Teilnahme am Präventionssport, allerdings lassen sich bei einem späteren Rücktritt die Daten nicht eliminieren, da es sich um eine anonymisierte Studie handelt und wir nicht in der Lage sind, einzelne Messwerte bestimmten Personen zuzuordnen.

Durch Ihr Interesse an der Teilnahme an dieser Studie tragen Sie dazu bei, langfristige Effekte des Präventions- und Hüftsportes auf degenerative Gefäßkrankungen zu belegen. Das zu erwartende Ergebnis kann zu einer besseren Akzeptanz der Präventionsbemühungen des Vorstandes der Präventionssportgruppen Tübingen führen. Denn wir gehen von der Annahme aus, dass regelmäßige Teilnahme am Präventionssport sich besonders günstig auf den Lipidstoffwechsel auswirkt und somit vor degenerativen Gefäßkrankungen schützt. Besonders interessiert die Frage, ob die Teilnehmer am Hüft- und Kniesport, die naturgemäß weniger umfangreich Ausdauersport betreiben können, ungünstigere Lipidparameter aufweisen.