



Lehrstuhl für Präventive und Rehabilitative Sportmedizin der Technischen
Universität München

Interventionsstudie „Kinder und Jugendliche als Gesundheitsexperten -
JuvenTUM Stufe 3“

Datenanalyse der Aussagekraft von anthropometrischen Parametern in Bezug
auf kardiometabolische Risikofaktoren über den Zeitraum von 18 Monaten.

Patrizia Aniko Dobos

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Medizin der Technischen
Universität München zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktors
der Medizin genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Prof. Dr. Ernst J. Rummeny

Prüfer der Dissertation

1. Prof. Dr. Martin Halle

2. Priv.-Doz. Dr. Andreas Eicken

Die Dissertation wurde am 13.04.2016 bei der Technischen Universität
München eingereicht und durch die Fakultät für Medizin am 17.12.2016
angenommen.

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Inhaltsverzeichnis | 2 |
| Abkürzungen und Fachbegriffe:..... | 7 |
| Tabellenverzeichnis | 10 |
| Formelverzeichnis..... | 13 |
| Zusammenfassung | 14 |
| Abstract..... | 16 |
| 1. EINLEITUNG..... | 17 |
| 1.1. Prävalenz von Übergewicht und Adipositas..... | 18 |
| 1.2. Folgeerkrankungen von Übergewicht und Adipositas..... | 19 |
| 1.3. Risikofaktoren der Entstehung von Übergewicht und Adipositas bei Kindern | 21 |
| 1.4. Das metabolische Syndrom bei Kindern und Jugendlichen | 22 |
| 1.5. Übergewicht und Typ-2-Diabetes | 25 |
| 2. ERFASSUNG VON ÜBERGEWICHT UND ADIPOSITAS | 27 |
| 2.1. Entwicklung von Cut-Off-Werten für Übergewicht und Adipositas bei Kindern und internationale Referenzperzentile | 27 |
| 2.2. Klassifizierung von Übergewicht und Adipositas durch Anthropometrie und der Zusammenhang mit dem kardiometabolischen Risiko | 31 |
| 2.2.1. BMI..... | 31 |
| 2.2.2. BMI-SDS | 32 |
| 2.2.3. Weight-to-Height Ratio | 33 |
| 2.2.4. Bauchumfang | 33 |
| 2.2.5. Waist-to-Height Ratio | 35 |
| 2.2.6. Hautfaltendickemessung | 36 |

| | |
|--|----|
| 2.2.7. Oberarmumfang | 37 |
| 2.3. Weitere Messmethoden zur Erfassung des prozentualen Körperfettanteils | 38 |
| 2.3.1. Magnetresonanztomographie (MRT) | 38 |
| 2.3.2. Computertomographie (CT) | 38 |
| 2.3.3. Dual-Energy X-ray Absorptiometry (DEXA) | 38 |
| 2.3.4. Hydro-Densiometrie | 39 |
| 2.3.5. Air-Displacement Plethysmography | 39 |
| 2.3.6. Bioelectrical Impedance Analysis (BIA)..... | 39 |
| 3. ERGEBNISSE SCHULBASIERTER INTERVENTIONSSTUDIEN ZUR ADIPOSITASPRÄVENTION | 40 |
| 4. METHODIK UND DESIGN DER STUDIE | 45 |
| 4.1. Inhalt der Studie | 45 |
| 4.2. Studienziele | 46 |
| 4.3. Design der Studie | 48 |
| 4.4. Untersuchungen in der Studie | 49 |
| 4.4.1. BMI, BMI-Perzentile und BMI-SDS | 50 |
| 4.4.2. Bauchumfang | 50 |
| 4.4.3. Oberarmumfang | 50 |
| 4.4.4. Hautfaltendickemessung | 50 |
| 4.4.5. Blutdruck | 51 |
| 4.4.6. Untersuchung von Laborparametern..... | 51 |
| 4.4.7. Erfassung der Gefäßstruktur und -funktion | 52 |
| 4.4.8. Erfassung der körperlichen Leistungsfähigkeit, Aktivität und des Medienkonsums | 52 |
| 4.4.9. Gesundheitswissen, Lebensqualität und Ernährungsverhalten | 52 |
| 4.5. Fragestellungen der Doktorarbeit | 53 |
| 4.6. Statistische Auswertung..... | 53 |
| 5. ERGEBNISSE | 56 |
| 5.1. Die Studienpopulation im Überblick | 56 |
| 5.1.1. Anthropometrische Parameter bei Projektbeginn (Visit 1) | 57 |

| | | |
|--------|---|----|
| 5.1.2. | Anthropometrische Parameter nach 18 Monaten (Visit 3) | 58 |
| 5.1.3. | Kardiometabolische Risikoparameter zu Projektbeginn (Visit 1)..... | 59 |
| 5.1.4. | Kardiometabolische Risikoparameter nach 18 Monaten (Visit 3).... | 60 |
| 5.2. | Beschreibung der Studienpopulation getrennt nach Geschlechtern zu Projektbeginn und nach 18 Monaten | 61 |
| 5.2.1. | Anthropometrische Daten aller Mädchen zu Projektbeginn (Visit 1) | 61 |
| 5.2.2. | Anthropometrische Daten aller Mädchen nach 18 Monaten (Visit 3) | 62 |
| 5.2.3. | Kardiometabolische Risikofaktoren der Mädchen zu Projektbeginn (Visit 1) | 63 |
| 5.2.4. | Kardiometabolische Risikofaktoren der Mädchen nach 18 Monaten (Visit 3) | 64 |
| 5.2.5. | Anthropometrische Daten aller Jungen zu Projektbeginn (Visit 1) .. | 65 |
| 5.2.6. | Anthropometrische Daten aller Jungen nach 18 Monaten (Visit 3) .. | 66 |
| 5.2.7. | Kardiometabolische Risikofaktoren der Jungen zu Projektbeginn (Visit 1) | 67 |
| 5.2.8. | Kardiometabolische Risikofaktoren der Jungen nach 18 Monaten (Visit 3) | 68 |
| 5.3. | Prävalenz von Übergewicht | 69 |
| 5.3.1. | Prävalenz von Übergewicht anhand des BMI aller Kinder zu Projektbeginn und nach 18 Monaten..... | 69 |
| 5.3.2. | Prävalenz von Übergewicht anhand des Bauchumfangs aller Kinder zu Projektbeginn und nach 18 Monaten..... | 69 |
| 5.4. | Kardiometabolisches Risikoprofil bei Visit 1 und 3 | 70 |
| 5.4.1. | Prävalenz der kardiometabolischen Risikofaktoren aller Kinder zu Projektbeginn (Visit 1) | 70 |
| 5.4.2. | Prävalenz der kardiometabolischen Risikofaktoren aller Kinder nach 18 Monaten (Visit 3) | 71 |
| 5.4.3. | Korrelation der anthropometrischen Parameter mit den kardiometabolischen Risikofaktoren aller Kinder zu Projektbeginn (Visit 1) | 71 |

| | | |
|--------|---|----|
| 5.4.4. | Korrelation der anthropometrischen Parameter mit den kardiometabolischen Risikofaktoren aller Kinder nach 18 Monaten (Visit 3) | 73 |
| 5.4.5. | Korrelation anthropometrischer Parameter untereinander zu Studienbeginn (Visit 1) | 74 |
| 5.5. | Zusammenhang zwischen den anthropometrischen Parametern und den kardiometabolischen Risikofaktoren... | 75 |
| 5.5.1. | Einfluss der anthropometrischen Parameter auf die Höhe des Blutdrucks zu Projektbeginn (Visit 1)..... | 75 |
| 5.5.2. | Einfluss der anthropometrischen Parameter auf die Höhe des Blutdrucks nach 18 Monaten (Visit 3)..... | 76 |
| 5.5.3. | Einfluss der anthropometrischen Parameter auf die Höhe der Laborparameter zu Projektbeginn (Visit 1)..... | 77 |
| 5.5.4. | Einfluss der anthropometrischen Parameter auf die Höhe der Laborparameter nach 18 Monaten (Visit 3)..... | 78 |
| 5.6. | Sensitivität und Spezifität der anthropometrischen Parameter in Bezug auf die kardiometabolischen Risikofaktoren zu Projektbeginn und nach 18 Monaten | 79 |
| 5.6.1. | Sensitivität und Spezifität der anthropometrischen Parameter bezüglich des Blutdrucks zu Projektbeginn (Visit 1)..... | 80 |
| 5.6.2. | Sensitivität und Spezifität der anthropometrischen Parameter bezüglich des Blutdrucks nach 18 Monaten (Visit 3)..... | 81 |
| 5.6.3. | Sensitivität und Spezifität der anthropometrischen Parameter in Bezug auf die Laborwerte zu Projektbeginn (Visit 1) | 82 |
| 5.6.4. | Sensitivität und Spezifität der anthropometrischen Parameter in Bezug auf die Laborwerte nach 18 Monaten (Visit 3) | 83 |
| 5.7. | Auswirkungen der Intervention auf die Messparameter..... | 84 |
| 5.7.1. | Vergleich der Veränderungen der anthropometrischen Parameter zwischen der Interventions- und Kontrollgruppe im Untersuchungszeitraum | 84 |
| 5.7.2. | Veränderungen der anthropometrischen Parameter innerhalb der Gruppen im Untersuchungszeitraum..... | 84 |

| | |
|---|-----|
| 5.7.3. Vergleich der Veränderungen der kardiometabolischen Risikofaktoren zwischen der Interventions- und Kontrollgruppe im Untersuchungszeitraum | 86 |
| 5.7.4. Veränderungen der kardiometabolischen Risikofaktoren innerhalb der Gruppen im Untersuchungszeitraum | 86 |
| 6. DISKUSSION | 88 |
| 6.1. Übergewicht und Adipositas im Kindesalter und die Relevanz der Prävention..... | 88 |
| 6.2. Prädiktive Wertigkeit der anthropometrischen Parameter das Gesundheitsrisiko bei Kindern im Altersverlauf betreffend | 89 |
| 6.3. Einfluss der anthropometrischen Parameter auf die Ausprägung der kardiometabolischen Risikofaktoren..... | 91 |
| 6.4. Sensitivität und Spezifität der anthropometrischen Parameter in Bezug auf das kardiometabolische Risiko bei Kindern | 93 |
| 6.5. Interventionseffekte auf die anthropometrischen und kardiometabolischen Parameter | 95 |
| 6.6. Limitierungen und Stärken | 98 |
| 6.7. Ausblick..... | 100 |
| Literaturverzeichnis..... | 102 |
| Danksagung..... | 115 |

Abkürzungen und Fachbegriffe:

| | |
|------------------|---|
| AGA: | Arbeitsgemeinschaft Adipositas im Kindes- und Jugendalter |
| Alpha: | Signifikanzniveau, die Wahrscheinlichkeit, die Nullhypothese fälschlicherweise abzulehnen (Fehler 1. Art) |
| Android Obesity: | Abdominelle Fettleibigkeit |
| Anthropometrie: | Lehre der Messung von Körpermaßen (z.B. Bauchumfang, Körpergröße, Körpergewicht), eingeordnet anhand von Referenzwerten der Vergleichsbevölkerung |
| AUC: | Area Under the Curve, Fläche unter der ROC-Kurve, liegt zwischen 0,5 und 1. Maß für die Güte eines Tests |
| BMI: | Body-Mass-Index (kg/m^2) |
| BMI-SDS: | Standard Deviation Score des BMI. Abweichung des individuellen BMI vom durchschnittlichen alters- und geschlechtsabhängigen BMI |
| BU: | Bauchumfang |
| CHOL: | Gesamtcholesterin |
| CI: | Konfidenzintervall, Genauigkeit der Lageschätzung eines Parameters. Bei einem Konfidenzniveau von 95 % enthalten 95 % der aufgrund der Daten berechneten Konfidenzintervalle den wahren Wert. |
| CRP: | C-reaktives Protein |
| CT: | Computertomographie |
| Cut-Off-Wert: | Grenz- oder Schwellenwert, der in diagnostischen Tests zwischen einem positiven und einem negativen Testergebnis unterscheidet (z.B. krank/gesund) |

| | |
|--------------|--|
| DBP: | Diastolic Blood Pressure, diastolischer Blutdruck |
| DEXA: | Dual-Energy X-ray Absorptiometry |
| GLU: | Nüchtern glukose |
| HDL-C: | High Density Lipoprotein-Cholesterin |
| IDF: | International Diabetes Federation |
| IL-6: | Interleukin 6 |
| IOTF: | International Obesity Task Force |
| IS: | Interventionsschule |
| KiGGS: | Kinder- und Jugend Gesundheitssurvey, Langzeitstudie des Robert Koch-Instituts zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen in Deutschland |
| KS: | Kontrollschule |
| LDL-C: | Low Density Lipoprotein-Cholesterin |
| LMS-Methode: | Berechnung der Zeitverläufe der drei Parameter L (Schiefe), M (Median) und S (Variationskoeffizient = Standardabweichung/Mittelwert) nach Cole |
| MRI: | Magnetic Resonance Imaging, Magnetresonanztomographie |
| MW: | Mittelwert |
| n: | Anzahl der Probanden |
| NCHS: | National Center for Health Statistics |
| NHANES: | National Health and Nutrition Examination Surveys |
| OU: | Oberarmumfang |

| | |
|------------|--|
| p-Wert: | Signifikanzwert, Überschreitungswahrscheinlichkeit (p: engl. probability) des beobachteten Prüfgrößenwerts, wenn die Nullhypothese wahr ist |
| r: | Korrelationskoeffizient nach Pearson |
| r_s : | Spearman's Rangkorrelationskoeffizient |
| R^2 : | Determinationskoeffizient, das heißt der Anteil der Varianz einer abhängigen Variable, der durch eine oder mehrere unabhängige Variablen bestimmt wird |
| ROC-Kurve: | Receiver Operating Characteristic, Kurvendarstellung von Sensitivität und Spezifität, die Häufigkeitsverteilungen zeigt |
| SBP: | Systolic Blood Pressure, systolischer Blutdruck |
| SD: | Standardabweichung, gibt an, wie weit die einzelnen Messwerte durchschnittlich vom Mittelwert entfernt sind |
| TG: | Triglyzeride |
| Tracking: | Ein Risikofaktor setzt sich vom Kindes- ins Erwachsenenalter fort. |
| WHO: | World Health Organization, Weltgesundheitsorganisation |
| WHR: | Weight-to-Height Ratio, Quotient aus Gewicht und Größe (kg/m) |
| WtHR: | Waist-to-Height Ratio, Quotient aus Bauchumfang und Körpergröße |

Tabellenverzeichnis

| | |
|--|----|
| Tabelle 1: WHO-Kriterien für das Vorliegen eines metabolischen Syndroms (1998)..... | 23 |
| Tabelle 2: National Cholesterol Education Programme/Adult Treatment Panel III-Kriterien (NCEP-ATP III) für das metabolische Syndrom (2001) | 24 |
| Tabelle 3: Kriterien der IDF für das Vorliegen eines metabolischen Syndroms (2006)..... | 24 |
| Tabelle 4: Diagnosekriterien für das metabolische Syndrom des Konsensus Artikels der IDF Task Force (Alberti, K. G. et al., 2009)..... | 25 |
| Tabelle 5: Cut-Off-Werte des metabolischen Syndroms bei Kindern und Jugendlichen im Alter von 10 - 16 Jahren gemäß des Consensus-Reports der IDF (Zimmet, P. et al., 2007)..... | 25 |
| Tabelle 6: BMI-Klassifikation bei Kindern gemäß der Perzentile von Kromeyer-Hauschild..... | 28 |
| Tabelle 7: Bauchumfangs-Klassifikation bei Kindern anhand der Bauchumfangs-Perzentile nach Kromeyer-Hauschild..... | 34 |
| Tabelle 8: Klassifizierung des Waist-to-Height Ratio | 35 |
| Tabelle 9: Übersicht aller in der Studie durchgeführten Untersuchungen..... | 49 |
| Tabelle 10: Grenzwerte für Hypertonie bei Kindern gemäß der IDF-Empfehlung (Zimmet, P. et al., 2007) | 51 |
| Tabelle 11: Grenzwerte der kardiometabolischen Risikofaktoren gemäß der IDF (Zimmet 2007)..... | 51 |
| Tabelle 12: Einteilung der Accuracy der Area Under the Curve.. | 55 |
| Tabelle 13: Anthropometrie aller untersuchten Kinder bei Projektbeginn (Visit 1)..... | 57 |

| | |
|---|----|
| Tabelle 14: Anthropometrie aller untersuchten Kinder nach 18 Monaten (Visit 3)..... | 58 |
| Tabelle 15: Kardiometabolische Risikofaktoren aller untersuchten Kinder zu Projektbeginn (Visit 1)..... | 59 |
| Tabelle 16: Kardiometabolische Risikofaktoren aller untersuchten Kinder nach 18 Monaten (Visit 3)..... | 60 |
| Tabelle 17: Anthropometrische Daten aller untersuchten Mädchen zu Projektbeginn (Visit 1) | 61 |
| Tabelle 18: Anthropometrische Daten aller untersuchten Mädchen nach 18 Monaten (Visit 3) | 62 |
| Tabelle 19: Kardiometabolische Risikoparameter aller untersuchten Mädchen zu Projektbeginn (Visit 1)..... | 63 |
| Tabelle 20: Kardiometabolische Risikoparameter aller untersuchten Mädchen nach 18 Monaten (Visit 3)..... | 64 |
| Tabelle 21: Anthropometrische Daten aller untersuchten Jungen zu Projektbeginn (Visit 1) | 65 |
| Tabelle 22: Anthropometrische Daten aller untersuchten Jungen nach 18 Monaten (Visit 3) | 66 |
| Tabelle 23: Kardiometabolische Risikoparameter aller untersuchten Jungen zu Projektbeginn (Visit 1)..... | 67 |
| Tabelle 24: Kardiometabolische Risikoparameter aller untersuchten Jungen nach 18 Monaten (Visit 3)..... | 68 |
| Tabelle 25: Prävalenz kardiometabolische Risikofaktoren aller untersuchten Kinder zu Projektbeginn (Visit 1)..... | 70 |
| Tabelle 26: Prävalenz kardiometabolische Risikofaktoren aller untersuchten Kinder nach 18 Monaten (Visit 3)..... | 71 |
| Tabelle 27: Korrelation der anthropometrischen Parameter mit den kardiometabolischen Risikofaktoren zu Projektbeginn (Visit 1) | 72 |

| | |
|--|----|
| Tabelle 28: Korrelation der anthropometrischen Parameter mit den kardiometabolischen Risikofaktoren nach 18 Monaten (Visit 3) | 73 |
| Tabelle 29: Korrelation der anthropometrischen Parameter untereinander zu Projektbeginn (Visit 1) | 74 |
| Tabelle 30: Einfluss der anthropometrischen Parameter auf die Varianz des systolischen Blutdrucks (Visit 1)..... | 75 |
| Tabelle 31: Einfluss der anthropometrischen Parameter auf die Varianz des Blutdrucks (Visit 3) | 76 |
| Tabelle 32: Einfluss der anthropometrischen Parameter auf die Varianz der Laborparameter (Visit 1) | 77 |
| Tabelle 33: Einfluss der anthropometrischen Parameter auf die Varianz der Laborparameter unter Adjustierung von Geschlecht und Alter nach 18 Monaten (Visit 3)..... | 78 |
| Tabelle 34: Sensitivität und Spezifität der anthropometrischen Parameter bezüglich des Blutdrucks bei Projektbeginn (Visit 1).. | 80 |
| Tabelle 35: Sensitivität und Spezifität der anthropometrischen Parameter in Bezug auf den Blutdruck nach 18 Monaten (Visit 3) | 81 |
| Tabelle 36: Sensitivität und Spezifität der anthropometrischen Parameter in Bezug auf das LDL-Cholesterin und die Triglyzeride bei Projektbeginn (Visit 1) | 82 |
| Tabelle 37: Sensitivität und Spezifität der anthropometrischen Parameter in Bezug auf das HDL-Cholesterin bei Projektbeginn (Visit 1) | 83 |
| Tabelle 38: Sensitivität und Spezifität der anthropometrischen Parameter in Bezug auf die Laborwerte nach 18 Monaten (Visit 3) | 84 |

Tabelle 39: Interventionseffekt auf die anthropometrischen Parameter und ihre Entwicklung innerhalb der Interventions- und Kontrollgruppe im Zeitraum von 18 Monaten 85

Tabelle 40: Interventionseffekt auf die kardiometabolischen Risikofaktoren und ihre Entwicklung innerhalb der Interventions- und Kontrollgruppe im Zeitraum von 18 Monaten 87

Formelverzeichnis

| | |
|--|----|
| Formel 1 Berechnung des Z-Score | 30 |
| Formel 2 Berechnung des BMI | 31 |
| Formel 3 Berechnung des BMI-SDS | 33 |
| Formel 4 Berechnung der Weight-to-Height Ratio | 33 |

Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurden im Rahmen des schulbasierten Interventionsprojektes „Kinder und Jugendliche als Gesundheitsexperten - JuvenTUM Stufe 3“ seit 2008 Kinder an Mittel- und Realschulen im Raum München untersucht. Die Schulen wurden randomisiert in 7 Kontrollschulen und 8 Interventionsschulen aufgeteilt. An der Studie nahmen 320 Kinder in Interventions- und 258 in Kontrollschulen, davon 246 Mädchen und 332 Jungen im durchschnittlichen Alter von 11,1 Jahren teil. In der vorliegenden Arbeit wurden die Daten von Visit 1 und 3 (nach 18 Monaten) ausgewertet. Die Intervention bestand aus wöchentlichen Unterrichtsstunden zum gesunden Lebensstil. Das Ziel der vorliegenden Arbeit war die Evaluation der hier untersuchten anthropometrischen Parameter BMI, BMI-SDS, Weight-to-Height Ratio, Bauchumfang, Waist-to-Height Ratio, Oberarmumfang und Hautfaltendickemessung, um das kardiometabolische Gesundheitsrisiko vorherzusagen. Zudem wurde überprüft, ob sich die kardiometabolischen Risikofaktoren und die anthropometrischen Messparameter durch die Intervention beeinflussen ließen. Schwache bis mittlere Korrelationen bestanden zwischen den anthropometrischen Parametern und den kardiometabolischen Risikofaktoren. Die erklärte Varianz der anthropometrischen Parameter in Bezug auf die kardiometabolischen Risikofaktoren lag zwischen fünf bis 15 %. Für die Risikofaktoren systolischer und diastolischer Blutdruck, HDL-Cholesterin und Triglyzeride waren alle anthropometrischen Parameter signifikante Prädiktoren. Bei der Überprüfung der Veränderungen der anthropometrischen Parameter zwischen Visit 1 und Visit 3 zwischen den beiden Gruppen zeigten sich keine signifikanten Gruppenunterschiede. Im Gegensatz kam es in beiden Gruppen sogar zu einem Anstieg der anthropometrischen Parameter im Studienverlauf. Ein signifikanter Gruppenunterschied bestand bezüglich der kardiometabolischen Risikofaktoren. So fanden sich eine signifikant stärkere Abnahme des diastolischen Blutdrucks und der Nüchtern glukose und eine signifikant geringere Abnahme des HDL-Cholesterins in der Interventionsgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe. Entsprechend konnte in der vorliegenden Studie

gezeigt werden, dass dieses Interventionsprogramm mit Bewegungs- und Ernährungsschulung einen positiven Effekt auf das kardiometabolische Risikoprofil der Kinder hatte.

Abstract

In the present thesis the effects of the school-based intervention program “Children and Adolescents as Health Experts – JuvenTUM Step 3” was studied. In this study children of 15 lower and medium level high schools (German Mittelschule and Realschule) in Munich, Germany were examined. The schools were randomly assigned to the control or experimental condition. The sample consisted of 246 girls and 332 boys. In the study 320 children were in intervention schools and 258 children in control schools. The average age at the beginning of the study was 11.1 years. In the present work the data of visit 1 and visit 3 (after 18 months) were analyzed. The interventions were lifestyle lessons. The aim of the present work was to evaluate the ability of the anthropometric parameters BMI, BMI-SDS, weight-to-height ratio, waist circumference, waist-to-height ratio, upper arm circumference and skinfold thickness to predict the cardiovascular risk of children. Moreover the ability of the intervention to influence the anthropometric parameters and the cardiovascular risk factors was examined. Weak and medium correlations could be found between all anthropometric parameters and the cardiovascular risk factors. Furthermore, the anthropometric parameters could predict five to 15 % of the variance of the cardiometabolic risk factors. For the risk factors systolic and diastolic blood pressure, HDL-cholesterol and triglycerides, all anthropometric parameters were significantly correlated. To answer the question, whether the intervention of the JuvenTUM step 3 study had an effect, the changes between visit 1 and visit 3 were measured. No significant group changes could be found regarding the anthropometric parameters. In contrast, in both groups, a significant increase of the anthropometric parameters could be seen. However, a significant group difference was found regarding the cardiometabolic risk factors. A significant decrease of the systolic blood pressure and the blood glucose level and a significantly smaller decrease of the HDL-cholesterol were found in the intervention group, compared to the control group. In summary, the JuvenTUM step 3 study with measures to increase physical activity and with dietary instructions had a positive effect on the cardiometabolic risk of children.

1. Einleitung

Durch Übergewicht und Adipositas entsteht gemäß der Weltgesundheitsorganisation (WHO) ein gravierendes, globales Gesundheitsproblem (Dobbins, M. et al., 2013). Die Kosten, die durch Übergewicht und Adipositas für die Gesellschaft durch Arbeitsausfälle und Krankenhausaufenthalte anfallen, sind enorm. So lagen im Jahr 2002 die direkt durch Übergewicht und Adipositas verursachten Gesundheitskosten bei 4.854 Millionen Euro oder 2 % aller Gesundheitsausgaben in Deutschland (Konnopka, A. et al., 2011).

Der Anstieg des Body-Mass-Index (BMI) in der deutschen Bevölkerung ist multifaktoriell bedingt und hängt u.a. mit dem „westlichen“ Lebensstil, also mit dem unlimitierten Nahrungsmittelangebot und dem bewegungsarmen Alltag zusammen (James, P. et al., 2002). Besonders der bewegungsarme Lebensstil ist alarmierend. Bereits im Kindesalter bewegen sich nur 50 % der Bevölkerung ausreichend. Dieser Trend setzt sich auch im Erwachsenenalter fort (WHO, 2010).

Bekanntermaßen besteht eine positive Korrelation von Übergewicht und Adipositas mit der kardiometabolischen Morbidität und Mortalität von Erwachsenen. In der vorliegenden Arbeit soll untersucht werden, ob Übergewicht und Adipositas, gemessen anhand anthropometrischer Parameter, auch mit einem erhöhten kardiometabolischen Gesundheitsrisiko bei Kindern einhergehen (WHO, 2004) (Dobbins, M. et al., 2013).

Aktuell ist noch unklar, welche anthropometrische Messmethode das kardiometabolische Gesundheitsrisiko im Kindesalter besonders gut widerspiegelt. In der vorliegenden Arbeit soll diese Fragestellung anhand der Population der JuvenTUM Stufe 3-Studie analysiert werden. Bis jetzt sind für Kinder noch keine einheitlichen, internationalen, risikoassoziierten Cut-Off-Werte etabliert. Für die kardiometabolischen Risikofaktoren werden in der vorliegenden Arbeit die Cut-Off-Werte der IDF verwendet (Zimmet, P. et al., 2007).

1.1. Prävalenz von Übergewicht und Adipositas

Der Deutschen Adipositas Gesellschaft zufolge besteht Übergewicht, wenn der Fettanteil an der Gesamtkörpermasse pathologisch erhöht ist. Bei Kindern werden Übergewicht und Adipositas anhand alters- und geschlechtsadaptierter Perzentilenkurven definiert (Kromeyer-Hauschild, K. et al., 2001).

In der National Longitudinal Study of Adolescent Health wurde im Jahr 1998 eine Kohorte von 7.738 amerikanischen Kindern im Durchschnittsalter von 5,6 Jahren untersucht. Von ihnen waren 12 % übergewichtig und 17 % adipös. Diese Kinder wurden im Jahr 2007 im Durchschnittsalter von 14 Jahren, noch einmal untersucht. Bei dieser Untersuchung waren sogar 21 % der Kinder übergewichtig und weiterhin 17 % adipös. Kinder, die bei der ersten Untersuchung bereits übergewichtig waren, hatten ein vierfach erhöhtes Risiko, als Jugendliche bei der zweiten Untersuchung ebenfalls übergewichtig zu sein, verglichen mit den Kindern, die bei der ersten Untersuchung normalgewichtig gewesen waren (Troiano, R. P. et al., 1998) (Cunningham, S. A. et al., 2014).

Gemäß der Untersuchung der WHO aus dem Jahr 2004 waren 17,1 % der Kinder in den USA im Alter von zwei bis 17 Jahren übergewichtig oder adipös (WHO, 2004). Weltweit wurden im selben Jahr ca. 22 Millionen Kinder unter fünf Jahren und zehn Prozent der Schulkinder im Alter von fünf bis 17 Jahren als übergewichtig oder adipös eingestuft. Laut der Prognose der WHO wird sich die weltweite Prävalenz von Übergewicht bei Kindern in Zukunft weiter erhöhen (WHO, 2004).

Auch bezüglich Europa bestätigte der IOTF-Childhood Obesity Report im Jahr 2004 eine Anzahl von 14 Millionen übergewichtigen und drei Millionen adipösen Kindern (Lobstein, et al. 2004).

Im Vergleich zeigte in Deutschland im Jahr 2004 eine Untersuchung Fünf- bis Sechsjähriger von Kromeyer-Hauschild eine Prävalenz von Übergewicht von acht bis zwölf Prozent, Neun- bis Zehnjähriger von zehn bis 18 % und 13- bis 15-Jähriger von 14 bis 17 % (Kromeyer-Hauschild, K. et al., 2007).

Im Zeitraum von 2003 bis 2006 wurden vom Robert-Koch-Institut in der repräsentativen Langzeitstudie zum Gesundheitsverhalten und -status deutscher Kinder und Jugendlicher (KiGGS) Kinder im Alter von drei Monaten bis 17 Jahren untersucht. Hierbei wurden 15 % der als übergewichtig und 6 % als adipös eingestuft (Lampert, T. et al., 2007) (Opper, E. et al., 2007) (Kromeyer-Hauschild, K. et al., 2013).

Strategien der Prävention und Therapie von Übergewicht und Adipositas sind also notwendig und sinnvoll. Die möglichen Folgeerkrankungen von Übergewicht und Adipositas werden im nächsten Kapitel vorgestellt.

1.2. Folgeerkrankungen von Übergewicht und Adipositas

Die Zunahme der Prävalenz von Übergewicht und Adipositas bei Kindern in den vergangenen Jahren ist wegen der zahlreichen assoziierten Gesundheitsrisiken besorgniserregend. Es kann zu einer gewichtsassoziierten Komorbidität kommen, die nach Gewichtsabnahme nur teilweise reversibel ist. Die Lokalisation überschüssigen Körperfetts ist in Bezug auf das assoziierte Gesundheitsrisiko bedeutsam. Abdominelle oder „androide“ Fettleibigkeit ist mit einer höheren Morbidität assoziiert als „gynoide“ Fettverteilung, bei der das überschüssige Körperfett gleichmäßiger und vermehrt an den Extremitäten verteilt ist (WHO, 2000).

Bei Erwachsenen wird das Risiko von Krebserkrankungen durch Übergewicht und Adipositas und den oftmals damit einhergehenden Bewegungsmangel erhöht. Laut der WHO sind jeweils zehn bis 16 % der Fälle von Mamma-, Kolon- und Rektumkarzinom durch Bewegungsmangel bedingt (WHO, 2004) (WHO, 2010) (Dobbins, M. et al., 2013).

Zudem veröffentlichte die Wissenschaftszeitschrift "The Lancet" im Jahr 2011 eine große Metaanalyse von 58 prospektiven Studien mit 221.934 Teilnehmern aus 17 Ländern im Durchschnittsalter von 58 Jahren. Es bestand ein positiver Zusammenhang zwischen dem Risiko einer koronaren Herzerkrankung oder eines Myokardinfarkts und erhöhten BMI- und Bauchumfangswerten (Emerging Risk Factors Collaboration, 2011).

Internationalen Studien zufolge erhöht sich durch Übergewicht, Adipositas und körperliche Inaktivität die Inzidenz von Hypertonie. Diese gilt als der größte Risikofaktor eines Schlaganfalls und als wichtiger unabhängiger Kofaktor für die Pathogenese von Arteriosklerose, koronarer Herzerkrankung und Kardiomyopathie (Bonow, R. O. et al., 2002). Kardiovaskuläre Erkrankungen werden von der WHO als führende Ursache von Morbidität, Mortalität und gesundheitsassoziierten Kosten in den USA und weltweit als häufigste Todesursache genannt. Global ist der Myokardinfarkt die häufigste, der Apoplex die zweithäufigste Todesursache. Kardiovaskuläre Erkrankungen sind völkerumfassend jährlich der Grund für 30 % aller Todesfälle (Bonow, R. O. et al., 2002) (Cuspidi, C. et al., 2014).

Ferner besteht eine positive Korrelation zwischen Übergewicht bei Kindern und dem kardiometabolischen Erkrankungsrisiko im Erwachsenenalter. Baker untersuchte 276.835 Kinder in Dänemark im Rahmen von Schuluntersuchungen. Jungen, deren BMI $> 25 \text{ kg/m}^2$ lag, hatten im Vergleich zu Normalgewichtigen als Erwachsene ein erhöhtes Risiko einer koronaren Herzerkrankung. Bei den untersuchten Mädchen konnte dieser Zusammenhang nicht gezeigt werden (Baker, J. L. et al., 2007).

In der Princeton Prevalence Study (PPS) wurden in Cincinnati (USA) 771 Kinder im Alter von fünf bis 19 Jahren untersucht. Es wurden die anthropometrischen Messparameter, der Blutdruck, die Serum-Lipide und die Familienanamnese kardiometabolischer Erkrankungen erfasst. In der Princeton Follow-Up Study wurden dieselben Studienteilnehmer im Alter von 30 bis 48 Jahren noch einmal untersucht. Zu Beginn erfüllten 31 der untersuchten Kinder die Kriterien eines metabolischen Syndroms. Im Erwachsenenalter war bei diesen 31 Studienteilnehmern die Inzidenz kardiovaskulärer Erkrankungen auf ca. 19 % erhöht. Bei den Studienteilnehmern, die als Kinder kein metabolisches Syndrom aufwiesen, lag die Inzidenz im Erwachsenenalter lediglich bei ca. 2 % (Morrison, J. A. et al., 2008). Ähnliche Ergebnisse zeigte auch Sun im Jahr 2008 in der Fels Longitudinalstudie (Sun, S. S. et al., 2008).

Auch übergewichtige Kinder leiden gemäß internationaler Studien häufiger unter kardiometabolischen Erkrankungen, z.B. Dyslipidämie. Bei ihnen treten

zudem häufiger arteriosklerotische Gefäßveränderungen, sogenannte "Fatty Streaks", als Indikatoren einer koronaren Herzerkrankung auf (Strong, J. P. et al., 1992).

Ferner leiden übergewichtige Kinder und Jugendliche vermehrt unter endokrinologischen Krankheiten und Typ-2-Diabetes. Sie erkranken häufiger an einer sogenannten Fettleber (Steatosis hepatis), Gallensteinleiden (Cholezystolithiasis) oder einem gastro-ösophagealen Reflux. Außerdem treten bei ihnen respiratorische Störungen, wie das Schlafapnoesyndrom und Asthma bronchiale häufiger auf. Zuletzt können bei ihnen auch orthopädische Erkrankungen, z.B. die jugendliche Hüftkopflösung (Epiphyseolysis capitis femoris), entstehen (Moss, A. et al., 2011). Auch die psychischen Kurz- und Langzeitfolgen von Übergewicht und Adipositas bei Kindern sind nicht zu unterschätzen (Korsten-Reck, U. et al., 2009).

Übergewicht und Adipositas führen also zu einer Vielzahl von Folgeerkrankungen, die die betroffenen Kinder physisch und oftmals auch psychisch sehr belasten. Das vermehrte Auftreten akuter und chronischer Erkrankungen durch Adipositas im Kindesalter ist eine große Herausforderung für das Gesundheitssystem.

1.3. Risikofaktoren der Entstehung von Übergewicht und Adipositas bei Kindern

Übergewicht und Adipositas sind multifaktoriell bedingt. Ihre Entstehung hängt unter anderem mit einer positiven Energiebilanz zusammen. Es wird mehr Energie mit der Nahrung aufgenommen als durch Bewegung verbraucht wird (Zimmet, P. et al., 2007) (WHO, 2010).

Im WHO Technical Report 2002 „Diet, Nutrition and the Prevention of Chronic Diseases“ und im Konsensus Report der International Diabetes Federation (IDF) 2007 wurde die Zunahme des Anteils übergewichtiger Kinder mit der Urbanisierung, sitzendem Lebensstil und ungesunder Ernährung begründet. Weitere Risikofaktoren für Übergewicht und Adipositas bei Kindern und Jugendlichen sind ein hohes Geburtsgewicht, Schlafmangel und lange

Nutzungszeiten von Computer oder Fernseher (WHO, 2002) (Zimmet, P. et al., 2007) (Kurth, B. M. et al., 2010).

Auch im Review von Must aus dem Jahr 2009 konnte bei Kindern, die wenig körperliche Bewegung ausübten und viel Zeit vor einem Bildschirm (Fernsehen, Computernutzung) verbrachten, ein erhöhter BMI gemessen werden. Auch fehlendes Frühstück, Essen von wenig Obst und Gemüse, im Schnellimbiss und das Trinken von Limonaden führten hier zu einer BMI-Steigerung (Must, A. et al., 2009). Dies zeigt die große Bedeutung von Bewegungsförderung und einer Lebensstilveränderung mit gesunder Ernährung und Reduktion der Mediennutzung für die Gesundheitsförderung von Kindern.

Eltern haben einen großen Einfluss auf das Adipositasrisiko ihrer Kinder. Rauchen während der Schwangerschaft steigert das Adipositasrisiko bei Kindern (Korsten-Reck, U. et al., 2009) (Kurth, B. M. et al., 2010). Einen negativen Einfluss haben auch die mangelhafte mütterliche Ernährung in der Schwangerschaft und das fehlende Stillen (Psarra, G. et al., 2006). Laut der KiGGS-Studie ging Übergewicht bei Kindern häufig mit einem Übergewicht der Eltern einher (Kleiser, C. et al., 2009). Weitere biopsychosoziale Risikofaktoren sind z.B. der Familien- und ein Migrationshintergrund (Reinehr, T. et al., 2008).

Ferner setzen sich Übergewicht und Adipositas häufig vom Kindes- bis ins Erwachsenenalter fort (Tracking). Erwachsene, die bereits als Kinder übergewichtig waren, erkrankten also häufiger an höher- und hochgradiger Adipositas (Jung, C. et al., 2010).

1.4. Das metabolische Syndrom bei Kindern und Jugendlichen

Übergewicht und Adipositas können die Entstehung eines metabolischen Syndroms begünstigen. Gemäß der Definition der IDF ist das metabolische Syndrom eine Kombination aus mindestens drei der folgenden kardiometabolischen Risikofaktoren: Adipositas mit einem androiden Fettverteilungsmuster, gestörte Glukosetoleranz, Dyslipidämie oder Hypertonie. Je zahlreicher diese Risikofaktoren bestehen, desto höher sind die

kardiometabolische Morbidität und Mortalität (Morrison, J. A. et al., 2008) (Alberti, K. G. et al., 2009).

Schätzungsweise erfüllen bis zu 25 % der Weltbevölkerung die Kriterien eines metabolischen Syndroms. Die Wahrscheinlichkeit, einen Myokardinfarkt oder Apoplex zu erleiden, ist bei diesen Personen verdreifacht. Außerdem besteht bei ihnen ein fünffaches Risiko an Typ-2-Diabetes zu erkranken. Zudem haben Diabetiker, die an einem metabolischen Syndrom leiden, ein verdoppeltes Risiko an einer kardiovaskulären Erkrankung zu sterben, verglichen mit Diabetikern ohne Vorliegen eines metabolischen Syndroms (Morrison, J. A. et al., 2008) (Alberti, K. G. et al., 2009).

Neben der oben genannten Definition der IDF existieren international weitere Kriterien eines metabolischen Syndroms bei Erwachsenen. Die WHO hat diese bereits 1998 festgelegt (WHO, 1999) (Tabelle 1).

Tabelle 1: WHO-Kriterien für das Vorliegen eines metabolischen Syndroms (1998)

| Mindestens 1 der folgenden Kriterien erfüllt | Mindestens 2 Kriterien zusätzlich erfüllt |
|--|--|
| Diabetes mellitus | Arterielle Hypertonie: Blutdruck $\geq 140/90$ mmHg |
| Gestörte Glukosetoleranz | Dyslipidämie: Triglyzeride $\geq 1,695$ mmol/l oder HDL-Cholesterin $\leq 0,9$ mmol/l (Männer), $\leq 1,0$ mmol/l (Frauen) |
| Erhöhte Nüchtern glukose oder Insulinresistenz | Bauchbetonte Adipositas: Waist-to-Hip Ratio $\geq 0,9$ (Männer) $\geq 0,85$ (Frauen) und /oder BMI ≥ 30 kg/m ² |

Zudem existieren seit 2001 die National Cholesterol Education Programme/Adult Treatment Panel III-Kriterien (NCEP/ATP III) zur Definition des metabolischen Syndroms (National Cholesterol Education Programme, et al, 2001) (Tabelle 2).

Tabelle 2: National Cholesterol Education Programme/Adult Treatment Panel III-Kriterien (NCEP-ATP III) für das metabolische Syndrom (2001)

| Mindestens 3 Kriterien |
|---|
| Abdominell betonte Fettverteilung: Bauchumfang ≥ 102 cm (Männer), ≥ 88 cm (Frauen) |
| Triglyzeride ≥ 150 mg/dl |
| HDL-Cholesterin ≤ 40 mg/dl (Männer), ≤ 50 mg/dl (Frauen) |
| Blutdruck $\geq 130/85$ mmHg |
| Nüchtern glukose ≥ 110 mg/dl oder Vorliegen eines Typ-2-Diabetes |

Die WHO-Kriterien zur Definition des metabolischen Syndroms für Erwachsene wurden im Jahr 2006 von der IDF überarbeitet (Alberti, 2006) (Tabelle 3):

Tabelle 3: Kriterien der IDF für das Vorliegen eines metabolischen Syndroms (2006)

| Voraussetzung | Mindestens 2 Zusatzkriterien |
|--|--|
| Bauchbetonte Adipositas ≥ 94 cm (Männer) ≥ 80 cm (Frauen) | Nüchtern glukose ≥ 100 mg/dl oder Diabetes mellitus |
| | Triglyzeride ≥ 150 mg/dl oder Therapie der Hypertriglyzeridämie |
| | HDL-Cholesterin ≤ 40 mg/dl (Männer), ≤ 50 mg/dl (Frauen) |
| | Hypertonie $\geq 130/85$ mmHg oder Therapie einer Hypertonie |

Auf der Basis der Kriterien der IDF und der WHO wurden im Jahr 2009 in einem Konsensus Artikel der IDF Task Force on Epidemiology and Prevention klinische Diagnose-Kriterien des metabolischen Syndroms festgelegt. Dabei wurden ein erhöhter Bauchumfang und eine diabetoide Stoffwechsellage nicht mehr als Voraussetzung eines metabolischen Syndroms gewertet. Zudem wurde der Bauchumfang anhand landesspezifischer Cut-Off-Werte bestimmt (Alberti, K.G. et al., 2009) (Tabelle 4).

Tabelle 4: Diagnosekriterien für das metabolische Syndrom des Konsensus Artikels der IDF Task Force (Alberti, K. G. et al., 2009)

| Zutreffen von mindestens 3 Kriterien |
|--|
| Erhöhter Bauchumfang anhand populations- und landesspezifischer Cut-Off-Werte |
| Triglyzeride ≥ 150 mg/dl oder Therapie einer Hypertriglyzeridämie |
| HDL-Cholesterin ≤ 40 mg/dl (Männer), ≤ 50 mg/dl (Frauen) oder medikamentöse Therapie eines reduzierten HDL-Cholesterins |
| Blutdruck $\geq 130/85$ mmHg oder Therapie einer Hypertonie |
| Nüchtern glukose ≥ 100 mg/dl oder Vorliegen eines Typ-2-Diabetes |

Für das Kindesalter gibt es derzeit noch keine einheitliche Definition des metabolischen Syndroms. Die vorliegende Arbeit basiert auf den Schwellenwerten (Cut-Off-Werte) in Tabelle 5. Diese wurden 2007 im Consensus Report der IDF zur Definition eines metabolischen Syndroms für zehn- bis 16-jährige Kinder genutzt (Zimmet, P. et al., 2007).

Tabelle 5: Cut-Off-Werte des metabolischen Syndroms bei Kindern und Jugendlichen im Alter von 10 - 16 Jahren gemäß des Consensus-Reports der IDF (Zimmet, P. et al., 2007)

| Cut-Off-Werte des metabolischen Syndroms bei Kindern | |
|--|---|
| Übergewicht | $\geq 90.$ alters- und geschlechtsadaptierte Perzentile |
| Triglyzeride | ≥ 150 mg/dl |
| HDL-Cholesterin | ≤ 40 mg/dl |
| Blutdruck | $\geq 130/85$ mmHg |
| Nüchtern glukose | ≥ 100 mg/dl |

1.5. Übergewicht und Typ-2-Diabetes

Der Typ-2-Diabetes, der nicht primär insulinabhängige Diabetes mellitus, zeichnet sich durch ein reduziertes Ansprechen der Körperzellen auf Insulin und eine Funktionsverminderung der Betazellen des Pankreas aus. Es kommt zu dauerhaft hohen Saccharidspiegeln im Serum und darauf folgende Organschädigung. Die Erkrankung tritt vor allem im Erwachsenenalter $> 40.$ Lebensjahr auf. Zur Pathogenese tragen vor allem Übergewicht und Bewegungsmangel bei. Es wird angenommen, dass in erster Linie der viszerale

Fettanteil für das Ausmaß der Insulinresistenz verantwortlich ist. Besteht ein manifester Typ-2-Diabetes kann durch Gewichtsreduktion das Mortalitätsrisiko deutlich gesenkt werden (Siegenthaler, W. et al., 2006).

In der Metaanalyse der Emerging Risk Factors Collaboration aus dem Jahr 2011 wiesen Studienteilnehmer, bei denen ein Typ-2-Diabetes vorlag, auch häufiger hohe BMI- und Bauchumfangswerte auf (Emerging Risk Factors Collaboration, 2011).

Typ-2-Diabetes ist durch das assoziierte erhöhte kardiovaskuläre Risiko eine der häufigsten Todesursachen in den Industrienationen und verursacht sehr hohe Gesundheitskosten. Bereits im Jahr 2003 entstanden in der EU Gesundheitskosten von 64.9 Milliarden Internationalen Dollars für Diabetespatienten im Alter von 20 bis 79 Jahren. Dies entspricht 7 % der gesamten Gesundheitsausgaben der EU. Die Folgen von Typ-2-Diabetes wie Blindheit, Beinamputation und Nephropathie bewirken eine enorme individuelle psychosoziale und gesellschaftlich eine große finanzielle Belastung (Zimmet, P. et al., 2007).

Die Anzahl der an Typ-2-Diabetes erkrankten Kinder, ist in den vergangenen Jahren deutlich angestiegen. So gab die American Diabetes Association bereits im Jahr 2000 in einem Review an, dass 45 % der pädiatrischen Diabetespatienten an einem Typ-2-Diabetes erkrankt seien (Rosenbloom, A. et al., 2009) (Reinehr, T., 2013).

Einen Zusammenhang von Übergewicht und Typ-2-Diabetes bei Kindern zeigte auch die Bogalusa Heart Study. Hier wurden 9.167 Kinder im Alter von fünf bis 17 Jahren untersucht. Mehr als 2 % der übergewichtigen Kinder erkrankten bis zum Alter von 30 Jahren an einem Typ-2-Diabetes im Gegensatz zu keinem Normalgewichtigen (Freedman, D. S. et al, 2010) (Mokha, J. et al, 2010).

2. Erfassung von Übergewicht und Adipositas

In diesem Kapitel werden internationale Klassifizierungsmethoden und die zugehörigen Cut-Off-Werte von Übergewicht und Adipositas beschrieben. Zudem werden verschiedene anthropometrische Messparameter vorgestellt. Dazu gehören neben dem allgemein bekannten BMI auch der Bauchumfang, der Waist-to-Height Ratio, und die Summe der Hautfaltendicke.

In der vorliegenden Arbeit sollen die einzelnen oben genannten Parameter untersucht und verglichen werden und ihre Vorhersagefähigkeit des kardiometabolischen Risikos bei Kindern geprüft werden. Es soll untersucht werden, ob einer dieser Parameter mit mehreren kardiometabolischen Risikofaktoren korreliert und so allein als Screening- und Forschungsinstrument dienen kann. Zudem werden Möglichkeiten der Erfassung des prozentualen Körperfettanteils beschrieben.

2.1. Entwicklung von Cut-Off-Werten für Übergewicht und Adipositas bei Kindern und internationale Referenzperzentile

Verschiedene internationale wissenschaftliche Gesellschaften haben Grenzwerte von Übergewicht und Adipositas, sogenannte Cut-Off-Werte, errechnet. Diese werden im folgenden Kapitel vorgestellt.

Die Proportionen und der Fettanteil des Körpers verändern sich im Wachstum in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht. Daher werden für Kinder und Jugendliche auf das Alter und das Geschlecht bezogene Perzentile verwendet, um Übergewicht und Adipositas abzugrenzen (Himes, J. H., 2009). In verschiedenen Ländern sind unterschiedliche Referenzperzentile gebräuchlich, die aus nationalen, repräsentativen Referenzpopulationen errechnet werden.

Die Größen- und Gewichtspersentile für Kinder und Jugendliche, die in Deutschland aktuell als Referenz gebräuchlich sind, wurden von Kromeyer-Hauschild et al. 2001 publiziert und von der Arbeitsgemeinschaft „Adipositas im Kindes- und Jugendalter“ (AGA) zur Definition von Übergewicht und Adipositas im Kindes- und Jugendalter in Deutschland empfohlen. Sie basieren auf

gepoolten Daten einer Referenzpopulation von mehr als 34.000 Jungen und Mädchen vom Säuglings- bis zum Alter von 18 Jahren. Die Daten wurden in den Jahren 1985 bis 1999 in 17 Studien in unterschiedlichen Regionen Deutschlands erfasst.

Die Perzentilenberechnung erfolgte anhand der LMS-Methode nach Cole mit dem individuellen BMI-Wert des Kindes. Mit der LMS-Methode wurden die Zeitverläufe der drei Parameter L (Schiefe), M (Median) und S (Variationskoeffizient = Standardabweichung/Mittelwert) berechnet. Diese drei Parameter sind im Zeitverlauf veränderlich und wurden im Modell als glatte Kurve dargestellt. Aus den L-, M- und S-Werten für einen gegebenen Messwert berechnete man das zugehörige Perzentil (Cole, T. J., 1990) (Cole, T.J. et al, 1992).

Der Vorteil der BMI-Perzentile ist, dass man ein Kind im Verhältnis zu seiner Referenzgruppe einordnen kann. Die Gewichtsklassifizierung von Kindern erfolgte in der vorliegenden Arbeit anhand der BMI-Perzentile und des BMI-SDS nach Kromeyer-Hauschild. Auch die anthropometrischen Messparameter wurden anhand der Cut-Off-Werte nach Kromeyer-Hauschild unterteilt (Kromeyer-Hauschild, K. et al., 2001) (Tabelle 6).

Tabelle 6: BMI-Klassifikation bei Kindern gemäß der Perzentile von Kromeyer-Hauschild

| Perzentile | BMI-Klassifikation |
|--------------------------|----------------------|
| < 10. Perzentile | unter Normalgewicht |
| ≥ 10. bis 90. Perzentile | Normalgewicht |
| > 90. bis 97. Perzentile | Übergewicht |
| > 97. Perzentile | Adipositas |
| ≥ 99,5. Perzentile | Adipositas per magna |

In Deutschland ist eine weitere, allgemein gebräuchliche Referenzperzentile im Rahmen der KiGGS-Studie entstanden. An dieser Querschnittsstudie nahmen insgesamt 17.641 Kinder teil. In den Jahren 2003 bis 2006 wurden von Kindern im Alter von drei Monaten bis 17 Jahren in Deutschland folgende anthropometrische Maßzahlen erhoben: Körpergröße, -gewicht, BMI,

Bauchumfang, Hüftumfang, Waist-to-Hip Ratio, Waist-to-Height Ratio, Weight-to-Height Ratio, Hautfaltendicke und Körperfettanteil. Die Cut-Off-Werte für Übergewicht und Adipositas basieren in der KiGGS-Studie auf der Methodik der IOTF. Übergewicht wird also durch eine alters- und geschlechtsadaptierte BMI-Perzentile definiert, die einem BMI von 25 kg/m^2 im Erwachsenenalter entspricht und Adipositas durch eine Perzentile, die mit einem Erwachsenen-BMI von 30 kg/m^2 korrespondiert (Lampert, T. et al., 2007) (Oppen, E. et al., 2007) (Rosario, A. S. et al. 2010) (Hölling, H. et al., 2012).

Es gibt bereits einige Studien, die Referenzwerte aus internationalen Datensätzen erstellt haben. Sie erlauben internationale Vergleiche und werden im Folgenden vorgestellt. Es ist jedoch unklar, inwiefern sie auch für Populationen aus Ländern geeignet sind, deren Daten nicht in der Referenzpopulation enthalten sind. Einige Länder wie Frankreich, Großbritannien, Singapur, Schweden, Dänemark, die Niederlande und die Schweiz haben eigene Referenzperzentilen auf der Basis lokaler Datensätze entwickelt (Rosario, A. S. et al., 2010).

Für die Referenzperzentile der IOTF wurden in den Jahren 1963 bis 1993 Kinder im Alter von zwei bis 18 Jahren aus Brasilien, Großbritannien, Hong-Kong, den Niederlanden, Singapur und den USA untersucht. Es wurden altersspezifische BMI-Cut-Off-Werte für Kinder festgelegt. Die Prävalenz von Übergewicht war in den Studienpopulationen jedoch sehr unterschiedlich, was die klinische Aussagekraft und die Übertragbarkeit der Referenzwerte auf andere Populationen in Frage stellt (Cole, T. J. et al., 2000) (Butte, N. F. et al., 2007).

Für Nordamerika wurden vom Center for Disease Control and Prevention (CDC) im Jahr 2002 in den CDC 2.000 Growth Charts die Cut-Off-Werte der anthropometrischen Messparameter BMI, Körpergröße, -gewicht und Weight-to-Height Ratio veröffentlicht. Sie basieren auf repräsentativen nationalen Gesundheitssurveys aus den USA, unter anderem den National Health and Nutrition Examination Surveys, (NHANES) I, II und III. In den NHANES-Studien wurden Kinder, Jugendliche und junge Erwachsene im Alter von zwei bis 20

Jahren standardisiert anthropometrisch untersucht (Kuczmarski, R. J. et al., 2002) (Cole, T. J., 2006) (Butte, N. F. et al., 2007) (Johnson, W. D. et al., 2009).

Übergewicht bei Kindern wird in den CDC 2.000 Growth Charts mit einem alters- und geschlechtsadaptierten BMI ≥ 85 . Perzentile und < 95 . Perzentile definiert. Hat ein Kind eine BMI-Perzentile ≥ 95 ., gilt es als adipös. Die Cut-Off-Werte der anthropometrischen Messparameter wurden anhand von Z-Scores (Standard Deviation Scores), also alters- und geschlechtsadjustierten Maßen des individuellen anthropometrischen Messwerts (z.B. Körpergewicht, -größe) berechnet. Diese dienen der Klassifizierung von Übergewicht in Abhängigkeit zur Referenzgruppe. Formel 1 zeigt die Berechnung des Z-Score (Kuczmarski, R. J. et al., 2002).

Formel 1 Berechnung des Z-Score

$$\text{Z-Score} = ((\text{gemessener Wert}) - (\text{Durchschnitt der Referenzpopulation})) / \text{Standardabweichung der Referenzpopulation}$$

Die Weltgesundheitsorganisation entwickelte im Jahr 2007 Cut-Off-Werte und Wachstumskurven, die WHO Growth Reference für fünf- bis 19-jährige Schulkinder. Die Daten wurden in den NHANES-Studien I, II und III gewonnen. Für diese Studien wurden 22.917 Kinder in den USA anthropometrisch untersucht, davon waren 11.410 Jungen und 11.507 Mädchen. De Onis legte anhand der Referenzperzentile BMI-Cut-Off-Werte zur Klassifizierung von Übergewicht und Adipositas fest (de Onis, M. et al., 2004). Für 19-Jährige lagen sie bei $25,4 \text{ kg/m}^2$ für Männer und $25,0 \text{ kg/m}^2$ für Frauen. Sie entsprachen also den allgemein gebräuchlichen Cut-Off-Werten für Übergewicht bei Erwachsenen von $25,0 \text{ kg/m}^2$, was die hohe Qualität dieser Referenzperzentile zeigt. Der für die 19-Jährigen für beide Geschlechter errechnete Adipositas-Cut-Off-Wert von $29,7 \text{ kg/m}^2$ entsprach ebenfalls dem üblichen Cut-Off-Wert von 30 kg/m^2 für Erwachsene (de Onis, M. et al., 2007).

2.2. Klassifizierung von Übergewicht und Adipositas durch Anthropometrie und der Zusammenhang mit dem kardiometabolischen Risiko

In diesem Kapitel werden mehrere anthropometrische Parameter zur Bestimmung von Übergewicht und deren Relevanz in Bezug auf das kardiometabolische Risiko vorgestellt. Dazu gehören der BMI, der BMI-SDS, der Bauchumfang, das Weight-to-Height Ratio, das Waist-to-Height Ratio, der Oberarmumfang und die Hautfaltensumme (Kalipermessung).

2.2.1. BMI

Die Berechnung des BMI ist eine etablierte Methode, um im ärztlichen Alltag den Anteil der Fettmasse des Körpers einzuschätzen, denn das Körpergewicht ohne Bezug zur Körpergröße hat keinen ausreichenden Aussagewert über den Gesundheits- und Ernährungszustand. Daher wird zur Klassifikation des Körpergewichts der BMI verwendet, der sich mit folgender Formel berechnen lässt (Formel 2).

Formel 2 Berechnung des BMI

$$BMI = \text{Körpergewicht in kg} / \text{Körpergröße in m}^2$$

Wenn auf Messgenauigkeit geachtet wird und angemessene Cut-Off-Werte verwendet werden, ist der BMI ein guter Indikator von Übergewicht (Krebs, N. F. et al., 2007) (Nagy, E. et al., 2008) (Himes, J. H., 2009). Der Nachteil der BMI-Messung ist, dass dabei kein Unterschied zwischen fettfreier Masse wie z.B. Muskeln und Knochen und dem Körperfett gemacht und die Lokalisation des Körperfetts nicht differenziert betrachtet wird (Kromeyer-Hauschild, K. et al., 2007) (Nagel, G. et al., 2008).

Für den BMI konnte bereits in mehreren Studien ein Zusammenhang mit kardiometabolischen Risikofaktoren gezeigt werden. Bei Erwachsenen konnte in der Metaanalyse der Emerging Risk Factors Collaboration ein Zusammenhang zwischen dem BMI und dem kardiometabolischen Risiko

gezeigt werden. In dieser Arbeit wurden die BMI-Werte von 221.934 Erwachsenen berechnet. Es bestand eine positive Korrelation des BMI in Bezug auf das LDL-Cholesterin, die Triglyzeride und den systolischen Blutdruck und eine negative Korrelation bezüglich des HDL-Cholesterins (Emerging Risk Factors Collaboration, 2011).

Bei Kindern konnte in der Studie von Genovesi aus dem Jahr 2008 auch ein Zusammenhang zwischen dem BMI und dem kardiometabolischen Risiko gezeigt werden. Bei 4.177 Kindern im Alter von fünf bis elf Jahren, lag gemäß den Cut-Off-Werten des IOTF die Prävalenz von erhöhtem Blutdruck bei 4 %. Übergewichtige wiesen zu sieben Prozent auch einen erhöhten Blutdruck auf. Bei Adipösen lag der Anteil sogar bei 25 % (Genovesi, S. et al., 2008).

Auch die Bogalusa Heart Study im Jahr 2009 erwies einen Einfluss des BMI auf das kardiometabolische Risiko bei Kindern. In dieser Studie mit 10.000 teilnehmenden Kindern konnte ein hoher BMI von der 85. bis 94. CDC-Perzentile ein hohes kardiovaskuläres Risiko vorhersagen (Freedman, D. S. et al., 2009).

2.2.2. BMI-SDS

Die Abweichung des gemessenen BMI-Wertes eines Kindes vom alters- und geschlechtsspezifischen Mittelwert seiner Referenzgruppe wird als Standard Deviation Score (SDS) bestimmt (Kromeyer-Hauschild, K. et al., 2001) (AGA-Leitlinie 2012) (Formel 3).

Formel 3 Berechnung des BMI-SDS

$$SDS_{LMS} = \frac{[BMI \div M(t)]^{L(t)} - 1}{L(t) \times S(t)}$$

Der BMI-SDS ist in Deutschland eine wesentliche Größe zur Früherkennung von Übergewicht. Ist die BMI-Perzentile eines Kindes bestimmt, ermöglicht der BMI-SDS eine genauere Differenzierung innerhalb der Perzentile. Der Vorteil des BMI-SDS ist, dass er bereits erhöht sein kann, wenn der BMI noch normal

ist. Das heißt, er kann als Werkzeug der Früherkennung von Übergewicht dienen. So können früh Maßnahmen der Primärprävention eingeleitet werden und die Entwicklung von Übergewicht verhindert werden (Glavin, K. et al., 2014).

Wie der BMI wird der BMI-SDS bei Kindern in der Praxis als Maß der Fettmasse verwendet. Darüber hinaus dient er bei übergewichtigen Kindern als Maß des Therapieerfolgs. Als sehr gute Gewichtsabnahme wird eine Reduktion des BMI-SDS um 0,5, also 10% des Körpergewichts bezeichnet (Kromeyer-Hauschild, K. et al., 2001) (Böhler, T. et al., 2004).

2.2.3. Weight-to-Height Ratio

Der in der vorliegenden Arbeit ebenfalls analysierte Weight-to-Height Ratio (WHR) ist ein Vorläufer-Parameter des BMI (Killeen, J. et al., 1978). Hiermit kann eine Aussage über das Ausmaß der abdominellen Adipositas gemacht werden. Mit zunehmender intra-abdomineller Fettleibigkeit erhöht sich bei Erwachsenen das Risiko für Dyslipidämie, Hypertonie, Typ-2-Diabetes und die Mortalität (Craigie, A. et al., 2009). Formel 4 zeigt die Berechnung des Weight-to-Height Ratio.

Formel 4 Berechnung der Weight-to-Height Ratio

$$\text{Weight-to-Height Ratio} = \text{Körpergewicht (kg)} / \text{Körpergröße (cm)}$$

2.2.4. Bauchumfang

Der Bauchumfang dient als indirekte Messmethode des Viszeralfetts, das positiv mit dem Risiko eines metabolischen Syndroms korreliert (Neuhauser, H. et al., 2013).

In der vorliegenden Arbeit wird der Bauchumfang an der schmalsten Stelle horizontal zwischen dem Darmbeinkamm und der untersten Rippe mit einem biegsamen, nicht-elastischen Maßband gemessen. Zur Einschätzung des Bauchumfangs bei Kindern verwendet man alters- und geschlechtsadjustierte

Perzentilen. International einheitliche Grenzwerte und eine weltweit standardisierte Messtechnik gibt es noch nicht, was die Vergleichbarkeit erschwert. In der vorliegenden Arbeit wurden die Perzentile von Kromeyer-Hauschild verwendet, um den Bauchumfang zu klassifizieren. Sie sind in Tabelle 7 zu sehen (Kromeyer-Hauschild, K. et al., 2011) (Neuhauser, H. et al., 2013).

Tabelle 7: Bauchumfangs-Klassifikation bei Kindern anhand der Bauchumfangs-Perzentile nach Kromeyer-Hauschild

| Perzentile | Bauchumfangs-Klassifikation |
|----------------------------|-----------------------------|
| < 10. Perzentile | unter Normalgewicht |
| > 10. bis 90. Perzentile | Normalgewicht |
| >90. bis 97. Perzentile | Übergewicht |
| > 97. bis 99,5. Perzentile | Adipositas |
| > 99,5. Perzentile | Adipositas per magna |

Der Zusammenhang des Bauchumfangs und des kardiometabolischen Risikos von Erwachsenen wurde in zahlreichen Studien bestätigt. So wurde in einer Metaanalyse von 58 prospektiven Studien der Emerging Risk Factor Collaboration aus dem Jahr 2011 von 63.821 Personen anthropometrische Messwerte erhoben. Es bestanden eine positive Korrelation des Bauchumfangs bezüglich des LDL-Cholesterins, der Triglyzeride und des systolischen Blutdrucks und eine negative Korrelation in Bezug auf das HDL-Cholesterin (Emerging Risk Factors Collaboration, 2011).

In einigen Studien erwies sich, dass der Bauchumfang verglichen mit dem BMI das kardiometabolische Risiko besser vorhersagen konnte (Freedman, D. S. et al., 2009) (Neuhauser, H. et al., 2013).

Bei Kindern wurde in einer Studie von White aus dem Jahr 2013 die Bedeutung des Bauchumfangs zur Bewertung des kardiometabolischen Risikos gezeigt. Hier wurden 617 Mädchen im Alter von 12 bis 14 Jahren anthropometrisch untersucht. Ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Bauchumfang und den kardiometabolischen Risikofaktoren Triglyzeride, Gesamtcholesterin, HDL-

Cholesterin, LDL-Cholesterin und dem systolischen Blutdruck wurde beobachtet (White, J. et al., 2013).

Ferner korreliert der Bauchumfang bei Kindern positiv mit dem Blutdruck (Poirier, P. et al., 2005) (Krebs, N. F. et al., 2007). Im Jahr 2008 untersuchte Genovesi 4.177 Kinder im Alter von fünf bis elf Jahren. Er wies nach, dass ein erhöhter Bauchumfang bei Mädchen (AUC 0,76) und Jungen (AUC 0,83) Bluthochdruck signifikant ($p < 0,01$) vorhersagen konnte (Genovesi, S. et al., 2008).

2.2.5. Waist-to-Height Ratio

Der Waist-to-Height Ratio (WtHR) ist ein Quotient aus Bauchumfang (Taillenumfang, Waist Circumference) und Körpergröße. Er kann als Maß der abdominalen Fettleibigkeit dienen. Die Klassifizierung des Waist-to-Height Ratio ist in Tabelle 8 zu sehen (Mokha, J. et al., 2010).

Tabelle 8: Klassifizierung des Waist-to-Height Ratio

| | |
|----------------------------------|-----------------|
| Waist-to-Height Ratio $< 0,5$ | Normalgewichtig |
| Waist-to-Height Ratio $\geq 0,5$ | Übergewichtig |

Die hohe Vorhersagequalität des Waist-to-Height Ratio im Hinblick auf das kardiovaskuläre Risiko bei Erwachsenen wurde in mehreren Studien bestätigt (Freedman, D. S. et al., 2010). In einer Metaanalyse von Ashwell aus dem Jahr 2012 wurden 31 Studien mit 300.000 Erwachsenen verschiedener ethnischer Hintergründe eingeschlossen. Der WtHR hatte eine um vier bis fünf Prozent ($p < 0,01$) bessere Vorhersagequalität des kardiometabolischen Risikos (Bluthochdruck, Dyslipidämie, Diabetes mellitus, metabolisches Syndrom und das Auftreten kardiovaskulärer Erkrankungen) als der BMI (Ashwell, M. et al, 2012).

Der Anstieg des WtHR ist bei Kindern mit einem erhöhten kardiovaskulären Risiko assoziiert (Huang, R. C. et al., 2011). Einige Studien zeigten, dass der Bauchumfang und der WtHR, verglichen mit dem BMI, das kardiovaskuläre

Risiko besser vorhersagen konnten (Freedman, D. S. et al., 2009) (Freedman, D. S. et al., 2010) (Neuhauser, H. et al., 2013).

Auch die Bogalusa Heart Study von Mokha aus dem Jahr 2010 zeigte den Zusammenhang zwischen dem WtHR und dem kardiometabolischen Risiko bei Kindern. Hier wurden 3.091 Kinder im Alter von vier bis 18 Jahren anthropometrisch untersucht. Sie wurden in Normalgewichtige (5. bis 85. Perzentile) und Übergewichtige ($\geq 85.$ Perzentile) unterteilt. Zudem wurde das Vorliegen eines abdominellen Übergewichts (WtHR $> 0,5$) erfasst. Unter den übergewichtigen Kindern wiesen 80 % auch einen WtHR von $> 0,5$ auf. Für sie war das Risiko pathologischer Werte von LDL-Cholesterin, Triglyzeriden und HDL-Cholesterin deutlich erhöht (Mokha, J. et al., 2010).

Die Korrelation des WtHR mit dem Blutdruck zeigte die Studie von Genovesi aus dem Jahr 2008 mit Kindern im Alter von fünf bis elf Jahren. Hier erwies sich, dass ein erhöhter Waist-to-Height Ratio der Mädchen (AUC 0,75) und der Jungen (AUC 0,81) Bluthochdruck vorhersagen konnte (Genovesi, S. et al., 2008).

2.2.6. Hautfaltendickemessung

Die Hautfaltendickemessung erfasst das subkutane Fettgewebe an bis zu sieben festgelegten Körperstellen der rechten Körperseite. Dazu wird die Hautfalte vom Körper abgehoben und mit einem standardisierten Kaliper (Hautfettfaltenzange) gemessen (Weststrate, J. A. et al., 1989) (Neuhauser, H. et al., 2013). Am häufigsten wird sie in der Mitte des Trizeps parallel zur Längsachse des Oberarms bestimmt. Zudem kann sie am Rücken unterhalb der Skapula im 45° -Winkel zur Vertikalen erfasst werden. Ferner kann sie am M. Bizeps bei locker hängendem Arm an der Stelle des größten Armumfangs oder 2,5 cm über der Crista iliaca gemessen werden (Weststrate, J. A. et al., 1989) (Stolzenberg, H. et al., 2007).

Zwischen dem subkutanen Fettanteil und der Gesamtkörperfettmasse besteht eine enge Korrelation, sodass mit der Hautfaltenmessung die prozentuale Körperfettmasse bestimmt werden kann. Über die Regressionsformeln von

Weststrate und Deurenberg kann aus der Fettfaltensumme der prozentuale Körperfettgehalt bestimmt werden (Weststrate, J. A. et al., 1989).

Die Hautfaltendicke ist abhängig von Geschlecht, Alter und ethnischer Herkunft. In der vorliegenden Arbeit werden die Cut-Off-Werte für die Hautfaltendickemessung von Kindern aus dem Jahr 2012 von Kromeyer-Hauschild verwendet (Himes, J. H., 2009) (Kromeyer-Hauschild, K. et al. 2012).

Anhand der Messung der Hautfaltendicke können unter Verwendung der Vorhersagegleichungen von Slaughter der Gesamt- und der prozentuale Fettanteil des Körpers geschätzt werden. Der Vorteil dieser Messung ist, dass subkutanes Fettgewebe in der Regel besser mit dem Gesamtkörperfett korreliert als der BMI (Sardinha, L. B. et al., 1999) (Freedman, D. S. et al., 2007). Daraus folgt die Annahme, dass die Hautfaltendicke auch besser mit dem kardiometabolischen Risiko korreliert.

Auch mit Kindern wurde bereits im Rahmen der bereits erwähnten Bogalusa Heart Study diese Fragestellung untersucht. Freedman untersuchte 6.866 Kinder im Alter von fünf bis 17 Jahren und zeigte, dass die Vorhersagequalität der Hautfaltensumme (Subskapulär und Trizeps) bezüglich des kardiometabolischen Risikos (Blutdruck, Serumlipid- und Nüchterninsulinspiegel) der des BMI entsprach (Freedman, D. S. et al., 2009).

2.2.7. Oberarmumfang

Der Oberarmumfang (OU) wird auf den Millimeter genau mit einem nicht-elastischen Maßband am hängenden Arm gemessen. Der OU ist einfach und kostengünstig zu bestimmen und kann neben dem BMI und der Hautfaltendicke dazu dienen, Unter- oder Übergewicht zu erkennen. Cut-Off-Werte in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht veröffentlichte Sardinha für Kinder im Alter von zehn bis 15 Jahren (Sardinha, L. B. et al., 1999). Auch hier gibt es noch keine international einheitlich gültigen Cut-Off-Werte.

2.3. Weitere Messmethoden zur Erfassung des prozentualen Körperfettanteils

Im folgenden Kapitel werden aus Gründen der Vollständigkeit weitere Messmethoden zur Erfassung des prozentualen Körperfettanteils vorgestellt. Diese Messmethoden wurden aufgrund mangelnder Durchführbarkeit und Praktikabilität in der vorliegenden Arbeit nicht angewandt.

2.3.1. Magnetresonanztomographie (MRT)

Die Magnetresonanztomographie (MRT) dient der Darstellung von Struktur und Funktion des Gewebes und der Organe. Es entsteht ein Schnittbild, welches das Fettgewebe und die fettfreie Körpermasse darstellt. Der Proband muss 20 Minuten still liegen, daher ist dieses bildgebende Verfahren für Kinder für die vorliegende Studie nicht geeignet (Lobstein, T. et al., 2004).

2.3.2. Computertomographie (CT)

Die Computertomographie erstellt hochauflösende Röntgenbilder. Es werden so auch kleine Fettgewebseinlagerungen sichtbar. Die Gesamtkörperfettmasse, die abdominelle und prozentuale Fettmasse können errechnet werden. Die Untersuchung kann nur durch Fachpersonal vorgenommen werden, ist zeitaufwändig und teuer. Der Nachteil ist, dass der Proband 20 Minuten ganz still liegen muss und Röntgenstrahlen ausgesetzt wird (Lobstein, T. et al., 2004).

2.3.3. Dual-Energy X-ray Absorptiometry (DEXA)

DEXA basiert auf dem Prinzip, dass Röntgenstrahlen von Knochen- und Weichteilen durch ihre verschiedenen Energieniveaus unterschiedlich stark abgeschwächt werden. Anhand von Kalibrierungsgleichungen kann man anschließend den Weichteil-Anteil an Fett- und Bindegewebe errechnen. Aufgrund der langen Dauer der Messung und der Strahlenbelastung ist dieses Verfahren für Kinder jedoch ungeeignet (Taylor, R. W. et al., 2000) (Lobstein, T. et al., 2004).

2.3.4. Hydro-Densiometrie

Hierbei handelt es sich um eine volumetrische Bestimmung der Wasserverdrängung des Körpers in einer Wanne. Sie wird ins Verhältnis zum Körpergewicht gesetzt. Fett hat eine höhere Dichte als Wasser. Über eine Gleichung kann die Gesamtkörperdichte in den Körperfettanteil umgerechnet werden. Der Proband muss hierbei die Luft anhalten und im Wasser ganz untertauchen. Daher ist diese Methode für Kinder nicht geeignet (Lobstein, T. et al., 2004).

2.3.5. Air-Displacement Plethysmography

Bei der Air-displacement Plethysmography wird unter Abzug des Lungenvolumens das Volumen gemessen, das der Körper des Probanden verdrängt, wenn er in einer geschlossenen Kammer sitzt. So kann man das Körpervolumen eines Probanden bestimmen. Sind Körpervolumen und -masse bekannt, kann der prozentuale Körperfettanteil berechnet werden. Diese Methode ist schnell und nicht-invasiv, erfordert jedoch einen kooperativen Probanden, was sich bei Kindern als problematisch erweisen kann (Lobstein, T. et al., 2004).

2.3.6. Bioelectrical Impedance Analysis (BIA)

Bei der BIA wird mit Wechselstrom der Widerstand im Körper gemessen. Über Elektroden wird ein elektromagnetisches Feld im Körper erzeugt. Die BIA basiert auf dem Verhältnis des Konduktorzvolumens des Körpers zur -größe und seiner elektrischen Leitfähigkeit. Hier wird angenommen, dass Fett wasserfrei ist und eine gute Leitfähigkeit eine fettfreie Masse widerspiegelt. Anhand von Vorhersagegleichungen können die fettfreie und die Fettmasse aus der gemessenen Leitfähigkeit berechnet werden. Eine BIA kann schnell, nicht-invasiv und kostengünstig gemessen werden. Hier ist jedoch weitere Forschung sinnvoll (Lobstein, T. et al., 2004).

3. Ergebnisse schulbasierter Interventionsstudien zur Adipositasprävention

Ziele schulbasierter Interventionen sind die Reduktion von Übergewicht bei Kindern und das Finden neuer Wege der Prävention. Ihr Vorteil ist der große Einfluss der Schule auf das Verhalten von Kindern. Da in nahezu allen Ländern alle Kinder zur Schule gehen und dort den Großteil ihres Tages verbringen, besteht hier die Möglichkeit, das Bewegungs- und Gesundheitsverhalten positiv zu beeinflussen. Langfristig könnte so auch die Inzidenz chronischer Erkrankungen reduziert werden (Janssen, I. et al., 2010).

Eine frühe primäre Prävention durch Erhöhung der Gesundheitskompetenz von Kindern ist wichtig, um dem Anstieg von Übergewicht und Adipositas entgegenzuwirken. Ein weiterer wichtiger Vorteil schulbasierter Studien ist, dass von der gesundheitsfördernden Intervention alle Kinder, also übergewichtige wie normalgewichtige, die Eltern und die Lehrer profitieren können. Zudem ist eine solche Intervention für übergewichtige Kinder nicht stigmatisierend, da sie dasselbe Programm durchlaufen wie ihre Klassenkameraden. Eine Stigmatisierung könnte einen negativen Einfluss auf das Selbstbewusstsein, -wertgefühl und die psychische Gesundheit haben (Korsten-Reck, U. et al., 2009) (Dobbins, M. et al., 2013).

Im Vergleich zur Therapie von Übergewicht haben Schul-Interventionsstudien den Vorteil, dass sie bei vielen Kindern zu einem Zeitpunkt ansetzen, bevor sie übergewichtig werden. Mit diesem primärpräventiven Ansatz kann Übergewicht bei Kindern verhindert werden. Eine Sekundärprävention, also eine Therapie von Übergewicht und Adipositas ist sehr zeit- und kostenaufwändig. Zudem ist es schwierig, einen dauerhaften Abnahmeerfolg bei übergewichtigen Kindern zu erzielen. Sobald sie nach einem stationären Therapieprogramm wieder in ihre gewohnte Umgebung kommen, können gesundheitsschädigende Gewohnheiten wie eine ungesunde Ernährung und ein bewegungsarmer Alltag rasch wieder aufgenommen werden (Cecchini, M. et al., 2010) (Dobbins, M. et al., 2013).

Aktuellen Forschungsergebnissen zufolge, ist die beste Strategie zur langfristigen Verbesserung der Gesundheit von Kindern eine Lebensstilveränderung mit regelmäßiger körperlicher Bewegung. Ideal sind hier Programme, die Sportunterricht und körperliche Bewegung vor, während und nach der Schule beinhalten (Janssen, I. et al., 2010).

Mehrere internationale Studien der vergangenen Jahre zeigten den Erfolg schulbasierter Interventionsprogramme. So führten Knox et al. im Jahr 2012 in Wales eine Studie mit 115 Kindern im Durchschnittsalter von 12,4 Jahren durch. Die Intervention bestand aus gesteigerter körperlicher Bewegung über einen Zeitraum von 18 Wochen. Im Vergleich zur Kontrollgruppe sank in der Interventionsgruppe die Prävalenz erhöhter Werte des Bauchumfangs (10 % versus 7 %), des systolischen Blutdrucks (3 % versus 0 %), der Triglyzeride (2 % versus 1 %) und reduzierter Werte des HDL-Cholesterins (4 % versus 3 %) (Knox, G. J. et al, 2012).

Auch Eagle zeigte den positiven Effekt schulbasierter Interventionsstudien auf das kardiometabolische Risikoprofil von amerikanischen Kindern. Hier wurden im Jahr 2013 4.021 Kinder im durchschnittlichen Alter von 11,6 Jahren untersucht. Bei ihnen sanken im Interventionszeitraum von zehn Wochen das Gesamtcholesterin, das LDL-Cholesterin, die Triglyzeride, der systolische und diastolische Blutdruck (jeweils $p < 0,001$) signifikant ab (Eagle, T. F. et al., 2013).

Ebenso beobachtete Reed in der kanadischen "Action Schools!" Studie einen positiven Einfluss der schulbasierten Intervention auf den Blutdruck. Hier wurden in acht Grundschulen für eine Studiendauer von einem Jahr 268 Kinder im Alter von neun bis elf Jahren untersucht (Reed, K. E. et al., 2008).

Gleichermaßen zeigte sich in der norwegischen Studie von Resaland (2010) in der Interventionsgruppe nach einem zweijährigen Interventionszeitraum ein signifikanter Unterschied des systolischen und diastolischen Blutdrucks und der Triglyzeride im Vergleich zur Kontrollgruppe. Hier wurden 256 neunjährige Kinder untersucht. Die Intervention bestand aus 60 Minuten Sportunterricht pro Tag. (Resaland, G. K. et al, 2011).

Auch in der schweizer KISS-Studie von Kriemler im Jahr 2010 fand man in der Interventionsgruppe eine reduzierte Summe der Hautfaltendicke ($p = 0,003$). Dieser positive Effekt stieg im Altersverlauf weiter an. In der Interventionsgruppe bestand zudem eine höhere körperliche Fitness. Hier untersuchte man 540 Erst- und Fünftklässler im Durchschnittsalter von sieben bzw. elf Jahren. Die einjährige Intervention bestand aus Bewegungsförderung durch vermehrten Sportunterricht, bewegte Pausen und Gesundheitsunterricht. (Kriemler, S. et al., 2010).

Ebenso wurden in Deutschland bereits mehrere erfolgreiche Schulstudien durchgeführt. Im Rahmen der KOPS-Studie (Kieler Adipositaspräventionsstudie) untersuchte man in den Jahren 1995 bis 2001 bei den Schuleingangsuntersuchungen 4.997 Kinder. In den Interventionsschulen wurde im Interventionszeitraum von vier Jahren die körperliche Aktivität gesteigert und Kinder, Lehrer und Eltern in Unterrichtseinheiten über gesunde Ernährung und Bewegung informiert. Czerwinski-Mast zeigte im Jahr 2003, dass die Kinder in den Interventionsschulen durchschnittlich eine geringere Zunahme ihrer Trizeps-Hautfaltendicke aufwiesen als Kinder in den Kontrollschulen (Czerwinski-Mast, M. et al., 2003).

Des Weiteren wurde durch die Deutsche Sporthochschule Köln in der Studie „CHILT - Children's Health InterventionAL Trial“ in den Jahren 2001 bis 2005 mit 668 Grundschulern im Rahmen der Schuleingangsuntersuchung anthropometrisch untersucht. Die Intervention bestand aus Gesundheitsunterricht und bewegten Pausen. Zudem wurden Kinder mit einem erhöhten BMI, positiver Familienanamnese oder verminderten motorischen Fähigkeiten erfasst und gesondert gefördert. In den Interventionsschulen sank im Interventionszeitraum eines Jahres die Inzidenz von Übergewicht im Vergleich zu den Kontrollschulen, dieser Unterschied war jedoch nicht signifikant (Graf, C. et al., 2008).

Gleichfalls untersuchte Bugge im Rahmen einer Studie im Jahr 2012 in 18 Schulen 696 sechs- bis siebenjährige Kinder über einen Zeitraum von vier Jahren. Die Intervention bestand aus einer Schulung der Sportlehrer, einer Verdoppelung der Sportstunden in der Schule und Finanzierung neuer Sport-

und Pausengeräte. Hier wurde ein positiver Einfluss der schulbasierten Intervention auf den Blutdruck beobachtet (Bugge, A. et al., 2012).

Die Bedeutung gesunden Trinkverhaltens zeigte im Jahr 2008 wurde die „Trink dich Fit-Studie“ mit 2.950 Kindern im Alter von sieben bis neun Jahren aus sozial benachteiligten Stadtteilen in Dortmund und Essen. Die einjährige Intervention bestand aus Unterrichtsstunden zum gesunden Trinken (Wasser statt Limonade). In dieser Studie konnten die Inzidenz und Prävalenz von Übergewicht in der Interventionsgruppe reduziert werden (Muckelbauer, R. et al, 2009).

Aktuell ist noch unklar, welcher der beste Parameter ist, um den Erfolg schulbasierter Studien zu messen. Der BMI als Maß des Interventionserfolgs kann beispielsweise verfälscht werden, wenn die Kinder durch das sportzentrierte Interventionsprogramm auch an Muskelmasse zunehmen. So steigt bei diesen Kindern zwar der BMI an, aber der Anteil der Fettmasse im Körper verringert sich.

Mit einem neuen Ansatz hat der Lehrstuhl für Präventive und Rehabilitative Sportmedizin der Technischen Universität München im September 2008 das Schulprojekt „Kinder und Jugendliche als Gesundheitsexperten – JuvenTUM Stufe 3“ begonnen. Hierbei handelte es sich um ein Projekt an Mittel- und Realschulen im Raum München zur Prävention von Übergewicht und Adipositas. Es dauerte vier Jahre und beinhaltete fünf Untersuchungen (Visits). Es fanden wöchentliche Unterrichtsstunden, sogenannte Lifestyle-Stunden, zu Themen wie gesundem Essen und Trinken, Bewegung, Entspannung und Mediennutzung statt. Außerdem wurden die Lehrer und Eltern mit einbezogen (Siegrist, M. et al., 2013). Auf den hierbei gewonnen Daten basiert die vorliegende Arbeit. Anhand schulbasierter Interventionsstudien wie der JuvenTUM Stufe 3-Studie können Kenntnisse über die Ursachen und Pathomechanismen von Übergewicht und Adipositas bei Kindern gewonnen werden und neue Strategien der Prävention identifiziert und evaluiert werden (WHO, 2000) (Nagel, G. et al., 2008).

Die Wirksamkeit schulbasierter Interventionen zur primären Adipositasprävention wird kontrovers diskutiert. Positive Effekte fand Katz 2008 in einer Metaanalyse mit acht schulbasierten Interventionsstudien. Hier zeigte sich, dass Ernährungsumstellung und Aktivitätssteigerung zu einer signifikanten Reduktion des Körpergewichts führten (Katz, D. L. et al., 2008).

Einen positiven Einfluss der Intervention zeigte auch Kropski im Jahr 2008 in einer Metaanalyse 14 schulbasierte Interventionsstudien. In 12 Studien erwies sich eine Verbesserung mindestens eines der untersuchten Parameter Ernährung, Bewegung und Sitzzeiten. In dieser Metaanalyse wurde in der Studie von Coleman et al. (2005) eine signifikante Reduktion des Risikos für Übergewicht der Mädchen um elf Prozent und der Jungen um acht Prozent in der Interventionsgruppe beobachtet. In der Studie von Sallis et al. (2003) war für die Jungen in der Interventionsgruppe eine BMI-Reduktion um 0,64 kg/m² erkennbar (Kropski, J. A. et al., 2008).

Hingegen wurden im Rahmen einer kanadischen Metaanalyse von Harris 18 schulbasierte Studien mit insgesamt 18.141 Grundschulkindern eingeschlossen. Hier bestand kein signifikanter Effekt der erhöhten körperlichen Bewegung auf den BMI. Auch für den Bauchumfang und die Summe der Hautfalten dicke konnte kein signifikanter Effekt der Intervention nachgewiesen werden (Harris, K. C. et al., 2009).

Fehlende Effekte zeigte auch die Cochrane-Metaanalyse von Dobbins et al. aus dem Jahr 2013. Hier wurden 44 kontrolliert-randomisierte, schulbasierte Interventionsstudien mit insgesamt 36.593 Kindern im Alter von sechs bis 18 Jahren analysiert. In diesen Studien erfolgten Sportunterrichtsstunden, Gesundheitsinformation, Lehrerschulung und die Einführung von gesundem Schulesen. Es fand sich kein signifikanter Effekt der Interventionen auf den Blutdruck und BMI. Jedoch konnte durch die Intervention der Anteil der Kinder erhöht werden, die moderate oder intensive körperliche Aktivität ausübten. In der Interventionsgruppe verbrachten die Kinder pro Tag fünf bis 45 Minuten mehr mit Bewegung und fünf bis 60 Minuten weniger Zeit vor dem Fernseher (Dobbins, M. et al., 2013). Interventionsstudien können also positive Effekte auf das Gesundheitsverhalten und den Lebensstil von Kindern haben.

4. Methodik und Design der Studie

Im folgenden Kapitel werden Design, Ablauf und Ziele der, dieser Arbeit zugrunde liegenden Studie vorgestellt. Zudem werden die Fragestellung und die statistischen Auswertungsmethoden der vorliegenden Arbeit präsentiert.

4.1. Inhalt der Studie

Im Rahmen des schulbasierten Interventionsprojektes „Kinder und Jugendliche als Gesundheitsexperten - JuvenTUM Stufe 3“ wurden 607 Fünftklässler im Alter von neun bis elf Jahren an 15 Mittel- und Realschulen im Raum München untersucht. Durch ein Losverfahren wurden die Schulen in sieben Kontroll- und acht Interventionsschulen aufgeteilt, die Projektdauer betrug vier Jahre. Die Schüler, Eltern und Lehrer wurden über das Projekt aufgeklärt. Die Schüler, deren Eltern eine schriftliche Einverständniserklärung gaben, wurden in die Studie eingeschlossen.

Die Ethikkommission der Technischen Universität München prüfte und genehmigte das Studienprotokoll. Alle Untersuchungen entsprachen den Anforderungen der Deklaration von Helsinki.

Im Herbst 2008 fand die erste Untersuchung statt (Visit 1). Es folgten Verlaufskontrollen nach sechs (Visit 2), 18 (Visit 3), 30 (Visit 4) und 42 (Visit 5) Monaten. Die Intervention bestand aus wöchentlichen Lifestyle-Stunden zur gesunden Lebensweise durch die Klassenlehrer mit vier Themen pro Schuljahr. Zudem wurden gesundheitsbezogene Aktivitäten in der Schule, wie gesundes Frühstück, Kochen für Kinder, Tanzveranstaltungen und Fußballturniere, sowie eine Kooperation mit Sportvereinen durchgeführt. In vier bis sechs Treffen pro Jahr wurden die Lehrer geschult, ebenso fanden regelmäßig Elternschulungen und Eltern-Kind-Aktivitäten statt.

Die Wirksamkeit der Intervention wurde in den Interventions- und Kontrollschulen anhand verschiedener Messparameter überprüft. Die Studie wurde mit konstantem, gut geschultem, bezüglich der Intervention verblindetem Personal durchgeführt. Die verwendeten anthropometrischen Messparameter

sind für die Verwendung bei Kindern gut validiert und effizient und einfach durchführbar. Dazu gehören der BMI, der Bauch- und der Oberarmumfang, die Hautfaltendicke und der periphere Blutdruck. Als Laborparameter wurden Nüchtern glukose, Lipide, die Hormone Insulin, Leptin und Adiponektin, sowie die Inflammationsmarker CRP und Interleukin 6 bestimmt. Die Hormone Testosteron und Östrogen dienten der Bestimmung des Pubertätsstadiums. Mit einem Sphygmographen wurde die Gefäßfunktion geprüft. Zudem erfolgte eine Pulswellenanalyse. Mit einer Non-Mydriatikum-Kamera wurde eine statische, retinale Gefäßanalyse durchgeführt. Zur Erfassung der körperlichen Leistungsfähigkeit erfolgte der Münchener Fitnessstest. Durch einen Fragebogen wurden Daten zur körperlichen Aktivität, zum Ernährungsverhalten, dem soziokulturellen Hintergrund, Lebensqualität und Gesundheitswissen abgefragt.

4.2. Studienziele

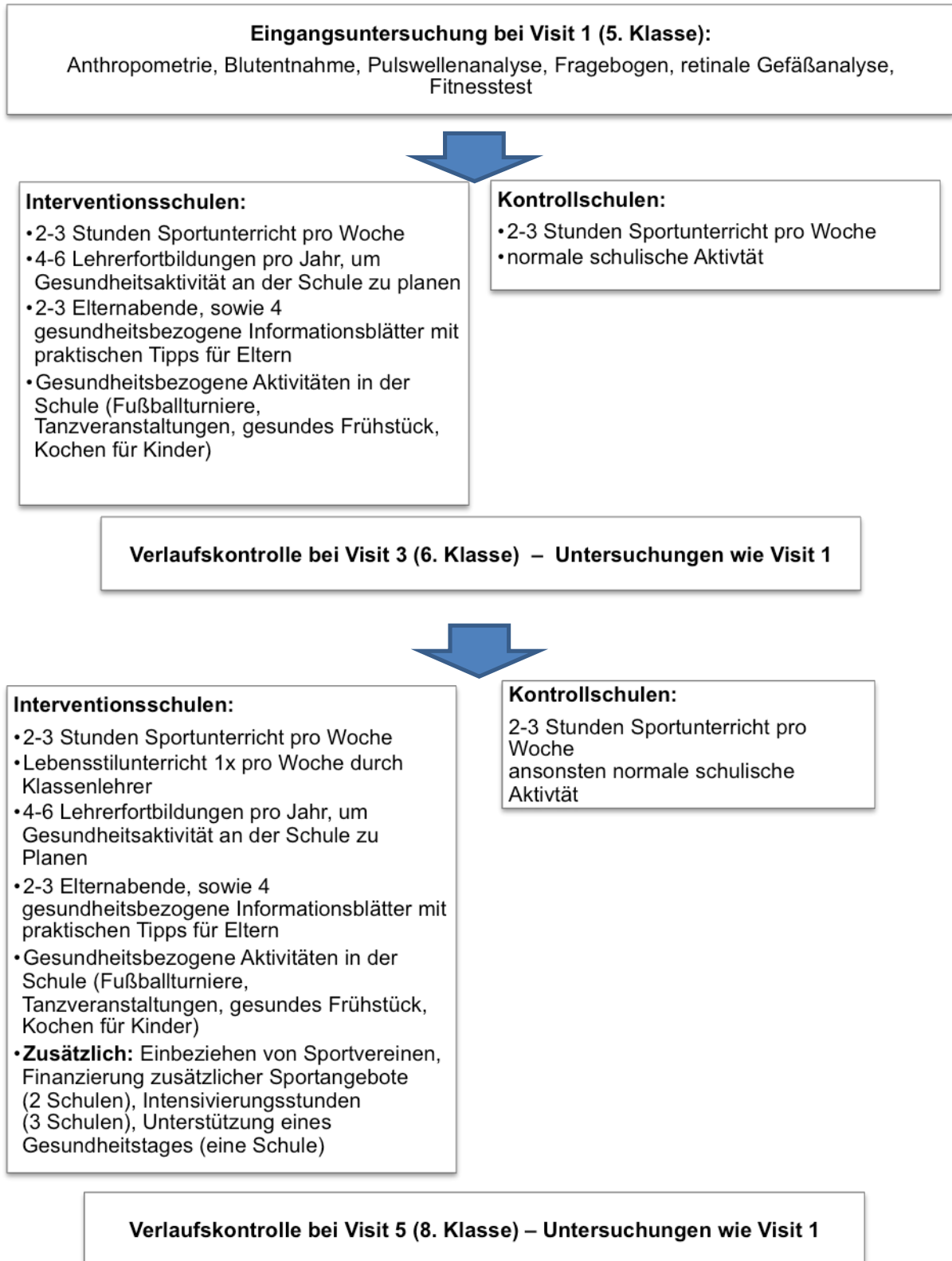
Die Studie „Kinder und Jugendliche als Gesundheitsexperten – JuvenTUM Stufe 3“ war eine kontrolliert-randomisierte schulbasierte Interventionsstudie. Ziel der Studie war die Förderung von Gesundheitskompetenz und -verhalten der Kinder, um die Prävalenz von Übergewicht und Adipositas zu verringern. Den Schülern sollten Spaß an Bewegung und Wissen über eine gesunde Lebensweise vermittelt werden. An den Schulen sollte ein gesundheitsförderndes Umfeld geschaffen werden. Der Medienkonsum der Schüler sollte reduziert und ihre Essgewohnheiten verbessert werden. Durch die Nutzung von zusätzlichen Bewegungsangeboten in der Freizeit sollten vermehrte körperliche Bewegung und Fitness und ein höheres psychisches Wohlbefinden erreicht werden. Die Erhöhung der körperlichen Aktivität auf > 60 min/Tag sollte erreicht werden.

Der Einfluss der Intervention mittels schulbasierter Lebensstilveränderung auf die körperliche Aktivität, das Ernährungsverhalten und die kardiometabolischen Risikofaktoren wurde untersucht. Ferner sollten die kardiometabolischen Risikofaktoren und die Gefäßfunktion analysiert und verbessert werden. Zudem sollte sich die Körperkomposition der Kinder positiv verändern. Als Maß dafür dienten BMI, Bauchumfang und Hautfaltendicke. Ferner sollte die

Normalisierung des systolischen und diastolischen Blutdrucks erreicht werden. Auch sollten Normwerte für die kardiometabolischen Risikofaktoren, wie Triglyzeride, LDL-Cholesterin, HDL-Cholesterin, Nüchtern glukose, CRP und Interleukin 6 erreicht werden (Siegrist, M. et al., 2013).

4.3. Design der Studie

Grafische Darstellung des Studiendesigns:



4.4. Untersuchungen in der Studie

Im Rahmen der Studie wurde neben der körperliche Untersuchung der anthropometrischen Parameter auch die Messung der Gefäßdurchmesser in der Augenhintergrundspiegelung und der Pulswellengeschwindigkeit als Maß der Elastizität der Gefäße durchgeführt. Zudem wurde bei den Kindern, bei denen dafür eine separate Einverständniserklärung der Eltern vorlag, eine Blutentnahme durchgeführt. Tabelle 9 zeigt alle durchgeführten Untersuchungen in einer Übersicht (Rusch, H. et al., 1994) (Bös, K. et al., 2009) (Siegrist, M. et al., 2013).

Tabelle 9: Übersicht aller in der Studie durchgeführten Untersuchungen

| Übersicht aller Untersuchungen | |
|--------------------------------|---|
| Anthropometrie, Anamnese | Name, Alter, Geschlecht, Körpergröße, -gewicht, Vorerkrankungen, -medikation, Bauchumfang, Oberarmumfang, Hautfaltendickemessung |
| Blutentnahme | Fettstoffwechselfparameter (HDL-, LDL-Cholesterin, Triglyzeride), Nüchtern glukose, Inflammationsmarker (IL-6, CRP) und Hormone (Adiponektin, Leptin, Insulin, Östrogen, Testosteron) |
| Medizinische Untersuchungen | Blutdruck, Pulswellenanalyse, retinale Gefäßanalyse |
| Körperliche Fitness | Münchner Fitnesstest |
| Körperliche Aktivität | Aktivitätsfragebogen nach Bös |
| Fragebogen | Sitzzeiten (Schule, Hausaufgaben, Medienkonsum) |
| Essgewohnheiten | Ernährungsfragebogen |
| Suchtmittel | Alkoholkonsum und Rauchen |
| Lebensqualität | KINDL® -Fragebogen |
| Soziokultureller Hintergrund | Fragebogen zu Migrationshintergrund, sozioökonomischer Status |

4.4.1. BMI, BMI-Perzentile und BMI-SDS

Die körperliche Untersuchung wurde während der Unterrichtszeit in separaten Räumen an den Schulen von wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen des Lehrstuhls standardisiert durchgeführt. Es wurden folgende Werte dokumentiert: Körpergewicht, -größe, Bauch- und Oberarmumfang und Hautfaltendicke. Die Messung des Gewichts erfolgte in Unterwäsche mit einer elektronischen Waage auf 100 Gramm genau und die der Körpergröße mit einem mobilen Körpergrößenmessgerät auf einen Millimeter genau. Die in der vorliegenden Arbeit verwendeten Grenzwerte der BMI-Perzentile gemäß Kromeyer-Hauschild sind in Tabelle 6 zu sehen.

4.4.2. Bauchumfang

Der Bauchumfang wurde bei den Kindern, entspannt stehend, horizontal an der stärksten Einziehung des lateralen Truncus (Rumpfseite) mithilfe eines nicht elastischen Maßbands auf fünf Millimeter genau gemessen. Seit Anfang 2008 gibt es in Deutschland die Referenzwerte für Kinder von Kromeyer-Hauschild, die in der vorliegenden Arbeit verwendet werden (Tabelle 7).

4.4.3. Oberarmumfang

Der Oberarmumfang der Kinder wurde im Stehen an der Stelle der größten Oberarmzirkumferenz der hängenden Arme auf fünf Millimeter genau mit einem nicht elastischen Maßband gemessen.

4.4.4. Hautfaltendickemessung

Die Hautfaltendickemessung wurde von geschultem Personal mit einem Lange-Kaliper an vier vorgegebenen Punkten standardisiert durchgeführt. Die Bizeps- und Trizeps-Hautfettfalten wurden im Bereich der größten Oberarmzirkumferenz des entspannt hängenden Armes gemessen. Der Kaliper wurde im 45°-Winkel unterhalb der unteren Schulterblattspitze angesetzt, um die subskapuläre Hautfaltendicke zu dokumentieren. Zudem wurde 2,5 cm über dem spürbaren Hüftknochen (Crista iliaca) die suprailiakale Hautfettfalte gemessen.

4.4.5. Blutdruck

Der Blutdruck wurde, nach Riva-Rocci standardisiert, nach einer Ruhepause von fünf Minuten rechts in der Fossa cubiti bei gebeugtem Arm gemessen. Die Größe des Armumfangs bestimmte, ob der Blutdruck mit einer Kinder- oder Erwachsenenmanschette gemessen wurde. Die in der vorliegenden Arbeit verwendeten Grenzwerte für Bluthochdruck (Hypertonie) gemäß der Empfehlung der IDF sind in Tabelle 10 abgebildet (Zimmet, P. et al., 2007).

Tabelle 10: Grenzwerte für Hypertonie bei Kindern gemäß der IDF-Empfehlung (Zimmet, P. et al., 2007)

| Hypertonie bei Kindern | |
|------------------------|------------|
| Systolisch | ≥ 130 mmHg |
| Diastolisch | ≥ 85 mmHg |

4.4.6. Untersuchung von Laborparametern

Die Blutentnahme erfolgte bei den Kindern, die dafür eine Einverständniserklärung der Eltern hatten. Ihnen wurde morgens im nüchternen Zustand Blut zur Bestimmung der Nüchternglukose, Serum-Lipide, bestimmter Hormone und Entzündungsparameter entnommen. In der vorliegenden Arbeit wurden Grenzwerte für Kinder der IDF verwendet, die in Tabelle 11 zu sehen sind (Zimmet, P. et al., 2007).

Tabelle 11: Grenzwerte der kardiometabolischen Risikofaktoren gemäß der IDF (Zimmet, P. et al., 2007)

| IDF-Grenzwerte der kardiometabolischen Risikofaktoren (8 bis 15 Jahre) | |
|--|-------------|
| Gesamtcholesterin | ≥ 160 mg/dl |
| LDL-Cholesterin | ≥ 110 mg/dl |
| HDL-Cholesterin | < 40 mg/dl |
| Triglyzeride | ≥ 110 mg/dl |
| Nüchternglukose | ≥ 100 mg/dl |

4.4.7. Erfassung der Gefäßstruktur und -funktion

In der retinalen Gefäßanalyse wurde ohne Einsatz von Mydriatika zur Pupillenerweiterung durch eine Funduskamera die Mikrozirkulation untersucht. In der Pulswellenanalyse wurde unter Verwendung der nicht-invasiven Applanations-Tonometrie die Gefäßfunktion geprüft. Dabei wurde über ein Messinstrument mit einem Drucksensor die Pulsation an der rechten Radialarterie dargestellt.

4.4.8. Erfassung der körperlichen Leistungsfähigkeit, Aktivität und des Medienkonsums

Mithilfe des Münchner Fitnesstests wurden die sportmotorischen Fähigkeiten und die körperliche Leistungsfähigkeit der Kinder gemessen (Kondition und Koordination). Der Test ist in vielen großen Studien in Deutschland erprobt. Zur Bewertung der Ergebnisse verwendet man Normierungstabellen für Kinder zwischen dem sechsten und 17. Lebensjahr (Rusch, H. et al., 1994).

Den standardisierten Aktivitätsfragebogen der KiGGS-Studie füllten die Kinder zu verschiedenen Untersuchungszeitpunkten aus (Opper, E. et al., 2007). Es wurden sportliche Aktivitäten zu Hause, in der Schule, im Freizeitsport, das Sportinteresse, die Fernseh- und Computergewohnheiten erfragt. In der Familien- und Sozialanamnese wurden Herkunftsland, Schulbildung und Beruf der Eltern erfasst.

4.4.9. Gesundheitswissen, Lebensqualität und Ernährungsverhalten

Auch das gesundheitsbezogene Wissen der Kinder wurde zu jedem Untersuchungszeitpunkt erfasst. Aussagen zu den Themen Bewegungsmangel, körperliche Aktivität, Gesundheit und Folgen von Übergewicht bewerteten die Kinder durch Ankreuzen in einem Fragebogen als richtig oder falsch.

Im validierten KINDL-R-Fragebogen, der auch in der KiGGS-Studie Verwendung fand, wurden 24 Fragen zur Lebensqualität der Kinder erhoben. Die Inhalte umfassten die Themen Selbstwert, sowie körperliches, emotionales, familiäres, schulisches und soziales Wohlbefinden (Ravens-Sieberer, U. et al., 1998).

In 25 Fragen zur Häufigkeit des Verzehrs von Fastfood, Gemüse, Früchten, Vollkornbrot, Limonade, Kaffee und Alkohol wurde das Ernährungsverhalten der Kinder erfragt. Die anzukreuzenden Kategorien der Verzehrhäufigkeit variierten zwischen monatlich, mehrmals pro Monat, wöchentlich, mehrmals pro Woche, täglich und mehrmals am Tag. Vom Jahr 2009 an wurde zusätzlich erfasst, ob die Kinder rauchten oder Passivrauch ausgesetzt waren.

4.5. Fragestellungen der Doktorarbeit

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Beantwortung der Frage, ob einer der anthropometrischen Parameter BMI, BMI-SDS, Bauchumfang, Waist-to-Height Ratio, Weight-to-Height Ratio, Oberarmumfang und Hautfaltendicke das kardiometabolische Gesundheitsrisiko der untersuchten Kinder besonders aussagekräftig vorhersagen konnte. Zudem wurde überprüft, ob sich der Zusammenhang zwischen den anthropometrischen Parametern und den kardiometabolischen Risikofaktoren mit zunehmendem Alter in einem Zeitraum von 18 Monaten änderte.

Des Weiteren wurde untersucht, ob sich die kardiometabolischen Risikofaktoren und die anthropometrischen Messparameter durch das Interventionsprogramm beeinflussen ließen.

Neben den oben genannten Zielkriterien wurde die Prävalenz von Übergewicht und Adipositas und der kardiometabolischen Risikofaktoren von neun- bis zwölfjährigen Kindern im Interventionsprogramm „Kinder und Jugendliche als Gesundheitsexperten – JuvenTUM Stufe 3“ überprüft.

4.6. Statistische Auswertung

Die Datenauswertung erfolgte mit SPSS Statistic Version 20 (IBM Corporation, Somers, USA). Mittelwert, Standardabweichung, Median, Quartilen, Minimum und Maximum der Werte zum Untersuchungszeitpunkt Visit 1 und Visit 3 wurden berechnet und in Tabellenform dargestellt. Zur Prüfung der Normalverteilung metrischer Daten wurden der Kolmogorov-Smirnow-Test und Histogramme angewandt.

N = 30 Kinder mussten wegen fehlender Einverständniserklärung von der statistischen Auswertung ausgeschlossen werden. Die Werte von drei Kindern wurden wegen eines Diabetes mellitus Typ 1, der Einnahme von Ritalin bzw. hochdosiertem Kortison ausgeschlossen. Es wurden also bei Visit 1 die Daten von N = 578 Kindern in die statistische Auswertung einbezogen. Bei Visit 3 wurden die Werte von vier Kindern wegen eines relevanten Schulwechsels, z.B. von einer Interventions- zu einer Kontrollschule ausgeschlossen. Bei Visit 3 mussten zudem N = 67 Kinder wegen fehlender Werte, fehlender Anwesenheit oder Verweigerung der Teilnahme am Untersuchungstag von der Auswertung ausgeschlossen werden. Letztlich wurden hier die Werte von 507 Kindern berücksichtigt.

Die Korrelationen der metrischen, intervallskalierten Daten wurden mit Streudiagrammen und dem Korrelationskoeffizienten nach Pearson berechnet. Hierbei wurde anhand des Pearson's-Korrelationskoeffizienten r der Zusammenhang zweier Variablen geprüft. Ist $r = \text{Null}$, besteht kein Zusammenhang zwischen zwei Variablen. Liegt $r < 0$, besteht eine negative Korrelation, hohe Werte von Variable A gehen also mit niedrigen Werten von Variable B einher. Liegt $r > 0$, korrelieren die Variablen positiv, hohe Werte von Variable A gehen mit hohen Werten von Variable B einher. Der p -Wert (Signifikanzwert), dient der Prüfung der Nullhypothese im Rahmen eines Signifikanztests. Liegt der p -Wert unterhalb des Signifikanzniveaus, so wird das Ergebnis als statistisch signifikant bezeichnet. Das Signifikanzniveau liegt in der vorliegenden Arbeit bei fünf Prozent. Bei $p < 0,05$ erfolgte also die Ablehnung der Nullhypothese.

Die metrischen, normalverteilten Daten wurden mit dem t -Test für unverbundene Stichproben berechnet, um herauszufinden, ob sich die Interventions- und die Kontrollgruppe zu Studienbeginn unterschieden. Die nicht-normalverteilten Daten wurden mit dem Rangsummentest nach Spearman berechnet.

Die Sensitivität eines diagnostischen Tests beschreibt den Anteil der Probanden, die durch den Test als Test-positiv gewertet werden, bei denen die relevante Eigenschaft wirklich vorliegt. Die Spezifität beschreibt den Anteil der durch den Test als Test-negativ gewerteten Probanden, bei denen die relevante Eigenschaft nicht vorliegt. Bei einem idealen Test sind die Sensitivität und die Spezifität jeweils gleich 1.

Es wurden die Sensitivität und Spezifität und Cut-Off-Werte berechnet. Zur Berechnung der Receiver Operating Characteristic Curves (ROC-Kurven) wurden aus Sensitivität (y-Achse) und Spezifität (x-Achse) relative Häufigkeitsverteilungen eines Parameters erstellt. Es zeigte sich meist eine gekrümmte, aufsteigende Kurve. Je weiter die Kurve Richtung y-Achse anstieg (hohe Sensitivität), desto höher war die Area Under the Curve (AUC), also die Fläche unterhalb der Kurve. Hierbei entspricht eine AUC von 0,5 einem Zufallsprozess und bestätigt die Nullhypothese.

Die Gradierung der Accuracy (Genauigkeit) der Area Under the Curve-Werte sind in Tabelle 12 dargestellt (Hanley, J. A. et al., 1982) (Lauche, R. et al., 2013).

Tabelle 12: Einteilung der Accuracy der Area Under the Curve

| Accuracy | |
|------------|--------------|
| 0,6 - 0,79 | mittelmäßig |
| 0,8 - 0,89 | gut |
| 0,9 – 1 | hervorragend |

Mit dem t-Test für gepaarte Stichproben wurde zweiseitig geprüft, ob es signifikante Veränderungen innerhalb der Interventions- und der Kontrollgruppe gab. Zum Vergleich von Kontroll- und Interventionsgruppe wurden für die oben genannten anthropometrischen Messwerte Differenzen (Delta, Δ) berechnet. Die Differenzen der Interventions- und Kontrollgruppe wurden mit dem t-Test für unverbundene Stichproben auf Unterschiede untersucht. Es wurde der Interventionseffekt, also Unterschiede der anthropometrischen oder kardiometabolischen Parameter in der Interventions- und Kontrollgruppe geprüft.

5. Ergebnisse

In diesem Kapitel werden die anthropometrischen und laborchemischen Daten und die Prävalenz von Übergewicht und Adipositas von Visit 1 und 3 vorgestellt. Zudem wird das kardiometabolische Risikoprofil analysiert.

5.1. Die Studienpopulation im Überblick

In die Auswertung wurden N = 320 Kinder in der Interventions- und N = 258 Kinder in der Kontrollgruppe eingeschlossen. Von den untersuchten Kindern waren N = 246 Mädchen und N = 332 Jungen. Das durchschnittliche Alter betrug zu Beginn der Studie 11,1 Jahre.

5.1.1. Anthropometrische Parameter bei Projektbeginn, 5. Klasse (Visit 1)

Für die Messparameter Alter, Gewicht, Körpergröße, BMI, Bauchumfang, Blutdruck, HDL-Cholesterin und Nüchtern glukose konnte eine Normalverteilung angenommen werden. Die Messwerte der Triglyzeride waren nicht normalverteilt.

Im Folgenden werden nur die für die Fragestellung relevanten Werte besprochen. Zu Beginn der Studie betrug die durchschnittliche Körpergröße 147,1 cm ($\pm 7,6$) und das Körpergewicht 41,9 kg ($\pm 10,9$). Der BMI lag im Mittelwert bei 19,1 kg/m² ($\pm 3,6$) und der Bauchumfang bei 64,6 cm ($\pm 8,2$). Weitere Werte sind in Tabelle 13 zu finden.

Tabelle 13: Anthropometrie aller untersuchten Kinder bei Projektbeginn (Visit 1)

| Anthropometrie aller Kinder bei Visit 1 | N | MW (\pm SD) | MD | Min | Quartile | | | Max |
|--|-----|---------------------|-------|-------|----------|-------|-------|-------|
| | | | | | 25 | 50 | 75 | |
| Körpergröße (cm) | 578 | 147,1 ($\pm 7,6$) | 146,3 | 128,8 | 141,9 | 146,3 | 152,2 | 175,4 |
| Gewicht (kg) | 578 | 41,9 ($\pm 10,9$) | 39,5 | 24,2 | 34,1 | 39,5 | 47,3 | 102,7 |
| BMI (kg/m ²) | 578 | 19,1 ($\pm 3,6$) | 18,3 | 11,6 | 16,6 | 18,3 | 21,0 | 34,9 |
| BMI-SDS | 578 | 0,33 ($\pm 1,11$) | 0,29 | -3,96 | -0,41 | 0,29 | 1,14 | 2,97 |
| Weight-to-Height Ratio (kg/m) | 578 | 0,3 ($\pm 0,1$) | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,6 |
| Bauchumfang (cm) | 578 | 64,6 ($\pm 8,2$) | 63 | 51 | 58,5 | 63 | 69 | 108 |
| Waist-to-Height Ratio | 578 | 0,4 ($\pm 0,1$) | 0,4 | 0,4 | 0,6 | 0,4 | 0,4 | 0,5 |
| Oberarmumfang (cm) | 578 | 23,2 ($\pm 3,2$) | 22,5 | 16,5 | 21 | 22,5 | 25 | 39 |
| Hautfaltendicke (mm): | | | | | | | | |
| Bizeps | 578 | 8,6 ($\pm 4,2$) | 8 | 2 | 5 | 8 | 11 | 24 |
| Trizeps | 578 | 12,8 ($\pm 4,6$) | 12 | 4 | 9 | 12 | 16 | 31 |
| Schulter | 578 | 10,7 ($\pm 6,6$) | 8 | 3 | 6 | 8 | 14 | 38 |
| Hüfte | 578 | 13,7 ($\pm 9,4$) | 10,5 | 2 | 6 | 10,5 | 20 | 53 |
| HF | 578 | 45,8 ($\pm 23,5$) | 38,5 | 11 | 26 | 38,5 | 61 | 146 |
| Statistische Kennzahlen der bei Visit 1 gemessenen Parameter: Bizeps = Hautfaltendicke Bizeps, BMI = Body-Mass-Index, BMI-SDS = Standard Deviation Score des BMI, Hüfte = Hautfaltensumme Hüfte, Max = Maximum, MD = Median, Min = Minimum, MW = Mittelwert, N = Anzahl, Schulter = Hautfaltendicke Schulter, SD = Standardabweichung, HF = Summe der Hautfaltendicke-Messungen, Trizeps = Hautfaltendicke Trizeps | | | | | | | | |

5.1.2. Anthropometrische Parameter nach 18 Monaten (Visit 3)

Nach 18 Monaten, in der 6. Klasse, wurden 507 Kinder anthropometrisch untersucht, davon N = 217 Mädchen und N = 290 Jungen. N = 279 Kinder waren in der Interventions- und N = 228 in der Kontrollgruppe. Die Ausschlussgründe der in der Auswertung von Visit 3 fehlenden Kinder sind im Kapitel 4.6 dargestellt. Die Kinder waren inzwischen durchschnittlich 12,7 Jahre ($\pm 0,6$) alt. Die durchschnittliche Körpergröße betrug 157,1 cm ($\pm 8,2$) und das Körpergewicht 50,7 kg ($\pm 12,4$). Der BMI betrug im Durchschnitt $20,4 \text{ kg/m}^2$ ($\pm 3,8$) und der Bauchumfang lag bei 67,9 cm ($\pm 8,1$) (Tabelle 14).

Tabelle 14: Anthropometrie aller untersuchten Kinder nach 18 Monaten (Visit 3)

| Anthropometrie aller Kinder bei Visit 3 | N | MW (\pm SD) | MD | Min | Quartile | | | Max |
|--|-----|---------------------|-------|-------|----------|-------|-------|-------|
| | | | | | 25 | 50 | 75 | |
| Körpergröße (cm) | 507 | 157,1 ($\pm 8,2$) | 156,5 | 135,5 | 151,3 | 156,5 | 162,3 | 184,0 |
| Gewicht (kg) | 507 | 50,7 ($\pm 12,4$) | 48,7 | 28,0 | 42,3 | 48,7 | 57,0 | 98,6 |
| BMI (kg/m^2) | 507 | 20,4 ($\pm 3,8$) | 19,5 | 13,4 | 17,6 | 19,5 | 22,4 | 34,4 |
| BMI-SDS | 507 | 0,38 ($\pm 1,10$) | 0,34 | -3,45 | -0,32 | 0,34 | 1,18 | 2,86 |
| Weight-to-Height Ratio (kg/m) | 507 | 0,3 ($\pm 0,12$) | 0,3 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,35 | 2,5 |
| Bauchumfang (cm) | 507 | 67,9 ($\pm 8,1$) | 66,5 | 53,0 | 62,0 | 66,5 | 72,0 | 101,5 |
| Waist-to-Height Ratio | 507 | 0,4 ($\pm 0,1$) | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,5 | 0,6 |
| Oberarmumfang (cm) | 507 | 25,1 ($\pm 3,5$) | 24,5 | 15 | 22,5 | 24,5 | 27 | 39,5 |
| Hautfaltendicke (mm): | | | | | | | | |
| Bizeps | 507 | 8,7 ($\pm 4,0$) | 8 | 2 | 6 | 8 | 11 | 27 |
| Trizeps | 507 | 14,5 ($\pm 5,1$) | 14 | 5 | 11 | 14 | 17 | 34 |
| Schulter | 507 | 11,3 ($\pm 6,3$) | 9 | 3 | 7 | 9 | 13 | 38 |
| Hüfte | 507 | 15,9 ($\pm 9,5$) | 14,5 | 4 | 8 | 14,5 | 23 | 46 |
| HF | 507 | 50,4 ($\pm 23,1$) | 45,5 | 14 | 32 | 45,5 | 64 | 145 |
| Statistische Kennzahlen der bei Visit 3 gemessenen Parameter: Bizeps = Hautfaltendicke Bizeps, BMI = Body-Mass-Index, BMI-SDS = Standard Deviation Score des BMI, Hüfte = Hautfaltensumme Hüfte, Max = Maximum, MD = Median, Min = Minimum, MW = Mittelwert, N = Anzahl, Schulter = Hautfaltendicke Schulter, SD = Standardabweichung, HF = Summe der Hautfaltendicke-Messungen, Trizeps = Hautfaltendicke Trizeps | | | | | | | | |

5.1.3. Kardiometabolische Risikoparameter zu Projektbeginn (Visit 1)

Der Mittelwert des systolischen Blutdrucks lag bei 119 mmHg ($\pm 9,9$) und der des diastolischen Blutdrucks bei 74 mmHg ($\pm 7,7$). In der laborchemischen Untersuchung lag der Durchschnittswert des HDL-Cholesterins bei 65 mg/dl ($\pm 14,0$), der Triglyzeride bei 81,2 mg/dl ($\pm 45,2$) und der Nüchtern glukose bei 79,8 mg/dl ($\pm 8,1$). Weitere Werte sind in Tabelle 15 zu finden.

Tabelle 15: Kardiometabolische Risikofaktoren aller untersuchten Kinder zu Projektbeginn (Visit 1)

| Risikoparameter Visit 1 | N | MW (\pm SD) | MD | Min | Quartile | | | Max |
|--|-----|----------------------|------|------|----------|------|------|-----|
| | | | | | 25 | 50 | 75 | |
| Blutdruck (mmHg): | | | | | | | | |
| SBP | 578 | 119 ($\pm 9,9$) | 120 | 95 | 110 | 120 | 125 | 150 |
| DBP | 578 | 74 ($\pm 7,7$) | 70 | 55 | 70 | 70 | 80 | 100 |
| Laborparameter: | | | | | | | | |
| CHOL (mg/dl) | 385 | 175,0 ($\pm 28,5$) | 173 | 100 | 153 | 173 | 194 | 274 |
| HDL-C (mg/dl) | 385 | 65,0 ($\pm 14,0$) | 63,6 | 28 | 55,5 | 63,6 | 73,8 | 114 |
| LDL-C (mg/dl) | 385 | 88,6 ($\pm 19,5$) | 87,0 | 38 | 75 | 87,0 | 101 | 160 |
| LDL/HDL | 385 | 1,4 ($\pm 0,4$) | 1,4 | 0,40 | 1,1 | 1,4 | 1,7 | 3 |
| TG (mg/dl) | 385 | 81,2 ($\pm 45,2$) | 69 | 22 | 53 | 69 | 94 | 358 |
| GLU (mg/dl) | 385 | 79,8 ($\pm 8,1$) | 80 | 49 | 75 | 80 | 85 | 110 |
| CHOL = Gesamtcholesterin, DBP = Diastolischer Blutdruck, GLU= Nüchtern glukose, HDL-C = HDL-Cholesterin, LDL-C = LDL-Cholesterin, LDL/HDL = Quotient aus LDL-Cholesterin und HDL-Cholesterin, Max = Maximum, MD = Median, Min = Minimum, MW = Mittelwert, N = Anzahl, SD = Standardabweichung, SBP = Systolischer Blutdruck, TG = Triglyzeride | | | | | | | | |

5.1.4. Kardiometabolische Risikoparameter nach 18 Monaten (Visit 3)

18 Monate später betrug der durchschnittliche Blutdruck der Gesamtgruppe 121 mmHg (\pm 9,5) systolisch und 74 mmHg (\pm 6,6) diastolisch. In der Labordiagnostik lag der Mittelwert des HDL-Cholesterins bei 55,7 mg/dl (\pm 10,2), der Triglyzeride bei 83,1 mg/dl (\pm 44,0). Die Nüchtern glukose betrug durchschnittlich 78,0 mg/dl (\pm 10,0) (Tabelle 16).

Tabelle 16: Kardiometabolische Risikofaktoren aller untersuchten Kinder nach 18 Monaten (Visit 3)

| Risikoparameter Visit 3 | N | MW (\pm SD) | MD | Min | Quartile | | | Max | |
|---|-----|---------------------|-------|-----|----------|-------|-------|-----|--|
| | | | | | 25 | 50 | 75 | | |
| Blutdruck (mmHg): | | | | | | | | | |
| SBP | 507 | 121 (\pm 9,5) | 120 | 95 | 115 | 120 | 125 | 150 | |
| DBP | 507 | 74 (\pm 6,6) | 75 | 55 | 70 | 75 | 80 | 100 | |
| Laborparameter: | | | | | | | | | |
| CHOL (mg/dl) | 334 | 163,9 (\pm 28,6) | 162,5 | 99 | 144,0 | 162,5 | 183,3 | 260 | |
| HDL-C (mg/dl) | 334 | 55,7 (\pm 10,2) | 55 | 31 | 48 | 55 | 62 | 90 | |
| LDL-C (mg/dl) | 334 | 104,8 (\pm 23,2) | 105 | 54 | 89 | 105 | 120 | 180 | |
| LDL/HDL | 334 | 1,9 (\pm 0,5) | 1,9 | 0,6 | 1,6 | 1,9 | 2,2 | 3,4 | |
| TG (mg/dl) | 334 | 83,1 (\pm 44,0) | 72 | 23 | 55 | 72 | 98 | 319 | |
| GLU (mg/dl) | 334 | 78,0 (\pm 10,0) | 78 | 49 | 72 | 78 | 83 | 148 | |
| CHOL = Gesamtcholesterin, DBP = Diastolischer Blutdruck, GLU = Nüchtern glukose, HDL-C = HDL-Cholesterin, LDL-C = LDL-Cholesterin, LDL/HDL = Quotient aus LDL-Cholesterin und HDL-Cholesterin, Max = Maximum, MD = Median, Min = Minimum, MW = Mittelwert, N = Anzahl, SD = Standardabweichung, SBP = Systolischer Blutdruck, TG = Triglyzeride | | | | | | | | | |

5.2. Beschreibung der Studienpopulation getrennt nach Geschlechtern zu Projektbeginn (Visit 1) und nach 18 Monaten (Visit 3)

5.2.1. Anthropometrische Daten aller Mädchen zu Projektbeginn (Visit 1)

Zu Beginn der Studie betrug die durchschnittliche Körpergröße der Mädchen 147,3 cm ($\pm 7,6$) und das Gewicht 42,4 kg ($\pm 11,1$). Der BMI lag im Durchschnitt bei 19,3 kg/m² ($\pm 3,6$) und der Bauchumfang bei 64,1 cm ($\pm 8,0$). Weitere Werte finden sich in Tabelle 17.

Tabelle 17: Anthropometrische Daten aller untersuchten Mädchen zu Projektbeginn (Visit 1)

| Anthropometrie Mädchen Visit 1 | N | MW (\pm SD) | MD | Min | Quartile | | | Max |
|--|-----|---------------------|-------|-------|----------|-------|-------|-------|
| | | | | | 25 | 50 | 75 | |
| Körpergröße (cm) | 246 | 147,3 ($\pm 7,6$) | 146,5 | 128,8 | 142,3 | 146,5 | 152,2 | 175,4 |
| Gewicht (kg) | 246 | 42,4 ($\pm 11,1$) | 39,7 | 24,2 | 34 | 39,7 | 48,1 | 86,9 |
| BMI (kg/m ²) | 246 | 19,3 ($\pm 3,6$) | 18,7 | 11,6 | 16,5 | 18,7 | 21,3 | 34,1 |
| BMI-SDS | 246 | 0,38 ($\pm 1,11$) | 0,43 | -3,96 | -0,41 | 0,43 | 1,10 | 2,92 |
| Weight-to-Height Ratio (kg/m) | 246 | 0,3 ($\pm 0,1$) | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,5 |
| Bauchumfang (cm) | 246 | 64,1 ($\pm 8,0$) | 62,5 | 51 | 58,4 | 62,5 | 68,6 | 90,5 |
| Waist-to-Height Ratio | 246 | 0,4 ($\pm 0,1$) | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,5 | 0,6 |
| Oberarmumfang (cm) | 246 | 23,4 ($\pm 3,2$) | 23 | 16,5 | 21 | 23 | 25,5 | 39,0 |
| Hautfaltendicke (mm): | | | | | | | | |
| Bizeps | 246 | 9,3 ($\pm 4,0$) | 9 | 3 | 6 | 9 | 12 | 22 |
| Trizeps | 246 | 13,4 ($\pm 4,3$) | 13 | 5 | 10 | 13 | 16 | 27 |
| Schulter | 246 | 12,0 ($\pm 6,4$) | 10 | 4 | 7 | 10 | 16 | 35 |
| Hüfte | 246 | 15,6 ($\pm 9,0$) | 13 | 4 | 8 | 13 | 22 | 44 |
| HF | 246 | 50,3 ($\pm 22,1$) | 45 | 16 | 31 | 45 | 66 | 128 |
| Bizeps = Hautfaltendicke Bizeps, BMI = Body-Mass-Index, BMI-SDS = Standard Deviation Score des BMI, Hüfte = Hautfaltensumme Hüfte, Max = Maximum, MD = Median, Min = Minimum, MW = Mittelwert, N = Anzahl, Schulter = Hautfaltendicke Schulter, SD = Standardabweichung, HF = Summe der Hautfaltendicke-Messungen, Trizeps = Hautfaltendicke Trizeps | | | | | | | | |

5.2.2. Anthropometrische Daten aller Mädchen nach 18 Monaten (Visit 3)

Bei Visit 3 wurden N = 217 Mädchen untersucht. Ihre durchschnittliche Körpergröße betrug zu diesem Zeitpunkt 156,7 cm ($\pm 7,0$) und das Körpergewicht 51,3 kg ($\pm 11,9$). Der BMI lag im Durchschnitt bei 20,8 kg/m² ($\pm 3,8$) und der Bauchumfang bei 67,1 cm ($\pm 7,6$) (Tabelle 18).

Tabelle 18: Anthropometrische Daten aller untersuchten Mädchen nach 18 Monaten (Visit 3)

| Anthropometrie Mädchen Visit 3 | N | MW (\pm SD) | MD | Min | Quartile | | | Max |
|--|-----|---------------------|-------|-------|----------|-------|------|-------|
| | | | | | 25 | 50 | 75 | |
| Körpergröße (cm) | 217 | 156,7 ($\pm 7,0$) | 156,4 | 135,5 | 152,1 | 156,4 | 161 | 178,6 |
| Gewicht (kg) | 217 | 51,3 ($\pm 11,9$) | 49,8 | 28,0 | 43,3 | 49,8 | 56,8 | 98,6 |
| BMI (kg/m ²) | 217 | 20,8 ($\pm 3,8$) | 20,1 | 13,7 | 18,1 | 20,2 | 22,6 | 33,6 |
| BMI-SDS | 217 | 0,46 ($\pm 1,10$) | 0,46 | -2,86 | -0,25 | 0,46 | 1,18 | 2,86 |
| Weight-to-Height Ratio (kg/m) | 217 | 0,3 ($\pm 0,16$) | 0,3 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 2,5 |
| Bauchumfang (cm) | 217 | 67,1 ($\pm 7,6$) | 65,5 | 53,0 | 62,0 | 66,5 | 70,5 | 93,0 |
| Waist-to-Height Ratio | 217 | 0,4 ($\pm 0,04$) | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,5 | 0,6 |
| Oberarmumfang (cm) | 217 | 25,4 ($\pm 3,5$) | 25,0 | 15 | 23 | 25 | 27 | 39 |
| Hautfaltendicke (mm): | | | | | | | | |
| Bizeps | 217 | 9,4 ($\pm 3,8$) | 9 | 3 | 6,5 | 9 | 12 | 24 |
| Trizeps | 217 | 15,6 ($\pm 4,5$) | 15 | 6 | 12 | 15 | 18 | 34 |
| Schulter | 217 | 12,4 ($\pm 5,7$) | 11 | 5 | 8 | 11 | 15 | 32 |
| Hüfte | 217 | 18 ($\pm 9,1$) | 16 | 4 | 11 | 16 | 24 | 46 |
| HF | 217 | 55,4 ($\pm 21,1$) | 51 | 18 | 37,5 | 51 | 69 | 136 |
| Bizeps = Hautfaltendicke Bizeps, BMI = Body-Mass-Index, BMI-SDS = Standard Deviation Score des BMI, Hüfte = Hautfaltensumme Hüfte, Max = Maximum, MD = Median, Min = Minimum, MW = Mittelwert, N = Anzahl, Schulter = Hautfaltendicke Schulter, SD = Standardabweichung, HF = Summe der Hautfaltendicke-Messungen, Trizeps = Hautfaltendicke Trizeps | | | | | | | | |

5.2.3. Kardiometabolische Risikofaktoren der Mädchen zu Projektbeginn (Visit 1)

Der systolische Blutdruck der Mädchen lag bei Studienbeginn durchschnittlich bei 118 mmHg ($\pm 9,9$) systolisch und 73 mmHg ($\pm 7,4$) diastolisch. Das HDL-Cholesterin der Mädchen betrug im Durchschnitt 62,3 mg/dl ($\pm 13,7$), die Triglyzeride lagen bei 85,5 mg/dl ($\pm 42,6$) und die Nüchtern glukose bei 77,9 mg/dl ($\pm 7,2$). Weitere Werte sind in Tabelle 19 zu finden.

Tabelle 19: Kardiometabolische Risikoparameter aller untersuchten Mädchen zu Projektbeginn (Visit 1)

| Risiko- parameter Mädchen Visit 1 | N | MW (\pm SD) | MD | Min | Quartile | | | Max |
|---|-----|----------------------|-------|-----|----------|------|------|------|
| | | | | | 25 | 50 | 75 | |
| Blutdruck (mmHg): | | | | | | | | |
| SBP | 246 | 118 ($\pm 9,9$) | 120 | 95 | 110 | 120 | 125 | 145 |
| DBP | 246 | 73 ($\pm 7,4$) | 70 | 55 | 70 | 70 | 80 | 90 |
| Laborwerte: | | | | | | | | |
| CHOL (mg/dl) | 159 | 173,1 ($\pm 28,2$) | 172,0 | 100 | 152 | 172 | 193 | 274 |
| HDL-C (mg/dl) | 159 | 62,3 ($\pm 13,7$) | 60,4 | 28 | 52,1 | 60,4 | 71,2 | 101 |
| LDL-C (mg/dl) | 158 | 88,6 ($\pm 19,3$) | 88,6 | 50 | 74 | 88,5 | 102 | 160 |
| LDL/HDL | 158 | 1,5 ($\pm 0,5$) | 1,5 | 0,6 | 1,2 | 1,5 | 1,8 | 3,00 |
| TG (mg/dl) | 158 | 85,5 ($\pm 42,6$) | 77,5 | 29 | 54,8 | 77,5 | 102 | 304 |
| GLU (mg/dl) | 159 | 77,9 ($\pm 7,2$) | 78 | 57 | 73 | 78 | 83 | 95 |
| CHOL = Gesamtcholesterin, DBP = Diastolischer Blutdruck, GLU = Nüchtern glukose, HDL-C = HDL-Cholesterin, LDL-C = LDL-Cholesterin, LDL/HDL = Quotient aus LDL-Cholesterin und HDL-Cholesterin, Max = Maximum, MD = Median, Min = Minimum, MW = Mittelwert, N = Anzahl, SD = Standardabweichung, SBP = Systolischer Blutdruck, TG = Triglyzeride | | | | | | | | |

5.2.4. Kardiometabolische Risikofaktoren der Mädchen nach 18 Monaten (Visit 3)

Nach 18 Monaten betrug der durchschnittliche Blutdruck der Mädchen 120 mmHg (\pm 9,2) systolisch und 74 mmHg (\pm 6,5) diastolisch. Der Mittelwert des HDL-Cholesterins lag bei 55,6 mg/dl (\pm 9,5), der Triglyzeride bei 87,2 mg/dl (\pm 48,7) und der Nüchtern glukose bei 76,2 mg/dl (\pm 9,1) (Tabelle 20).

Tabelle 20: Kardiometabolische Risikoparameter aller untersuchten Mädchen nach 18 Monaten (Visit 3)

| Risikoparameter Mädchen Visit 3 | N | MW (\pm SD) | MD | Min | Quartile | | | Max |
|---|-----|---------------------|-------|-----|----------|-------|------|-----|
| | | | | | 25 | 50 | 75 | |
| Blutdruck (mmHg): | | | | | | | | |
| SBP | 217 | 120 (\pm 9,2) | 120 | 95 | 115 | 120 | 125 | 150 |
| DBP | 217 | 74 (\pm 6,5) | 75 | 60 | 70 | 75 | 80 | 95 |
| Laborwerte: | | | | | | | | |
| CHOL (mg/dl) | 146 | 163,7 (\pm 28,3) | 165 | 106 | 143 | 165 | 182 | 260 |
| HDL-C (mg/dl) | 146 | 55,6 (\pm 9,5) | 55 | 36 | 49 | 55 | 62 | 87 |
| LDL-C (mg/dl) | 146 | 105,0 (\pm 23,2) | 105,5 | 59 | 89 | 105,5 | 119 | 180 |
| LDL/HDL | 146 | 1,9 (\pm 0,5) | 1,9 | 1,0 | 1,6 | 1,9 | 2,2 | 3,2 |
| TG (mg/dl) | 146 | 87,2 (\pm 48,7) | 74 | 31 | 58,5 | 74 | 96,8 | 319 |
| GLU (mg/dl) | 146 | 76,2 (\pm 9,1) | 76 | 49 | 71 | 76 | 82 | 111 |
| CHOL = Gesamtcholesterin, DBP = Diastolischer Blutdruck, GLU = Nüchtern glukose, HDL-C = HDL-Cholesterin, LDL-C = LDL-Cholesterin, LDL/HDL = Quotient aus LDL-Cholesterin und HDL-Cholesterin, Max = Maximum, MD = Median, Min = Minimum, MW = Mittelwert, N = Anzahl, SD = Standardabweichung, SBP = Systolischer Blutdruck, TG = Triglyzeride | | | | | | | | |

5.2.5. Anthropometrische Daten aller Jungen zu Projektbeginn (Visit 1)

Bei der ersten Untersuchung, betrug die Körpergröße der Jungen im Mittelwert 147 cm ($\pm 7,6$) und das Körpergewicht 41,5 kg ($\pm 10,8$). Der BMI lag im Durchschnitt bei 19 kg/m^2 ($\pm 3,6$) und der Bauchumfang bei 64,9 cm ($\pm 8,4$). Weitere Messwerte sind in Tabelle 21 zu finden.

Tabelle 21: Anthropometrische Daten aller untersuchten Jungen zu Projektbeginn (Visit 1)

| Anthropometrie Jungen Visit 1 | N | MW (\pm SD) | MD | Min | Quartile | | | Max |
|--|-----|---------------------|-------|-------|----------|-------|-------|-------|
| | | | | | 25 | 50 | 75 | |
| Körpergröße (cm) | 332 | 147 ($\pm 7,6$) | 146,2 | 130,2 | 141,5 | 146,2 | 152,3 | 171,5 |
| Gewicht (kg) | 332 | 41,5 ($\pm 10,8$) | 39,2 | 25 | 34,1 | 39,2 | 46,9 | 103 |
| BMI (kg/m^2) | 332 | 19 ($\pm 3,6$) | 17,9 | 13,1 | 16,6 | 17,9 | 20,9 | 34,9 |
| BMI-SDS | 332 | 0,3 ($\pm 1,12$) | 0,24 | -3,19 | -0,4 | 0,24 | 1,15 | 2,97 |
| Weight-to-Height Ratio (kg/m) | 332 | 0,3 ($\pm 0,06$) | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,6 |
| Bauchumfang (cm) | 332 | 64,9 ($\pm 8,4$) | 63 | 52 | 59 | 63 | 69 | 108 |
| Waist-to-Height Ratio | 332 | 0,4 ($\pm 0,1$) | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,5 | 0,6 |
| Oberarmumfang (cm) | 332 | 23,1 ($\pm 3,2$) | 22,5 | 16,5 | 21 | 22,5 | 25 | 35 |
| Hautfaltendicke (cm): | | | | | | | | |
| Bizeps | 332 | 8,1 ($\pm 4,3$) | 7 | 2 | 5 | 7 | 11 | 24 |
| Trizeps | 332 | 12,4 ($\pm 4,8$) | 12 | 4 | 9 | 12 | 16 | 31 |
| Schulter | 332 | 9,8 ($\pm 6,6$) | 7 | 3 | 5 | 7 | 12 | 38 |
| Hüfte | 332 | 12,4 ($\pm 9,5$) | 8 | 2 | 5 | 8 | 17 | 53 |
| HF | 332 | 42,7 ($\pm 24,0$) | 34 | 11 | 24 | 34 | 56 | 146 |
| Bizeps = Hautfaltendicke Bizeps, BMI = Body-Mass-Index, BMI-SDS = Standard Deviation Score des BMI, Hüfte = Hautfaltensumme Hüfte, Max = Maximum, MD = Median, Min = Minimum, MW = Mittelwert, N = Anzahl, Schulter = Hautfaltendicke Schulter, SD = Standardabweichung, HF = Summe der Hautfaltendicke-Messungen, Trizeps = Hautfaltendicke Trizeps | | | | | | | | |

5.2.6. Anthropometrische Daten aller Jungen nach 18 Monaten (Visit 3)

Bei Visit 3 wurden N = 290 Jungen untersucht. Die durchschnittliche Körpergröße der Jungen lag bei 157,3 cm ($\pm 9,0$) und das Körpergewicht bei 50,3 kg ($\pm 12,8$). Der BMI betrug im Durchschnitt 20,1 kg/m² ($\pm 3,8$) und der Bauchumfang 68,5 cm ($\pm 8,4$) (Tabelle 22).

Tabelle 22: Anthropometrische Daten aller untersuchten Jungen nach 18 Monaten (Visit 3)

| Anthropometrie Jungen Visit 3 | N | MW (\pm SD) | MD | Min | Quartile | | | Max |
|--|-----|---------------------|-------|-------|----------|-------|------|-------|
| | | | | | 25 | 50 | 75 | |
| Körpergröße (cm) | 290 | 157,3 ($\pm 9,0$) | 156,9 | 138,9 | 150,5 | 156,9 | 164 | 184,0 |
| Gewicht (kg) | 290 | 50,3 ($\pm 12,8$) | 48,3 | 28,6 | 40,9 | 48,3 | 57,3 | 98,0 |
| BMI (kg/m ²) | 290 | 20,1 ($\pm 3,8$) | 19,1 | 13,4 | 17,5 | 19,2 | 22,3 | 34,4 |
| BMI-SDS | 290 | 0,33 ($\pm 1,11$) | 0,30 | -3,45 | -0,38 | 0,30 | 1,20 | 2,73 |
| Weight-to-Height Ratio (kg/m) | 290 | 0,3 ($\pm 0,07$) | 0,3 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,6 |
| Bauchumfang (cm) | 290 | 68,5 ($\pm 8,4$) | 66,9 | 53,5 | 62,5 | 66,9 | 73 | 101,5 |
| Waist-to-Height Ratio | 290 | 0,4 ($\pm 0,1$) | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,5 | 0,6 |
| Oberarmumfang (cm) | 290 | 24,9 ($\pm 3,6$) | 24 | 18 | 22,5 | 24 | 27 | 39,5 |
| Hautfaltendicke (cm): | | | | | | | | |
| Bizeps | 290 | 8,2 ($\pm 4,1$) | 7 | 2 | 5 | 7 | 10 | 27 |
| Trizeps | 290 | 13,7 ($\pm 5,3$) | 13 | 5 | 10 | 13 | 16 | 34 |
| Schulter | 290 | 10,6 ($\pm 6,6$) | 8 | 3 | 6 | 8 | 12 | 38 |
| Hüfte | 290 | 14,2 ($\pm 9,4$) | 11,0 | 4 | 7 | 11 | 19 | 43 |
| HF | 290 | 46,7 ($\pm 23,9$) | 39 | 14 | 28 | 39 | 57 | 142 |
| Bizeps = Hautfaltendicke Bizeps, BMI = Body-Mass-Index, BMI-SDS = Standard Deviation Score des BMI, Hüfte = Hautfaltensumme Hüfte, Max = Maximum, MD = Median, Min = Minimum, MW = Mittelwert, N = Anzahl, Schulter = Hautfaltendicke Schulter, SD = Standardabweichung, HF = Summe der Hautfaltendicke-Messungen, Trizeps = Hautfaltendicke Trizeps | | | | | | | | |

5.2.7. Kardiometabolische Risikofaktoren der Jungen zu Projektbeginn (Visit 1)

Bei Visit 1 betrug der Blutdruck der Jungen durchschnittlich 119 mmHg ($\pm 10,0$) systolisch und 74,3 mmHg ($\pm 7,9$) diastolisch. Das HDL-Cholesterin lag im Durchschnitt bei 66,8 mg/dl ($\pm 13,9$), die Triglyzeride bei 78,1 mg/dl ($\pm 46,8$) und die Nüchtern glukose bei 81 mg/dl ($\pm 8,5$) (Tabelle 23).

Tabelle 23: Kardiometabolische Risikoparameter aller untersuchten Jungen zu Projektbeginn (Visit 1)

| Risikoparameter Jungen Visit 1 | N | MW (\pm SD) | MD | Min | Quartile | | | Max |
|---|-----|----------------------|------|-----|----------|------|-------|-----|
| | | | | | 25 | 50 | 75 | |
| Blutdruck (mmHg): | | | | | | | | |
| SBP | 332 | 119 ($\pm 10,0$) | 120 | 95 | 110 | 120 | 125 | 150 |
| DBP | 332 | 74,3 ($\pm 7,9$) | 75 | 60 | 70 | 75 | 80 | 100 |
| Laborwerte: | | | | | | | | |
| CHOL (mg/dl) | 226 | 176,3 ($\pm 28,7$) | 175 | 110 | 153,8 | 175 | 195,3 | 261 |
| HDL-C (mg/dl) | 226 | 66,8 ($\pm 13,9$) | 65,5 | 40 | 56,7 | 65,5 | 75,2 | 114 |
| LDL-C (mg/dl) | 226 | 88,6 ($\pm 19,6$) | 86 | 38 | 75,8 | 86 | 101 | 149 |
| LDL/HDL | 226 | 1,4 ($\pm 0,4$) | 1,3 | 0,4 | 1,1 | 1,3 | 1,6 | 2,9 |
| TG (mg/dl) | 226 | 78,1 ($\pm 46,8$) | 66 | 22 | 51 | 66 | 85,5 | 358 |
| GLU (mg/dl) | 226 | 81,0 ($\pm 8,5$) | 81 | 49 | 76 | 81 | 86 | 110 |
| CHOL = Gesamtcholesterin, DBP = Diastolischer Blutdruck, GLU = Nüchtern glukose, HDL-C = HDL-Cholesterin, LDL-C = LDL-Cholesterin, LDL/HDL = Quotient aus LDL-Cholesterin und HDL-Cholesterin, Max = Maximum, MD = Median, Min = Minimum, MW = Mittelwert, N = Anzahl, SD = Standardabweichung, SBP = Systolischer Blutdruck, TG = Triglyzeride | | | | | | | | |

5.2.8. Kardiometabolische Risikofaktoren der Jungen nach 18 Monaten (Visit 3)

Bei Visit 3 betrug der durchschnittliche Blutdruck der Jungen 121 mmHg ($\pm 9,6$) systolisch und 74 mmHg ($\pm 6,6$) diastolisch. Im Labor lag der Mittelwert des HDL-Cholesterins bei 55,8 mg/dl ($\pm 10,8$), der Triglyzeride bei 80,0 mg/dl ($\pm 39,8$). Der Durchschnitt der Nüchtern glukose betrug 79,3 mg/dl ($\pm 10,5$) (Tabelle 24).

Tabelle 24: Kardiometabolische Risikoparameter aller untersuchten Jungen nach 18 Monaten (Visit 3)

| Risiko- parameter Jungen Visit 3 | N | MW (\pm SD) | MD | Min | Quartile | | | Max |
|---|-----|----------------------|-------|-----|----------|-------|-----|-----|
| | | | | | 25 | 50 | 75 | |
| Blutdruck (mmHg): | | | | | | | | |
| SBP | 289 | 121 ($\pm 9,6$) | 120 | 100 | 115 | 120 | 130 | 160 |
| DBP | 289 | 74 ($\pm 6,6$) | 75 | 55 | 70 | 75 | 78 | 100 |
| Laborwerte: | | | | | | | | |
| CHOL (mg/dl) | 188 | 164,0 ($\pm 28,8$) | 161,5 | 99 | 145 | 161,5 | 186 | 232 |
| HDL-C (mg/dl) | 188 | 55,8 ($\pm 10,8$) | 54,5 | 31 | 48 | 54,5 | 63 | 90 |
| LDL-C (mg/dl) | 188 | 104,7 ($\pm 23,2$) | 105 | 54 | 89,2 | 105 | 121 | 165 |
| LDL/HDL | 188 | 1,9 ($\pm 0,5$) | 1,9 | 0,6 | 1,6 | 1,9 | 2,2 | 3,4 |
| TG (mg/dl) | 188 | 80,0 ($\pm 39,8$) | 68,5 | 23 | 53,3 | 68,5 | 98 | 282 |
| GLU (mg/dl) | 188 | 79,3 ($\pm 10,5$) | 79 | 59 | 73 | 79 | 84 | 148 |
| CHOL = Gesamtcholesterin, DBP = Diastolischer Blutdruck, GLU = Nüchtern glukose, HDL-C = HDL-Cholesterin, LDL-C = LDL-Cholesterin, LDL/HDL = Quotient aus LDL-Cholesterin und HDL-Cholesterin, Max = Maximum, MD = Median, Min = Minimum, MW = Mittelwert, N = Anzahl, SD = Standardabweichung, SBP = Systolischer Blutdruck, TG = Triglyzeride | | | | | | | | |

5.3. Prävalenz von Übergewicht

5.3.1. Prävalenz von Übergewicht anhand des BMI aller Kinder zu Projektbeginn und nach 18 Monaten

Die Prävalenz von Übergewicht in der Gesamtpopulation wurde anhand einer erhöhten BMI-Perzentile ≥ 90 . nach Kromeyer-Hauschild bestimmt. Zu Studienbeginn wiesen 23 % der Mädchen (N = 56) und 22 % der Jungen (N = 73) einen BMI ≥ 90 . Perzentile auf und waren damit als übergewichtig einzustufen. Bei Visit 3 wurde bei lediglich 19 % der Mädchen (N = 40) und 21 % der Jungen (N = 53) ein erhöhter BMI gemessen.

Betrachtet man die Prävalenz in der Studien- und Kontrollgruppe, so hatten zu Beginn der Studie 23 % der Kinder in der Kontroll- (N = 58) und 22 % in der Interventionsgruppe (N = 72) einen BMI ≥ 90 . Perzentile. Bei Visit 3 war bei 20 % der Kinder (N = 41) in der Kontroll- und 21 % (N = 52) in der Interventionsgruppe der BMI zu hoch.

5.3.2. Prävalenz von Übergewicht anhand des Bauchumfangs aller Kinder zu Projektbeginn und nach 18 Monaten

Die Prävalenz von Übergewicht und Adipositas der Gesamtpopulation wurde auch anhand einer erhöhten Bauchumfangs-Perzentile ≥ 90 . nach Kromeyer-Hauschild bestimmt. Bei Visit 1 hatten 25 % (N = 61) der Mädchen und 23 % (N = 76) der Jungen einen Bauchumfang ≥ 90 . Perzentile. Bei Visit 3 war der Bauchumfang bei 18 % aller Mädchen (N = 38) und 17 % aller Jungen (N = 49) erhöht.

Betrachtet man die untersuchten Gruppen separat, so hatten beim 1. Visit 27 % (N = 67) der Kinder in der Kontroll- und 21 % (N = 70) in der Interventionsgruppe einen Bauchumfang ≥ 90 . Perzentile. Bei Visit 3 lag bei 17 % der Kinder in der Kontroll- (N = 39) und bei 18 % in der Interventionsgruppe (N = 49) eine erhöhte Bauchumfangsperzentile vor.

5.4. Kardiometabolisches Risikoprofil bei Visit 1 und 3

5.4.1. Prävalenz der kardiometabolischen Risikofaktoren aller Kinder zu Projektbeginn (Visit 1)

Tabellarisch wurde anhand der Schwellenwerte (Cut-Off-Werte) des Consensus-Reports der IDF erfasst, wie viele Kinder zu Untersuchungsbeginn kardiometabolische Risikofaktoren und somit ein erhöhtes Gesundheitsrisiko hatten. Während der Blutdruck und die Triglyzeride bei 17 % aller Kinder erhöht waren, hatten nur zwei Prozent der Kinder einen erhöhten Nüchtern glukose-Wert und nur ein Prozent ein reduziertes HDL-Cholesterin (Zimmet, P. et al., 2007) (Tabelle 25).

Tabelle 25: Prävalenz kardiometabolische Risikofaktoren aller untersuchten Kinder zu Projektbeginn (Visit 1)

| Risikofaktor | N | % | Grenzwert |
|------------------|----|----|---|
| Blutdruck | 99 | 17 | systolisch \geq 130 mmHg oder diastolisch \geq 85 mmHg |
| HDL-Cholesterin | 5 | 1 | $<$ 40 mg/dl |
| Triglyzeride | 67 | 17 | \geq 110 mg/dl |
| Nüchtern glukose | 6 | 2 | \geq 100 mg/dl |

5.4.2. Prävalenz der kardiometabolischen Risikofaktoren aller Kinder nach 18 Monaten (Visit 3)

Bei Visit 3 wurde bei N = 334 Kindern Blut abgenommen. Während die Triglyzeridwerte bei 16 % und der Blutdruck lediglich bei zehn Prozent aller Kinder erhöht waren, hatten bereits fünf Prozent der Kinder ein reduziertes HDL-Cholesterin und weiterhin zwei Prozent einen erhöhten Nüchtern glukose-Wert (Zimmet, P. et al., 2007) (Tabelle 26).

Tabelle 26: Prävalenz kardiometabolische Risikofaktoren aller untersuchten Kinder nach 18 Monaten (Visit 3)

| Risikofaktor | N | % | Grenzwert |
|------------------|----|----|---|
| Blutdruck | 52 | 10 | systolisch ≥ 130 mmHg oder diastolisch ≥ 85 mmHg |
| HDL-Cholesterin | 15 | 5 | < 40 mg/dl |
| Triglyzeride | 53 | 16 | ≥ 110 mg/dl |
| Nüchtern glukose | 5 | 2 | ≥ 100 mg/dl |

5.4.3. Korrelation der anthropometrischen Parameter mit den kardiometabolischen Risikofaktoren aller Kinder zu Projektbeginn (Visit 1)

Korrelationsanalysen nach Pearson wurden durchgeführt. Das Signifikanzniveau liegt in der vorliegenden Arbeit bei fünf Prozent. Bei $p < 0,05$ erfolgte die Ablehnung der Nullhypothese. Diese Analysen ermöglichen eine Erfassung des kardiometabolischen Risikoprofils. Zudem können sie hilfreich sein um zu prüfen, ob mit zunehmendem Alter ein bestimmter anthropometrischer Messwert deutlicher mit dem kardiometabolischen Risikoparametern korreliert.

Im Folgenden werden nur signifikante Korrelationen ($p < 0,01$) angegeben. Der BMI-SDS ($r = 0,26$), die Weight-to-Height Ratio ($r = 0,26$) und der Bauchumfang ($r = 0,25$) korrelierten mit dem diastolischen Blutdruck.

Der BMI ($r = - 0,27$), der Weight-to-Height Ratio ($r = - 0,27$), und die Summe der Hautfaldendicke ($r = - 0,26$) korrelierten mit dem HDL-Cholesterin. Der Waist-to-Height Ratio ($r = 0,28$) korrelierte mit dem LDL-Cholesterin.

Da die Triglyzeride nicht normalverteilt waren, wurde hier die Korrelation nach Spearman berechnet. Der BMI ($r_s = 0,27$), der BMI-SDS ($r_s = 0,27$), der Weight-to-Height Ratio ($r_s = 0,25$), der Bauchumfang ($r_s = 0,28$) der Waist-to-Height Ratio ($r_s = 0,28$) und die Summe der Hautfaltendicke ($r_s = 0,28$, $p < 0,01$) korrelierten mit den Triglyzeriden. Weitere Korrelationen sind in Tabelle 27 zu finden.

Tabelle 27: Korrelation der anthropometrischen Parameter mit den kardiometabolischen Risikofaktoren zu Projektbeginn (Visit 1)

| | BMI | BMI-SDS | WHR | BU | WtHR | HF | OU | |
|--|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|---|
| Blutdruck in mmHg (N = 573) | | | | | | | | |
| | r | p | r | p | r | p | r | p |
| SBP | 0,24 ** | 0,26 ** | 0,26 ** | 0,25 ** | 0,19 ** | 0,22 ** | 0,23 ** | |
| DBP | 0,12 ** | 0,14 ** | 0,12 ** | 0,12 ** | 0,10 ** | 0,1 ** | 0,11 ** | |
| Laborparameter in mg/dl (N = 377) | | | | | | | | |
| CHOL (mg/dl) | 0,11 * | 0,11 * | - | 0,13 ** | 0,19 ** | 0,13 ** | 0,11 * | |
| HDL-C (mg/dl) | -0,27 ** | -0,23 ** | -0,27 ** | -0,24 ** | -0,22 ** | -0,26 ** | -0,24 ** | |
| LDL-C (mg/dl) | 0,21 ** | 0,19 ** | 0,17 ** | 0,22 ** | 0,28 ** | 0,24 ** | 0,20 ** | |
| LDL/HDL | 0,37 ** | 0,33 ** | 0,35 ** | 0,37 ** | 0,38 ** | 0,39 ** | 0,34 ** | |
| TG (mg/dl) | 0,27 ** | 0,27 ** | 0,25 ** | 0,28 ** | 0,28 ** | 0,28 ** | 0,23 ** | |
| GLU (mg/dl) | 0,13 ** | 0,13 ** | 0,15 ** | 0,14 ** | 0,10 * | - | 0,13 ** | |
| BU-Bauchumfang, BMI = Body-Mass-Index, BMI-SDS = Standard Deviation Score des BMI, BU = Bauchumfang, DBP = Diastolischer Blutdruck, CHOL = Gesamtcholesterin, GLU = Nüchtern glukose, HDL-C = HDL-Cholesterin, HF = Summe der Hautfaltendicke, r = Korrelationskoeffizient nach Pearson, r_s = Spearman's Rangkorrelationskoeffizient, LDL-C = LDL-Cholesterin, LDL/HDL = Quotient aus LDL-Cholesterin und HDL-Cholesterin, OU = Oberarmumfang, p = Signifikanzniveau, SBP = Systolischer Blutdruck, TG = Triglyzeride, WtHR = Waist-to-Height Ratio, WHR = Weight-to-Height Ratio, * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$ | | | | | | | | |

5.4.4. Korrelation der anthropometrischen Parameter mit den kardiometabolischen Risikofaktoren aller Kinder nach 18 Monaten (Visit 3)

Bei Visit 3 zeigten sich folgende signifikante Korrelationsergebnisse: Für alle anthropometrischen Parameter wurden signifikante mittlere Korrelationen mit dem systolischen Blutdruck bestimmt. Ebenso zeigten BMI, BMI-SDS, Weight-to-Height Ratio, Bauchumfang und Oberarmumfang mittlere Korrelationen mit dem diastolischen Blutdruck. Ferner fand sich für BMI, BMI-SDS, Weight-to-Height Ratio, Bauchumfang und Oberarmumfang mittlere Korrelationen mit dem HDL-Cholesterin.

In der Spearman-Korrelation wurden für alle anthropometrischen Parameter mittlere Korrelationen mit den Triglyzeriden gefunden (Tabelle 28).

Tabelle 28: Korrelation der anthropometrischen Parameter mit den kardiometabolischen Risikofaktoren nach 18 Monaten (Visit 3)

| | BMI | BMI-SDS | WHR | BU | WtHR | HF | OU |
|--|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Blutdruck in mmHg (N = 506) | | | | | | | |
| | r | p | r | p | r | p | r |
| SBP | 0,39 ** | 0,38 ** | 0,29 ** | 0,42 ** | 0,27 ** | 0,30 ** | 0,39 ** |
| DBP | 0,37 ** | 0,37 ** | 0,30 ** | 0,33 ** | 0,28 ** | 0,33 ** | 0,36 ** |
| Laborparameter in (N = 330) | | | | | | | |
| CHOL (mg/dl) | – | – | – | – | 0,13 ** | 0,14 ** | – |
| HDL-C (mg/dl) | -0,34 ** | -0,34 ** | -0,36 ** | -0,34 ** | -0,27 ** | -0,24 ** | -0,31 ** |
| LDL-C (mg/dl) | 0,16 ** | 0,13 * | – | 0,13 ** | 0,23 ** | 0,22 ** | 0,16 ** |
| LDL / HDL | 0,38 ** | 0,34 ** | 0,34 ** | 0,35 ** | 0,38 ** | 0,35 ** | 0,35 ** |
| TG (mg/dl) | 0,34 ** | 0,35 ** | 0,33 ** | 0,34 ** | 0,34 ** | 0,36 ** | 0,31 ** |
| GLU (mg/dl) | 0,17 ** | 0,17 ** | 0,20 ** | 0,19 ** | 0,13 * | – | 0,17 ** |
| BU-Bauchumfang, BMI = Body-Mass-Index, BMI-SDS = Standard Deviation Score des BMI, BU = Bauchumfang, DBP = Diastolischer Blutdruck, CHOL = Gesamtcholesterin, GLU = Nüchtern glukose, HDL-C = HDL-Cholesterin, HF = Summe der Hautfaltendicke, r = Korrelationskoeffizient nach Pearson, rs = Spearman's Rangkorrelationskoeffizient, LDL-C = LDL-Cholesterin, LDL/HDL = Quotient aus LDL-Cholesterin und HDL-Cholesterin, OU = Oberarmumfang, p = Signifikanzniveau, SBP = Systolischer Blutdruck, TG = Triglyzeride, WtHR = Waist-to-Height Ratio, WHR = Weight-to-Height Ratio, * p < 0,05, ** p < 0,01 | | | | | | | |

5.4.5. Korrelation anthropometrischer Parameter untereinander zu Studienbeginn (Visit 1)

Einige anthropometrische Parameter korrelierten zu Studienbeginn untereinander sehr stark. Signifikant und am deutlichsten sind die Korrelationen des BMI mit dem Bauchumfang, der Summe der Hautfaltendicke und dem Oberarmumfang. Gleiches gilt für das Weight-to-Height Ratio bezüglich des Bauchumfangs und Oberarmumfangs. Auch der Bauchumfang korreliert deutlich mit dem Waist-to-Height Ratio (Tabelle 29).

Ursprünglich war zur Auswertung des Einflusses der anthropometrischen Parameter auf das kardiometabolische Risiko eine multiple Regression geplant. Wegen der deutlichen Korrelationen der anthropometrischen Parameter untereinander (Multikollinearität) wurde post-hoc beschlossen, eine bivariate Regression mit Adjustierung von Geschlecht und Alter für die anthropometrischen Messparameter mit den kardiometabolischen Risikofaktoren durchzuführen.

Tabelle 29: Korrelation der anthropometrischen Parameter untereinander zu Projektbeginn (Visit 1)

| | BMI | | BMI-SDS | | WHR | | BU | | WtHR | | HF | | OU | |
|---------|------|----|---------|----|------|----|------|----|------|----|------|----|----|---|
| | r | p | r | p | r | p | r | p | r | p | r | p | r | p |
| BMI | 1 | | - | | - | | - | | - | | - | | - | |
| BMI-SDS | 0,95 | ** | 1 | | - | | - | | - | | - | | - | |
| WHR | 0,98 | ** | 0,91 | ** | 1 | | - | | - | | - | | - | |
| BU | 0,94 | ** | 0,88 | ** | 0,94 | ** | 1 | | - | | - | | - | |
| WtHR | 0,88 | ** | 0,84 | ** | 0,80 | ** | 0,92 | ** | 1 | | - | | - | |
| HF | 0,91 | ** | 0,87 | ** | 0,88 | ** | 0,88 | ** | 0,85 | ** | 1 | | - | |
| OU | 0,94 | ** | 0,92 | ** | 0,94 | ** | 0,88 | ** | 0,78 | ** | 0,89 | ** | 1 | |

BMI = Body-Mass-Index, BMI-SDS = Standard Deviation Score des BMI, BU = Bauchumfang, HF = Summe der Hautfaltendicke, r = Korrelationskoeffizient nach Pearson, rs = Spearman's Rangkorrelationskoeffizient, OU = Oberarmumfang, p = Signifikanzniveau, SBP = Systolischer Blutdruck, WtHR = Waist-to-Height Ratio, WHR = Weight-to-Height Ratio, ** p < 0,01

5.5. Zusammenhang zwischen den anthropometrischen Parametern und den kardiometabolischen Risikofaktoren

5.5.1. Einfluss der anthropometrischen Parameter auf die Höhe des Blutdrucks zu Projektbeginn (Visit 1)

In keiner der bivariaten Regressionsanalysen zeigte sich ein signifikanter Einfluss von Alter und Geschlecht. Der Determinationskoeffizient R^2 wurde berechnet, um den prozentualen Einfluss der anthropometrischen Parameter auf die Varianz der kardiometabolischen Risikofaktoren zu zeigen. Der Determinationskoeffizient R^2 verdeutlicht die Stärke des Zusammenhangs zwischen den anthropometrischen Parametern und dem systolischen Blutdruck. Signifikante Prädiktoren ($p < 0,001$) des systolischen Blutdrucks waren der BMI-SDS, das Weight-to-Height Ratio und der Bauchumfang. Der BMI-SDS und das Weight-to-Height Ratio erklärten jeweils 7 %, der Bauchumfang 6 % der Varianz des systolischen Blutdrucks. Es zeigte sich kein Einfluss auf die Varianz des diastolischen Blutdrucks (Tabelle 30).

Tabelle 30: Einfluss der anthropometrischen Parameter auf die Varianz des systolischen Blutdrucks (Visit 1)

| Risikofaktor | Anthropometrie | 95 % Konfidenzintervall | R2 | Signifikanzniveau p |
|--|----------------|-------------------------|------|---------------------|
| SBP | BMI-SDS | 1,58; 3,00 | 0,07 | *** |
| | WtHR | 29,18; 54,45 | 0,07 | *** |
| | BU | 0,21; 0,40 | 0,06 | *** |
| RF = Risikofaktor, BMI-SDS = Standard Deviation Score des Body-Mass-Index, BU = Bauchumfang, R^2 = Determinationskoeffizient, SBP = Systolischer Blutdruck (mmHg), WtHR = Waist-to Height Ratio, *** $p < 0,001$ | | | | |

5.5.2. Einfluss der anthropometrischen Parameter auf die Höhe des Blutdrucks nach 18 Monaten (Visit 3)

Bei Visit 3 bestand in der bivariaten Regressionsanalyse kein signifikanter Einfluss von Alter und Geschlecht auf die erklärte Varianz. Für den systolischen Blutdruck erklärten mit $p < 0,001$ der BMI (15 %), BMI-SDS (14 %), Bauchumfang (18 %) und Oberarmumfang (16 %) die meiste Varianz.

Für den diastolischen Blutdruck erklärten mit $p < 0,001$ der BMI (13 %), BMI-SDS (13 %), Bauchumfang (11 %) und die Hautfaltensumme (13 %) die meiste Varianz (Tabelle 31).

Tabelle 31: Einfluss der anthropometrischen Parameter auf die Varianz des Blutdrucks (Visit 3)

| Risikofaktor | Anthropometrie | 95 % Konfidenzintervall | R ² | Signifikanzniveau p |
|--------------|----------------|-------------------------|----------------|---------------------|
| SBP | BMI | 0,77; 1,17 | 0,15 | *** |
| | BMI-SDS | 2,56; 3,96 | 0,14 | *** |
| | BU | 0,40; 0,58 | 0,18 | *** |
| | OU | 0,83; 1,27 | 0,16 | *** |
| | HF | 0,09; 0,16 | 0,09 | *** |
| DBP | BMI | 0,49; 0,77 | 0,13 | *** |
| | BMI-SDS | 1,70; 2,67 | 0,13 | *** |
| | BU | 0,21; 0,34 | 0,11 | *** |
| | WHR | 12,14; 21,45 | 0,09 | *** |
| | OU | 0,52; 0,83 | 0,13 | *** |
| | HF | 0,07; 0,12 | 0,11 | *** |

BMI = Body-Mass-Index, BMI-SDS = Standard Deviation Score des Body-Mass-Index, BU = Bauchumfang, DBP = Diastolischer Blutdruck, HF = Summe der Hautfaltendicke, OU = Oberarmumfang, R² = Determinationskoeffizient, SBP = Systolischer Blutdruck, WHR = Weight-to-Height Ratio, *** $p < 0,001$

5.5.3. Einfluss der anthropometrischen Parameter auf die Höhe der Laborparameter zu Projektbeginn (Visit 1)

In keiner der bivariaten Regressionsanalysen zeigte sich ein signifikanter Einfluss von Alter und Geschlecht. Die folgenden Werte waren auf dem Signifikanzniveau von $p < 0,001$. Für das HDL-Cholesterin trugen der BMI (8 % erklärte Varianz), die Weight-to-Height Ratio (7 %) und Hautfaltensumme (7 %) zur Varianzaufklärung bei.

Für das LDL-Cholesterin erklärte die Weight-to-Height Ratio 8 % der Varianz.

Für die Triglyzeridwerte erklärten die Waist-to-Height Ratio (14 % erklärte Varianz) und der Bauchumfang (13 %) und BMI (12 %) die meiste Varianz (Tabelle 32).

Tabelle 32: Einfluss der anthropometrischen Parameter auf die Varianz der Laborparameter (Visit 1)

| Risikofaktor | Anthropometrie | 95 % Konfidenzintervall | R ² | Signifikanzniveau p |
|---|----------------|-------------------------|----------------|---------------------|
| HDL-C | BMI | - 1,42; - 0,67 | 0,08 | *** |
| | WtHR | - 81,36; -38,04 | 0,07 | *** |
| | HF | - 0,21; - 0,10 | 0,07 | *** |
| LDL-C | WHR | 74,55; 155,44 | 0,08 | *** |
| TG | BMI | 2,99; 5,31 | 0,12 | *** |
| | BMI-SDS | 8,19; 15,89 | 0,09 | *** |
| | WtHR | 261,62; 441,35 | 0,14 | *** |
| | BU | 1,43; 2,46 | 0,13 | *** |
| | WHR | 160,17; 295,82 | 0,11 | *** |
| | HF | 0,46; 0,81 | 0,12 | *** |
| BMI = Body-Mass-Index, BMI-SDS = Standard Deviation Score des Body-Mass-Index, BU = Bauchumfang, HDL-C = HDL-Cholesterin, HF = Summe der Hautfaltendicke LDL-C = LDL-Cholesterin, OU = Oberarmumfang, R ² = Determinationskoeffizient, SBP = Systolischer Blutdruck (mmHg), TG = Triglyzeride, WtHR = Waist-to-Height Ratio, WHR = Weight-to-Height Ratio, *** $p < 0,001$ | | | | |

5.5.4. Einfluss der anthropometrischen Parameter auf die Höhe der Laborparameter nach 18 Monaten (Visit 3)

In der bivariaten Regressionsanalyse zeigte sich kein signifikanter Einfluss von Alter und Geschlecht. Die folgenden Werte lagen auf dem Signifikanzniveau von $p < 0,001$. Bei Visit 3 erklärten für das HDL-Cholesterin die anthropometrischen Parameter BMI, BMI-SDS und Bauchumfang (jeweils 12 %) und die Waist-to-Height Ratio (13 %) die meiste Varianz.

Für die Triglyzeride trugen alle anthropometrischen Parameter zu sechs bis zehn Prozent signifikant zur Varianzaufklärung bei. Bei Visit 3 ergab sich für das LDL-Cholesterin keine signifikante Varianzaufklärung (Tabelle 33).

Tabelle 33: Einfluss der anthropometrischen Parameter auf die Varianz der Laborparameter unter Adjustierung von Geschlecht und Alter nach 18 Monaten (Visit 3)

| Risikofaktor | Anthropometrie | 95 % Konfidenzintervall | R ² | Signifikanzniveau p |
|--------------|----------------|-------------------------|----------------|---------------------|
| HDL-C | BMI | - 1,17; - 0,64 | 0,12 | *** |
| | BMI-SDS | - 4,13; - 2,23 | 0,12 | *** |
| | BU | - 0,54; - 0,29 | 0,12 | *** |
| | WHR | - 68,05; - 37,87 | 0,13 | *** |
| | OU | - 1,17; - 0,58 | 0,09 | *** |
| TG | BMI | 2,28; 4,62 | 0,09 | *** |
| | BMI-SDS | 7,27; 15,61 | 0,08 | *** |
| | WtHR | 195,70; 387,89 | 0,10 | *** |
| | BU | 1,06; 2,14 | 0,10 | *** |
| | WHR | 113,67; 244,32 | 0,08 | *** |
| | OU | 1,79; 4,38 | 0,063 | *** |
| | HF | 0,33; 0,71 | 0,08 | *** |

BMI = Body-Mass-Index, BMI-SDS = Standard Deviation Score des Body-Mass-Index, BU = Bauchumfang, HDL-C = HDL-Cholesterin, HF = Summe der Hautfaltendicke LDL-C = LDL-Cholesterin, OU = Oberarmumfang, R² = Determinationskoeffizient, TG = Triglyzeride, WtHR = Waist-to-Height Ratio, WHR = Weight-to-Height Ratio, *** $p < 0,001$

5.6. Sensitivität und Spezifität der anthropometrischen Parameter in Bezug auf die kardiometabolischen Risikofaktoren zu Projektbeginn und nach 18 Monaten

Bei der Berechnung der Receiver Operating Characteristic Curves (ROC-Kurven) wurden aus Sensitivität auf der y-Achse und Spezifität auf der x-Achse relative Häufigkeitsverteilungen eines Parameters erstellt. Je weiter die Kurve Richtung y-Achse anstieg (hohe Sensitivität), desto höher war die Area Under the Curve (AUC), also die Fläche unterhalb der Kurve. Hierbei entsprach eine AUC von 0,5 einem Zufallsprozess und bestätigte die Nullhypothese.

Anhand der Sensitivität und Spezifität können Schwellenwerte (Cut-Off-Werte) der relevanten Parameter bestimmt werden, für die eine besonders hohe Vorhersagegenauigkeit für entsprechende kardiometabolische Risikofaktoren besteht. Hierbei wurden in der vorliegenden Arbeit die anthropometrischen Parameter verwendet, die in der Regressionsanalyse einen signifikanten Zusammenhang mit den kardiometabolischen Risikofaktoren gezeigt hatten.

5.6.1. Sensitivität und Spezifität der anthropometrischen Parameter bezüglich des Blutdrucks zu Projektbeginn (Visit 1)

Die Sensitivität und Spezifität der Cut-Off-Wert der einzelnen anthropometrischen Messparameter in Bezug auf den systolischen Blutdruck wurden berechnet. Bei Visit 1 war der systolische Blutdruck bei 121 Kindern erhöht, bei 457 Kindern lag er im Normbereich. Es zeigte sich für den systolischen Blutdruck ein signifikanter Zusammenhang ($p < 0,001$) mit allen anthropometrischen Parametern und auch mit der Weight-to-Height Ratio auf dem Signifikanzniveau von $p < 0,01$.

Bei Visit 1 war der diastolische Blutdruck bei 74 Kindern erhöht, bei 504 Kindern lag er im Normbereich. Für den diastolischen Blutdruck ergaben sich signifikante Cut-Off-Werte für den BMI-SDS ($p < 0,05$) und Oberarmumfang ($p < 0,001$) (Tabelle 34).

Tabelle 34: Sensitivität und Spezifität der anthropometrischen Parameter bezüglich des Blutdrucks bei Projektbeginn (Visit 1)

| Testvariable | | AUC (CI) | Cut-Off | Sensitivität | Spezifität | Signifikanz |
|--------------|---------|-------------------|-------------------------|--------------|------------|-------------|
| SBP | BMI | 0,63 (0,58; 0,69) | 18,15 kg/m ² | 0,59 | 0,59 | *** |
| | BMI-SDS | 0,63 (0,58; 0,69) | 0,46 | 0,60 | 0,60 | *** |
| | WtHR | 0,65 (0,60; 0,70) | 0,43 | 0,58 | 0,58 | *** |
| | BU | 0,64 (0,58; 0,69) | 63,75 cm | 0,64 | 0,59 | *** |
| | WHR | 0,59 (0,53; 0,65) | 0,28 cm/kg | 0,61 | 0,61 | ** |
| | OU | 0,62 (0,57; 0,67) | 22,75 cm | 0,63 | 0,57 | *** |
| | HF | 0,60 (0,54; 0,65) | 42,50 cm | 0,60 | 0,58 | *** |
| DBP | BMI-SDS | 0,57 (0,51; 0,64) | 0,46 | 0,59 | 0,59 | * |
| | OU | 0,55 (0,48; 0,62) | 22,75 cm | 0,63 | 0,57 | *** |

AUC = Area Under the Curve, BMI = Body-Mass Index, BMI-SDS = Standard-Deviation Score des Body-Mass-Index, BU = Bauchumfang, CI = Konfidenzintervall, DBP = Diastolischer Blutdruck, HF = Summe der Hautfaltendicke, OU = Oberarmumfang, SBP = Systolischer Blutdruck, WHR = Weight-to-Height Ratio, WtHR = Waist-to-Height Ratio, * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$

5.6.2. Sensitivität und Spezifität der anthropometrischen Parameter bezüglich des Blutdrucks nach 18 Monaten (Visit 3)

Nach dem Interventionszeitraum von 18 Monaten kam es zu einem Anstieg der AUC-Werte des Blutdrucks. Hier zeigten sich für den systolischen Blutdruck signifikante Cut-Off-Werte ($p < 0,001$) bezüglich des BMI, BMI-SDS, Waist-to-Height Ratio, Bauchumfangs, Weight-to-Height Ratio, Oberarmumfangs und der Hautfaltendicke.

Bei dieser Messung ergaben sich für den diastolischen Blutdruck signifikante Cut-Off-Werte ($p < 0,001$) für alle anthropometrischen Parameter, also mehr als bei Visit 1 (Tabelle 35).

Tabelle 35: Sensitivität und Spezifität der anthropometrischen Parameter in Bezug auf den Blutdruck nach 18 Monaten (Visit 3)

| Testvariable | | AUC (CI) | Cut-Off | Sensitivität | Spezifität | Signifikanz |
|--------------|---------|-------------------|-------------------------|--------------|------------|-------------|
| SBP | BMI | 0,70 (0,65; 0,76) | 20,39 kg/m ² | 0,64 | 0,65 | *** |
| | BMI-SDS | 0,71 (0,65; 0,76) | 0,64 | 0,66 | 0,67 | *** |
| | WtHR | 0,66 (0,59; 0,73) | 0,43 | 0,61 | 0,61 | *** |
| | BU | 0,73 (0,68; 0,78) | 68,25 cm | 0,65 | 0,67 | *** |
| | WHR | 0,74 (0,69; 0,79) | 0,32 cm/kg | 0,66 | 0,66 | *** |
| | OU | 0,71 (0,66; 0,76) | 25,25 cm | 0,67 | 0,65 | *** |
| | HF | 0,64 (0,58; 0,70) | 47,50 cm | 0,61 | 0,61 | *** |
| DBP | BMI | 0,79 (0,73; 0,85) | 21,60 kg/m ² | 0,71 | 0,71 | *** |
| | BMI-SDS | 0,78 (0,71; 0,84) | 0,89 | 0,69 | 0,70 | *** |
| | WtHR | 0,73 (0,65; 0,81) | 0,44 | 0,63 | 0,64 | *** |
| | BU | 0,76 (0,69; 0,83) | 69,25 cm | 0,71 | 0,67 | *** |
| | WHR | 0,79 (0,73; 0,85) | 0,34 cm/kg | 0,69 | 0,69 | *** |
| | OU | 0,78 (0,72; 0,84) | 26,15 cm | 0,69 | 0,70 | *** |
| | HF | 0,75 (0,68; 0,82) | 55,50 cm | 0,69 | 0,70 | *** |

AUC = Area Under the Curve, BMI = Body-Mass Index, BMI-SDS = Standard-Deviation Score des Body-Mass-Index, BU = Bauchumfang, CI = Konfidenzintervall, DBP = Diastolischer Blutdruck, HF = Summe der Hautfaltendicke, OU = Oberarmumfang, SBP = Systolischer Blutdruck, WHR = Weight-to-Height Ratio, WtHR = Waist-to-Height Ratio, $p < 0,001$

5.6.3. Sensitivität und Spezifität der anthropometrischen Parameter in Bezug auf die Laborwerte zu Projektbeginn (Visit 1)

Die Sensitivität und Spezifität der Cut-Off-Wert der einzelnen anthropometrischen Messparameter in Bezug auf die Laborwerte wurden berechnet. Hierbei zeigte sich bei Visit 1 für das LDL-Cholesterin und die Triglyzeride ein signifikanter Zusammenhang mit allen anthropometrischen Parametern. Die Sensitivität und Spezifität, sowie die zugehörigen AUC-Werte sind Tabelle 36 zu entnehmen.

Tabelle 36: Sensitivität und Spezifität der anthropometrischen Parameter in Bezug auf das LDL-Cholesterin und die Triglyzeride bei Projektbeginn (Visit 1)

| Testvariable | | AUC (95 % CI) | Cut-Off | Sensitivität | Spezifität | Signifikanz |
|--------------|---------|-------------------|-------------------------|--------------|------------|-------------|
| LDL-C | BMI | 0,58 (0,52; 0,65) | 18,69 kg/m ² | 0,57 | 0,57 | ** |
| | BMI-SDS | 0,59 (0,53; 0,65) | 0,48 | 0,57 | 0,57 | ** |
| | WtHR | 0,57 (0,50; 0,63) | 0,44 | 0,60 | 0,60 | * |
| | BU | 0,58 (0,52; 0,64) | 63,75 cm | 0,59 | 0,55 | ** |
| | WHR | 0,62 (0,56; 0,68) | 0,28 cm/kg | 0,57 | 0,57 | *** |
| | OU | 0,58 (0,52; 0,64) | 22,75 cm | 0,59 | 0,53 | ** |
| | HF | 0,62 (0,56; 0,68) | 43,50 cm | 0,59 | 0,59 | *** |
| TG | BMI | 0,61 (0,56; 0,68) | 18,69 kg/m ² | 0,57 | 0,57 | *** |
| | BMI-SDS | 0,63 (0,57; 0,69) | 0,48 | 0,57 | 0,57 | *** |
| | WtHR | 0,59 (0,54; 0,66) | 0,44 | 0,60 | 0,60 | *** |
| | BU | 0,62 (0,56; 0,68) | 63,75 cm | 0,59 | 0,55 | *** |
| | WHR | 0,66 (0,60; 0,71) | 0,28 cm/kg | 0,57 | 0,57 | *** |
| | OU | 0,60 (0,54; 0,66) | 22,75 cm | 0,59 | 0,53 | *** |
| | HF | 0,64 (0,59; 0,70) | 43,50 cm | 0,59 | 0,59 | *** |

AUC = Area Under the Curve, BMI = Body-Mass Index, BMI-SDS = Standard-Deviation Score des Body-Mass-Index, BU = Bauchumfang, CI = Konfidenzintervall, HF = Summe der Hautfaltendicke, LDL-C = LDL-Cholesterin, OU = Oberarmumfang, TG = Triglyzeride, WHR = Weight-to-Height Ratio, WtHR = Waist-to-Height Ratio, * p < 0,05, ** p < 0,01, *** p < 0,001

Das gemessene HDL-Cholesterin zeigte bei Visit 1 eine hervorragenden Sensitivität (maximal 1) und Spezifität (maximal 0,93) mit einem signifikanten Zusammenhang in Bezug auf alle anthropometrischen Parameter (jeweils $p < 0,01$) und den Waist-to-Height Ratio (hier $p < 0,05$) (Tabelle 37).

Tabelle 37: Sensitivität und Spezifität der anthropometrischen Parameter in Bezug auf das HDL-Cholesterin bei Projektbeginn (Visit 1)

| Testvariable | AUC (95 % CI) | Cut-Off | Sensitivität | Spezifität | Signifikanz |
|--------------|---------------|-------------------------|--------------|------------|-------------|
| HDL-C | BMI | 25,03 kg/m ² | 1 | 0,92 | ** |
| | BMI-SDS | 1,80 | 1 | 0,89 | ** |
| | WtHR | 0,48 | 0,75 | 0,82 | * |
| | BU | 74,75 cm | 0,75 | 0,88 | ** |
| | WHR | 0,39 cm/kg | 1 | 0,93 | ** |
| | OU | 22,75 cm | 1 | 0,82 | ** |
| | HF | 79,50 cm | 1 | 1 | ** |

AUC = Area Under the Curve, BMI = Body-Mass Index, BMI-SDS = Standard-Deviation Score des Body-Mass-Index, BU = Bauchumfang, CI = Konfidenzintervall, HDL-C = HDL-Cholesterin, HF = Summe der Hautfaltendicke, WHR = Weight-to-Height Ratio, WtHR = Waist-to-Height Ratio, * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$

5.6.4. Sensitivität und Spezifität der anthropometrischen Parameter in Bezug auf die Laborwerte nach 18 Monaten (Visit 3)

Die Veränderung der Spezifität und Sensitivität bezüglich der Laborwerte im Interventionszeitraum von 18 Monaten zeigte weniger signifikante Zusammenhänge als bei Visit 1, jedoch zusätzlich die Bedeutung der anthropometrischen Messwerte in Bezug auf den Nüchtern glukosewert. Bei Visit 3 bestand auch ein signifikanter Zusammenhang ($p < 0,01$) zwischen LDL-Cholesterin und dem Waist-to-Height Ratio.

Ferner erwies sich ein signifikanter Zusammenhang der Triglyzeride bezüglich des Waist-to-Height Ratio ($p < 0,01$) und des Bauchumfangs ($p < 0,05$).

Bei Visit 3 wurde zudem für die Nüchtern glukose ($p < 0,05$) ein signifikanter Zusammenhang in Bezug auf den BMI und das Weight-to-Height Ratio gefunden (Tabelle 38).

Tabelle 38: Sensitivität und Spezifität der anthropometrischen Parameter in Bezug auf die Laborwerte nach 18 Monaten (Visit 3)

| Testvariable | | AUC (95 % CI) | Cut-Off | Sensitivität | Spezifität | Signifikanz |
|--------------|------|-------------------|-------------------------|--------------|------------|-------------|
| LDL-C | WtHR | 0,57 (0,52; 0,63) | 0,43 | 0,55 | 0,55 | ** |
| TG | WtHR | 0,58 (0,52; 0,64) | 0,43 | 0,56 | 0,56 | ** |
| | BU | 0,57 (0,51; 0,63) | 66,85 cm | 0,56 | 0,53 | * |
| GLU | BMI | 0,42 (0,35; 0,49) | 19,68 kg/m ² | 0,47 | 0,48 | * |
| | WHR | 0,42 (0,34; 0,49) | 0,31 | 0,46 | 0,46 | * |

AUC = Area Under the Curve, BMI = Body-Mass Index, BMI-SDS = Standard-Deviation Score des Body-Mass-Index, BU = Bauchumfang, CI = Konfidenzintervall, GLU = Nüchtern glukose, HF = Summe der Hautfaltendicke, LDL-C = LDL-Cholesterin, TG = Triglyzeride, WHR = Weight-to-Height Ratio, WtHR = Waist-to-Height Ratio, * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$

5.7. Auswirkungen der Intervention auf die Messparameter

5.7.1. Vergleich der Veränderungen der anthropometrischen Parameter zwischen der Interventions- und Kontrollgruppe im Untersuchungszeitraum

Um den Interventionseffekt zu evaluieren, wurden die Veränderungen der anthropometrischen Parameter von Visit 1 zu Visit 3 zwischen den beiden Gruppen mit Hilfe eines t-Tests für unverbundene Stichproben verglichen (Zwischengruppeneffekte). Es waren keine signifikanten Gruppenunterschiede der anthropometrischen Parameter festzustellen (Tabelle 39).

5.7.2. Veränderungen der anthropometrischen Parameter innerhalb der Gruppen im Untersuchungszeitraum

Hingegen fanden sich in Bezug auf die Veränderung der anthropometrischen Parameter vor und nach der Intervention (Innergruppeneffekte) signifikante (jeweils $p < 0,001$, $p < 0,01$ für BMI-SDS) Veränderungen aller anthropometrischen Parameter in der Interventions- ebenso wie in der Kontrollgruppe (Tabelle 39).

Tabelle 39: Interventionseffekt auf die anthropometrischen Parameter und ihre Entwicklung innerhalb der Interventions- und Kontrollgruppe im Zeitraum von 18 Monaten

| | Schule | N | Werte der Gruppen V1 MW (SD) | Werte der Gruppen V3 MW (SD) | p-Wert Innergruppeneffekt | Mittlere Differenz (95% CI) | p-Wert Zwischengruppeneffekt |
|---------|--------|-----|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| BMI | IS | 242 | 19,0 (± 3,6) | 20,3 (± 4,0) | *** | 0,17 (- 0,07; 0,42) | 0,17 |
| | KS | 188 | 19,2 (± 3,6) | 20,3 (± 3,5) | *** | | |
| BMI-SDS | IS | 242 | 0,28 (±1,11) | 0,36 (± 1,12) | ** | 0,05 (- 0,022; 0,124) | 0,18 |
| WHR | IS | 241 | 0,28 (± 0,1) | 0,33 (± 0,2) | *** | 0,01 (- 0,009; 0,031) | 0,22 |
| | KS | 188 | 0,28 (±0,06) | 0,32 (± 0,06) | *** | | |
| BU | IS | 242 | 64,2 (± 7,8) | 67,5 (± 8,4) | *** | - 0,05 (- 0,66; 0,56) | 0,87 |
| | KS | 188 | 64,8 (± 7,8) | 68,2 (± 7,7) | *** | | |
| WtHR | IS | 241 | 0,44 (± 0,1) | 0,43 (± 0,05) | *** | 0,0001 (- 0,004; 0,004) | 0,96 |
| | KS | 188 | 0,43 (± 0,1) | 0,43 (± 0,04) | *** | | |
| HF | IS | 242 | 44,6 (±23,2) | 49,8 (± 24,6) | *** | 1,90 (- 0,23; 4,04) | 0,08 |
| | KS | 188 | 46,2 (±22,1) | 49,3 (± 21,0) | *** | | |
| OU | IS | 242 | 25,1 (± 3,2) | 25,1 (± 3,8) | *** | 0,10 (- 0,19; 0,40) | 0,49 |
| | KS | 188 | 23,3 (± 3,0) | 25,1 (± 3,3) | *** | | |

BMI = Body-Mass-Index (kg/m²), BMI-SDS = BMI-SDS = Standard-Deviation Score des Body-Mass-Index,, BU=Bauchumfang (cm), CI = Konfidenzintervall, IS = Interventionsschule, KS = Kontrollschule, MW = Mittelwert, N = Stichprobenzahl, OU = Oberarmumfang (cm), SD = Standardabweichung, V1 = Visit 1, V3 = Visit 3, WHR = Weight-to-Height Ratio, WtHR = Waist-to-Height Ratio, ** p < 0,01, *** p < 0,001

5.7.3. Vergleich der Veränderungen der kardiometabolischen Risikofaktoren zwischen der Interventions- und Kontrollgruppe im Untersuchungszeitraum

Ein signifikanter Gruppenunterschied (Zwischengruppeneffekt), die Veränderungen der kardiometabolischen Risikofaktoren betreffend, wurde beobachtet. So fanden sich eine signifikant stärkere Abnahme des diastolischen Blutdrucks ($p < 0,01$) und der Nüchtern glukose ($p < 0,05$) und eine signifikant geringere Abnahme des HDL-Cholesterins ($p < 0,01$) in der Interventions- im Vergleich zur Kontrollgruppe. Für die anderen kardiometabolischen Risikofaktoren zeigten sich keine signifikanten Gruppenunterschiede (Tabelle 40).

5.7.4. Veränderungen der kardiometabolischen Risikofaktoren innerhalb der Gruppen im Untersuchungszeitraum

Innerhalb der Interventionsgruppe fanden sich signifikante Abnahmen des diastolischen Blutdrucks ($p < 0,01$), Gesamtcholesterins und der Nüchtern glukose (beide $p < 0,001$), sowie eine geringere Abnahme des HDL-Cholesterins ($p < 0,01$). Hingegen zeigte sich innerhalb der Kontrollgruppe eine signifikante Zunahme des systolischen und des diastolischen Blutdrucks ($p < 0,01$). Das Gesamtcholesterin und HDL-Cholesterin sanken ab ($p < 0,001$) und das LDL-Cholesterin nahm zu ($p < 0,001$) (Tabelle 40).

Tabelle 40: Interventionseffekt auf die kardiometabolischen Risikofaktoren und ihre Entwicklung innerhalb der Interventions- und Kontrollgruppe im Zeitraum von 18 Monaten

| | Schule | N | Werte der Gruppen V1 MW (SD) | Werte der Gruppen V3 MW (SD) | p-Wert Innergruppen- effekt | Mittlere Differenz (95% CI) | p-Wert Zwischen- gruppen- effekt |
|-------|--------|-----|---------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|---|
| SBP | KS | 186 | 118 (± 8,7) | 120 (± 8,5) | ** | - 0,95 (- 2,93; 1,04) | 0,34 |
| DBP | IS | 238 | 75 (± 8,1) | 74 (± 6,1) | ** | -3,49 (-5,18;-1,82) | *** |
| | KS | 186 | 72 (± 7,3) | 74 (± 7,1) | ** | | |
| CHOL | IS | 144 | 176,7 (± 28,2) | 164,8 (± 27,8) | *** | -2,02 (- 7,08; 3,05) | 0,43 |
| | KS | 113 | 173,6 (± 27,2) | 163,8 (± 30,2) | *** | | |
| HDL-C | IS | 144 | 64,3 (± 11,8) | 56,7 (± 10,6) | ** | 3,26 (0,58; 5,93) | ** |
| | KS | 113 | 66,3 (± 15,5) | 55,5 (± 10,0) | *** | | |
| LDL-C | KS | 113 | 88,1 (± 18,4) | 105,2 (± 24,1) | *** | -1,96 (-5,41; 1,49) | 0,27 |
| GLU | IS | 144 | 80,7 (± 6,9) | 77,0 (± 8,7) | *** | -2,94 (-5,41; - 0,46) | * |

CI = Konfidenzintervall, CHOL = Gesamtcholesterin, DBP = Diastolischer Blutdruck, GLU = Nüchtern glukose, HDL-C = HDL-Cholesterin, IS = Interventionsschule, KS = Kontrollschule, LDL-C = LDL-Cholesterin, LDL/HDL-Ratio = Quotient aus LDL-Cholesterin und HDL-Cholesterin, MW = Mittelwert, N = Stichprobenzahl, p = Signifikanzniveau, SBP = Systolischer Blutdruck, SD = Standardabweichung, TG = Triglyzeride, V1 = Visit 1, V3 = Visit 3, * p < 0,05, ** p < 0,01, *** p < 0,001

6. Diskussion

Im folgenden Kapitel werden die Ergebnisse der statistischen Analyse diskutiert. Es werden Stärken und Limitationen der vorliegenden Studie aufgezeigt und Empfehlungen für zukünftige Forschungsvorhaben gegeben.

6.1. Übergewicht und Adipositas im Kindesalter und die Relevanz der Prävention

Je mehr Kriterien eines metabolischen Syndroms, wie abdominelle Adipositas, Hypertonie, Dyslipidämie und gestörte Glukosetoleranz ein Mensch aufweist, desto höher sind die kardiovaskuläre Morbidität und Mortalität. Die in der JuvenTUM Stufe 3-Studie untersuchten Risikofaktoren ermöglichten eine Aussage über die Prävalenz des metabolischen Syndroms in der untersuchten Population.

In der JuvenTUM Stufe 3-Studie wurde ein innovativer Ansatz verfolgt. So untersuchte diese richtungsweisende Forschungsarbeit nicht nur die körperliche Fitness und die BMI-Änderung, sondern auch die kardiometabolischen Risikofaktoren und somit das Gesundheitsrisiko bei Kindern. Das schulbasierte Projekt setzte den Fokus auf die Prävention von Übergewicht, Adipositas und kardiometabolischen Erkrankungen durch die Änderung von Verhalten und präventive Maßnahmen für die Kinder, Eltern und Lehrer. Ein großer Vorteil der Studie war die einfach durchzuführende Struktur, die leicht im Unterrichtsalltag umsetzbar war und sich gut auf andere Schulen übertragen ließe (Siegrist, M. et al., 2013).

In der vorliegenden Arbeit konnte an einem großen Kollektiv im Longitudinalverlauf die Eignung der hier untersuchten anthropometrischen Parameter überprüft werden, um das kardiometabolische Gesundheitsrisiko der Kinder vorherzusagen. Des Weiteren wurde überprüft, ob sich die kardiometabolischen Risikofaktoren und die anthropometrischen Messparameter durch das Interventionsprogramm beeinflussen ließen.

Anhand der Schwellenwerte (Cut-Off-Werte) des Consensus-Reports der IDF aus dem Jahr 2007 wurde in der vorliegenden Arbeit erfasst, wie viele Kinder zu

Untersuchungsbeginn erhöhte kardiometabolische Risikofaktoren hatten. Während zu Studienbeginn der Blutdruck und die Triglyzeride bei 17 % aller Kinder erhöht waren, hatten nur zwei Prozent der Kinder einen erhöhten Nüchtern glukose-Wert und nur ein Prozent ein reduziertes HDL-Cholesterin. Nach 18 Monaten waren die Triglyzeride bei 16 % und der Blutdruck nur noch bei zehn Prozent aller Kinder erhöht. Bereits fünf Prozent der Kinder hatten ein reduziertes HDL-Cholesterin und weiterhin zwei Prozent einen erhöhten Nüchtern glukose-Wert.

Im Vergleich zur JuvenTUM Stufe 3-Studie wies Katzmarzyk 2004 in der Bogalusa Heart Study eine höhere Prävalenz mehrerer kardiometabolischer Risikofaktoren nach. In der untersuchten Gruppe wurden bei ca. 17 % der untersuchten Kinder drei oder mehr kardiometabolische Risikofaktoren (niedriges HDL-Cholesterin und erhöhte Werte von LDL-Cholesterin, Triglyzeriden, Nüchtern glukose, Insulin und Blutdruck) gemessen (Katzmarzyk, P. T. et al., 2004) (Freedman D. S. et al., 2009).

6.2. Prädiktive Wertigkeit der anthropometrischen Parameter das Gesundheitsrisiko bei Kindern im Altersverlauf betreffend

In der pädiatrischen Praxis und bei Schuluntersuchungen wäre ein einzelner Parameter von Vorteil, der mit einem hohen kardiometabolischen Risiko korreliert. Präventive Maßnahmen und eine weiterführende Diagnostik könnten bei einer Erhöhung dieses Parameters frühzeitig eingeleitet werden. Daher wurde in der vorliegenden Arbeit die prädiktive Wertigkeit der Anthropometrie bezüglich ihrer Aussagekraft auf die Entwicklung kardiovaskulärer Risikofaktoren untersucht.

Zu Studienbeginn fanden sich zahlreiche schwache bis mittlere Korrelationen aller anthropometrischen Parameter mit den kardiometabolischen Risikofaktoren systolischer und diastolischer Blutdruck, HDL-Cholesterin und den Triglyzeriden. Diese Korrelationen verstärkten sich im 18-monatigen Studienverlauf.

Jedoch wurde kein einzelner anthropometrischer Parameter gefunden, der in besonderem Maße mit den kardiometabolischen Risikofaktoren korrelierte. Es fand sich zudem kein kardiometabolischer Risikofaktor, der deutlich mit einem erhöhten BMI, BMI-SDS oder Waist-to-Height Ratio anstieg. Also fanden sich keine

eindeutigen herausragenden Korrelationen von Parametern für Übergewicht mit dem kardiometabolischen Risikoprofil.

Die Ergebnisse legen den Schluss nahe, dass mehrere einzelne anthropometrische Messparameter mit einem kardiometabolischen Risiko einhergehen und sich zur Verwendung in der pädiatrischen Praxis, Schuluntersuchungen und für Forschungszwecke eignen. Da sich die Korrelationen im Altersverlauf verstärkten, kann es sein, dass die oben genannten anthropometrischen Parameter, im weiteren Studienverlauf über den Zeitraum von 18 Monaten hinaus ansteigen. Möglicherweise werden die zu beobachtenden Effekte im Altersverlauf noch deutlicher und es zeigt sich zu einem späteren Untersuchungszeitpunkt ein einzelner, aussagekräftiger Parameter. Die einzelnen Parameter werden im Folgenden diskutiert.

Zu Studienbeginn war ein signifikanter Zusammenhang ($p < 0,01$) zwischen dem anthropometrischen Parameter BMI und den beiden kardiometabolischen Risikofaktoren HDL-Cholesterin und Triglyzeride zu erkennen, der sich nach 18 Monaten verstärkte. Damit bestätigte sich die Hypothese, dass Übergewicht bei Kindern mit einem hohen kardiometabolischen Risiko einhergeht. Zudem korrelierte der BMI nach 18 Monaten signifikant mit dem systolischen und dem diastolischen Blutdruck. Mit zunehmendem Alter wurde also ein pathogener Einfluss von Übergewicht auf den Blutdruck von Kindern beobachtet. Der Zusammenhang zwischen dem BMI und dem systolischen Blutdruck wurde auch in der schwedischen Studie aus dem Jahr 2010 bestätigt, in der 247 zehnjährige Kinder untersucht wurden (Larsson, C. et al, 2011).

Bei der Eingangsuntersuchung der JuvenTUM Stufe 3-Studie wurde ein Zusammenhang ($p < 0,01$) zwischen dem anthropometrischen Parameter Bauchumfang und den kardiometabolischen Risikofaktoren Triglyzeride, systolischer Blutdruck und HDL-Cholesterin beobachtet, der im Falle der Triglyzeride nach 18 Monaten zunahm. Auch in der Studie durch Burgos im Jahr 2013 wurde ein signifikanter Zusammenhang ($p < 0,001$) des Bauchumfang mit den beiden kardiometabolischen Risikoparametern systolischer Blutdruck ($r = 0,45$) und Triglyzeride ($r = 0,20$) beobachtet. An der Studie nahmen 1.970 Kinder im Alter von sieben bis 18 Jahren teil (Burgos, M. S. et al., 2013).

Auch für die Summe der Hautfaltendicke bestätigte sich die Hypothese einer positiven Korrelation betreffend der zwei kardiometabolischen Risikofaktoren HDL-Cholesterin und Triglyzeride, die nach 18 Monaten bezüglich der Triglyzeride signifikant anstieg.

Der Einfluss des Alters auf die Zunahme der kardiometabolischen Risikofaktoren systolischer und diastolischer Blutdruck, HDL-Cholesterin und Triglyzeride konnte auch im Bezug auf den Oberarmumfang bestätigt werden. Die Tatsache, dass der Oberarmumfang erst bei Visit 3 Korrelationen mit allen Risikofaktoren zeigte, legt den Schluss nahe, dass er sich eventuell bei älteren Kindern besser für ein Risikoscreening eignen könnte.

Zusammenfassend sind folglich die Messwerte von BMI, Bauchumfang, Summe der Hautfaltendicke und Oberarmumfang geeignet, um das kardiometabolische Risikoprofil von Kindern festzustellen, besonders mit zunehmendem Alter der Kinder.

6.3. Einfluss der anthropometrischen Parameter auf die Ausprägung der kardiometabolischen Risikofaktoren

In der bivariaten Regressionsanalyse zeigte sich, dass Alter und Geschlecht keinen großen Einfluss auf die Ausprägung der anthropometrischen Parameter hatten. Möglicherweise wären hier im späteren Verlauf der Pubertät und nach einem längeren Interventionszeitraum (> 18 Monate) deutlichere Unterschiede erkennbar. Jeder anthropometrische Messwert zeigte einzelne, signifikante Zusammenhänge mit verschiedenen Risikofaktoren.

Auch die erklärte Varianz aller anthropometrischen Parameter in Bezug auf die kardiometabolischen Risikofaktoren ist mit Werten von fünf bis 15 % nicht sehr hoch. Eine mögliche Ursache ist, dass es sich bei der untersuchten Kohorte um eine Normalpopulation handelt. Möglicherweise wären in einer Kohorte adipöser Kinder größere Zusammenhänge messbar. Zudem korrelierten die untersuchten Messwerte stark untereinander und zeigten so auch ähnliche Korrelationsergebnisse mit den kardiometabolischen Risikofaktoren.

Allerdings hatten die drei Prädiktoren von Übergewicht, nämlich Bauchumfang, Waist-to-Height Ratio und BMI im Gegensatz zu den anderen untersuchten

anthropometrischen Parametern, auf die Ausprägung zahlreicher kardiometabolischer Risikofaktoren einen deutlichen Einfluss. Anfangs trug der Bauchumfang bezüglich der Triglyzeride sogar am meisten zur Varianzaufklärung bei. Nach dem Zeitraum von 18 Monaten waren für die Triglyzeride alle anthropometrischen Parameter signifikante Prädiktoren.

Zudem waren in Bezug auf das HDL-Cholesterin bei Visit 1 der BMI und die Hautfaltensumme signifikante Prädiktoren. Der BMI und der Bauchumfang erklärten bei Visit 3 die meiste Varianz des HDL-Cholesterins.

Bei Visit 1 war der Bauchumfang signifikanter Prädiktor des systolischen Blutdrucks. Bei Visit 3 erklärten in Bezug auf den systolischen Blutdruck der BMI, der Bauchumfang und der Oberarmumfang die meiste Varianz. Die beobachteten Zusammenhänge nahmen also mit steigendem Alter der untersuchten Kinder zu.

Ähnliche Ergebnisse zeigte die Studie von Huang (2011). Hier wurden sechs bis 34 % der Varianz der Triglyzeride und des HDL-Cholesterins von BMI, Bauchumfang oder Waist-to-Height Ratio aufgeklärt. Zudem konnte bei den Mädchen der Bauchumfang fünf Prozent der Varianz des systolischen Blutdrucks aufklären. Dieser Zusammenhang konnte bei den Jungen nicht beobachtet werden. In dieser Studie wurden 1.149 Kindern aus Australien im Alter von 14 Jahren untersucht. (Huang, R. C. et al, 2011).

Auch in der KiGGS-Studie zeigte sich die prädiktive Wertigkeit des BMI und des Bauchumfangs. So fand sich in Bezug auf die Triglyzeride ein Einfluss des Bauchumfangs von neun Prozent erklärter Varianz für die Jungen und zwei Prozent für die Mädchen. In Bezug auf den systolischen Blutdruck fand sich hier ein signifikanter Einfluss des BMI und des Bauchumfangs mit jeweils sogar 32 % erklärte Varianz für die Jungen und neun Prozent erklärter Varianz für die Mädchen (Lampert, T. et al., 2007) (Opper, E. et al., 2007) (Kleiser, C. et al., 2011) (Kromeyer-Hauschild, K. et al., 2013).

In einer Studie von Rush aus dem Jahr 2013 wurden 2.752 fünf- bis zehnjährige Kinder europäischer und polynesischer Herkunft untersucht. In dieser Studie wurden von den untersuchten europäisch-stämmigen Kindern für den Bauchumfang und den BMI gleiche prädiktive Werte des prozentualen Körperfettanteils beobachtet. Bei den

polynesischen Kindern (Maori) übertraf der Einfluss des Bauchumfangs jedoch den BMI (Rush, E. et al., 2013). Dies zeigt, dass unterschiedliche anthropometrische Parameter bei verschiedenen ethnischen Gruppen eine unterschiedliche Vorhersagefähigkeit haben. Diese gilt es bei der Auswahl der anthropometrischen Messparameter in der pädiatrischen Praxis und bei Schuluntersuchungen zu beachten, indem man die in Studien für die ethnische Gruppe eines Kindes am aussagekräftigsten befundenen Parameter verwendet.

Zusammenfassend fanden sich in mehreren aktuellen Studien prädiktive Qualitäten der anthropometrischen Parameter in Bezug auf das kardiometabolische Risiko bei Kindern. In der vorliegenden Arbeit waren jedoch die gefundene Varianz und damit die prädiktive Aussagekraft der anthropometrischen Parameter in Bezug auf die kardiometabolischen Risikofaktoren relativ gering, sodass die klinische Relevanz und eine direkte praktische Konsequenz diskutiert werden müssen.

6.4. Sensitivität und Spezifität der anthropometrischen Parameter in Bezug auf das kardiometabolische Risiko bei Kindern

Der Einfluss der anthropometrischen Messparameter auf die kardiometabolischen Risikofaktoren wurde anhand der Sensitivität, Spezifität und Cut-Off-Werten bestimmt. Als Marker eines erhöhten Blutdrucks erwiesen sich bei Visit 1 und 3 für den systolischen Blutdruck alle anthropometrischen Parameter als signifikante Prädiktoren. Bei Visit 1 ergaben sich für den diastolischen Blutdruck signifikante Cut-Off-Werte für den Oberarmumfang. Die beobachteten Effekte verstärkten sich im Altersverlauf. Bei Visit 3 wurden für den diastolischen Blutdruck sogar signifikante Cut-Off-Werte für alle anthropometrischen Parameter berechnet.

Bei Visit 1 wurden für das LDL-Cholesterin und die Triglyzeride für alle anthropometrischen Parameter signifikante Cut-Off-Werte gefunden.

Aus den Ergebnissen kann geschlossen werden, dass ein Zusammenhang zwischen den anthropometrischen Parametern und den kardiometabolischen Risikofaktoren besteht, aber die in der vorliegenden Arbeit gefundene Sensitivität und die Spezifität vergleichsweise niedrig waren. Daher sind die gefundenen Cut-Off-Werte zwar signifikant, jedoch als Einzelwerte als klinische Screeninginstrumente wenig geeignet

und erlauben keine direkte klinische Aussage über den Gesundheitszustand eines Kindes. Die überprüften anthropometrischen Parameter sind in der Literatur als Vorhersageparameter für ein erhöhtes kardiometabolisches Risiko bekannt.

Die Ergebnisse des HDL-Cholesterins werden im Folgenden separat vorgestellt: Bei Visit 1 fanden sich für das HDL-Cholesterin für alle anthropometrischen Parameter Cut-Off-Werte mit sehr hoher Sensitivität und Spezifität zwischen 0,75 und 1. Allerdings basiert diese Berechnung auf einer kleinen Stichprobengröße von $N = 4$ Mädchen mit reduziertem HDL-Cholesterin, so dass ein Zufallsergebnis nicht auszuschließen ist. Interessant wäre es, das Ergebnis in weiteren Studien mit einem höheren Anteil an Kindern mit reduziertem HDL-Cholesterin zu untersuchen.

Da mehrere der anthropometrischen Parameter einen statistischen Zusammenhang zeigten, ist die vorliegende Arbeit sehr wichtig. Man sollte jedoch in Zukunft die Genauigkeit der Aussage erhöhen, indem man die anthropometrischen Parameter zu einem sogenannten Composite Score (Kompositparameter) zusammenfasst. Daraus ließe sich auch ein Risikoscore errechnen. Dies würde den Rahmen der vorliegenden Arbeit überschreiten, wäre jedoch für folgende Forschungsprojekte interessant.

Die Verwendung von Kompositparametern ist für die Einschätzung des kardiometabolischen Risikos bei Kindern bereits in internationalen Studien erprobt. So wurde in der schweizer KISS-Studie als Kompositparameter zur Abschätzung des kardiometabolischen Risikos ein sogenannter Cardiovascular Risk Score aus erhöhten Werten des Z-Scores des Bauchumfangs, des Blutdrucks, der Nüchtern glukose, der Triglyzeride und eines reduzierten HDL-Cholesterins berechnet. In der Interventionsgruppe wurde eine Abnahme des Cardiovascular Risk Score um 14 % beobachtet. In dieser schulbasierten Interventionsstudie wurden 540 Kindern im Alter von sieben bzw. elf Jahren untersucht (Kriemler, S. et al., 2010).

Eine weitere Studie, in der mit Kompositparametern gearbeitet wurde stammt von Adegboye aus dem Jahr 2010. Hier wurden 2.835 Dritt- und Neuntklässler aus Dänemark, Estland und Portugal anthropometrisch untersucht. Kardiometabolische Risiko-Cluster aus erhöhten Werten von Gesamtcholesterin, Triglyzeriden, Nüchtern glukose, Insulin, Blutdruck und reduzierten Werten von aerober Fitness und

HDL-Cholesterin wurden berechnet. Das Risiko galt als erhöht, wenn ≥ 3 der genannten Risikofaktoren zutrafen. Auch hier wurden in verschiedenen Altersgruppen signifikante Cut-Off-Werte des Bauchumfangs, Waist-to-Height Ratio und des BMI errechnet (Adegboye, A. R. et al., 2010).

Dass Kompositparameter aus anthropometrischen Messwerten außerdem auch sinnvoll sein können, um Übergewicht bei Kindern vorherzusagen, zeigte eine Studie von Aeberli aus dem Jahr 2013. Hier wurden 2.303 Kinder im Alter von sechs bis 13 Jahren in der Schweiz anthropometrisch untersucht. Anhand von Regressionsanalysen und ROC-Kurven wurde die prädiktive Wertigkeit des BMI und Bauchumfangs einzeln und die beider Parameter gemeinsam berechnet, um den Gesamtkörperfettanteil in Prozent vorherzusagen. Ein Kompositparameter aus Bauchumfang und BMI wurde erstellt. Dieser konnte den Gesamtkörperfettanteil besser vorhersagen (7 % erklärte Varianz) als beide anthropometrische Parameter einzeln (6 % erklärte Varianz). Die AUC-Werte (Area Under the Curve) des Kompositparameters lagen zwischen 0,96 für übergewichtige Mädchen und 0,98 für übergewichtige Jungen. Die Spezifität und die Sensitivität waren für den Kompositparameter etwas höher als für die einzelnen anthropometrischen Parameter (Aeberli, I. et al, 2013).

6.5. Interventionseffekte auf die anthropometrischen und kardiometabolischen Parameter

Was die Veränderung der anthropometrischen Parameter durch die Intervention, den sogenannten Innergruppeneffekt betrifft, so fanden sich signifikante Veränderungen (jeweils $p < 0,001$) des BMI, des Bauchumfangs, des Oberarmumfangs und der Hautfaltensumme in der Interventions- und Kontrollgruppe. Man kann davon ausgehen, dass es sich hierbei um normale Wachstumsprozesse der untersuchten, vorwiegend normalgewichtigen Kinder handelt.

Die Veränderung der anthropometrischen Parameter von Visit 1 zu Visit 3 zwischen den beiden Gruppen (Zwischengruppeneffekt) zeigten keine signifikanten Gruppenunterschiede. Man konnte also keinen klaren Einfluss der Intervention auf die anthropometrischen Messwerte beobachten.

Bezogen auf das kardiometabolische Risikoprofil kam es zu positiven Veränderungen durch die Intervention. So fanden sich in der Interventionsgruppe signifikante Abnahmen der kardiometabolischen Risikofaktoren diastolischer Blutdruck ($p < 0,01$), Gesamtcholesterin ($p < 0,001$) und Nüchtern glukose ($p < 0,001$), sowie eine geringere Abnahme des HDL-Cholesterins ($p < 0,01$) (Innergruppeneffekt). In der Kontrollgruppe fand sich im Gegenteil eine signifikante Zunahme des systolischen und diastolischen Blutdrucks ($p < 0,01$). Das HDL-Cholesterin sank signifikant ab, das LDL-Cholesterin nahm signifikant zu (jeweils $p < 0,001$). In der Kontrollgruppe kam also zu einer Erhöhung der kardiometabolischen Risikofaktoren und zu pathogenen Effekten.

Der positive Einfluss der Intervention konnte auch im Gruppenvergleich beobachtet werden, es zeigte sich ein signifikanter Gruppenunterschied bezüglich der Veränderungen kardiometabolischer Risikofaktoren (Zwischengruppeneffekt). So fanden sich eine signifikant stärkere Abnahme des diastolischen Blutdrucks ($p < 0,01$) und der Nüchtern glukose ($p < 0,05$) und eine signifikant geringere Abnahme des HDL-Cholesterins ($p < 0,01$) in der Interventionsgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe. Für die anderen kardiometabolischen Risikofaktoren zeigten sich keine signifikanten Gruppenunterschiede. Das heißt, dass in der vorliegenden Arbeit die Kinder, die an der schulbasierten Intervention teilnahmen, ein signifikant niedrigeres kardiometabolisches Risiko hatten, als die Kinder in der Kontrollgruppe.

Ein vorteilhafter Einfluss der Intervention auf die anthropometrischen Messwerte bestand hingegen in der Interventionsstudie von Martínez Vizcaíno (2008). Es kam zu einer signifikanten Reduktion des prozentualen Körperfettanteils der Mädchen um 0,6 % ($p = 0,02$). Auf die kardiometabolischen Risikofaktoren hatte die Intervention hier hingegen keinen signifikanten Effekt. Hierbei wurden 1.044 Kinder im Durchschnittsalter von 9,4 Jahren in Spanien untersucht. Die Intervention bestand aus einem zusätzlichen Bewegungsprogramm in der Schule außerhalb des Unterrichts (Martínez Vizcaíno, V. et al., 2008).

Unterschiedliche Ergebnisse wurden in der "Action Schools!" Studie beobachtet, es bestand kein signifikanter Interventionseffekt auf das HDL-Cholesterin und die Nüchtern glukose. Jedoch wurde hier ein Einfluss der schulbasierten Intervention auf den Blutdruck von Kindern beobachtet. Der Anstieg des Blutdrucks ($p < 0,05$) in der

Interventionsgruppe war um 6 % geringer als in der Kontrollgruppe. In dieser Studie wurden kanadische Grundschüler untersucht (Reed, K. E. et al., 2008).

Im Gegensatz zur JuvenTUM Stufe 3-Studie konnte auch in der dänischen Studie von Bugge keine signifikante Veränderung der kardiometabolischen Risikofaktoren HDL-Cholesterin und Nüchtern glukose beobachtet werden. Aber hier bestand, wie in der JuvenTUM Stufe 3-Studie, ein Einfluss der Intervention auf den Blutdruck. Der systolische Blutdruck ($p < 0,01$) in der Interventionsgruppe wies bei den Jungen einen geringeren Anstieg auf als in der Kontrollgruppe. Bei den Mädchen konnte dieser Effekt nicht beobachtet werden. Hier wurde mit Kindern eine sportbasierte Intervention in der Schule durchgeführt (Bugge, A. et al., 2012).

Die in der JuvenTUM Stufe 3-Studie gefundenen Effekte können einen Hinweis auf den positiven Nutzen schulbasierter Interventionsstudien auf das kardiometabolische Risiko bei Kindern geben. Es sollten Langzeiteffekte der Intervention auf die Gesundheit der Kinder überprüft werden.

Bei der untersuchten Kohorte der JuvenTUM Stufe 3-Studie handelt es sich um eine gesunde Population. Die untersuchten Kinder waren Großteils nicht kardiometabolisch vorerkrankt und nicht übergewichtig oder adipös. Dies könnte ein Grund sein, warum die gefundenen Effekte nicht besonders groß waren. Es wäre also interessant, dasselbe Interventionsprogramm noch einmal ausschließlich mit übergewichtigen und adipösen Kindern durchzuführen. So könnten vermutlich stärkere Effekte der Intervention auf die anthropometrischen Messparameter beobachtet werden.

So konnte Blüher im Jahr 2014 in der KLAKS-Studie deutlichere Effekte auf die anthropometrischen Parameter als die JuvenTUM Stufe 3-Studie zeigen. Dafür wurden 142 übergewichtige Kinder (BMI > 90. Perzentile) im Alter von sieben bis 18 Jahren untersucht. Die einjährige Intervention bestand aus regelmäßiger Bewegung (150 min Sport/Woche), Gesundheits-Unterrichtsstunden, psychologischer Unterstützung und Elterninformation. In der Studie wurden in der Interventionsgruppe der BMI, Bauchumfang, Waist-to-Height Ratio und prozentualer Körperfettanteil signifikant (jeweils $p < 0,01$) reduziert (Blüher, S. et al., 2014).

6.6. Limitierungen und Stärken

Die Stärken und Schwächen der JuvenTUM Stufe 3-Studie werden im Folgenden erörtert. In dieser Studie wurden neben der körperlichen Fitness, der körperlichen Aktivität und der BMI-Änderung auch die kardiometabolischen Risikofaktoren untersucht. Ein Vorteil der vorliegenden Studie war einerseits das große Kollektiv von Kindern, das statistisch valide Aussagen ermöglichte und andererseits das kontrolliert-randomisierte Studiendesign. Über den Beobachtungszeitraum von 18 Monaten konnte man aussagekräftige Ergebnisse über die mittelfristigen Effekte schulbasierter Interventionen bei Kindern erhalten, die eine Aussage über die gemessenen Parameter und den Interventionseffekt erlaubten.

Ein weiterer wichtiger Vorteil der Studie war die einfach durchzuführende Struktur, die leicht im Unterrichtsalltag umsetzbar war und sich problemlos auf andere Schulen übertragen ließe. Zudem wurde die Studie mit konstantem, gut geschultem, bezüglich der Intervention verblindetem Personal durchgeführt, was Messfehler verringerte. Die verwendeten anthropometrischen Messparameter sind für die Verwendung bei Kindern gut validiert und effizient und einfach durchführbar.

Die hier angewandten Interventionen sind gesundheitsfördernd für alle Kinder, egal ob übergewichtig oder nicht. Durch die Verhaltensänderung und präventive Maßnahmen sollten die Prävention von Übergewicht und Adipositas und die Senkung des kardiometabolischen Risikos erreicht werden. Bestenfalls können so normalgewichtige Kinder ihr Gewicht halten und übergewichtige Gewicht abnehmen. Das vorliegende Konzept der JuvenTUM Stufe 3-Studie wäre auch für eine Gruppe ausschließlich übergewichtiger oder adipöser Kinder gut anwendbar (Siegrist, M. et al, 2013).

Eine Schwäche der vorliegenden Studie ist, dass in den Fragebögen, welche die Kinder selbst ausfüllten eine "erwünschte" Antwort, die nicht der Wahrheit entspricht, gut möglich ist, beispielsweise über das Ausmaß ihrer körperlichen Aktivität. Dies ist jedoch ein generelles Problem Studien anhand von selbstausgefüllten Fragebögen.

Der Blutdruck wurde in dieser Untersuchung nur an einem Untersuchungstag gemessen. Um akkuratere Ergebnisse zu erhalten, sollte der Blutdruck an zwei unterschiedlichen Untersuchungstagen gemessen werden (Nagy, E. et al., 2008).

Dies war aber aus zeitlichen und personellen Gründen nicht machbar. Um die Akkuranz der Messwerte zu erhöhen, wurden daher am Untersuchungstag an einem Kind mehrere Messungen von einem Untersucher durchgeführt.

Bei der untersuchten Kohorte handelte es sich um gesunde Kinder. Entsprechend war der Anteil an Kindern mit pathologischen Messwerten relativ gering. So war eine statistisch aussagekräftige Analyse einzelner Parameter teilweise nur eingeschränkt möglich. Zum Beispiel war das HDL-Cholesterin nur bei vier Kindern reduziert.

Die Intervention enthielt viele verschiedene Einflussfaktoren wie Extrasportstunden, Schulungen, zusätzliche Gespräche mit den Lehrern, Spiele und die Einbindung von Sportvereinen. Zudem erhielten die Kinder in der Interventionsgruppe ein großes Maß an Zuwendung und Aufmerksamkeit, die die Beziehung zwischen Eltern und Kindern und zwischen Lehrern und Kindern verändert haben könnte. So könnten die Stimmung und das Stresslevel der Kinder sich verbessert haben und positive gesundheitliche Effekte bewirkt haben. Es könnte also auch von kontextspezifischen Effekten ausgegangen werden.

6.7. Ausblick

In der vorliegenden Arbeit konnte gezeigt werden, dass durch die Interventionsmaßnahmen der schulbasierten Studie JuvenTUM Stufe 3 das kardiometabolische Risiko effektiv beeinflusst werden konnte. Die Parameter diastolischer Blutdruck, HDL-Cholesterin und Nüchtern glukose konnten durch die Intervention signifikant positiv verändert werden. Jedoch konnte kein einzelner anthropometrischer Parameter bestimmt werden, um das kardiometabolische Gesundheitsrisiko bei Kindern vorherzusagen. Um diese Fragestellung zu klären, sind in Zukunft weitere Studien wie die JuvenTUM Stufe 3-Studie erforderlich.

Wegen ihrer positiven Effekte ist die Intervention aus gesundheitsfördernder Schulung und Bewegungssteigerung als sehr sinnvoll zu erachten, um das Morbiditätsrisiko bei Kindern zu senken. Perspektivisch könnten ein entsprechender "Lifestyle-Unterricht" durch die Lehrer langfristig in allen Jahrgangsstufen und eine spezifische Lehrerausbildung im Studium angedacht werden. Da eine höhergradige Adipositas schwer zu behandeln ist, ist eine frühe Prävention von kindlichem Übergewicht notwendig (Kromeyer-Hauschild, K. et al., 2007).

Ferner wäre es auch sinnvoll, das gleiche Interventionsprogramm mit übergewichtigen und adipösen Kindern durchzuführen, um stärkere Effekte der Intervention beobachten zu können.

Zudem sind Präventionsmaßnahmen von Übergewicht und Adipositas vor allem im Kindes- und Jugendalter von hoher Bedeutung, sollten aber auch junge Erwachsene einschließen, um die Prävalenz von Übergewicht in der Bevölkerung zu senken.

So kann in Zukunft über eine Ausweitung des Interventionsprogramms auf das Alter von 15 bis 18 Jahren nachgedacht werden. Es wäre interessant in einer Langzeitstudie zu untersuchen, ob die Kinder in der Interventionsgruppe nach Ende des Interventionszeitraums auch im weiteren Verlauf ihrer Pubertät und im Erwachsenenalter eine geringere kardiometabolische Morbidität und Mortalität haben als die Kinder in der Kontrollgruppe. Möglicherweise kann man bei Kindern durch die schulbasierte Intervention positive gesundheitliche Effekte für die Zukunft primen. So

könnte die JuvenTUM Stufe 3-Studie für die Langzeitprävention von Übergewicht, Adipositas und kardiometabolischer Morbidität einen großen Nutzen haben.

Für zukünftige Studien wäre die Berechnung eines Kompositparameters der kardiometabolischen Risikofaktoren von Interesse. Ein ähnliches Vorgehen wäre in Zukunft auch mit einer Kombination der anthropometrischen Parameter möglich, um bei Kindern in der pädiatrischen Praxis und bei Schuluntersuchungen ohne eine Blutentnahme ein erhöhtes kardiometabolisches Risiko zu erkennen und präventiv eingreifen zu können. Entsprechende statistische Modelle könnten Gegenstand zukünftiger Untersuchungen sein.

Abschließend sind schulbasierte Interventionsstudien wie die JuvenTUM Stufe 3-Studie also von hoher Bedeutung, da sie in der pädiatrischen Praxis und Forschungsvorhaben neue Ansätze zur Adipositasprävention ermöglichen. In Zukunft sollten daher weitere Studien bezüglich der prädiktiven Wertigkeit der anthropometrischen Parameter im Hinblick auf das kardiometabolische Gesundheitsrisiko bei Kindern erfolgen.

Literaturverzeichnis

- Adegboye, A. R., Andersen, L. B., Froberg, K., Sardinha, L. B., Heitmann, B. L. Linking definition of childhood and adolescent obesity to current health outcomes. *International Journal of Pediatric Obesity*. 5 (2), 130-142, 2010.
- Aeberli, I., Gut-Knabenhans, M., Kusche-Ammann, R. S., Molinari, L., Zimmermann, M. B. A composite score combining waist circumference and body mass index more accurately predicts body fat percentage in 6- to 13-year-old children. *Eur J Nutr* 52 (1), 247-53, 2013.
- Alberti, K. G., Eckel, R. H., Grundy, S. M., Zimmet, P. Z., Cleeman, J. I., Donato, K. A., Fruchart, J.-C., James, W. P., Loria, C. M., Smith, S. C. Harmonizing the Metabolic Syndrome. A Joint Interim Statement of the International Diabetes Federation Task Force on Epidemiology and Prevention; National Heart, Lung and Blood Institute; American Heart Association; World Heart Federation; International Atherosclerosis Society; and International Association for the Study of Obesity. *Circulation* (120), 1640-1645, 2009.
- Alberti, G., Zimmet, P., Shaw, J., Grundy, S. M. The IDF consensus worldwide definition of the metabolic syndrome. *International Diabetes Federation*, 10, 2006.
- Ashwell, M., Gunn, P., Gibson, S. Waist-to-height ratio is a better screening tool than waist circumference and BMI for adult cardiometabolic risk factors: systematic review and meta-analysis. *Obes Rev*. 13 (3), 275-86, 2012.
- Baker, J. L., Olsen, L. W., Sørensen, T. I. Childhood Body Mass Index and the Risk of Coronary Heart Disease in Adulthood. *N Engl J Med.*, 357 (23), 2329-2337, 2007.
- Blüher, S., Petroff, D., Wagner, A., Warich, K., Gausche, R., Klemm, T., Wagner, M., Keller, A. The one year exercise and lifestyle intervention program KLAKS: Effects on anthropometric parameters, cardiometabolic risk factors and glycemic control in childhood obesity. *Metabolism* 63 (3), 422-30, 2014.

- Böhler, T., Wabitsch, M., Winkler, U. Konsensuspapier. Patientenschulungsprogramme für Kinder und Jugendliche mit Adipositas. Arbeitsgruppe „Präventive und therapeutische Maßnahmen für übergewichtige Kinder und Jugendliche - eine Konsensfindung“ unter der Moderation des Bundesministeriums für Gesundheit und Soziale Sicherung. http://www.aga.adipositas-gesellschaft.de/fileadmin/PDF/daten/Konsensuspapier_Patientenschulung.pdf, 5-23, 2004.
- Bös, K., Motorik-Modul: Eine Studie zur motorischen Leistungsfähigkeit und körperlich-sportlichen Aktivität von Kindern und Jugendlichen in Deutschland; Abschlussbericht zum Forschungsprojekt. Bundesministerium für Familie, Senioren, Frauen und Jugend. Nomos Verlag, Baden-Baden. 1, 345-358, 2009.
- Bonow, R. O., Smaha, L. A., Smith, S. C., Mesah, G. A., Lenfant, C. World Heart Day 2002: the international burden of cardiovascular disease: responding to the emerging global epidemic. *Circulation*. 106 (13), 1602-5, 2002.
- Bugge, A., El-Naaman, B., Dencker, M., Froberg, K., Holme, I. M., McMurray, R. G., Andersen, L. B. Effects of a three-year intervention: the Copenhagen School Child Intervention Study. *Med Sci Sports Exerc*. 44 (7), 1310-7, 2012.
- Burgos, M. S., Burgos, L. T., Dias Camargo, M., Rech Franke, S. I., Prá, D., Vargas da Silva, A. M., Borges, T. S., Ferreira Todendi, P., Reckziegel, M. B., Reuter, C. P. Relationship between Anthropometric Measures and Cardiovascular Risk Factors in Children and Adolescents. *Arq Bras Cardiol*. 101 (4), 288-296, 2013.
- Butte, N. F., Garza, C., de Onis, M. Evaluation of the Feasibility of International Growth Standards for School-Aged Children and Adolescents. *J. Nutr*. 137 (1), 153-157, 2007.
- Cecchini, M., Sassi, F., Lauer, J. A., Lee, Y. Y., Guarjado-Barron, V., Chisholm, D. Tackling of unhealthy diets, physical inactivity, and obesity: health effects and cost-effectiveness. *Lancet* 376 (9754), 1775-84, 2010.

- Cole, J., The international growth standard for preadolescent and adolescent children: statistical considerations. *Food Nutr Bull.* 27 (4), 237–43, 2006.
- Cole, T. J., The LMS method for constructing normalized growth standards. *European Journal of Clinical Nutrition* 44 (1), 45-60, 1990.
- Cole, T. J., Green, P. J. Smoothing reference centile curves: The LMS method and penalized likelihood. *Stat Med.*, 11 (10), 1305–19, 1992.
- Cole, T. J., Bellizzi, M. C., Flegal, K. M., Dietz, W. H. Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. *BMJ* (320), 1240-1243, 2000.
- Craigie, A. M., Matthews, J. N., Rugg-Gunn, A. J., Lake, A. A., Mathers, J. C., Adamson, A. J. Raised adolescent body mass index predicts the development of adiposity and a central distribution of body fat in adulthood: a longitudinal study. *Obes Facts* 2 (3), 150-6, 2009.
- Cunningham, S. A., Kramer M. R., Venkat Narayan, K. M. Incidence of childhood obesity in the United States. *N Engl J Med* 370, 403-11, 2014.
- Cuspidi, C., Rescaldani, M., Sala ,C., Grassi, G.. Left-ventricular hypertrophy and obesity: a systematic review and meta-analysis of echocardiographic studies. *J Hypertens.* 32 (1), 16-25, 2014.
- Czerwinski-Mast, M., Danielzik, S., Asbeck, I., Langnäse, K., Spethmann C., Müller, M. J. Kieler Adipositaspräventionsstudie (KOPS). Konzept und erste Ergebnisse der Vierjahres-Nachuntersuchungen. *Bundesgesundheitsbl - Gesundheitsforsch - Gesundheitsschutz* (46), 727-31, 2003.
- De Onis, M., Garza, C., Victora, C. G., Onyango, A. W., Fronjillo, E. A., Martines, J. The WHO Multicentre Growth Reference Study: planning, study design, and methodology. *Food Nutr Bull.* 25 (1), 15-26, 2004.
- De Onis, M., Onyango, A. W., Borghi, E., Siyam, A., Nishida, C., Siekmann, J. Development of a WHO growth reference for school-aged children and adolescents. *Bull World Health Organ* 85 (9), 660-7, 2007.

- Dobbins, M., Husson, H., DeCorby, K., LaRocca, R. L. School-based physical activity programs for promoting physical activity and fitness in children and adolescents aged 6 to 18. *Cochrane Database Syst Rev.* 2: CD007651, 2013.
- Eagle, T. F., Gurm, R., Smith, C. A., Corriveau, N., Du Russell-Weston, J., Palma-Davis, L., Aaronson, S., Goldberg, C., Kline-Rogers, E., Cotts, T., Jackson, E. A., Eagle, K. A. A middle school intervention to improve health behaviors and reduce cardiac risk factors. *Am J Med.* 126 (10), 903-8, 2013.
- Emerging Risk Factors Collaboration, Wormser, D., Kaptoge, S., Di Angelantonio, E., Wood, A. M., Pennells, L., Thompson, A., Sarwar, N., Kizer, J. R., Lawlor, D. A., Nordestgaard, B. G., Rigker, P., Salomaa, V., Stevens, J., Woodward, M., Sattar, N., Collins, R., Thompson, S. G., Whitlock, G. Danesh, J. Separate and combined associations of body-mass index and abdominal adiposity with cardiovascular disease: collaborative analysis of 58 prospective studies. *The Lancet*, 377 (9771), 1085-95, 2011.
- Freedman, D. S., Wang, J., Ogden, C. L., Thornton, J. C., Mei, Z., Pierson, R. N., Dietz, W. H., Horlick, M. The prediction of body fatness by BMI and skinfold thicknesses among children and adolescents. *Ann Hum Biol* 34 (2), 183–94. 2007.
- Freedman, D. S., Katzmarzyk, P. T., Dietz, W. H., Srinivasan, S. R., Berenson, G. S. Relation of body mass index and skinfold thicknesses to cardiovascular disease risk factors in children: the Bogalusa Heart Study. *Am J Clin Nutr.* 90 (1), 210-6, 2009.
- Freedman, D. S., Katzmarzyk, P. T., Dietz, W. H., Srinivasan, S. R., Berenson, G. S. The relation of BMI and skinfold thicknesses to risk factors among young and middle-aged adults: the Bogalusa Heart Study. *Ann Hum Biol.* 37 (6), 726-37, 2010.
- Genovesi, S., Antolini, L., Giussani, M., Pieruzzi, F., Galbiati, S., Valsecchi, M. G., Brambilla, P., Stella, A. Usefulness of waist circumference for the identification of childhood hypertension. *J Hypertens.* 26 (8) 1563-1570, 2008.

- Glavin, K., Roelants, M., Strand, B. H., Júlíusson, P. B., Lie, K. K., Helseth, S., Hovengen, R. Important periods of weight development in childhood: a population-based longitudinal study. *BMC Public Health*, 14 (160), 1-8, 2014.
- Graf, C., Koch, B., Falkowski, G., Jouck, S., Christ, H., Staudenmaier, K., Tokarski, W., Gerber, A., Predel, H.-G., Dordel, S. School-based prevention: Effects on obesity and physical performance after 4 years. *Journal of Sports Sciences*. 26 (10), 987–994, 2008.
- Hanley, J. A., Mc Neil, B. J. The meaning and use of the area under a receiver operating characteristic (ROC) curve. *Radiology*. 143 (1), 29-36, 1982.
- Harris, K. C., Kuramoto, L. K., Schulzer, M., Retallack, J. E. Effect of school-based physical activity interventions on body mass index in children: a meta-analysis. *CMAJ*. 180 (7) 719-726, 2009.
- Himes, J. H., Challenges of accurately measuring and using BMI and other indicators of obesity in children. *Pediatrics*. 124 (1), 3-22, 2009.
- Hölling, H., Schlack, R., Kamtsiuris, P., Butschalowsky, H., Schlaud, M., Kurth, B. M. The KiGGS study. Nationwide representative longitudinal and cross-sectional study on the health of children and adolescents within the framework of health monitoring at the Robert Koch Institute. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz*. 55 (6-7) 836-42, 2012.
- Huang, R. C., de Klerk, N., Mori, T. A., Newnham, J. P., Stanley, F. J., Landau, L. I, Oddy, W. H., Hands, B., Beilin, L. J. Differential relationships between anthropometry measures and cardiovascular risk factors in boys and girls. *Int J Pediatr Obes*. 6 (2-2) 271-282, 2011.
- James, P., Finer, N., Lobstein, T., Baillie, K., Jackson Leach, R., Scarrott, F., Rigby, N., Hainer, V., Frelut, M.-L., Seidell, J. C. Obesity in Europe. The Case For Action. *International Obesity Task Force + European Association for the Study of Obesity*. 3-29, 2002

- Janssen, I., Leblanc, A. G. Systematic review of the health benefits of physical activity and fitness in school-aged children and youth. *Int J Behav Nutr Phys Act*, 7-40, 2010.
- Johnson, W. D., Kroon, J. J. M., Greenway, F. L., Bouchard, C., Ryan, D., Katzmarzyk, P. T. Prevalence of Risk Factors for Metabolic Syndrome in Adolescents. National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) 2001-2006, *Arch Pediatr Adolesc Med*. 163 (4), 371-377, 2009.
- Jung, C., Fischer, N., Fritzenwanger, M., Figulla, H. R. Anthropometric indices as predictors of the metabolic syndrome and its components in adolescents. *Pediatr Int*. 52 (3), 402-9, 2010.
- Katz, D. L., O'Connell, M., Njike, V. Y., Yeh, M. C., Nawaz, H. Strategies for the prevention and control of obesity in the school setting: systematic review and meta-analysis. *Int J Obes (Lond)* 32 (12), 1780-9, 2008.
- Katzmarzyk, P. T., Srinivasan, S. R., Chen, W., Malina, R. M. Bouchard, C., Berenson, G. S. Body mass index, waist circumference, and clustering of cardiovascular disease risk factors in a biracial sample of children and adolescents. *Pediatrics*. 114 (2), e198-205, 2004.
- Kleiser, C., Schaffrath Rosario, A., Meninsk, G. B., Prinz-Langenohl, R., Kurth, B. M. Potential determinants of obesity among children and adolescents in Germany: results from the cross-sectional KiGGS Study. *BMC Public Health*. 9 – 46, 2009.
- Kleiser, C., Schienkiewitz, A., Schaffrath-Rosario, A., Prinz-Langenohl, R., Scheidt-Nave, C., Meninsk, G.B. Indicators of Overweight and Cardiovascular Disease Risk Factors among 11- to 17-Year-Old Boys and Girls in Germany. *Obes Facts*. 4 (5), 379–85, 2011.
- Killeen, J., Vanderburg, D., Harlan, W. R. Application of weight-height ratios and body indices to juvenile populations – the National Health Examination Survey Data. *J. Chronic Dis*. 31 (8), 529-537, 1978.

- Knox, G. J., Baker, J. S., Davies, B., Rees, A., Morgan, K., Cooper, S. M., Brophy, S., Thomas, N. E. Effects of a novel school-based cross-curricular physical activity intervention on cardiovascular disease risk factors in 11- to 14-year-olds: the activity knowledge circuit. *Am J Health Promot.* 27 (2), 75-83, 2012.
- Konnopka A., Bödemann M., König H. H. Health burden and costs of obesity and overweight in Germany. *Eur J Health Econ.* 12 (4), 345-52, 2011.
- Korsten-Reck, U., Korsten, K., Haeberle, K., Kromeyer-Hauschild, K., Dickhuth, H. H., Schulz, E. The psychosocial situation of obese children: Psychological factors and quality of life. *Psychol Res Behav Manag.* (2), 23-9, 2009.
- Krebs, N. F., Himes, J. H., Jacobson, D., Nicklas, T. A., Guilday, P., Styne, D. Assessment of child and adolescent overweight and obesity. *Pediatrics.* 120 (4), 193-228, 2007.
- Kriemler, S., Zahner, L., Schindler, C., Meyer, U., Hartmann, T., Hebestreit, H., Brunner-La Rocca, H. P., van Mechelen, W., Puder, J. J. Effect of school based physical activity programme (KISS) on fitness and adiposity in primary schoolchildren: cluster randomized controlled trial. *BMJ.* 340, 785, 2010.
- Kromeyer-Hauschild K., Wabitsch, M., Kunze, D., Geller, F., Geiß, H. C., Hesse, V., von Hippel, U., Jaeger, U., Johnsen, D., Korte, W. Menner, K. Müller, G., Müller, J. M., Niemann-Pilatus, A., Remer, T., Schaefer, F., Wittchen, H. U., Zabransky, S., Zellner, K., Ziegler, A. Hebebrand, J. Perzentile für den Body-Mass-Index für das Kindes- und Jugendalter unter Heranziehung verschiedener deutscher Stichproben. *Monatsschrift Kinderheilkunde* (149), 807 – 818, 2001.
- Kromeyer-Hauschild, K., Zellner K. Trends in overweight and obesity and changes in the distribution of body mass index in schoolchildren of Jena, East Germany. *Eur J Clin Nutr.* 61 (3), 404-11, 2007.
- Kromeyer-Hauschild, K., Dortschy, R., Stolzenberg, H., Neuhauser, H., Rosario, A. S. Nationally representative waist circumference percentiles in German adolescents aged 11.0-18.0 years. *Int J Pediatr Obes.* 6 (2-2)e, 129-37, 2011.

- Kromeyer-Hauschild, K., Glässer, N., Zellner, K. Percentile curves for skinfold thickness in 7- to 14-year-old children and adolescents from Jena, Germany. *Eur J Clin Nutr.* 66 (5), 613-21, 2012.
- Kromeyer-Hauschild, K., Neuhauser, H., Schaffrath Rosario, A., Schienkiewitz, A. Abdominal obesity in German adolescents defined by waist-to-height ratio and its association to elevated blood pressure: The KiGGS study. *Obes. Facts.* 6 (2), 165-75, 2013.
- Kropf, J. A., Keckley, P. H., Jensen, G. L. School-based obesity prevention programs: an evidence-based review. *Obesity (Silver Spring)* 16 (5), 1009-18, 2008.
- Kuczmarski, R. J., Ogden, C. L., Guo, S. S., Grummer-Strawn, L. M., Flegal, K. M., Mei, Z., Wei, R., Curtin, L. R., Roche, A. F., Johnson, C. L. 2000 CDC Growth Charts for the United States: methods and development. *Vital Health Stat.* 11 (246), 1-190, 2002.
- Kurth, B. M., Schaffrath-Rosario A. Overweight and obesity in children and adolescents in Germany. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz.* 53 (7), 643-52, 2010.
- Lampert, T., Mensink, G. B., Romahn, N., Woll, A. Physical activity among children and adolescents in Germany. Results of the German Health Interview and Examination Survey for Children and Adolescents (KiGGS). *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz* 50 (5-6), 634-42, 2007.
- Larsson, C., Hernell, O., Lind, T., Moderately elevated body mass index is associated with metabolic variables and cardiovascular risk factors in Swedish children. *Acta Paediatr.* 102-8, 2011.
- Lauche, R., Langhorst, J., Dobos, G. J., Cramer, H. Clinically meaningful differences in pain, disability and quality of life for chronic nonspecific neck pain - a reanalysis of 4 randomized controlled trials of cupping therapy. *Complement Ther Med.* 21 (4), 342-7, 2013.

- Lobstein, T., Frelut, M. L. Prevalence of overweight among children in Europe. *Obes Rev.* 4 (4), 195-200, 2003.
- Lobstein, T., Baur, L., Uauy, R. IASO International Obesity Task Force. Obesity in children and young people: a crisis in public health. *Obes Rev.* 5 (1), 4-104, 2004.
- Martínez Vizcaíno, V., Salcedo Aguilar, F., Franquelo Gutiérrez, R., Solera Martínez, M., Sánchez López, M., Serrano Martínez, S., López García, E., Rodríguez Artalejo, F. Assessment of an after-school physical activity program to prevent obesity among 9- to 10-year-old children: a cluster randomized trial. *Int J Obes.* 32 (1), 12-22, 2008.
- Mokha, J. S., Srinivasan, S. R., Dashmahapatra, P., Fernandez, C., Chen, W., Xu, J., Berenson, G.S. Utility of waist-to-height ratio in assessing the status of central obesity and related cardiometabolic risk profile among normal weight and overweight/obese children: The Bogalusa Heart Study. *BMC Pediatr.* 10 – 73, 2010.
- Morrison, J. A., Friedman, L. A., Wang, P., Glueck, C. J. Metabolic syndrome in childhood predicts adult metabolic syndrome and type 2 diabetes mellitus 25 to 30 years later. *J Pediatr* 152 (2), 201-6, 2008.
- Moss, A., Kunze, D., Wabitsch, M. Evidence-based therapy guideline of the German Working Group on Obesity in Childhood and Adolescence. *Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz.* 54 (5), 584 – 90, 2011.
- Muckelbauer, R., Libuda, L., Clausen, K. Long-term process evaluation of a school-based programme for overweight prevention. *Child: Care, Health Dev* 35 (6), 851-7, 2009.
- Must, A., Barish, E. E., Bandini, L. G. Modifiable risk factors in relation to changes in BMI and fatness: what have we learned from prospective studies of school-aged children? In *J Obes* 33 (7), 705–715, 2009.

- Nagel, G., Rapp, K., Wabitsch, M., Büchele, G., Kroke, A., Zöllner, I., Weiland, S. K., Koenig, W. Prevalence and cluster of cardiometabolic biomarkers in overweight and obese schoolchildren: results from a large survey in southwest Germany. *Clin Chem.* 54 (2), 317 – 25, 2008.
- Nagy, E., Vicente-Rodriguez, G., Manios, Y., Béghin, L., Iliescu, C., Censi, L., Dietrich, S., Ortega, F. B., De Vriendt, T., Plada, M., Moreno, L.A., Molnar, D.; HELENA Study Group. Harmonization process and reliability assessment of anthropometric measurements in a multicenter study in adolescents. *Int J Obes* 32 (5). 58 – 65, 2008.
- National Cholesterol Education Programme, National Heart, Lung and Blood Institute, National Institutes of Health. Third Report of the National Cholesterol Education Programme (NCEP) Expert Panel. Detection, Evaluation and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults (Adult Treatment Panel III). NIH publication number 01-3670, 2-5, 2001.
- Neuhauser H., Schienkiewitz, A., Schaffrath-Rosario, A., Dortschy, R., Kurth, B. M. Referenzperzentile für anthropometrische Maßzahlen und Blutdruck aus der Studie zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen in Deutschland (KiGGS). Robert Koch-Institut, 7 – 112, 2013.
- Opper, E., Worth, A., Wagner, M., Bös., K. Motorik-Modul (MoMo) im Rahmen des Kinder- und Jugendgesundheits surveys (KiGGS). *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz.* 50 (5), 879 – 888, 2007.
- Poirier, P., Lemieux, I., Mauriège, P., Dewailly, E., Blanchet, C., Bergeron, J., Després, J. P. Impact of waist circumference on the relationship between blood pressure and insulin: the Quebec Health Survey. *Hypertension* (45), 363-67, 2005.
- Psarra, G., Nassis, G. P., Sidossis, L. S. Short-term predictors of abdominal obesity in children. *Eur J Public Health.* 16 (5), 520-5, 2006.
- Ravens-Sieberer, U., Bullinger, M. Assessing health-related quality of life in chronically ill children with the German KINDL: first psychometric and content analytical results. *Qual Life Res.* 7 (5), 399-407, 1998.

- Reed, K. E., Warburton, D. E., Macdonald, H. M., Naylor, P. J., McKay, H. A.
Action Schools! BC: a school-based physical activity intervention designed to decrease cardiovascular disease risk factors in children. *Prev Med.* 46 (6), 525-31, 2008.
- Reinehr, T. Type 2 diabetes mellitus in children and adolescents. *World J Diabetes.* 4 (6), 270-81, 2013.
- Reinehr, T., Holl, R. W., Wabitsch, M. The German Working Group of Obesity in Childhood and Adolescence (AGA): improving the quality of care for overweight and obese children in Germany. *Obes Facts.* 1 (1), 26 – 32, 2008.
- Resaland G. K., Anderssen S. A., Holme I. M., Mamen A., Andersen L. B.
Effects of a 2-year school-based daily physical activity intervention on cardiovascular disease risk factors: the Sogndal school-intervention study. *Scand J Med Sci Sports.* 21 (6), 122-31, 2011.
- Rosario, A. S., Kurth, B. M., Stolzenberg, H., Ellert, U., Neuhauser, H. Body mass index percentiles for children and adolescents in Germany based on a nationally representative sample (KiGGS 2003-2006). *Eur J Clin Nutr.* 64 (4), 341-9, 2010.
- Rosenbloom, A. L., Silverstein, J. H., Amemiya, S., Zeitler, P., Klingensmith, G. J.
Type 2 diabetes in children and adolescents. *Pediatric Diabetes Special Issue: ISPAD Clinical Practice Consensus Guidelines 2009 Compendium.* 10 (12), 17 – 32, 2009.
- Rusch, H., Irrgang, W., Auswahltest für den Sportförderunterricht bzw. Münchner Fitnessstest (MFT). *Haltung und Bewegung.* 14 (1), 4-11, 1994.
- Rush, E., Reed, P. W., Simmons, D., Coppinger, T., McLennan, S., Graham, D.
Baseline measures for a school-based obesity control programme: Project Energize: differences by ethnicity, rurality, age and school socio-economic status. *J Pediatr Child Health.* 49 (4), 324-31, 2013.
- Sardinha, L. B., Going, S. B., Teixeira, P. J., Lohmann, T. G. Receiver operating characteristic analysis of body mass index, triceps skinfold thickness, and arm

- girth for obesity screening in children and adolescents. *Am J Clin Nutr.* 70 (6), 1090 – 5, 1999.
- Siegenthaler, W., Blum, H. E. *Klinische Pathophysiologie*, Thieme, 9. Auflage, 83 - 85, 2006.
- Siegrist, M., Lammel, C., Haller, B., Christle, J., Halle, M. Effects of a physical education program on physical activity, fitness, and health in children: The JuvenTUM project. *Scand Med Sci Sports.* 23 (3), 323 – 30, 2013.
- Stolzenberg, H., Kahl, H., Bergmann K. E. Body measurements of children and adolescents in Germany. Results of the German Health Interview and Examination Survey for Children and Adolescents (KiGGS). *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz.* 50 (5-6), 659– 69, 2007.
- Strong, J. P., Malcolm, G. T., Newman, W. P., Oalman, M. C. Early lesions of atherosclerosis in childhood and youth: natural history and risk factors. *J Am Coll. Nutr.* 11, 51-54, 1992.
- Sun, S. S., Liang, R., Huang, T. T., Daniels, S. R., Arslanian, S., Liu, K., Grave, G. D., Siervogel, R. M. Childhood obesity predicts adult metabolic syndrome: the Fels Longitudinal Study. *J Pediatr.* 152 (2), 191–200, 2008.
- Taylor, R. W., Jones, I. E., Williams, S. M., Goulding, A. Evaluation of waist circumference, waist-to-hip-ratio and the conicity index as screening tools for high trunk fat mass, as measured by dual energy x-ray absorptiometry, in children aged 3-19 y. *Am J Clin Nutr,* 72 (2), 490-5, 2000.
- Troiano, R. P., Flegal, K. M. Overweight children and adolescents: description, epidemiology, and demographics. *Pediatrics.* 101 (3), 497-504, 1998.
- Weststrate, J. A., Deurenberg, P., Body composition in children: proposal for a method for calculating body fat percentage from total body density or skinfold-thickness measurements. *Am J Clin Nutr.* 1104-15, 1989.

- White, J., Jago, R. Fat distribution, physical activity and cardiovascular risk among adolescent girls. *Nutr Metab Cardiovasc Dis.* 23 (3), 189-95, 2013.
- WHO, Definition, Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus and its Complications. Report of a WHO Consultation 99.2, 31-33, 1999.
- WHO, Obesity – Preventing and Managing the Global Epidemic. Report of a WHO Consultation. World Health Organ Tec Rep Ser. 894 (i-xii), 1-253, 2000.
- WHO, Diet, Nutrition and the Prevention of Chronic Diseases. WHO Technical Report Series 916, 4-143, 2002.
- WHO, Global Strategy on Diet, Physical Activity and Health. 57th World Health Assembly, World Health Organization. 1-18, 2004.
- WHO, Global Recommendations on Physical Activity for Health. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK305060/> Geneva: World Health Organization. 1, 2010.
- Zimmet, P., Alberti, K. G., Kaufman, F., Tajima, N., Silink, M., Arslanian, S., Wong, G., Bennett, P., Shaw, J., Caprio, S. IDF Consensus Group. The metabolic syndrome in children and adolescents - an IDF consensus report. *Pediatr Diabetes.* 8 (5), 299-306, 2007.

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen Personen bedanken, die mit ihrer Unterstützung zur Fertigstellung dieser Arbeit beigetragen haben. Mein großer Dank gilt Herrn Prof. Dr. Martin Halle für die freundliche Überlassung des hochinteressanten Themas und die Möglichkeit am Lehrstuhl für Präventive und Rehabilitative Sportmedizin am Klinikum Rechts der Isar der Technischen Universität München zu promovieren. Frau Dr. phil. Monika Siegrist möchte ich von Herzen für ihre professionelle Hilfe und die intensive und warmherzige Betreuung meiner Promotion danken. Vielen Dank für die kompetenten Ratschläge, die ausführlichen Rückmeldungen, viele anregende fachliche Diskussionen und die freundliche Ermutigung in jeder Phase der Arbeit. Ich hätte mir keine bessere Betreuung für meine Arbeit wünschen können.

Bei Herrn Dipl.-Stat. Bernhard Haller bedanke ich mich für die freundliche statistische Beratung. Mit Geduld und kreativen Ideen trug er maßgeblich zum Gelingen meiner Arbeit bei. Den MTAs der Sportmedizin möchte ich für die Erhebung der Daten und die gute, kollegiale Zusammenarbeit im Rahmen des Schulprojekts danken. Bei den Doktoranden der JuvenTUM Stufe 3-Studie bedanke ich mich für die Erhebung der Daten, die außerordentlich gute Zusammenarbeit und den fachlichen Austausch, der mich sehr bereichert hat. Den Schulkindern und ihren Eltern danke ich für die Teilnahme an der Studie und die bereitwillige Unterstützung unserer Arbeit. Bei Frau Dr. Romy Lauche, Dipl.-Psych. und Herrn Priv.-Doz. Dr. Holger Cramer, Dipl. Psych. möchte ich mich für ihre Hilfe beim "Feinschliff" meiner Arbeit herzlich bedanken.

Ein besonderer Dank gilt meinen Eltern, die mir das Studium der Humanmedizin ermöglichten. Danke für die liebevolle Unterstützung während der Erstellung der Promotion. Großer Dank gilt meiner Schwester Marika für die Hilfe bei einigen kniffligen Fragen. Zudem danke ich meiner Freundin Johanna für das Korrekturlesen und ausführliches Feedback zu meiner Arbeit. Bei Familie und Freunden bedanke ich mich sehr herzlich für die ihre Ausdauer, stetige Ermutigung und Geduld.

Aniko Dobos, München, 25. April 2017