

TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Lehrstuhl für Präventive und Rehabilitative Sportmedizin
der Technischen Universität München
(Leitung: Univ.-Prof. Dr. M. Halle)

Die retinale Mikrozirkulation von Schulkindern der fünften Jahrgangsstufe im Zusammenhang mit Adipositas und körperlicher Aktivität

**Eine sechsmonatige Analyse der Interventionsstudie
„Kinder und Jugendliche als Gesundheitsexperten – JuvenTUM
Stufe 3“**

Mattias Josef Fuchs

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

Doktors der Medizin

genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr. E. J. Rummeny

Prüfer der Dissertation:

1. Univ.-Prof. Dr. M. Halle
2. Univ.-Prof. Dr. R. M. Oberhoffer

Die Dissertation wurde am 15.03.2012 bei der Technischen Universität Mün-
chen eingereicht und durch die Fakultät für Medizin
am 18.09.2013 angenommen.

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	4
1 Einleitung: Übergewicht im Kindesalter	6
1.1 Epidemiologie	6
1.2 Medizinische Bedeutung der Kinderadipositas	7
1.2.1 Allgemeine Risiken der Adipositas	7
1.2.2 Ursachen der Kinderadipositas	8
1.2.3 Gesundheitliche Folgen der Kinderadipositas	9
1.3 Schulbasierte Adipositasprävention	10
2 Stand der Forschung: Retinale Mikrozirkulation	14
2.1 Grundlagen der Regulation der retinalen Mikrozirkulation	14
2.1.1 Die myogene Autoregulation (Bayliss-Effekt)	14
2.1.2 Flussinduzierte Autoregulation	14
2.1.3 Metabolische Autoregulation	15
2.1.4 Neurovaskuläre Steuerung	15
2.2 Retinale Mikrozirkulation und kardiovaskuläre Risikofaktoren	16
2.2.1 Zusammenhang mit dem Blutdruck	16
2.2.2 Zusammenhang mit Übergewicht und Inflammation . .	17
2.2.3 Diabetes mellitus und metabolisches Syndrom	18
2.2.4 Kardiovaskuläre Morbidität und Mortalität	18
2.3 Retinale Mikrozirkulation im Kindesalter	19
2.4 Fragestellung	21
3 Studiendesign und Methoden	22
3.1 Studiendesign	22
3.2 Blutentnahme und Blutuntersuchung	24
3.3 Fragebogen	25
3.4 Anthropometrische Messungen	26
3.4.1 Bestimmung des Body-Mass-Index (BMI)	26
3.4.2 Bauch- und Oberarmumfang	28
3.4.3 Körperfettbestimmung	29
3.4.4 Blutdruckmessung	29
3.5 Retinale Gefäßanalyse	30
3.6 Statistische Analyse	33

4	Ergebnisse	34
4.1	Basisdaten Visit 1	34
4.2	Retinale Gefäßanalyse und körperliche Aktivität und Inaktivität des Visit 1	36
4.2.1	Gesamtpopulation	36
4.2.2	Retinale Gefäßanalyse nach Studiengruppen	36
4.2.3	Zusammenhang mit der Aktivität	39
4.2.4	Zusammenhang mit Sitzverhalten/Sitzzeit	45
4.3	Korrelationen der retinalen Gefäßanalyse	50
4.4	Vergleich der retinalen Gefäßanalyse aus Visit 1 und Visit 2	51
4.5	Qualitätskontrolle der Bildauswertung	55
4.6	Vergleich der Studiengruppen nach sechsmonatiger Intervention	57
4.6.1	Retinale Gefäßanalyse	57
4.6.2	Aktivität	58
4.6.3	Sitzverhalten/Sitzzeit	60
4.6.4	Body-Mass-Index	60
4.6.5	Arterieller Blutdruck	62
4.6.6	Laborwerte	63
4.7	Korrelation der Veränderungen	66
5	Diskussion	69
6	Zusammenfassung und Ausblick	84
	Tabellenverzeichnis	87
	Abbildungsverzeichnis	88
	Literaturverzeichnis	89
	Anhang	100
	Selbständigkeitserklärung	110
	Danksagung	111

Abkürzungsverzeichnis

AVR	arterio-venöse Ratio
BMI	Body-Mass-Index
BU	Bauchumfang
CI	Konfidenzintervall
CRAE	arterielles retinales Zentraläquivalent
CRP	C-reaktives Protein
CRVE	venöses retinales Zentraläquivalent
d	Tag
DAP	diastolischer arterieller Blutdruck
Diff	Differenz
EET	Epoxyeicosatrienoic acid
GLU	Nüchtern glukose
h	Stunde
HDL	High-density-Lipoprotein
20-HETE	20-Hydroxyeicosatetraenoic acid
IDF	International Diabetes Federation
IL-6	Interleukin 6
KHK	koronare Herzkrankheit
LDL	Low-density-Lipoprotein
M	Musculus (Muskel)
Max	Maximum
Min	Minimum
min	Minute
mu	measuring unit
MW	Mittelwert
n	Anzahl Probanden
NO	Stickstoffmonoxid
p	statistische Signifikanz
r	Korrelationskoeffizient
SAP	systolischer arterieller Blutdruck
SD	Standardabweichung

SOP	standardisiertes Untersuchungsprotokoll
TAG	Triglyceride
w	Woche
WHO	Weltgesundheitsorganisation
Wilcoxon-Test	Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test

1 Einleitung: Übergewicht im Kindesalter

1.1 Epidemiologie

Die Prävalenz für Übergewicht nimmt weltweit immer mehr zu. Neueste Untersuchungen der WHO offenbarten einen Anstieg der Prävalenz für Übergewicht von einer Milliarde im Jahr 2006 auf eineinhalb Milliarden im Jahr 2008. Dieser rapide Anstieg zeigt, dass sich Übergewicht zu einem der wichtigsten globalen Gesundheitsprobleme des 21. Jahrhunderts entwickelt hat [97]. In den USA ist aktuell ein Drittel aller Erwachsenen übergewichtig, ein weiteres Drittel ist adipös [28]. Übergewicht und Adipositas¹ betreffen Menschen in allen Ländern der Erde, sowohl in Industrienationen als auch in Entwicklungsländern, Frauen und Männer fast aller Altersschichten. Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) spricht von einer globalen Epidemie [62].

Nicht nur bei Erwachsenen, auch bei Kindern hat die Prävalenz von Übergewicht und Adipositas weltweit zugenommen, vor allem in entwickelten Ländern und städtischen Gebieten [93]. Im Jahr 2010 waren weltweit 43 Millionen Kinder unter fünf Jahren übergewichtig [97]. Ein extremes Beispiel stellt die USA dar, dort sind bereits 25 % der Kinder und Jugendlichen übergewichtig und 11 % adipös, was einer Verdopplung der Prävalenz zwischen 1973–1994 entspricht. Ebenso hat sich in Japan im gleichen Zeitraum die Prävalenz verdoppelt, in Großbritannien sogar um das Zweieinhalbfache erhöht [19]. In Europa nimmt die Prävalenz ebenfalls zu, unterschiedlich stark in den verschiedenen Gebieten, am stärksten jedoch in Ost- und Südeuropa [59].

Auch wenn Boddy et al. und Yoshinaga et al. zeigten, dass in England und Japan die Prävalenz in den letzten Jahren nicht mehr so stark zu- bzw. sogar leicht abnahm [9, 109], befinden sich die Prävalenzen in vielen Industrienationen trotzdem im zweistelligen Prozentbereich. Schätzungen bewegen sich bei durchschnittlich zehn Prozent weltweit.

In Deutschland sind laut der Daten des *Kinder- und Jugendgesundheits-surveys (KiGGS)* aus den Jahren 2003–2006 in der Altersklasse der 3- bis 17-Jährigen 15 % übergewichtig, davon 6,3 % adipös [54]. Jedoch ist der An-

¹Fettleibigkeit

teil an übergewichtigen Kindern nicht in allen Altersstufen gleich groß, sondern er steigt mit zunehmendem Alter an. Bei den 3- bis 6-Jährigen beträgt der Anteil noch 9 %, bei den 7- bis 10-Jährigen 15 %, und bei den 14- bis 17-Jährigen sogar 17 % [54].

1.2 Medizinische Bedeutung der Kinderadipositas

1.2.1 Allgemeine Risiken der Adipositas

Adipositas geht bei Erwachsenen laut *Framingham-Studie* mit einem erhöhten Risiko zur Entwicklung von Krankheiten wie arterieller Hypertonie, Diabetes mellitus und Dyslipidämie einher [99]. Diese Faktoren gehören zum metabolischen Syndrom. Das metabolische Syndrom ist eine Häufung verschiedener kardiovaskulärer Risikofaktoren und definiert sich aus zentraler (=abdominaler/viszeraler) Adipositas sowie aus mindestens zwei weiteren der folgenden Faktoren: arterielle Hypertonie², erhöhte Nüchtern glukose (GLU)³ und Dyslipidämie⁴ [1]. In der *NHANES-Studie* wurde bei fast 60 % der Adipösen ein metabolisches Syndrom diagnostiziert [67]. Endotheliale Dysfunktion, ein erster Schritt in der Pathogenese der Atherosklerose, wird durch die Komponenten des metabolischen Syndroms ausgelöst [74]. Es wurde nachgewiesen, dass Cytokine, die im Fettgewebe produziert und ausgeschüttet werden, über chronische Inflammation zur endothelialen Dysfunktion und Entstehung der Atherosklerose beitragen [111]. Adipöse haben häufiger atherosklerotische Veränderungen wie Zunahme der Intima-Media-Dicke der Arteria carotis [64]. Sie haben sowohl häufiger kardiovaskuläre Ereignisse wie koronare Herzkrankheit (KHK) als auch zerebrovaskuläre Ereignisse wie Schlaganfall. Diese Zusammenhänge bestehen unabhängig von klassischen kardio- und zerebrovaskulären Risikofaktoren wie Hypertonie, Diabetes mellitus, Dyslipidämie und Rauchen [100].

Weitere Erkrankungen stehen im Zusammenhang mit Adipositas, z. B. obstruktive Schlafapnoe [110], selbst ein kardiovaskulärer Risikofaktor, chro-

²systolischer Blutdruck ≥ 130 mmHg oder diastolischer Blutdruck ≥ 85 mmHg

³Nüchtern glukose ≥ 100 mg/dl

⁴Triglyceride ≥ 150 mg/dl; HDL-Cholesterin < 40 mg/dl

nische Niereninsuffizienz mit Proteinurie und verminderter glomerulärer Filtrationsrate [63], sowie Osteoarthritis in Hand- und Kniegelenk [37]. Adipositas ist nach Hypertonie die zweithäufigste Ursache kardiovaskulärer Sterblichkeit, insgesamt ist sie für 10 % aller Todesfälle in den USA verantwortlich [18].

Bei Adipositas mit einem Body-Mass-Index (BMI) von 30–35 kg/m² ist die mittlere Lebenserwartung laut einer Analyse von 57 prospektiven Studien um zwei bis vier Jahre verkürzt. Beträgt der BMI 40–45 kg/m² (Adipositas permagna), verkürzt sich die mittlere Lebenserwartung um acht bis zehn Jahre, was vergleichbar mit der Lebenszeitverkürzung durch Rauchen ist [70].

1.2.2 Ursachen der Kinderadipositas

Nachdem bereits die Prävalenz von Übergewicht und Adipositas bei Kindern so hoch ist, stellt sich die Frage nach den Ursachen der Kinderadipositas. Diese sind komplex und lassen sich nur bedingt in einzelne Faktoren unterteilen. Zur Entstehung von Kinderadipositas werden den Faktoren Fehlernährung und Bewegungsmangel entscheidender Einfluss zugeschrieben [42, 49]. So gehen sowohl Bewegungsmangel als auch eine hohe Kalorienaufnahme mit Übergewicht bei Kindern einher. Um auf das Gewichtsniveau der 70er Jahre zu kommen, müssten heutige Kinder in den USA die Kalorienaufnahme um 350 kcal/d reduzieren. Alternativ müsste kompensatorisch ihr Bewegungsumfang in der Größenordnung von zusätzlich zwei Stunden Spazieren gehen täglich zunehmen [82].

Prinzipiell ist die Anlage von Energiereserven bei Energieüberangebot ein natürlicher Mechanismus, um den menschlichen Körper auf Zeiten mit Energiemangel vorzubereiten. Dieser Mechanismus ist jedoch aufgrund der veränderten Lebensgewohnheiten und der vorhandenen Lebensmittel nicht mehr überlebenswichtig. Obwohl alle Menschen diesen natürlichen Mechanismus besitzen, sind sowohl weltweit als auch national bestimmte Personengruppen besonderes gefährdet, Adipositas zu entwickeln.

Die stärksten Einflussfaktoren für Übergewicht bei Kindern in Deutschland nennt die *KiGGS-Studie* elterliches Übergewicht und niedriger sozioöko-

nomischer Status [49]. Sind beide Eltern adipös, so haben Kinder bereits im Alter bis 8 Jahren ein 10-faches Risiko zur Entwicklung von Adipositas [71]. Auch die ethnische Herkunft spielt eine Rolle. Migrantenkinder haben eine fast doppelt so hohe Prävalenz der Kinderadipositas [94]. Geringes Einkommen stellt in den meisten europäischen Ländern ebenfalls ein Risikofaktor zur Entwicklung von Übergewicht dar [25]. Zur Entwicklung von Übergewicht und Adipositas bei Kindern tragen diesen Studien zufolge vor allem die Lebensverhältnisse bei.

Ebenfalls einen Einfluss auf die Entwicklung von Übergewicht und Adipositas haben Vererbung und genetische Variationen. So sind Veränderungen des Leptins, eines Appetitregulators, mit Übergewicht assoziiert [41]. Die Effektgröße einzelner Adipositasgene ist zwar gering [12], jedoch können viele einzelne Genvariationen bei einer Person insgesamt zu einem höheren Risiko für die Entwicklung von Adipositas führen. Zusätzlich verstärken bei Genvariationen die Lebensstilfaktoren die Entwicklung der Adipositas. Insgesamt ist die genetische Beeinflussung der Entwicklung von Übergewicht und Adipositas bisher nicht vollständig geklärt [6].

Es lässt sich eine Prädisposition zur Entwicklung von Übergewicht und Adipositas erkennen, die aber über körperliche Aktivität und über die Ernährung beeinflusst werden kann.

1.2.3 Gesundheitliche Folgen der Kinderadipositas

Bisher sind vor allem bei Erwachsenen die gesundheitlichen Folgen der Adipositas untersucht worden. Denn meist zeigen sich die Folgeerkrankungen erst im Erwachsenenalter. Doch besteht bereits bei Kindern und Jugendlichen eine hohe Prävalenz von Übergewicht und Adipositas. Dadurch sind diese schon in jungen Jahren gefährdet, Stoffwechselerkrankungen, kardiovaskuläre Ereignisse und Verlust allgemeiner Lebensqualität zu erleiden. Geht man davon aus, dass sich die gesundheitlichen Folgen der Adipositas verstärken je länger die Adipositas besteht, so ergibt sich für die Kinderadipositas aufgrund ihres frühen Auftretens und der damit möglichen längeren Dauer ein deutlich erhöhtes gesundheitliches Risiko. In der *Bogalusa Heart*

Study hatten übergewichtige Kinder im Vergleich niedrigere Werte des HDL-Cholesterins, höhere Werte des Low-density-Lipoprotein-(LDL)-Cholesterins, der Triglyceride, erhöhten systolischen und diastolischen Blutdruck sowie erhöhte Nüchternblutglukosewerte [33]. Des Weiteren besteht bei übergewichtigen Kindern eine erhöhte Prävalenz des metabolischen Syndroms [95] und der nichtalkoholischen Lebersteatose [76]. Sie haben höhere CRP-Blutwerte als normalgewichtige Kinder [84]. Übergewichtige oder adipöse Kinder haben ein höheres Risiko zur Entwicklung eines kardiovaskulären Risikoprofils [34]. Problematisch ist die Tendenz, dass eine einmal bestehende Adipositas ohne Intervention fortbesteht, und dadurch auch die gesundheitlichen Risiken. In einem Follow-up des *Australians School and Health Survey* von 1985 waren 85 % der übergewichtigen und adipösen Jungen sowie 75 % der übergewichtigen und adipösen Mädchen in den Jahren 2001–2005 weiterhin übergewichtig oder adipös. Zudem bestand bei übergewichtigen und adipösen Kindern und Jugendlichen ein größeres Risiko zur Entwicklung von Adipositas im Erwachsenenalter [86]. Nicht nur Übergewicht an sich, sondern auch das Ausmaß der Gewichtszunahme im Kindesalter war mit deutlich höheren Insulin-, Lipid- und systolischen Blutdruckwerten assoziiert [79].

Kinderadipositas ist mit einem erhöhten Risiko zur Entwicklung der KHK im Erwachsenenalter assoziiert [2]. Eine Konsequenz der erhöhten Raten von Kinderadipositas wird eine Zunahme der Inzidenz der KHK und kardiovaskulärer Erkrankungen und Todesfälle bei jungen Erwachsenen sein [5]. Betroffene Kinder werden im Erwachsenenalter häufiger nicht das 55. Lebensjahres erreichen als normalgewichtige Kinder [31]. Die Risiken und Folgen der Kinderadipositas verstärken die Notwendigkeit einer frühen Intervention.

1.3 Schulbasierte Adipositasprävention

Einen geeigneten Ort für die Prävention der Kinderadipositas stellt die Schule dar. Gründe dafür sind vielfältig: die Kinder verbringen dort einen Großteil ihrer Zeit, durch die Schulpflicht werden alle Kinder und Jugendlichen erreicht, Lehrer als Vertrauenspersonen sind ansprechbar. Zudem sind örtliche Gegebenheiten wie Schulhof und Turnhalle vorhanden, die Turnhallen enthal-

ten bereits Sportgeräte, und die Einrichtungen sind für die Kinder regelmäßig nutzbar [53, 77].

Zu den Inhalten von Interventionen in der Schule gibt es hinreichende Aussagen von Metaanalysen. Wichtig für die Effektivität einer Intervention ist deren Dauer, denn bei einer Dauer von mindestens einem Jahr ist die Effektivität größer als bei kürzer dauernder Intervention [35]. In einer Metaanalyse von 24 Studien mit einem Interventionszeitraum länger als ein Jahr fanden Flodmark et al. bei 40% der Kinder einen positiven Effekt der Intervention auf BMI und Hautfaltendicke [29]. Keine Erkenntnisse gibt es darüber, wie lange diese Effekte nach Studienende anhalten.

Harris et al. konnten in einer Metaanalyse von 18 Studien keinen isolierten Effekt durch Zunahme der körperlichen Aktivität auf den BMI nachweisen [40]. Deshalb sollten Interventionsstudien Maßnahmen beinhalten, die sowohl auf die Veränderung der Ernährungsgewohnheiten als auch der körperlichen Aktivität abzielen [14]. Diese Erkenntnisse deuten auf die Wichtigkeit eines multimodalen Konzepts hin, in welchem die unterschiedlichen Einflüsse auf das Körpergewicht beachtet werden. Wichtige Inhalte eines multimodalen Konzepts für die schulbasierte Adipositasprävention sind nach einer Metaanalyse durch Brandt et al. von 22 Interventionsstudien aus den Jahren 1990 bis 2009 [13]:

- Langfristige Intervention (Minimum: ein Schuljahr, Optimum: gesamte Schulzeit)
- Thematisierung zuckerhaltiger Getränke im Unterricht und Reduktion des schulinternen Verkaufsangebotes
- Bereitstellung von frei zugänglichen Wasserspendern
- Thematisierung des TV-Konsums im Unterricht
- Gezielte Förderung der körperlichen Aktivität, z. B. bewegte Pausen
- Modifizierung des bestehenden Sportunterrichtes
- Einbeziehung der Eltern in die Intervention

Neben der Modifikation des Sportunterrichts empfehlen die Autoren zusätzlichen Sport in der Freizeit sowie Sportangebote für übergewichtige Kinder. Dies soll durch Kooperationen zwischen Schulen und Sportvereinen gefördert werden. Bei Kindern im Alter zwischen 10 und 14 Jahren gibt es bisher nur wenige Studien. Die Ergebnisse dieser Studien deuten jedoch darauf hin, dass durch Interventionen in diesem Alter deutliche Erfolge erzielt werden können. Vor allem da die Kinder in diesem Alter einen festen Lebensstil entwickeln, welcher durch Interventionen positiv beeinflusst werden kann, ist davon auszugehen, dass diese Effekte länger anhalten werden [13].

Das schulbasierte Präventionsprojekt *Kinder und Jugendliche als Gesundheitsexperten – JuvenTUM Stufe 3* baut ebenfalls auf einem multimodalen Konzept auf, im Folgenden sind die wesentlichen Bausteine der Studie aufgeführt:

- Wöchentlicher Lebensstilunterricht durch Lehrkräfte mit 4 Themen pro Schuljahr
- Gesundheitsbezogene Aktivitäten in der Schule:
 - gesundes Frühstück
 - Kochen für Kinder
 - Tanzveranstaltungen
 - Fußballturniere
- Sportunterricht
- Einbeziehung der Lehrer durch regelmäßige Fortbildungen
- Einbeziehung der Eltern durch Elternabende und Eltern-Kind-Aktivitäten
- Kooperation mit Sportvereinen

Die Dauer der hier beschriebenen Intervention wurde auf vier Schuljahre ausgelegt. Die erste Folgeuntersuchung fand nach sechs Monaten statt, alle weiteren im Abstand von zwölf Monaten. Die Wirksamkeit der Intervention

wurde anhand vielfältiger Zielvariablen überprüft. Neben der Erhebung der anthropometrischen Daten BMI, Hautfaltendicke, Bauch- und Oberarmumfang wurden Blutentnahme, Pulswellenanalyse, retinale Gefäßanalyse sowie der *Münchener Fitnesstest* durchgeführt. Mit Hilfe eines Fragebogens wurden anamnestiche Daten zur körperlichen Aktivität, zum Ernährungsverhalten, zur Lebensqualität, zu soziokulturellen Eckdaten und zum Gesundheitswissen erfragt. Hiermit wird eine differenziertere Betrachtung der Beeinflussbarkeit der Adipositas sowohl nach subklinischen und klinischen Aspekten als auch im zeitlichen Verlauf möglich.

2 Stand der Forschung: Retinale Mikrozirkulation

2.1 Grundlagen der Regulation der retinalen Mikrozirkulation

Es gibt verschiedene Mechanismen, die den Blutfluss in den retinalen Gefäßen regulieren. Während in anderen Organsystemen der Gefäßtonus über autonome Nerven geregelt wird, geschieht dies in den retinalen Gefäßen über autoregulatorische Mechanismen. Nachfolgend werden verschiedene physiologische Mechanismen der Regulation des Blutflusses in den retinalen Gefäßen zum besseren Verständnis der Fragestellung dieser Arbeit dargestellt. Die Auswertungen selbst konzentrieren sich auf die Zusammenhänge zwischen retinalen Gefäßen und Adipositas sowie körperlicher Aktivität.

2.1.1 Die myogene Autoregulation (Bayliss-Effekt)

Der Bayliss-Effekt, die myogene Autoregulation der Gefäße, wurde bereits 1902 von Bayliss beschrieben [4]. Dieser Effekt führt bei Zunahme der Durchblutung zu einer Vasokonstriktion. Die Muskelschicht der Gefäße reagiert bei Zunahme der Dehnung in den Gefäßen mit Kontraktion. Bei Abnahme der Dehnung in den Gefäßen relaxieren die Muskeln. Dieser Effekt ist unabhängig von autonomer nervaler Steuerung des zentralen Nervensystems [55], es geschieht sowohl in vitro als auch in vivo. Dadurch kommt es innerhalb physiologischer Grenzen zur Aufrechterhaltung eines konstanten Blutflusses bei wechselnden Blutdrücken. Blum et al. haben die myogene Autoregulation an den retinalen Gefäßen mit Hilfe eines *Retinal Vessel Analyzers* nachgewiesen [7].

2.1.2 Flussinduzierte Autoregulation

Verschiedene Faktoren werden vom Endothel gebildet und regulieren mit Hilfe der Perizyten den Gefäßtonus bei zunehmendem Blutfluss in den retinalen Gefäßen. Dabei spielt das endotheliale Stickstoffmonoxid (NO) eine wichtige

Rolle. Dieses wird bei Zunahme des Flusses in den Gefäßen vom Endothel gebildet und führt zu einer lokalen Vasodilatation. Die Wirkung und Bedeutung von NO konnte in zahlreichen Studien in den letzten Jahrzehnten in der Makro- und Mikrozirkulation nachgewiesen werden [85, 22, 65]. Dorner et al. konnten den Einfluss von NO auf die Gefäßregulation an retinalen Gefäßen nachweisen [23].

Durch Zunahme des Blutflusses in den retinalen Gefäßen kommt es zur Ausschüttung von Prostazyklin (PGI_2) und Endothelin (ET-1). PGI_2 führt zu einer Vasodilatation, ET-1 führt zur Vasokonstriktion [89]. Ein weiterer Faktor, der zur Relaxation der Gefäße infolge von Shear-Stress auf das Endothel führt, ist der Endotheliale Hyperpolarization Factor (EDHF) [38].

2.1.3 Metabolische Autoregulation

Ebenfalls haben der Sauerstoff- (pO_2) und der Kohlenstoffdioxidpartialdruck (pCO_2) sowie der pH-Wert des Blutes als Metaboliten des Stoffwechsels einen Einfluss auf die Durchblutung in den retinalen Gefäßen. Bei Zunahme des pO_2 kommt es zur Vasokonstriktion der retinalen Gefäße, bei Abnahme des pO_2 wird die Durchblutung in den Gefäßen durch Vasodilatation gesteigert [66]. Ebenso zur Vasodilatation führt ein Anstieg des pCO_2 [80]. Sinkt der pH-Wert in den retinalen Gefäßen, kommt es zu einer Relaxation der Perizyten, was zu einer Vasodilatation führt [15]. Je nach Gehalt der Metaboliten im Blut wird die Durchblutung gesteigert oder gedrosselt, um die O_2 -Versorgung konstant zu halten.

2.1.4 Neurovaskuläre Steuerung

Lokale neuronale Aktivität beeinflusst ebenfalls die retinale Durchblutung. Sowohl durch Lichtreize als auch durch direkte Erregung der retinalen Gliazellen kommt es in Abhängigkeit von NO zur Veränderung des Gefäßtonus. Hohe Konzentrationen NO bewirken eine Vasokonstriktion, niedrige Konzentrationen eine Vasodilatation. Diese Effekte werden durch die Arachidonsäurederivate Epoxyeicosatrienoic acid (EET) (Vasodilatation) und 20-Hydroxyeicosatetraenoic acid (20-HETE) (Vasokonstriktion) vermittelt.

Eine direkte Stimulation der retinalen Gliazellen kann ebenfalls zu einer Veränderung des Gefäßtonus führen. Dieser Effekt beruht auf einer direkten Neuron-Gliazell-Verbindung [60, 72]. Die Interaktion zwischen Perizyten und Endothel kommt durch Gap-junction-Proteine wie z.B. Connexine zustande [58, 30]. An retinalen Gefäßen konnte keine autonome Innervation nachgewiesen werden [55], jedoch adrenerge [20] und cholinerge [27] Bindungsstellen.

2.2 Retinale Mikrozirkulation und kardiovaskuläre Risikofaktoren

Bei Erwachsenen wurden in den letzten Jahren bereits mehrere Studien zur retinalen Mikrozirkulation durchgeführt, unter anderem die *Beaver Dam Eye Study* [47] und die *Rotterdam Study* [44]. Zur Erfassung und Auswertung digitaler nonmydriatischer Retinaaufnahmen entwickelte die *Atherosclerosis Risk in Communities (ARIC) Study* genaue Algorithmen [43]. Gefäßveränderung bei Arteriolen (kleine Arterien) und Venolen (kleine Venen) werden getrennt voneinander durch unterschiedliche kardiale Risikofaktoren hervorgerufen. Mit zunehmendem Alter beschrieben Leung et al. eine generelle Reduktion der retinalen Gefäßdurchmesser [56].

2.2.1 Zusammenhang mit dem Blutdruck

Untersucht wurde in diesen Studien vor allem der Zusammenhang zwischen dem Blutdruck und den retinalen Gefäßdurchmessern. Denn die Arteriolen, die in der retinalen Gefäßanalyse untersucht werden, sind der Teil des Gefäßabschnittes im menschlichen Körper, der den peripheren Widerstand reguliert. Vom peripheren Widerstand hängt physiologisch der Blutdruck ab. Da sich Homologien zwischen retinalen Gefäßen und anderen Organsystemen nachweisen lassen [68], ist davon auszugehen, dass sich Veränderungen der Arteriolen nicht nur auf die Retina beschränken. In mehreren Studien wurde eine hohe Assoziation zwischen erniedrigtem zentralen retinalen arteriellen Äquivalent (CRAE) und erhöhtem Blutdruck und Hypertonie nachgewiesen [61, 78, 108]. Nicht klar ist, ob die verengten Arteriolen durch Gefäßveränderungen vor dem Bluthochdruck entstehen oder als Folge des Bluthochdruckes.

Ikram et al. zeigten in der *Rotterdam Study*, dass engere retinale Arteriolen mit einem höheren Risiko für arterielle Hypertonie einhergehen, unabhängig vom aktuellen Blutdruck [45]. Dieses Risiko besteht auch bei einer erniedrigten arterio-venösen Ratio (AVR) [105], wobei nicht nur durch arterielle Vasokonstriktion die AVR verkleinert wird, sondern auch durch venöse Vasodilatation. Es gibt Hinweise, dass Hypertonie venöse Vasodilatation hervorrufen kann, jedoch ist die Studienlage hierzu unklar [81]. Andererseits sind verengte Arteriolen als Spätfolge des Bluthochdrucks im ersten Stadium der hypertensiven Retinopathie lange bekannt [88]. In der *ARIC-Studie* wurden bei früherem Bluthochdruck auch verengte arterielle Gefäße gefunden, unabhängig vom aktuellen Blutdruck oder einer antihypertensiven Medikation [78].

2.2.2 Zusammenhang mit Übergewicht und Inflammation

Neben dem Zusammenhang zwischen retinalen Gefäßdurchmessern und dem Blutdruck besteht auch ein Zusammenhang zwischen den retinalen Gefäßen und Übergewicht und Adipositas. Ein erhöhter BMI ist sowohl mit Verengung der retinalen Arteriolen [108], als auch mit erhöhten retinalen Venolendurchmessern assoziiert [16, 108]. Außerdem gehen größere Venolendurchmesser mit einem erhöhten Risiko zu Gewichtszunahme und zur Entwicklung von Adipositas einher [90]. Ebenfalls Marker für erhöhtes Risiko zur Gewichtszunahme sind Entzündungsparameter wie Fibrinogen. Erhöhte Plasmaspiegel von Fibrinogen im Plasma sind mit einer stärkeren künftigen Gewichtszunahme assoziiert [24]. Auch sind erhöhte Inflammationsmarker hsCRP, Interleukin 6 (IL-6) und Fibrinogen assoziiert mit größeren Venolendurchmessern [46, 48]. Atherosklerose ist eine inflammatorische Krankheit, die in den Gefäßen zwischen Endothel (=Intima) und Media stattfindet [74]. Diese Tatsache könnte die Ursache dafür sein, dass sich bei Übergewicht und Adipositas die retinalen Gefäße verändern. Denn eine Abnahme der AVR steht im Zusammenhang mit Erscheinungen der Atherosklerose wie Plaques [46] und erhöhter Wandsteifigkeit [57] in den Arteriae carotides.

2.2.3 Diabetes mellitus und metabolisches Syndrom

Patienten mit Diabetes mellitus haben eine schlechtere retinale Autoregulation bei kurzfristigen Blutdrucksteigerungen [8]. Diabetes mellitus ist mit allgemein weiteren retinalen Gefäßen assoziiert [108]. Engere retinale Arteriolen gehen mit erhöhten Risiko einher, Diabetes mellitus zu entwickeln [102].

Das metabolische Syndrom ist nach der *International Diabetes Federation (IDF)* ein Komplex aus zentraler (=viszeraler) Adipositas, erhöhtem Blutdruck⁵, erhöhten Triglyceriden⁶, erniedrigtem HDL-Cholesterin⁷ und erhöhtem Nüchternblutglukosewert⁸ [1]. Zur Erfüllung der Diagnose müssen zentrale Adipositas und zwei weitere der angegebenen Kriterien gegeben sein. Die einzelnen Komponenten tragen zur Entwicklung sowohl von KHK als auch Diabetes mellitus bei. Patienten mit einem metabolischen Syndrom haben verengte retinale Arteriolen, die retinalen Venolen sind geweitet [107]. Neben Bluthochdruck, Adipositas und gestörtem Glukosestoffwechsel beeinflussen auch erhöhte Triglyceride und verringertes HDL-Cholesterin die retinalen Gefäße [46, 48, 108]. Veränderungen der retinalen Gefäße durch das metabolische Syndrom sind auch ohne den Einfluss von Hypertonie und Diabetes zu beobachten [107].

2.2.4 Kardiovaskuläre Morbidität und Mortalität

In der *Beaver Dam Eye Study*, einer Kohorte in Wisconsin, zeigte sich bei kleinerer AVR in der Altersgruppe von 45–74 Jahren eine erhöhte Mortalität durch kardiovaskuläre Erkrankung und Schlaganfall, nicht jedoch in der Altersgruppe ab 75 Jahren [103]. In der gleichen Studie wurde kein Zusammenhang zwischen engeren retinalen Arteriolen und erhöhter Mortalität festgestellt [106]. In der *ARIC-Study* waren kleinere retinale Arterioldurchmesser bei Frauen, jedoch nicht bei Männern, mit einem erhöhten Risiko zur Entwicklung von KHK assoziiert [101]. In der *Blue Mountains Eye Study* waren in der Altersgruppe von 49–75 Jahren bei Frauen kleinere AVR und

⁵SAP \geq 130 mmHg oder DAP \geq 85 mmHg

⁶TAG \geq 150 mg/dl

⁷HDL $<$ 40 mg/dl

⁸GLU \geq 100 mg/dl

engere retinale Arteriolen sowie bei beiden Geschlechtern weitere retinale Venolen mit erhöhtem Risiko, an KHK zu versterben, assoziiert [91]. In einer gepoolten Analyse der Daten aus der *Beaver Dam Eye Study* und der *Blue Mountains Eye Study* kam es in der Altersgruppe der 43–69-Jährigen bei kleineren retinalen Arteriolen und größeren retinalen Venolen zu einer erhöhten Sterblichkeit durch kardiovaskuläre Erkrankungen und Schlaganfall [92].

2.3 Retinale Mikrozirkulation im Kindesalter

Zwei größere Studien befassten sich mit der Analyse retinaler Gefäßdurchmesser bei Kindern, die *Singapore Cohort Study of the Risk Factors for Myopia* und die *Sydney Childhood Eye Study*. In der *Sydney Childhood Eye Study* wurden zwei Kohorten untersucht, eine aus Sydney und eine aus Singapur.

In der *Singapore Cohort Study of the Risk Factors for Myopia* beschrieben Cheung et al. 2007 eine schulbasierte Querschnittstudie an 798 Kindern zwischen sieben und neun Jahren [16]. In dieser Kohorte fanden sich Durchschnittswerte von 156,40 μm für die Arteriolen mit einem 95 %-Konfidenzintervall (CI) von 155,44 μm bis 157,36 μm . Für die Venolen fanden sich Durchschnittswerte von 225,43 μm mit einem 95 %-CI von 224,10 μm bis 226,74 μm . Cheung et al. zeigten, dass ein Anstieg des BMI um 3,1 kg/m^2 assoziiert war mit einer Zunahme des retinalen Venolendurchmessers von 2,55 μm [16]. BMI und Übergewicht waren nicht assoziiert mit den retinalen Arteriolendurchmesser. Keine Auswirkung auf die retinalen Gefäßdurchmesser hingegen hatte die Körpergröße.

Mitchell et al. untersuchen 2007 den Zusammenhang zwischen systolischem Blutdruck und retinalem arteriolen Gefäßdurchmesser an Kindern im Alter von sechs bis acht Jahren in zwei Kohorten in Sydney, Australien ($n = 1572$) und in Singapur ($n = 380$) [61]. Dabei zeigten sich bei den Kindern in Singapur leicht größere Gefäßdurchmesser sowohl bei den Arteriolen (161,8 μm und 159,6 μm) als auch bei den Venolen (234,0 μm und 222,3 μm).

Die Autoren erklärten sich dies mit dem höheren Gewicht der Kinder in Singapur (MW = 33 kg) im Vergleich mit den Kindern in Sydney (MW = 24 kg). In beiden Kohorten hatten Kinder mit erhöhtem systolischen Blutdruckwerten signifikant engere retinale arterioler Gefäßdurchmesser. Ein Anstieg des systolischen Blutdrucks um 10 mmHg war bei der Sydneykohorte assoziiert mit einer Verengung der retinalen Arteriolen um 2,08 μm , bei der Singapurkohorte mit einer Verengung um 1,43 μm . Die retinalen Venolen waren nicht beeinflusst durch den systolischen Blutdruck. In der Sydneykohorte zeigten sich bei den Kindern in der größten Quartile des BMI um 2,1 μm weitere Venolen [83]. In der Singapurkohorte zeigten sich Unterschiede in den Mittelwerten der retinalen Gefäßanalyse bei Kindern verschiedener Ethnizität [17]. Dieser Zusammenhang wurde auch bei Erwachsenen gefunden [108].

Mit BMI und systolischem Blutdruck sind zwei Risikofaktoren für kardiovaskuläre Erkrankungen in Zusammenhang mit Veränderungen der retinalen Mikrozirkulation gebracht. Diese Veränderungen in der retinalen Mikrozirkulation können Vorboten künftiger kardiovaskulärer Ereignisse sein. Deshalb besteht ein großer Forschungsbedarf, inwieweit Veränderungen der Mikrozirkulation im Kindes- und Jugendalter als Hinweise auf beginnende kardiovaskuläre Veränderungen hinweisen können. Mit höherem Alter konnte eine generelle Verengung der retinalen Gefäße nachgewiesen werden, die als zunehmende Sklerosierung der Gefäße betrachtet wird [104]. Ein solcher Confounder ist bei der Untersuchung der retinalen Gefäße bei Kindern nicht zu erwarten, sodass eine gleichartige Beeinflussung der Veränderungen durch unterschiedliche kausale Faktoren auszuschließen ist. In der Annahme, dass Gefäßveränderungen in diesem Alter noch nicht irreversibel sind, lassen sich Einflussfaktoren besser beschreiben.

Aufgrund der zuvor dargestellten Erkenntnisse soll in dieser Arbeit der Effekt einer Intervention auf die retinale Mikrozirkulation, außerdem der Zusammenhang zwischen der retinalen Mikrozirkulation und der körperlichen Aktivität, Inaktivität und der Adipositas untersucht werden. Weiterhin gibt es keine Daten zur Entwicklung der relevanten Größen der retinalen Mikrozirkulation im Laufe des kindlichen und jugendlichen Wachstums. In dieser Arbeit wird ein erster Längsschnitt dargestellt.

2.4 Fragestellung

Ziel dieser Arbeit ist die Untersuchung der Entwicklung der retinalen Mikrozirkulation bei Kindern im Rahmen des schulbasierten Präventionsprojekts *Kinder und Jugendliche als Gesundheitsexperten – JuvenTUM Stufe 3*.

Die primäre Fragestellung war:

Wie entwickelt sich die retinale Mikrozirkulation bei Kindern, erhoben über AVR, CRAE und CRVE, im Rahmen eines sechsmonatigen schulbasierten Präventionsprojekts?

Die sekundären Fragestellungen waren:

1. Untersuchung des Zusammenhanges zwischen retinaler Mikrozirkulation und der körperlichen Aktivität.
2. Untersuchung des Zusammenhanges zwischen retinaler Mikrozirkulation und der körperlichen Inaktivität, erhoben über die Anzahl von Stunden, die von den Kindern im Fragebogen als Sitzzeiten (Hausaufgaben, Medienkonsum) angegeben wurden.
3. Untersuchung des Zusammenhangs der Veränderungen der retinalen Mikrozirkulation und der Veränderungen der kardiovaskulären Risikofaktoren Adipositas (in Form des BMI), des Blutdrucks und der Laborwerte des metabolischen Syndroms.

3 Studiendesign und Methoden

3.1 Studiendesign

Das auf vier Jahre ausgelegte schulbasierte Präventionsprojekt *Kinder und Jugendliche als Gesundheitsexperten – JuvenTUM Stufe 3* findet an 15 Münchener Haupt- und Realschulen statt. Diese Schulen wurden per Los randomisiert in zwei Studiengruppen, eine Interventions- und eine Kontrollgruppe eingeteilt. Die Randomisierung erfolgte als Clusterrandomisierung auf Schulniveau, um eine Beeinflussung in den Schulen durch Schüler oder Klassen mit und ohne Intervention zu verhindern.

Ziel ist es, im Rahmen dieses umfassenden randomisiert-kontrollierten schul- und familienbasierten Präventionsprojekts kardiovaskuläre Risikofaktoren und Veränderungen der Gefäßfunktionen zu untersuchen und zu verbessern. Ein weiteres Ziel ist die Untersuchung des Zusammenhangs zwischen der arteriellen Gefäßsteifigkeit und der retinalen Gefäßdimensionen mit kindlichem Übergewicht sowie der Verbesserung kardiovaskulärer Risikofaktoren durch Interventionsmaßnahmen. Zusätzlich werden die Assoziationen zwischen der arteriellen Gefäßsteifigkeit, den retinalen Gefäßdimensionen und Lebensgewohnheiten wie Ernährungsverhalten, körperliche Aktivität und Inaktivität sowie Rauchen betrachtet.

Einschlusskriterien für die Studie waren Alter der Kinder zwischen 9 und 14 Jahren, Schülerinnen und Schüler der fünften Jahrgangsstufe, und vorliegende schriftliche Einverständniserklärung der Eltern. Die schriftliche Einverständniserklärung der Eltern für die Teilnahme an der Studie und den unterschiedlichen Untersuchungen erfolgte nach Aufklärung der Kinder, Eltern und Lehrer über die Untersuchungen und Ziele der Studie. Für die Blutentnahme wurde eine gesonderte Einverständniserklärung der Eltern benötigt.

Ausschlusskriterien waren sowohl fehlende schriftliche Einverständniserklärung der Eltern sowie allgemein schwere gesundheitliche Beeinträchtigungen oder chronische Erkrankungen des Auges, insbesondere Katarakt. Das Studienprotokoll wurde von der Ethikkommission des Universitätsklinikums München rechts der Isar der Technischen Universität München geprüft. Alle

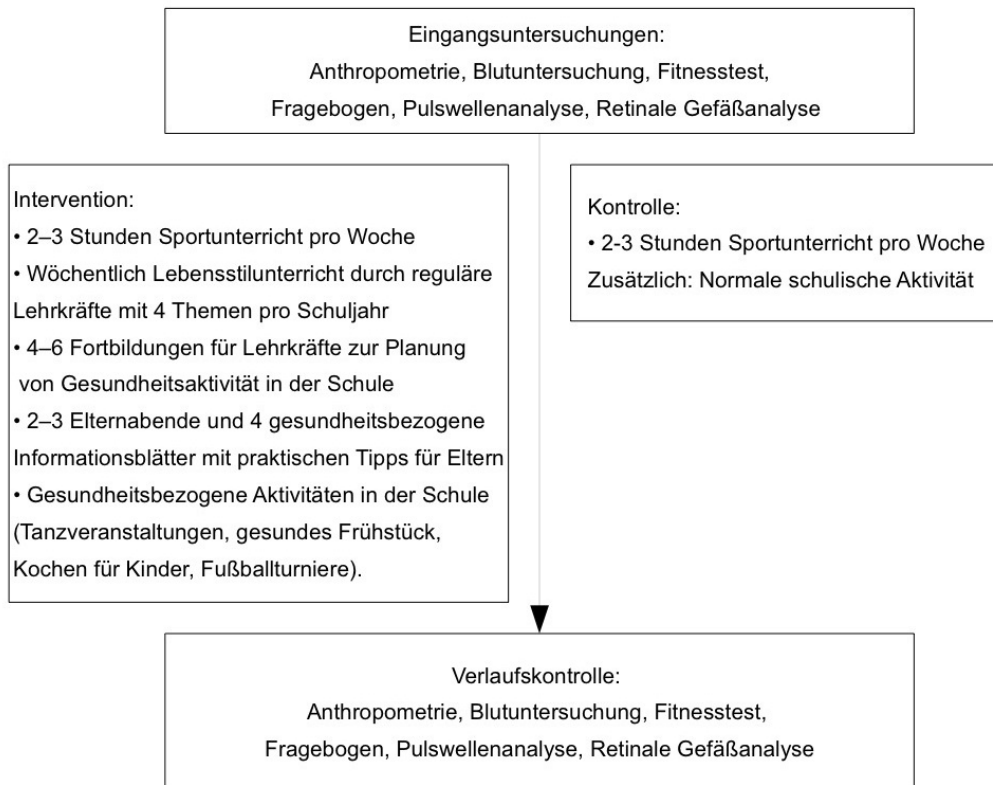


ABBILDUNG 1: ABLAUF DER STUDIE

Untersuchungen entsprachen den Anforderungen der Deklaration von Helsinki.

Die Eingangsuntersuchung (Visit 1) fand im Herbst 2008 statt, die erste Verlaufskontrolle (Visit 2) nach einer sechsmonatigen Intervention. Im weiteren Verlauf finden Verlaufskontrollen im Jahresabstand statt, also 18, 30 und 42 Monate nach der Eingangsuntersuchung. Eine Übersicht des Ablaufs und der Maßnahmen in Kontroll- und Interventionsgruppe zeigt Abbildung 1.

Insgesamt wurden 507 Kinder der fünften Jahrgangsstufe sowohl zu Studienbeginn (Visit 1) als auch nach sechsmonatiger Intervention (Visit 2) untersucht. In der Interventionsgruppe befanden sich insgesamt 290 Kinder, davon 138 in Haupt- und 152 in Realschulen. Die Kontrollgruppe bestand aus 217 Kindern, 92 in Haupt- und 125 in Realschulen.

TABELLE 1: ÜBERSICHT ALLER UNTERSUCHUNGEN.

Anthropometrie	Name, Alter, Geschlecht, Größe, Gewicht, Krankheiten, Medikation, Bauchumfang, Oberarmumfang, Hautfaltenmessung
Blutuntersuchung	Fettstoffwechselfparameter (HDL-, LDL-Cholesterin, Triglyzeride, Nüchternglukose), Inflammationsmarker (IL-6, hsCRP) und Hormone (Adiponektin, Insulin, Östrogen, Testosteron)
Medizinische Untersuchungen	Blutdruck, Pulswellenanalyse, Retinale Gefäßanalyse
Körperliche Fitness	Münchner Fitnesstest [75]
Körperliche Aktivität	Aktivitätsfragebogen nach Bös [10]
Fragebogen	Sitzzeiten (Schule, Hausaufgaben, Medienkonsum)
Essgewohnheiten	Ernährungsfragebogen
Suchtmittel	Alkoholkonsum und Rauchen
Lebensqualität	KINDL [®] -Fragebogen
Soziokulturelle Eckdaten	Fragebogen zu Migrationshintergrund, Sozioökonomischer Status

Eine Übersicht aller durchgeführten Untersuchungen zeigt Tabelle 1. Alle anthropometrischen und medizinischen Untersuchungen wurden an den Schulen während der Unterrichtszeit in bereitgestellten Räumen durchgeführt. Die Fragebogen wurden in den Klassen ausgefüllt.

3.2 Blutentnahme und Blutuntersuchung

Bei Kindern mit zusätzlicher Einverständniserklärung der Eltern wurde in den ersten Schulstunden (8–10 Uhr) die Nüchternblutentnahme (ca. 12 ml) durchgeführt. Die Blutentnahme wurde in einem Untersuchungsraum in halb- liegender bzw. liegender Position durchgeführt. Aus dem Nüchternblut wurden neben der Nüchternglukose und dem Insulin die Fettstoffwechselfparameter Gesamtcholesterin, HDL-Cholesterin, LDL-Cholesterin, Triglyzeride, (Routinelabor mit *SynLab*) bestimmt.

Nach der Blutentnahme bekamen die Kinder ein gesundes Frühstücksbrot, einen Apfel und ein Getränk. Bei den Broten konnten sie zwischen Käse- und Fleischbelag wählen, wobei kein Schweinefleisch verwendet wurde. Das Getränk (0,5 l) war entweder Apfelsaftschorle oder Mineralwasser.

3.3 Fragebogen

Die Kinder bekamen an den Messtagen einen Fragebogen, der Informationen zur körperlichen Aktivität, zum Gesundheitswissen, zur gesundheitsbezogenen Lebensqualität, zum Ernährungsverhalten und zum soziokulturellen Hintergrund erhob. Im Rahmen dieser Arbeit wurden die folgenden Fragen zur körperlichen Aktivität und zur Sitzzeit berücksichtigt. Die Fragen zur körperlichen Aktivität wurden auf Grundlage des Fragebogens aus dem MoMo-Modul der KiGGS-Studie gestellt [10]. Die ersten beiden Fragen zur körperlichen Aktivität in einer normalen Woche und in der letzten Woche sind validiert [69]. Die beiden Fragen lauten:

1. „An wie vielen Tagen warst du letzte Woche mindestens 60 Minuten (1 h) körperlich so aktiv, dass du ins Schwitzen oder außer Atem geraten bist (z.B. beim Sport, Spielen mit Freunden, Fußweg zur Schule, Rad fahren, Skaten, Sport im Verein etc.)?“
2. „An wie vielen Tagen einer normalen Woche bist du mindestens 60 Minuten (1 h) körperlich so aktiv, dass du ins Schwitzen oder außer Atem kommst?“

Die Antwortmöglichkeiten gingen von „gar nicht“ über „einzelne Tage“ bis „jeden Tag“ der Woche. Aus den beiden Werten wurde ein Mittelwert berechnet und für die statistische Analyse genutzt. Anhand des Mittelwertes der Tage (d) pro Woche (w) mit mindestens 60 Minuten (min) Aktivität wurden die Kinder in Aktivitätskategorien *gering aktiv* (≤ 2 d/w mind. 60 min), *durchschnittlich aktiv* (3–5 d/w mind. 60 min) und *sehr aktiv* (> 5 d/w mind. 60 min) eingeteilt.

Ebenfalls wurden die Kinder zu ihren Sitzzeiten unter der Woche und am Wochenende befragt. Aus diesen Angaben wurde ein wöchentlicher Durchschnitt berechnet. Die Sitzzeiten in der Schule und die Schlafzeiten zählten nicht zu den Sitzzeiten. Bei einer durchschnittlichen Zeit von 5 Stunden Unterricht täglich, und einer 5 Tage (d) Schulwoche ergeben sich 25 Stunden (h) / Woche (w) Unterrichtszeit. Für die durchschnittliche Schlafzeit wurden 8 h/d berechnet, folglich 56 h/w. Insgesamt sind 81 h/w von 168 Wochen-

stunden nicht zu den Sitzzeiten zu zählen. Deshalb wurden für die statistische Analyse nur Daten ≤ 87 h/w für die wöchentliche Sitzzeit genutzt. Bei der Sitzzeit erfolgte die Einteilung in 3 Kategorien anhand der Tertile (= Dritelperzentilen) der eingeschlossenen Werte ≤ 87 h/w. Die Grenzwerte für die Unterteilung lagen bei 16,0 h/w und 28,0 h/w, daraus ergaben sich die Sitzzeitkategorien *gering inaktiv* ($\leq 16,0$ h/w), *moderat inaktiv* (16,1–28,0 h/w) und *sehr inaktiv* ($> 28,0$ h/w).

Der Fragebogen wurde in einem großen Survey eingesetzt und die Validität der einzelnen Fragen überprüft. Dabei wurde festgestellt, dass der Fragebogen zur Aktivität ein hinreichend valides und reliables Messinstrument ist [11]. Zudem beantworteten die Kinder Fragen zum Thema Ernährung, angelehnt an die Fragen aus der *KiGGS-Studie*, zu Suchtmittelkonsum, zur Lebensqualität (KINDL[®]-Fragebogen) und zu Gesundheitswissen (erstellt am Lehrstuhl).

3.4 Anthropometrische Messungen

Die anthropometrischen Messungen fanden in einem separaten Untersuchungsraum statt. Die Kinder wurden einzeln oder paarweise untersucht. Alle Messungen wurden von drei wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen des Lehrstuhles durchgeführt, die vor der Untersuchungsreihe speziell geschult wurden. Die Erhebung der Parameter erfolgte nach einem standardisierten Untersuchungsprotokoll (SOP). Der Blutdruck wurde gemessen. Barfuß und in Unterwäsche wurden das Körpergewicht, die Körpergröße, der Bauch- und Oberarmumfang sowie der prozentuale Körperfettanteil über eine Messung der Hautfettfalten erfasst.

3.4.1 Bestimmung des Body-Mass-Index (BMI)

Um den BMI bestimmen zu können, werden das Körpergewicht und die Körpergröße benötigt. Zur Messung des Körpergewichtes wurde eine elektronische Präzisionswaage verwendet. Die Kinder wurden angewiesen, sich ruhig und mit beiden Füßen mittig auf die Waage zu stellen. Sobald das Kind ruhig auf der Waage stand, wurde das Gewicht auf der Präzisionswaage auf 0,1 kg

genau abgelesen. Anschließend wurde die Körpergröße mit einem Stadiometer auf 0,1 cm genau gemessen.

Der BMI wird berechnet durch den Quotienten aus Körpergewicht in Kilogramm (kg) und der Körpergröße in Meter (m) zum Quadrat.

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

Im Erwachsenenalter bestehen feste Grenzwerte des BMI, welche eine Unterscheidung zwischen unter-, normal-, übergewichtig, adipös und extrem adipös (*Adipositas permagna*) ermöglichen. Diese sind folgendermaßen definiert:

Untergewicht:	$\text{BMI} < 18,5$
Normalgewicht:	$18,5 \leq \text{BMI} < 25,0$
Übergewicht:	$25,0 \leq \text{BMI} < 30,0$
Adipositas:	$30,0 \leq \text{BMI} < 35,0$
Adipositas permagna:	$35,0 \leq \text{BMI}$

Im Kindes- und Jugendalter unterliegt die Korrelation von Körperfettmasse und BMI alters- und geschlechtsspezifischen Schwankungen, die unter anderem auf wachstumsphysiologische Vorgänge zurückzuführen sind. Diese Schwankungen des BMI beruhen vor allem auf Veränderungen des Verhältnisses zwischen Muskel- und Knochenmasse zur Fettmasse. Außerdem wachsen Kinder noch, was ebenfalls zu Schwankungen des BMI führt. Bei Kindern werden deshalb zur Einteilung von Übergewicht und Adipositas die alters- und geschlechtsspezifischen Perzentilenkurven verwendet. Die deutschen Perzentilen wurden statistisch anhand von Querschnittsdaten aus 17 Untersuchungen an rund 34.000 Kindern und Jugendlichen in Deutschland ermittelt [51]. Demnach liegt bei einem BMI unter der 10. Perzentile Untergewicht vor. Übergewicht definiert sich bei Kindern und Jugendlichen durch einen BMI oberhalb der 90. Perzentile, Adipositas bei einem BMI-Wert oberhalb der 97. Perzentile. Bei einem BMI über der 99,5. Perzentile liegt per definitionem extreme Adipositas (*Adipositas permagna*) vor [87]. Gemäß den

Leitlinien der Arbeitsgemeinschaft Adipositas erfolgt in dieser Arbeit die Einteilung in Normal-, Übergewicht und Adipositas anhand der (alters- und geschlechtsspezifischen) BMI-Perzentilen [87]. Die Perzentilberechnung für den BMI erfolgte mittels der LMS-Methode nach Cole anhand altersspezifischer L-, M- und S-Werte und dem individuellen BMI des Kindes:

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

Durch die LMS-Methode können bei nicht normalverteilten Parametern wie dem BMI entsprechende Standardabweichungen ermittelt werden, die besonders im oberen und unteren BMI-Perzentilbereich differenzierte Aussagen ermöglichen. Der SDS_{LMS} -Wert gibt an, um ein Wie-Viel-Faches der Standardabweichung der BMI des Kindes (bei gegebenem Alter und Geschlecht) ober- und unterhalb des BMI-Medianwertes der Referenzgruppe liegt [87]. Die Berechnung des BMI-SDS der Kinder in diesem Projekt erfolgte von Frau Kromeyer-Hauschild in Jena anhand der von ihr entwickelten Perzentilenkurven [51].

3.4.2 Bauch- und Oberarmumfang

Die Messung des Bauchumfanges erfolgte im Stehen und in entspannter Körperhaltung. Gemessen wurde mit einem unelastischen Maßband horizontal in Höhe der stärksten Einziehung zwischen unterem Rippenbogen und Beckenkamm. Der Bauchumfang erlaubt bereits bei Kindern eine Abschätzung des viszeralen Fettgehaltes. Dieser steht bereits im Kindesalter in deutlichem Zusammenhang zu kardiovaskulären Risikofaktoren wie gesteigerter Insulinresistenz, erhöhtem Blutinsulinspiegel, erhöhtem Blutdruck und erniedrigter HDL-Cholesterin-Konzentration [32]. Für den Bauchumfang gibt es in Deutschland seit 2008 Referenzwerte in Form von Perzentilen für Kinder und Jugendliche [52]. Auch hier gelten die 10., 90., und 97. alters- und geschlechtsspezifischen Perzentilen als Grenzwert. Ab einem Bauchumfang $\geq 90.$ Perzentile spricht man bei Kindern und Jugendlichen von viszeraler (= zentraler) Adipositas.

Der Oberarmumfang wurde im Stehen mit entspanntem Oberarm im Bereich des größten Umfanges mit Hilfe eines unelastischen Maßbandes gemes-

sen. Dieser kann zur Abschätzung der Muskel- und Fettmasse, sowie des Ernährungszustandes der Kinder verwendet werden [73].

3.4.3 Körperfettbestimmung

Da zwischen subkutanem Fettanteil und Gesamtkörperfett eine starke Korrelation besteht [21], kann mit Hilfe der Hautfaltenmessung die Gesamtfettmasse des Körpers berechnet werden. Die Hautfaltenmessungen wurden im Stehen mittels eines Lange-Calipers standardisiert an vier Körperstellen nach Vorgaben des Herstellers von geschulten wissenschaftlichen Mitarbeitern des Lehrstuhls durchgeführt. Gemessen wurde am Musculus (M.) biceps und M. triceps, sowie subscapular und suprailiakaal. Die Hautfaltenmessung an M. biceps und M. triceps erfolgte bei locker herabhängendem Oberarm an der Stelle des größten Oberarmumfanges. Die subscapulare Hautfalte wurde im 45°-Winkel unterhalb der inferioren Schulterblattspitze gemessen.

Etwa 2,5 cm oberhalb der Crista iliaca erfolgte die Messung der suprailiacalen Hautfalte. Aus der Summe der gemessenen Hautfalten wurde nach Weststrate und Deurenberg [96] mit Hilfe von alters- und geschlechtsspezifischen Regressionsformeln der prozentuale Fettgehalt des Körpers bestimmt.

3.4.4 Blutdruckmessung

Die Blutdruckmessung erfolgte im Sitzen nach einer fünfminütigen Ruhepause bei supiniertem Arm in der Fossa cubitalis an der rechten Armarterie nach standardisiertem Protokoll. Bei einem Armumfang von 19–29 cm wurde mit einer Kinder-Blutdruckmanschette, und bei einem Armumfang von 29–40 cm mit einer Erwachsenen-Blutdruckmanschette gemessen. Die verwendete Blutdruckmanschette wurde notiert. Als Grenzwerte für Hypertonie gelten nach den Kriterien für das Metabolische Syndrom der IDF entweder ein systolischer Wert von ≥ 130 mmHg oder ein diastolischer Wert von ≥ 85 mmHg [112].

3.5 Retinale Gefäßanalyse

Zur Untersuchung der Mikrozirkulation in vivo eignet sich sehr gut die retinale Gefäßanalyse. Diese wurde mit dem *Static Retinal Vessel Analyzer* (SVAT, *Imedos Systems UG*, Jena, Deutschland) durchgeführt. Der *Static Retinal Vessel Analyzer* besteht aus einer Funduskamera und einem Softwarepaket zur Analyse der Gefäße in den Augenhintergrundaufnahmen. Die Funduskamera ermöglicht eine nichtinvasive Diagnostik der retinalen Gefäße. In einem abgedunkelten Raum wurden die digitalen Aufnahmen erstellt. Mit der non-mydratischen Funduskamera *Topcon TRC-NW-200* von *Imedos* wurden zwei digitale hochauflösende Fotografien des Augenhintergrundes aufgenommen. Damit konnten die Aufnahmen ohne „Weittropfen“ der Augen (=Mydriasis) erstellt werden. Teilweise mussten mehrere Bilder aufgenommen werden, um zwei gestochen scharfe Aufnahmen zu erhalten. Waren auswertbare Aufnahmen des rechten Augenhintergrundes nicht möglich, wurde in Ausnahmefällen auf das linke Auge ausgewichen.

Die Aufnahmen erfolgten unter folgenden Kameraeinstellungen: Blickwinkel 45 Grad (automatisch), Blitzstufe zwischen +2 und -1, Größe: voll, blinkender Fokuspunkt temporal. Für die Aufnahme wurde die Autofokuskamera auf die optische Scheibe (Papille) zentriert, indem die Probanden auf den temporal gelegenen grünen Punkt fokussierten.

Die Gefäßanalyse erfolgte mit dem Computerprogramm *Vesselmap 2 (Visualis)* von *Imedos*. Der Messbereich für die Analyse der retinalen Gefäße liegt in einem Ring um die Papille des Nervus opticus, der sich im Abstand eines halben bis ganzen Papillendurchmessers vom äußeren Rand der Papille entfernt befindet. In Abbildung 2 ist eine exemplarische Aufnahme mit Messareal dargestellt. Alle retinalen Gefäße im Messbereich wurden in Arteriolen und Venolen eingeteilt. Die Markierung erfolgte durch Anklicken mit dem Mauszeiger. Die Berechnung der Gefäßdurchmesser erfolgte durch *Vesselmap*. Gefäße kleiner 45 μm wurden zwar erkannt, aber nicht in die Berechnung eingeschlossen. Wurden die Gefäße und ihre Durchmesser nicht richtig erfasst, konnte man den Gefäßdurchmesser semimanuell (linke Maustaste „klicken und ziehen“) oder manuell (Umstelltaste und linke

Maustaste klicken) erfassen und messen. Hier war eine kritische Kontrolle der Gefäßdurchmesser im Vergleich zu automatisch erfassten Gefäßen notwendig. Nach Markierung aller Gefäße berechnete *Vesselmap* anhand der Gefäßdurchmesser mittels der Formel nach Parr-Hubbard [43] das zentrale retinale arterielle Äquivalent (CRAE) und das zentrale retinale venöse Äquivalent (CRVE). Die Äquivalente entsprechen einem zusammengefassten Modelldurchmesser. Hieraus wird die arterio-venöse Ratio (AVR) gebildet, das dimensionslose Verhältnis beider Werte zueinander:

$$AVR = CRAE/CRVE$$

In der Analyse werden die Gefäßdurchmesser in Mikrometern (μm) dargestellt. Dies geschieht zur Vereinfachung, da man ohne Refraktionsmessung nur von measuring units (mu) sprechen kann. In der hypothetischen Annahme, dass die Augendimensionen jeden Kindes einem Gullstrand-Normalauge entspricht, gilt „measuring unit“ gleich Mikrometer. Aus den ermittelten Werten beider Bilder wurde das arithmetische Mittel berechnet, welches dann zur statistischen Analyse verwendet wurde. Die retinale Gefäßanalyse wurde in allen Untersuchungsschritten vom Autor durchgeführt.

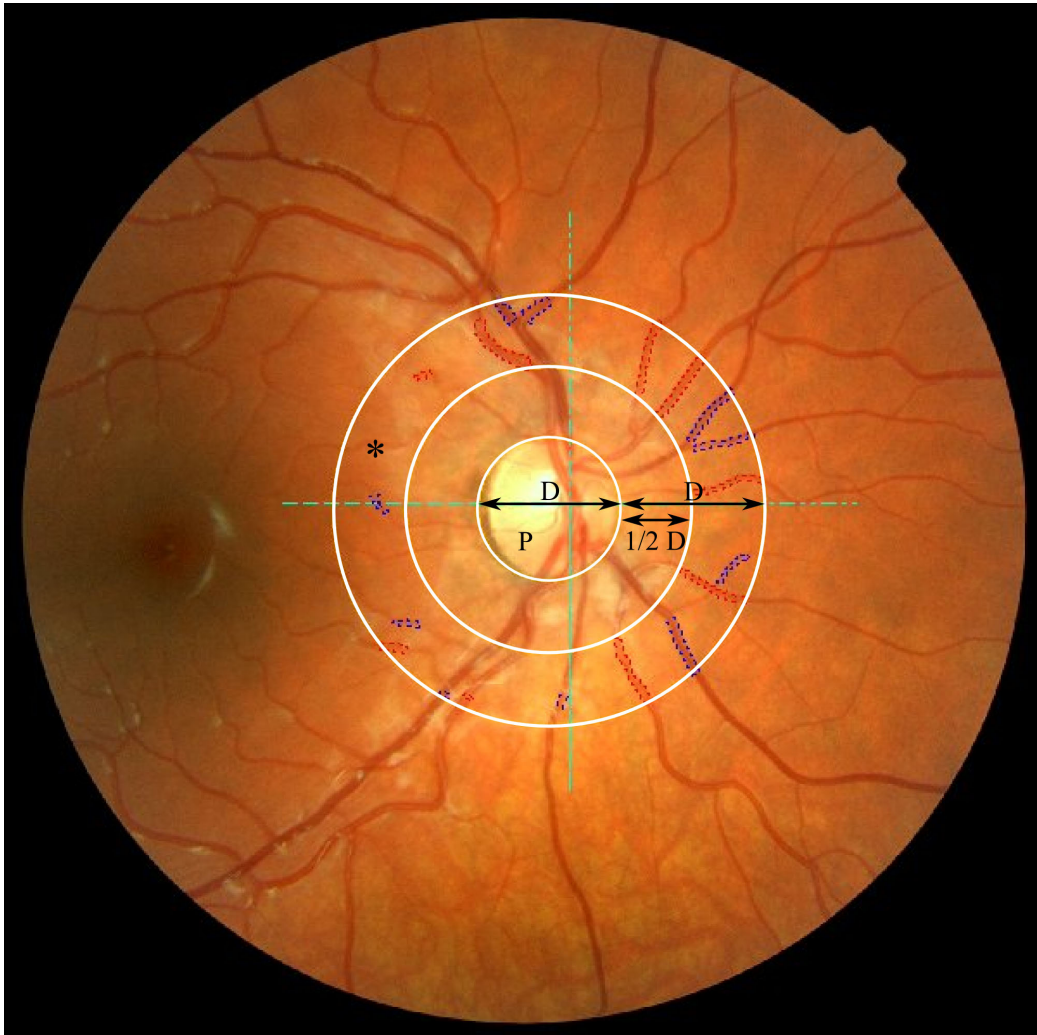


ABBILDUNG 2: AUFNAHME DER RETINA MIT DEM RINGFÖRMIGEN MESSAREAL (*) RUND UM DIE SEHNERVENPAPILLE (P). D = PAPILLEN-DURCHMESSER.

3.6 Statistische Analyse

Die erhobenen Daten wurden mit dem Programm *SPSS Statistics* Version 18.0.0 (*IBM Corporation*, Somers, USA) ausgewertet. Für die relevanten Größen wurden Mittelwert (MW), Standardabweichung (SD), Minimum (Min), Maximum (Max) berechnet. Die Darstellung der Mittelwerte und Standardabweichung in dieser Arbeit erfolgte, soweit nicht anders angegeben, als $MW \pm SD$. Die Ergebnisse wurden tabellarisch und grafisch als Histogramme, Balkendiagramme, Boxplots und Streudiagramme dargestellt. Alle relevanten Größen wurden mit Hilfe von Histogrammen und Q-Q-Diagrammen auf Normalverteilung getestet. Zum paarweisen Gruppenvergleich bei Normalverteilung der Werte wurde der t-Test für unabhängige Stichproben verwendet. Für Gruppenvergleiche bei nicht normalverteilten Größen wurde der Mann-Whitney-U-Test angewendet.

Gruppenunterschiede bei mehr als zwei Gruppen wurden bei normalverteilten Parametern mittels univariater Varianzanalyse und Bonferroni-Adjustierung ermittelt. Der H-Test nach Kruskal-Wallis wurde verwendet, wenn die Parameter nicht normalverteilt waren.

Der Vergleich der Mittelwerte im Längsschnitt wurde bei normalverteilten Differenzen mit dem t-Test für verbundene Stichproben durchgeführt. Bei nicht normalverteilten Größen wurde der Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test (Wilcoxon-Test) durchgeführt.

Für den Vergleich von Kontroll- und Interventionsgruppe im Zeitverlauf wurden für die verschiedenen Größen die Differenzen der Werte gebildet. Die Differenzen der Größen wurden ebenfalls mittels Histogrammen und Q-Q-Diagrammen auf Normalverteilung getestet. Aus den Ergebnissen wurden Mittelwerte der Differenzen für die unterschiedlichen Studiengruppen gebildet. Diese wurden mittels des t-Testes für unverbundene Stichproben auf Unterschiede getestet.

Die Werte der retinalen Gefäßanalyse wurden auf Zusammenhänge mit anderen Werten der Studie untersucht. Als Signifikanzniveau wurde $\alpha = 5\%$ verwendet.

4 Ergebnisse

4.1 Basisdaten Visit 1

In die folgende Auswertung wurden alle Kinder eingeschlossen, von denen Daten der retinalen Gefäßanalyse von beiden Untersuchungen vorlagen. Dies war bei 507 Kindern der Fall. Davon waren 217 Kinder aus Kontrollschulen und 290 Kinder aus Interventionsschulen. Von den 507 Kindern waren 218 Mädchen (43,4 %) und 284 Jungen (56,6 %). Ein Anteil von 55 % der Kinder ging auf die Realschule, 45 % auf die Hauptschule. Die Kinder waren zu Beginn dieser Studie (Visit 1) durchschnittlich $11,1 \pm 0,6$ Jahre alt ohne wesentlichen Unterschied zwischen Mädchen und Jungen.

Es wurden die anthropometrischen Daten für Körpergröße, Körpergewicht, BMI, Bauchumfang, Oberarmumfang sowie der systolische und der diastolische Blutdruck gemessen.

Die durchschnittliche Körpergröße betrug $147,3 \pm 7,6$ cm, das durchschnittliche Körpergewicht $42,0 \pm 10,8$ kg. Der Mittelwert des BMI betrug $19,2 \pm 3,6$ kg/m². Der Blutdruck lag im Durchschnitt bei $119 \pm 9,8$ mmHg für den systolischen, und bei $74 \text{ mmHg} \pm 7,6$ mmHg für den diastolischen Wert.

Folgende Laborparameter wurden im Rahmen dieser Arbeit ausgewertet: HDL-Cholesterin (HDL), Triglyceride (TAG) und Nüchtern glukose (GLU).

Der Mittelwert des HDL betrug $65,1 \pm 14,0$ mg/dl, der Mittelwert der GLU $79,8 \pm 8,2$ mg/dl. Die Werte der TAG waren nicht normalverteilt, der Median betrug 71 mg/dl (Range:25;358).

In Tabelle 2 werden die Ergebnisse der in der Studienpopulation bei Visit 1 erhobenen Größen für die 507 Teilnehmer dargestellt.

TABELLE 2: STATISTISCHE KENNZAHLEN FÜR IN DER STUDIENPOPULATION BEI VISIT 1 GEMESSENE PARAMETER.

N = ANZAHL, MW = MITTELWERT, SD = STANDARDABWEICHUNG, BMI = BODY-MASS-INDEX, BU = BAUCHUMFANG, OU = OBERARMUMFANG, KF = KÖRPERFETTANTEIL, SAP = SYSTOLISCHER BLUTDRUCK, DAP = DIASTOLISCHER BLUTDRUCK, AVR = ARTERIO-VENÖSE RATIO, CRAE = ZENTRALES RETINALES ARTERIELLES ÄQUIVALENT, CRVE = ZENTRALES RETINALES VENÖSES ÄQUIVALENT, HDL = HIGH-DENSITY-LIPOPOTEIN, LDL = LOW-DENSITY-LIPOPOTEIN, TAG = TRIGLYCERIDE, GLU = NÜCHTERNGLUKOSE.

Parameter	N	MW (Median)	SD	Min	Quartile			Max
					1.	2.	3.	
Teilnehmer								
Schülerinnen	219							
Schüler	288							
Alter	507	11,1	0,6	9,7	10,7	11,1	11,4	13,6
Retinale Gefäßanalyse								
AVR	507	0,88	0,06	0,71	0,84	0,88	0,93	1,06
CRAE (μm)	507	208,3	15,7	163,1	198,2	208,1	218,4	267,4
CRVE (μm)	507	236,1	16,1	193,9	224,7	235,7	246,1	293,0
Anthropometrie								
Gewicht (kg)	507	42,0	10,8	24,8	34,2	39,5	47,6	102,7
Größe (cm)	507	147,3	7,6	128,8	142,0	146,5	152,7	175,4
BMI (kg/m^2)	507	19,2	3,6	13,1	16,6	18,3	20,9	34,9
BU (cm)	507	64,6	8,2	51,0	59,0	63,0	69,0	108,0
OU (cm)	507	23,2	3,2	16,5	21,0	22,5	25,0	39,0
Blutdruck								
SAP (mmHg)	503	119	10	95	110	120	125	150
DAP (mmHg)	503	74	8	55	70	75	80	100
Aktivität								
Aktivität (d/w)	406	3,2	1,8	0,0	2,0	3,0	4,1	7,0
Sitzzeit (h/w)	347	25,2 (21,5)	15,8	1,0	14,0	21,5	32,5	87,0
Labor								
HDL (mg/dl)	308	65,1	14,0	27,8	55,7	63,8	73,8	112,6
TAG (mg/dl)	305	82,6 (71,0)	44,0	25,0	55,0	71,0	95,0	358,0
GLU (mg/dl)	307	79,8	8,2	49,0	75,0	80,0	85,0	110,0

4.2 Retinale Gefäßanalyse und körperliche Aktivität und Inaktivität des Visit 1

4.2.1 Gesamtpopulation

Der Mittelwert der AVR bei Visit 1 (= AVR 1) bei allen Probanden lag bei $0,88 \pm 0,06$ (dimensionslose Größe). Der Mittelwert des CRAE bei Visit 1 (= CRAE 1) betrug $208,3 \pm 15,7 \mu\text{m}$. Eine Übersicht der Verteilung zeigt Abbildung 3. Der Mittelwert des CRVE bei Visit 1 (= CRVE 1) betrug $236,1 \pm 16,1 \mu\text{m}$. Die Verteilung wird in Abbildung 4 dargestellt. Die Werte aller Größen der retinalen Gefäßanalyse waren normalverteilt.

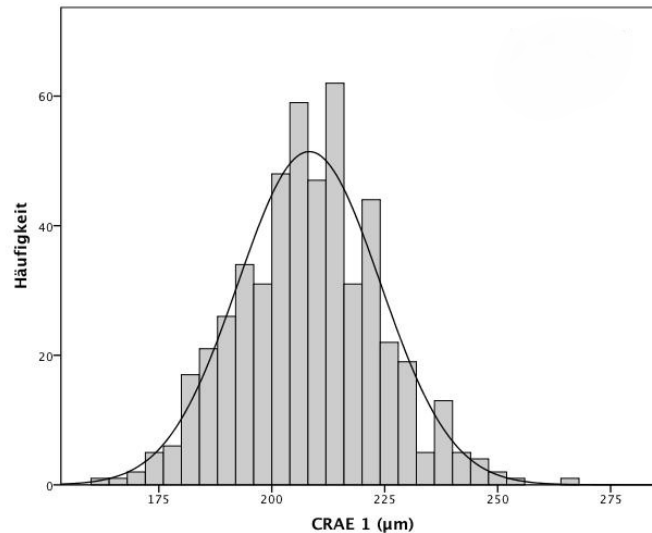


ABBILDUNG 3: VERTEILUNG DER WERTE DES CRAE 1 IN DER GESAMTPOPULATION MIT NORMALVERTEILUNGSKURVE

4.2.2 Retinale Gefäßanalyse nach Studiengruppen

Nach Studiengruppen getrennt betrug der Mittelwert der AVR 1 sowohl in der Kontroll- als auch in der Interventionsgruppe $0,88 \pm 0,06$ ($p = 0,687$). Der Mittelwert des CRAE 1 betrug in der Kontrollgruppe $209,4 \pm 15,3 \mu\text{m}$ und war größer als der Mittelwert von $207,5 \pm 16,0 \mu\text{m}$ in der Interventionsgruppe ($p = 0,178$). Für das CRVE 1 lag der Mittelwert in der Kontrollgruppe bei

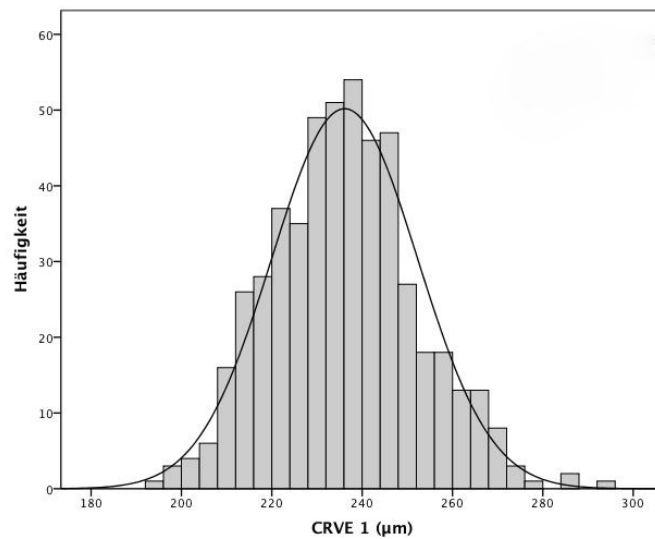


ABBILDUNG 4: VERTEILUNG DER WERTE DES CRVE 1 IN DER GESAMTPOPULATION MIT NORMALVERTEILUNGSKURVE

237,7 ± 16,3 µm und war größer als der Mittelwert von 234,9 ± 15,9 µm in der Interventionsgruppe ($p = 0,053$).

Die Verteilung der Werte des CRAE 1 nach Studiengruppe getrennt zeigt Abbildung 5, die Verteilung der Werte des CRVE 1 nach Studiengruppe getrennt zeigt Abbildung 6.

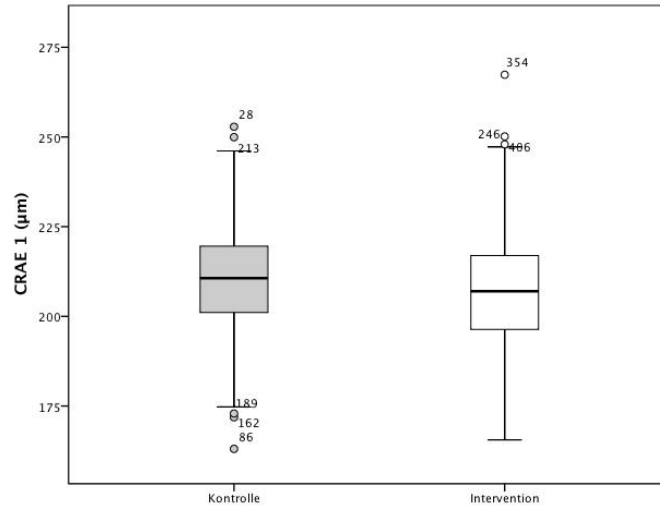


ABBILDUNG 5: DARSTELLUNG DER VERTEILUNG DER WERTE DES CRAE 1 IN DEN STUDIENGRUPPEN

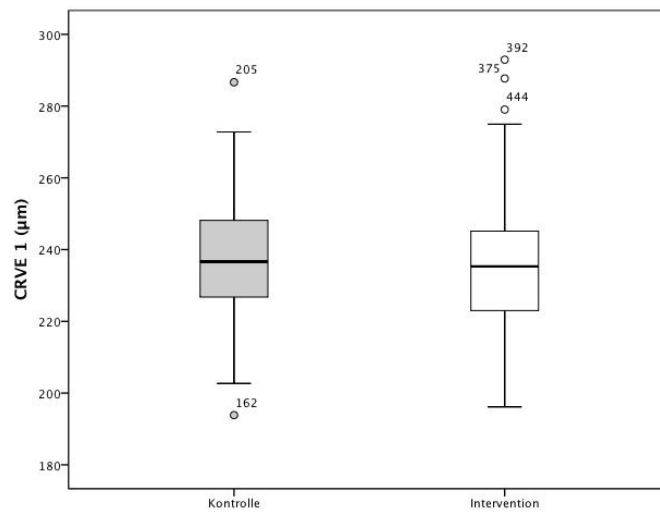


ABBILDUNG 6: DARSTELLUNG DER VERTEILUNG DER WERTE DES CRVE 1 IN DEN STUDIENGRUPPEN

4.2.3 Zusammenhang mit der Aktivität

Für die Aktivität lagen Daten von 406 Kindern sowohl von Visit 1 als auch von Visit 2 vor. Die Kinder waren bei Visit 1 durchschnittlich $3,2 \pm 1,8$ Tage(d)/Woche(w) mindestens 60 Minuten (min) aktiv. 143 Kinder (35,2%) waren *wenig aktiv* (≤ 2 d mind. 60 min.), 212 Kinder (52,2%) *durchschnittlich aktiv* (3–5 d mind. 60 min.) und 51 Kinder (12,6%) *sehr aktiv* (>5 d mind. 60 min.).

In der Gruppe *wenig aktiv* waren 75 Kinder aus der Kontrollgruppe und 68 Kinder aus der Interventionsgruppe. Die Gruppe *durchschnittlich aktiv* bestand aus 83 Kindern aus der Kontrollgruppe und 129 Kindern aus der Interventionsgruppe. Die Gruppe *sehr aktiv* bestand aus 20 Kindern aus der Kontrollgruppe und 31 Kinder aus der Interventionsgruppe (siehe Abbildung 7).

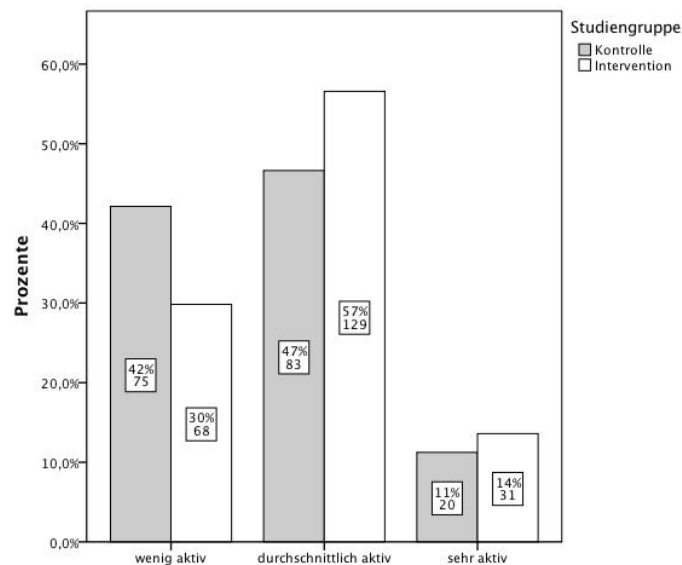


ABBILDUNG 7: AKTIVITÄTSNIVEAU NACH STUDIENGRUPPE BEI VISIT 1

Betrachtet man die Größen der retinalen Gefäßanalyse in Abhängigkeit vom Aktivitätsniveau *wenig aktiv*, *durchschnittlich aktiv* und *sehr aktiv*, so zeigt sich ein signifikanter Unterschied zwischen den Untergruppen. In der

TABELLE 3: RETINALE GEFÄSSGRÖSSEN IM VERGLEICH NACH AKTIVITÄTSKATEGORIE BEI VISIT 1. P IST ADJUSTIERT NACH ALTER UND GESCHLECHT.
P = SIGNIFIKANZNIVEAU, SD = STANDARDABWEICHUNG, AVR = ARTERIO-
VENÖSE RATIO, CRAE = ZENTRALES RETINALES ARTERIELLES ÄQUIVALENT,
CRVE = ZENTRALES RETINALES VENÖSES ÄQUIVALENT.

Retinale Gefäßgröße	Mittelwert (SD)			p
	wenig aktiv	durchschnittlich aktiv	sehr aktiv	
AVR 1	0,87 (0,06)	0,89 (0,06)	0,88 (0,06)	0,010
CRAE 1 (μm)	208,4 (15,1)	208,9 (15,1)	205,5 (18,4)	0,367
CRVE 1 (μm)	239,7 (16,8)	235,3 (15,7)	234,6 (16,3)	0,066

Gruppe der wenig aktiven Kinder war die AVR 1 (0,87) kleiner als bei den sehr aktiven Kindern (0,88) und bei den durchschnittlich aktiven Kindern (0,89) ($p = 0,010$). Das CRAE 1 und das CRVE 1 zeigten keine statistisch relevanten Unterschiede bei den Mittelwerten in Abhängigkeit vom Aktivitätsniveau (siehe Tabelle 3).

Bei Jungen ($n = 226$) lag der Mittelwert der aktiven Tage mit $3,4 \pm 1,7$ d/w über dem der Mädchen ($n = 180$) von $2,9 \pm 1,7$ d/w ($p = 0,001$).

In Abhängigkeit des Aktivitätsniveaus zeigte sich bei Visit 1 zwischen Jungen und Mädchen kein wesentlicher Unterschied des CRAE 1 oder des CRVE 1. Einzig die AVR 1 der Mädchen in der durchschnittlich aktiven Gruppe war signifikant größer als in den anderen Gruppen ($p = 0,024$). Die Abbildungen 8, 9 und 10 geben einen Überblick über die Verteilung der Werte.

Es bestand ein signifikanter Unterschied zwischen Kontroll- und Interventionsgruppe im Mittelwert der durchschnittlich aktiven Tage pro Woche. Der Mittelwert in der Kontrollgruppe ($n = 178$) lag mit $2,9 \pm 1,7$ d/w unter dem Mittelwert der Interventionsgruppe ($n = 228$) von $3,4 \pm 1,7$ d/w ($p = 0,014$). Betrachtet man die retinale Mikrozirkulation bei den Kindern, bei denen auch Daten zur Aktivität vorlagen, so betrug der Mittelwert der AVR 1 sowohl in der Kontroll- als auch in der Interventionsgruppe $0,88 \pm 0,06$ ($p = 0,845$). Das CRAE 1 betrug in der Kontrollgruppe $209,7 \pm 15,3 \mu\text{m}$ und war damit unwesentlich größer als mit $207,2 \pm 15,7 \mu\text{m}$ in der Inter-

ventionsgruppe ($p = 0,111$). Das CRVE 1 betrug in der Kontrollgruppe $238,1 \pm 16,5 \mu\text{m}$ und war damit unwesentlich größer als in der Interventionsgruppe mit $235,7 \pm 16,0 \mu\text{m}$ ($p = 0,126$).

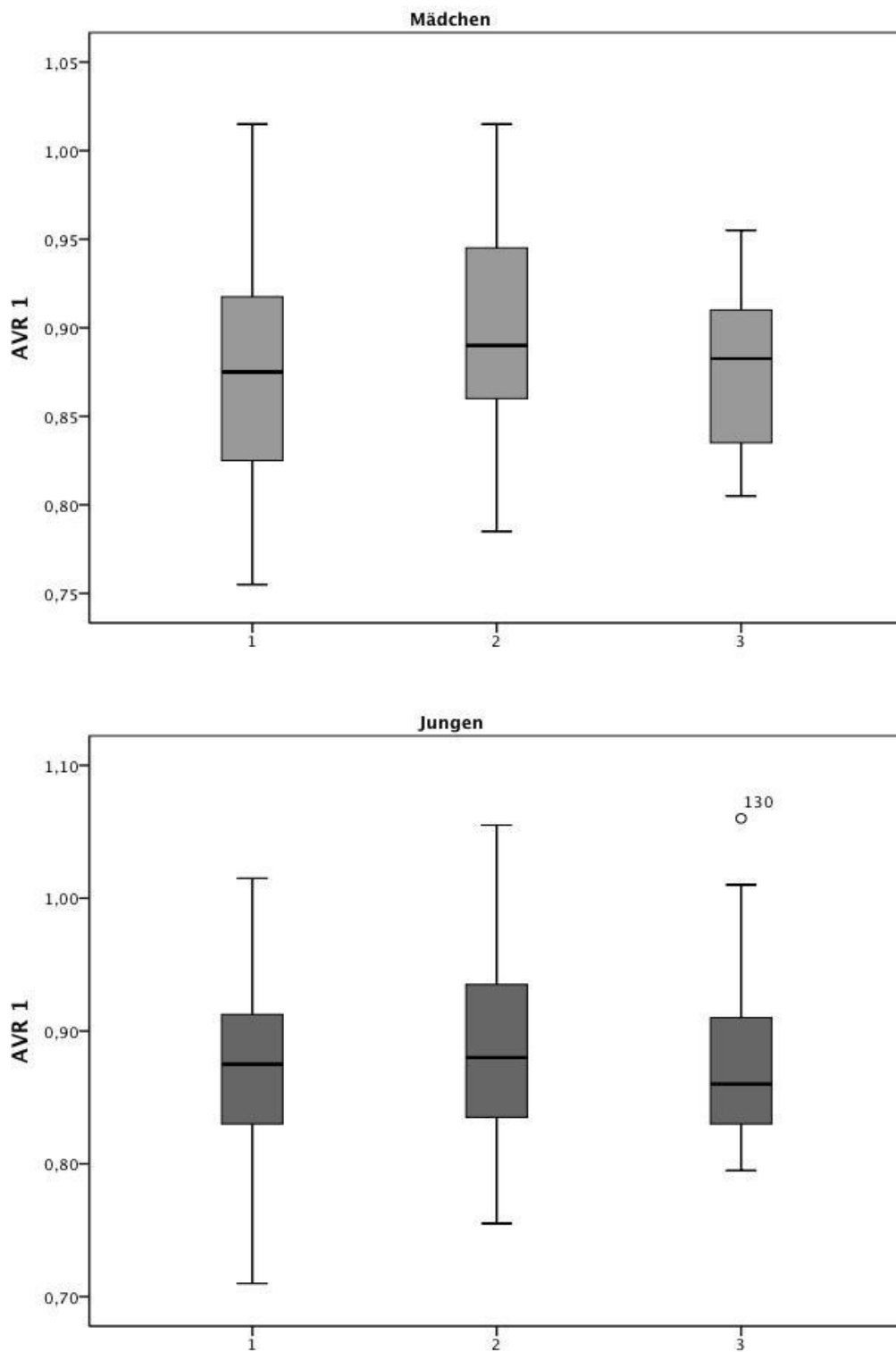


ABBILDUNG 8: DARSTELLUNG DER VERTEILUNG DER AVR BEI MÄDCHEN UND JUNGEN NACH AKTIVITÄTSNIVEAU BEI VISIT 1
1 = WENIG AKTIV, 2 = DURCHSCHNITTLICH AKTIV, 3 = SEHR AKTIV

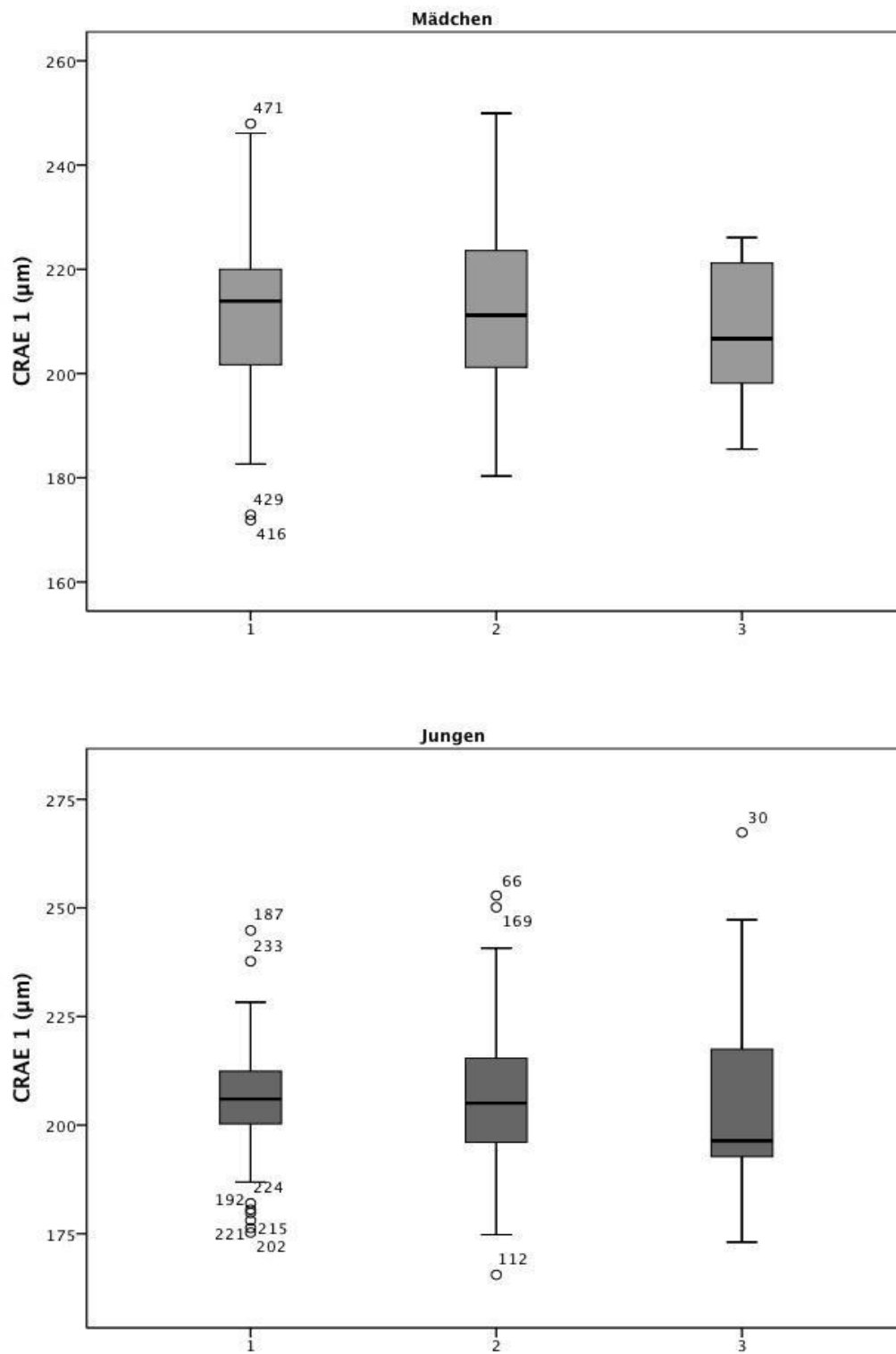


ABBILDUNG 9: DARSTELLUNG DER VERTEILUNG DES CRAE BEI MÄDCHEN UND JUNGEN NACH AKTIVITÄTSNIVEAU BEI VISIT 1
1 = WENIG AKTIV, 2 = DURCHSCHNITTLICH AKTIV, 3 = SEHR AKTIV

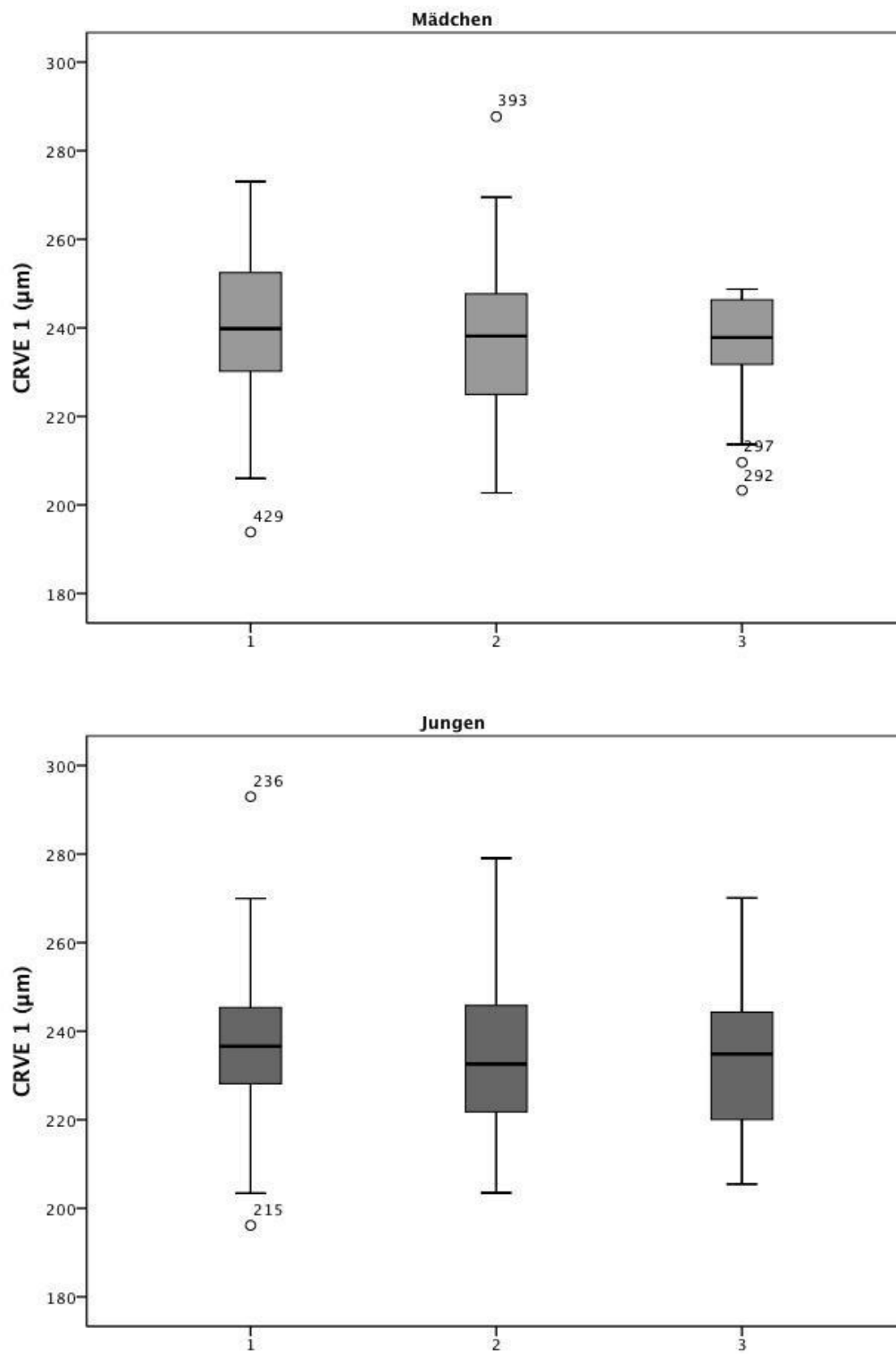


ABBILDUNG 10: DARSTELLUNG DER VERTEILUNG DES CRVE BEI MÄDCHEN UND JUNGEN NACH AKTIVITÄTSNIVEAU BEI VISIT 1
1 = WENIG AKTIV, 2 = DURCHSCHNITTLICH AKTIV, 3 = SEHR AKTIV

4.2.4 Zusammenhang mit Sitzverhalten/Sitzzeit

Für die Sitzzeit lagen Daten von 347 Kindern sowohl von Visit 1 als auch von Visit 2 vor. Es wurden Kinder ausgeschlossen, deren Sitzzeit größer als 87 Stunden (h)/Woche (w) war. Die Hälfte der Kinder hatte eine Sitzzeit zwischen 1,0 h/w und 21,5 h/w, der Mittelwert betrug 25,2 h/w. Die Werte der Sitzzeit waren nicht normalverteilt. Der Median der Sitzzeit war 21,5 h/w (Range 1,0; 87,0). In der Sitzzeitkategorie *gering inaktiv* ($\leq 16,0$ h/w) waren 44 Kinder aus der Kontroll- und 74 Kinder aus der Interventionsgruppe. In der Sitzzeitkategorie *moderat inaktiv* (16,1-28,0 h/w) waren 48 Kinder aus der Kontroll- und 69 Kinder aus der Interventionsgruppe. 59 Kinder aus der Kontroll- und 53 Kinder aus der Interventionsgruppe waren in der Sitzzeitkategorie *sehr inaktiv* ($> 28,0$ h/w) (siehe Abbildung 11).

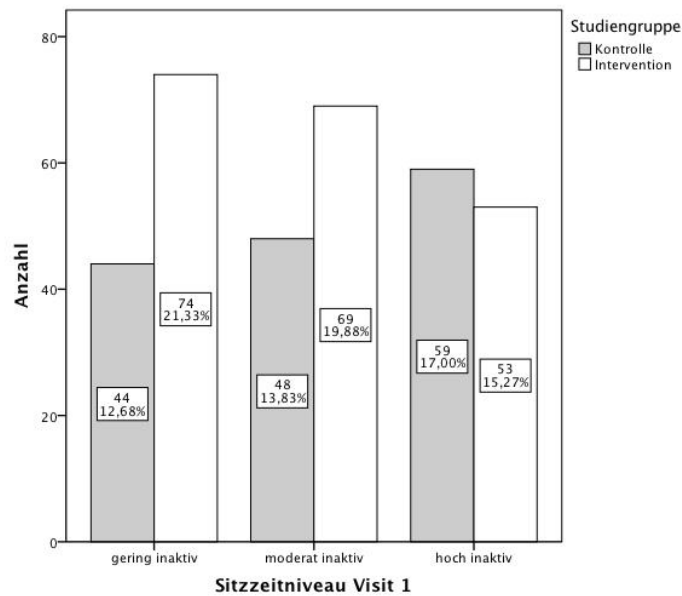


ABBILDUNG 11: SITZZEITNIVEAU NACH STUDIENGRUPPE BEI VISIT 1

Bei Betrachtung der Größen der retinalen Gefäßanalyse in Abhängigkeit der Sitzzeitniveaus *gering inaktiv*, *moderat inaktiv* und *sehr inaktiv* zeigte sich mit steigendem Sitzzeitniveau eine stetige Abnahme der Mittelwerte der AVR 1 und des CRAE 1. Der Mittelwert der AVR 1 betrug in der Gruppe *gering inaktiv* 0,89, in der Gruppe *moderat inaktiv* 0,88, und in der Gruppe

TABELLE 4: RETINALE GEFÄSSGRÖSSEN IM VERGLEICH NACH SITZZEITKATEGORIE BEI VISIT 1. P IST ADJUSTIERT NACH ALTER UND GESCHLECHT.
P = SIGNIFIKANZNIVEAU, SD = STANDARDABWEICHUNG, AVR = ARTERIO-
VENÖSE RATIO, CRAE = ZENTRALES RETINALES ARTERIELLES ÄQUIVALENT,
CRVE = ZENTRALES RETINALES VENÖSES ÄQUIVALENT.

Retinale Gefäßgröße	Mittelwert (SD)			p
	gering inaktiv	moderat inaktiv	sehr inaktiv	
AVR 1	0,89 (0,06)	0,88 (0,06)	0,87 (0,06)	0,092
CRAE 1 (μm)	210,0 (16,4)	208,7 (15,3)	204,8 (15,2)	0,071
CRVE 1 (μm)	236,7 (16,7)	237,2 (16,5)	235,8 (16,5)	0,723

sehr inaktiv 0,87 ($p = 0,092$). Der Mittelwert des CRAE 1 bei den gering Inaktiven lag bei 210,0 μm , bei den moderat Inaktiven bei 208,7 μm und bei den sehr Inaktiven bei 204,8 μm ($p = 0,071$). Der Mittelwert des CRVE 1 war bei moderat Inaktiven mit 237,2 μm größer als bei den gering Inaktiven mit 236,7 μm und den sehr Inaktiven mit 235,8 μm ($p = 0,723$) (siehe Tabelle 4).

Bei Jungen war der Median der Sitzzeit mit 23,5 h/w (Range: 2,0;87,0) größer als der Median der Mädchen von 19,0 h/w (Range: 1,0;84,0) (Mann-Whitney-U-Test $p = 0,009$). In Abhängigkeit des Sitzzeitniveaus zeigten sich bei den Größen der retinalen Mikrozirkulation keine signifikanten Unterschiede, weder bei den Jungen noch bei den Mädchen (siehe Abbildungen 12, 13 und 14).

Der Median der Sitzzeit von 25,5 h/w (Range: 2,0;87,0) in der Kontrollgruppe ($n = 151$) war größer als der Median von 21,0 h/w (Range: 1,0;84,0) in der Interventionsgruppe ($n = 196$) (Mann-Whitney-U-Test $p = 0,016$).

Betrachtet man die retinale Mikrozirkulation der Kinder, bei denen auch Daten zur Sitzzeit vorlagen, so betrug der Mittelwert der AVR 1 sowohl in der Kontroll- als auch in der Interventionsgruppe $0,88 \pm 0,06$ ($p = 0,937$). Das CRAE 1 betrug in der Kontrollgruppe $209,3 \pm 15,9 \mu\text{m}$ und war damit unwesentlich größer als mit $206,8 \pm 15,6 \mu\text{m}$ in der Interventionsgruppe ($p = 0,140$). Das CRVE 1 betrug in der Kontrollgruppe $238,1 \pm 17,3 \mu\text{m}$ und war damit unwesentlich größer als der Mittelwert von $235,4 \pm 15,9 \mu\text{m}$ in der Interventionsgruppe ($p = 0,126$).

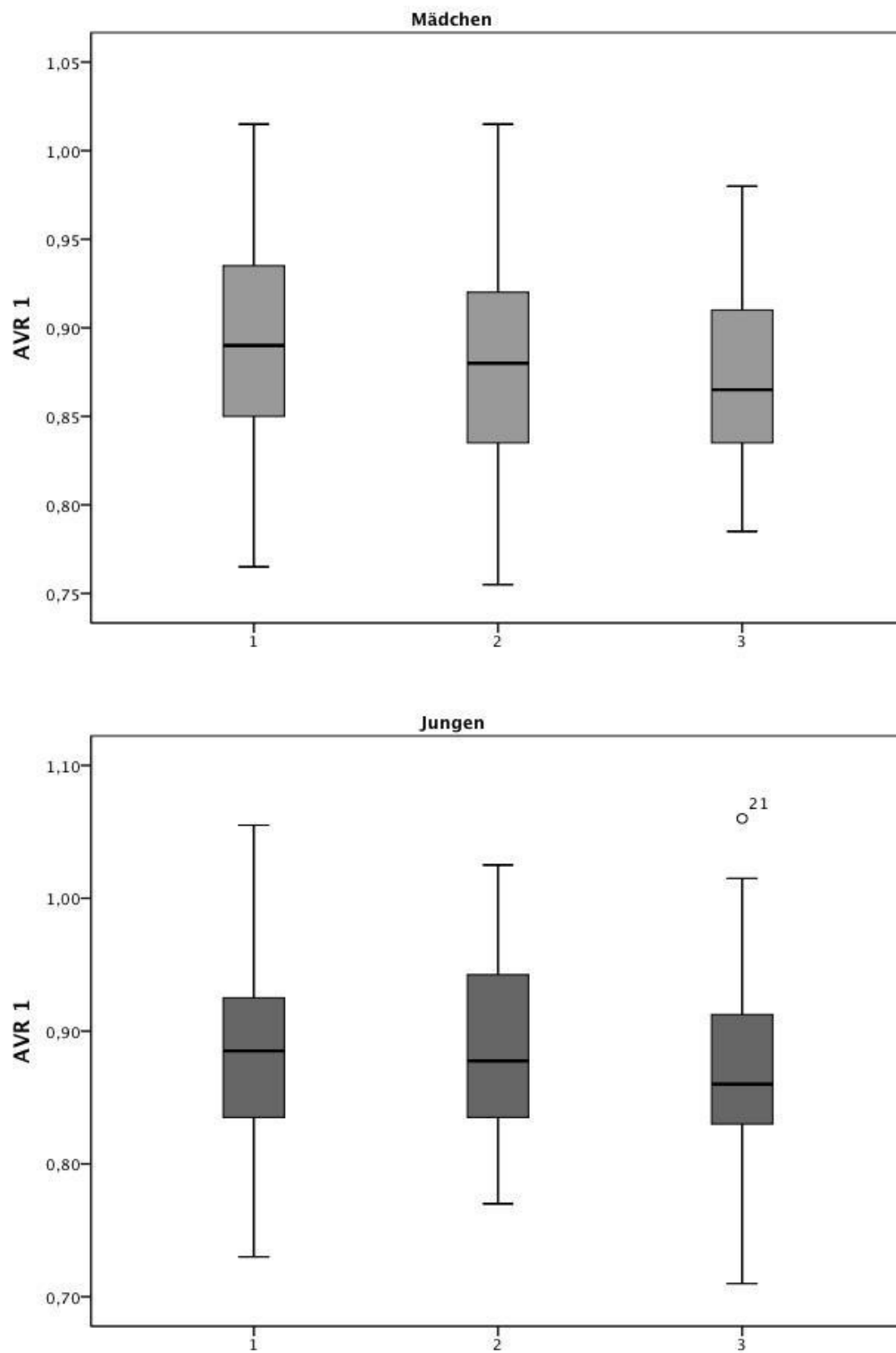


ABBILDUNG 12: DARSTELLUNG DER VERTEILUNG DER AVR BEI MÄDCHEN UND JUNGEN NACH SITZZEITNIVEAU BEI VISIT 1
1 = WENIG INAKTIV, 2 = MODERAT INAKTIV, 3 = SEHR INAKTIV

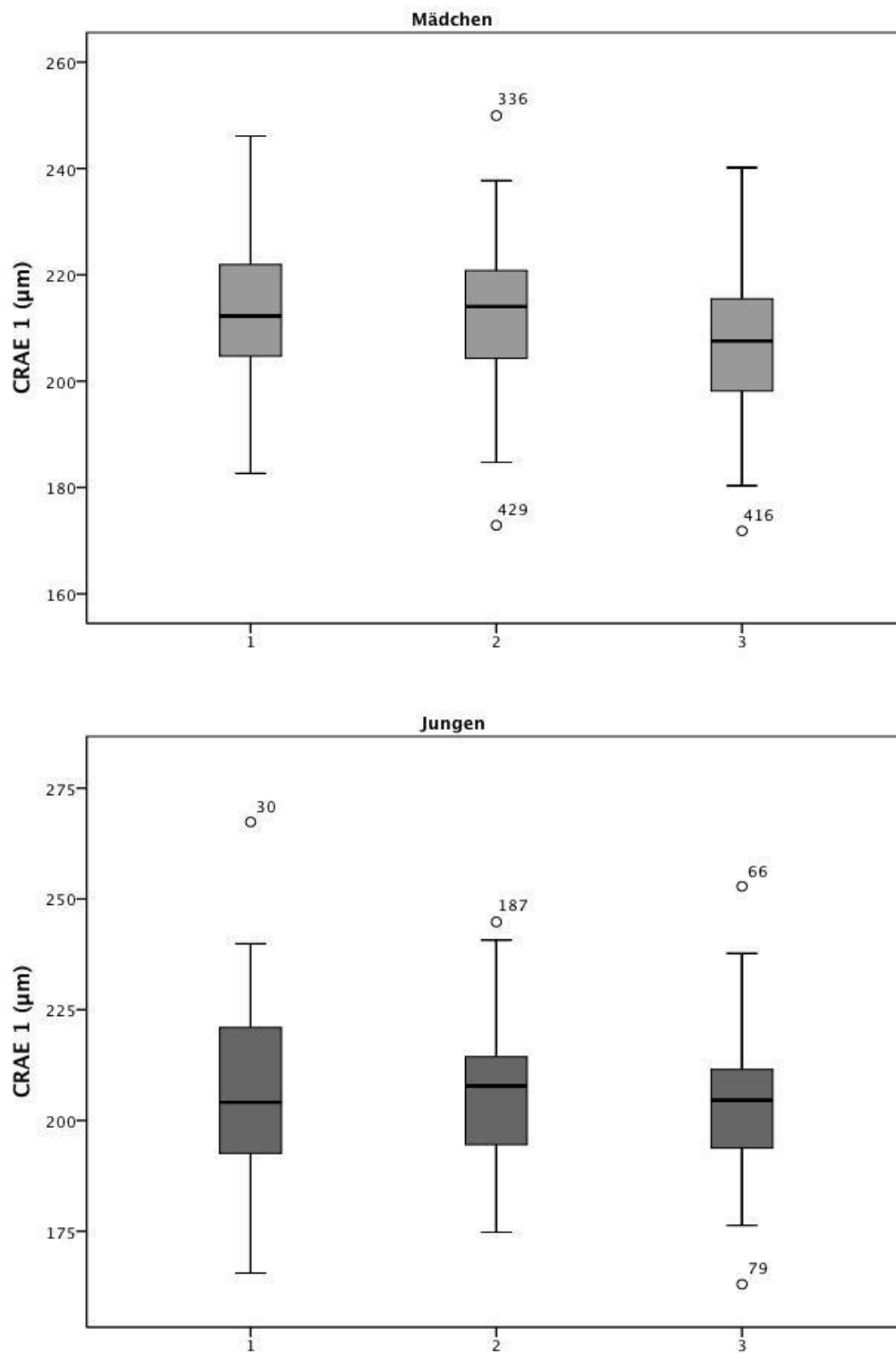


ABBILDUNG 13: DARSTELLUNG DER VERTEILUNG DES CRAE BEI MÄDCHEN UND JUNGEN NACH SITZZEITNIVEAU BEI VISIT 1
1 = WENIG INAKTIV, 2 = MODERAT INAKTIV, 3 = SEHR INAKTIV

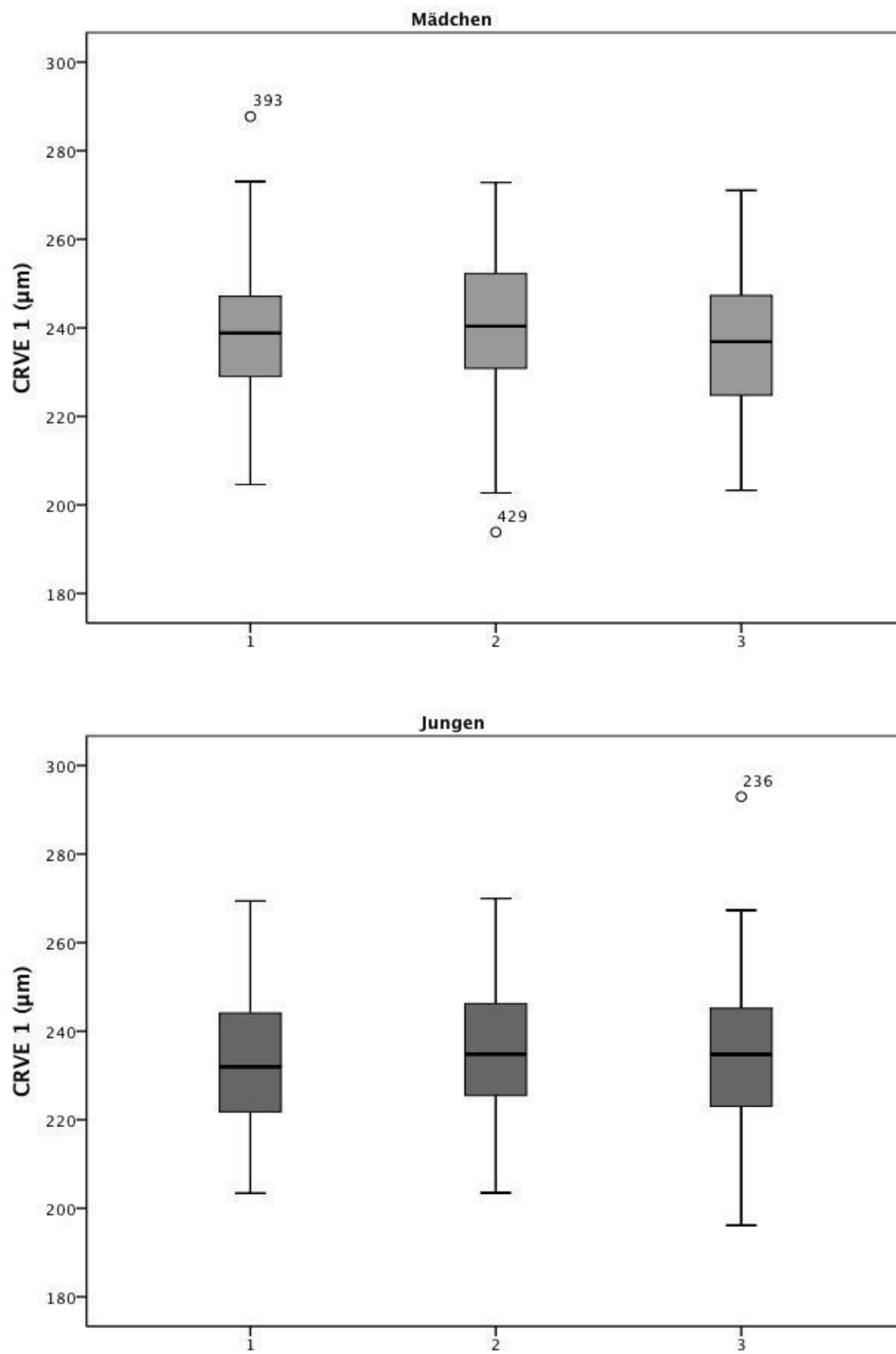


ABBILDUNG 14: DARSTELLUNG DER VERTEILUNG DES CRVE BEI MÄDCHEN UND JUNGEN NACH SITZZEITNIVEAU BEI VISIT 1
1 = WENIG INAKTIV, 2 = MODERAT INAKTIV, 3 = SEHR INAKTIV

TABELLE 5: PARTIELLE KORRELATIONEN DER GRÖSSEN DER RETINALEN GEFÄSSANALYSE MIT DER AKTIVITÄT UND DER SITZZEIT BEI VISIT 1. P IST ADJUSTIERT NACH ALTER UND GESCHLECHT. AVR = ARTERIO-VENÖSE RATIO, CRAE = ZENTRALES RETINALES ARTERIENÄQUIVALENT, CRVE = ZENTRALES RETINALES VENENÄQUIVALENT.

		AVR 1	CRAE 1	CRVE 1
AVR 1	Korrelationskoeffizient	1	0,562	-0,412
	Signifikanz (2-seitig)		<0,001	<0,001
CRAE 1	Korrelationskoeffizient	0,562	1	0,519
	Signifikanz (2-seitig)	<0,001		<0,001
CRVE 1	Korrelationskoeffizient	-0,412	0,519	1
	Signifikanz (2-seitig)	<0,001	<0,001	
Aktivität 1	Korrelationskoeffizient	0,076	-0,015	-0,100
	Signifikanz (2-seitig)	0,125	0,764	0,045
Sitzzeit 1	Korrelationskoeffizient	-0,125	-0,052	0,073
	Signifikanz (2-seitig)	0,020	0,337	0,178

4.3 Korrelationen der retinalen Gefäßanalyse

Die Korrelationen der retinalen Gefäßanalyse von Visit 1 mit körperlicher Aktivität und Sitzzeit werden in Tabelle 5 dargestellt. Es wurden nur Korrelationen mit Koeffizienten $< 0,2$ beobachtet. Diese Korrelationen sind gering. Die arteriellen Gefäßdurchmesser korrelierten weder mit der Aktivität noch mit der Sitzzeit. Die venösen Gefäße korrelierten gering positiv mit der wöchentlichen Aktivität ($r = 0,100$; $p = 0,045$).

Die AVR 1 korrelierte mit der Sitzzeit. Da die AVR der Quotient aus CRAE und CRVE ist, hängt die Korrelation der AVR 1 mit den Veränderungen von CRAE 1 und CRVE 1 zusammen. So war der Koeffizient negativ, wenn CRAE 1 abnahm oder CRVE 1 zunahm. Mit steigender Sitzzeit nahm nur das CRVE 1 zu. Es zeigten sich keine weiteren Korrelationen.

4.4 Vergleich der retinalen Gefäßanalyse aus Visit 1 und Visit 2

In der Kontrollgruppe betragen die Mittelwerte der AVR $0,88 \pm 0,06$ bei Visit 1 und $0,89 \pm 0,06$ bei Visit 2. Die Mittelwerte des CRAE betragen $209,4 \pm 15,3 \mu\text{m}$ bei Visit 1 und $210,7 \pm 16,6 \mu\text{m}$ bei Visit 2. Die Mittelwerte des CRVE betragen $237,7 \pm 16,3 \mu\text{m}$ bei Visit 1 und $237,8 \pm 15,9 \mu\text{m}$ bei Visit 2.

In der Interventionsgruppe betragen die Mittelwerte der AVR $0,88 \pm 0,06$ bei Visit 1 und $0,88 \pm 0,06$ bei Visit 2. Die Mittelwerte des CRAE betragen $207,5 \pm 16,0 \mu\text{m}$ bei Visit 1 und $206,5 \pm 15,8 \mu\text{m}$ bei Visit 2. Die Mittelwerte des CRVE betragen $234,9 \pm 15,9 \mu\text{m}$ bei Visit 1 und $234,1 \pm 15,1 \mu\text{m}$ bei Visit 2. Die Abbildungen 15, 16 und 17 zeigen vergleichende Darstellungen der Werte der retinalen Gefäßanalyse von Visit 1 und Visit 2 nach Studiengruppe getrennt.

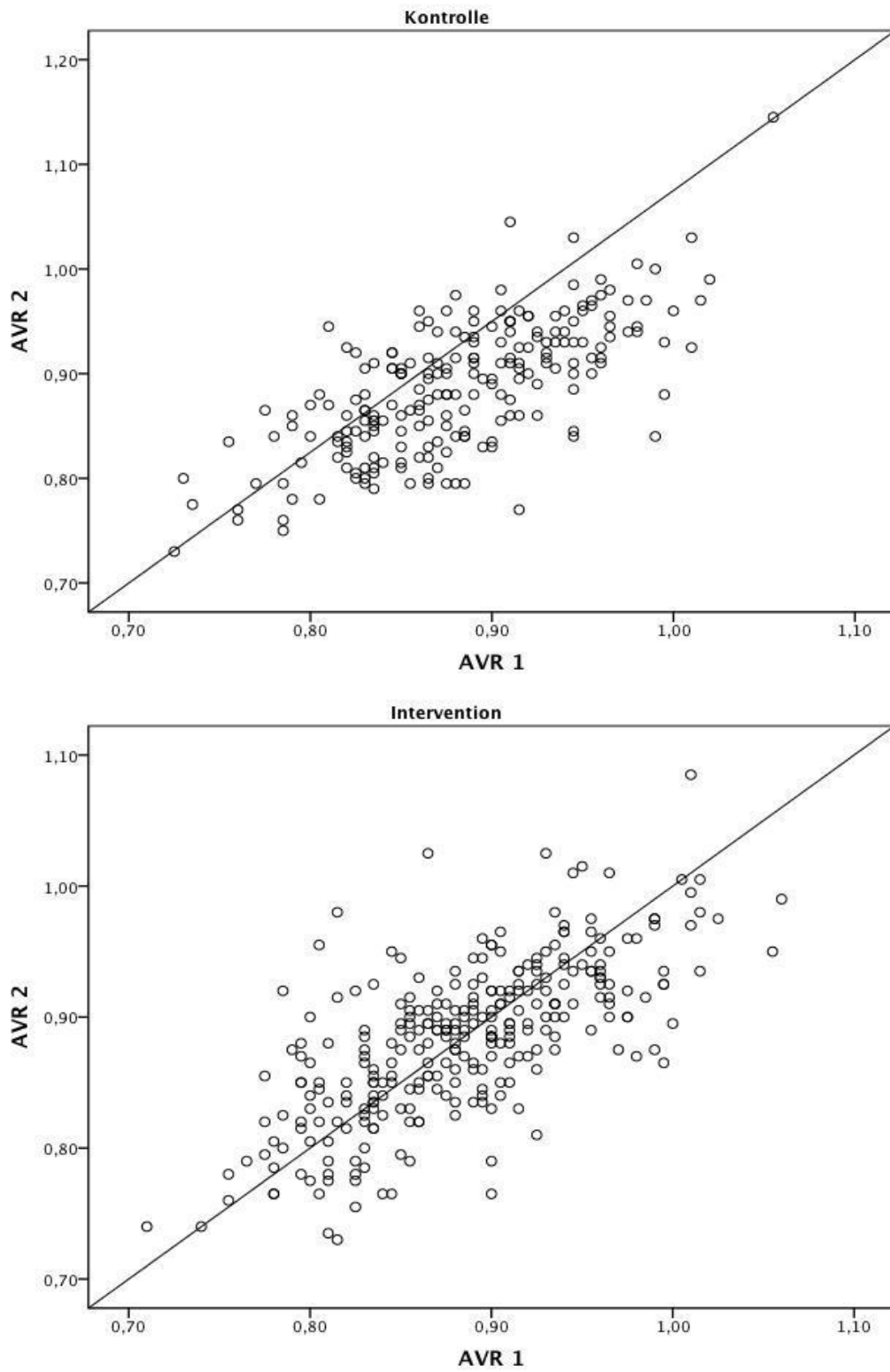


ABBILDUNG 15: WERTE DER AVR IM VERGLEICH ZWISCHEN VISIT 1 UND VISIT 2 GETRENNT NACH STUDIENGRUPPEN

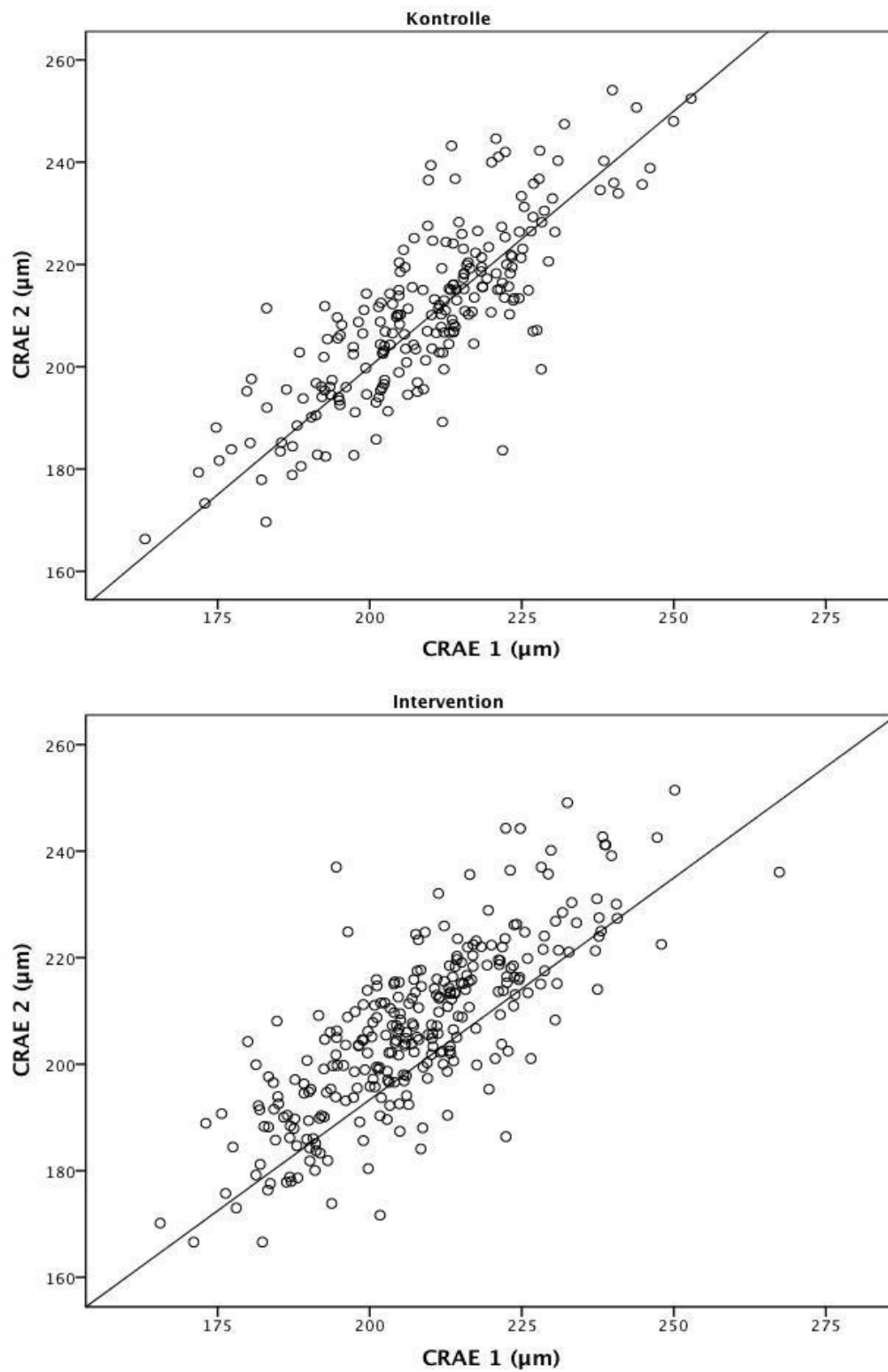


ABBILDUNG 16: WERTE DES CRAE IM VERGLEICH ZWISCHEN VISIT 1 UND VISIT 2 GETRENNT NACH STUDIENGRUPPEN

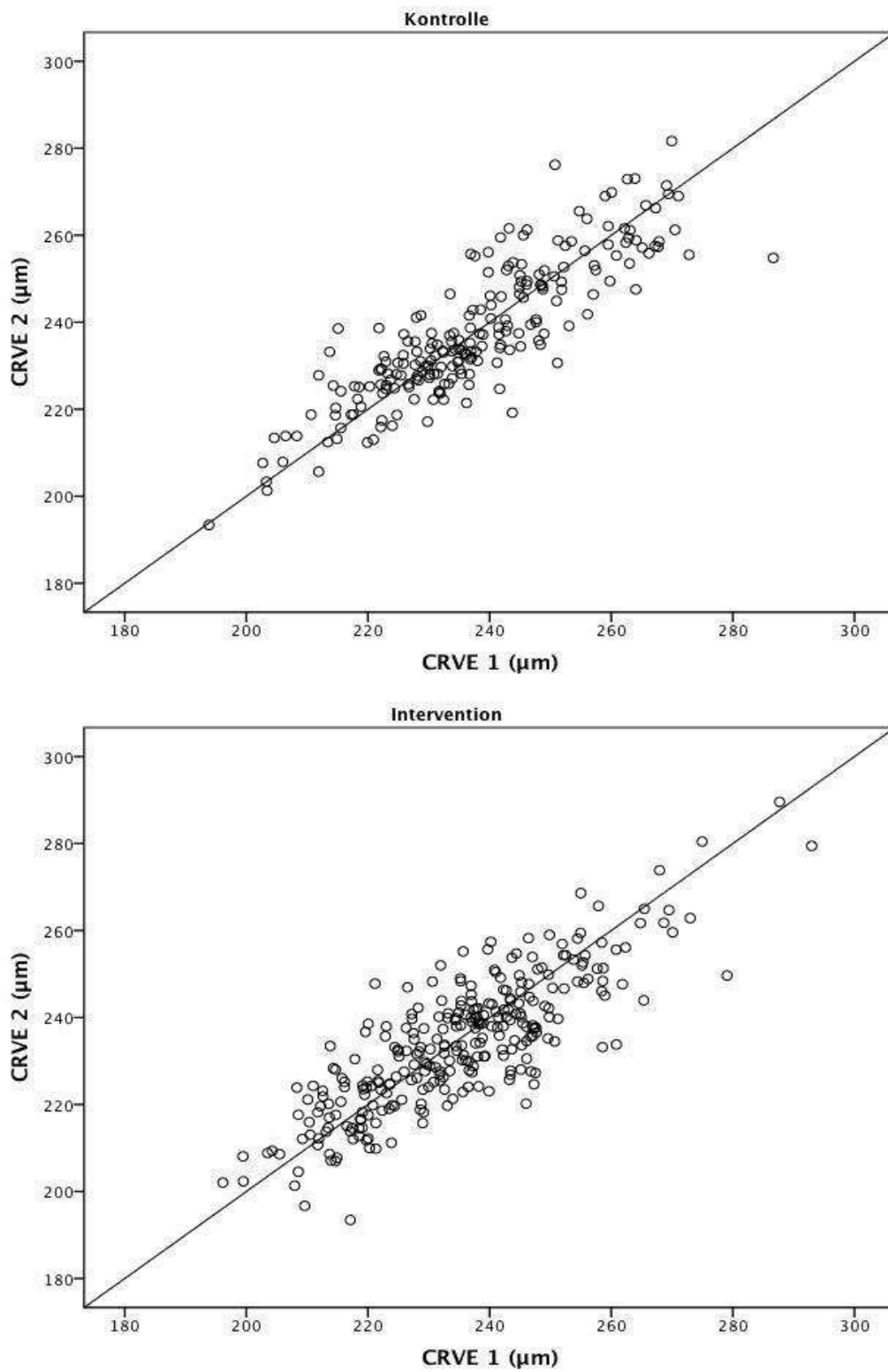


ABBILDUNG 17: WERTE DES CRVE IM VERGLEICH ZWISCHEN VISIT 1 UND VISIT 2 GETRENNT NACH STUDIENGRUPPEN

4.5 Qualitätskontrolle der Bildauswertung

Aufgrund der halbautomatischen Methode der Gefäßmessung besteht ein gewisses Risiko, dass in Abhängigkeit des Untersuchers unterschiedliche Ergebnisse zustande kommen. Deshalb wurde zur Kontrolle der Reproduzierbarkeit der Auswertungsergebnisse eine zufällige Stichprobe von 20 aus 507 Probanden aus Untersuchung 2 erneut untersucht. In den Abbildungen 18 und 19 werden anhand von Streudiagrammen die Ergebnisse der Kontrollauswertung des CRAE 2 und des CRVE 2 mit den Ergebnissen der Originalauswertung von CRAE 2 und CRVE 2 dargestellt. Die Ergebnisse wurden auf Korrelation getestet. Dabei zeigten sich bei der Wiederauswertung der 20 Aufnahme-paare bei allen Größen der retinalen Gefäßanalyse sehr starke Korrelationen zu den Originalauswertungen (siehe Tabelle 6).

Für die Bilder der Untersuchung 1 wurde eine Kontrollauswertung im Rahmen einer anderen Doktorarbeit durchgeführt. Hier zeigten sich ebenfalls sehr starke Korrelationen.

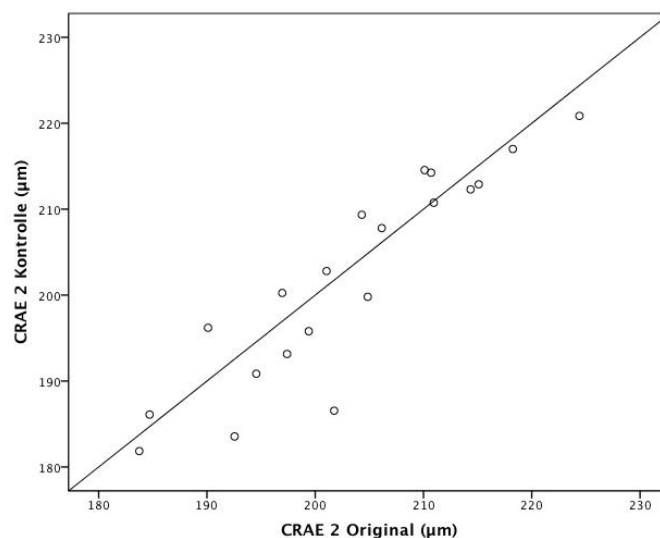


ABBILDUNG 18: QUALITÄTSKONTROLLE DER AUSWERTUNG DES CRAE 2

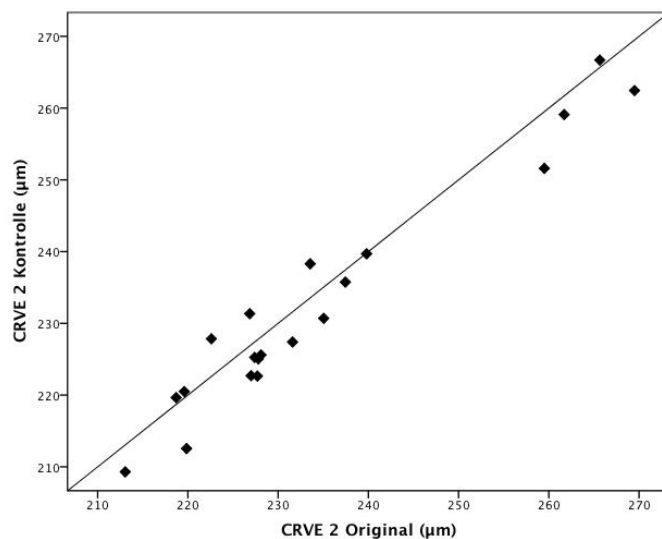


ABBILDUNG 19: QUALITÄTSKONTROLLE DER AUSWERTUNG DES CRVE 2

TABELLE 6: KORRELATIONEN EINER STICHPROBE VON 20 KONTROLLAUSWERTUNG DER RETINALEN GEFÄSSANALYSE

	Korrelation der Kontrollauswertung mit der Originalauswertung	Signifikanz (2-seitig)
AVR 2	0,934	<0,001
CRAE 2	0,908	<0,001
CRVE 2	0,972	<0,001

4.6 Vergleich der Studiengruppen nach sechsmonatiger Intervention

4.6.1 Retinale Gefäßanalyse

In der Kontrollgruppe war bei Visit 2 der Mittelwert der AVR um 0,005 (95 %-CI $-0,001$; $0,011$) größer ($p = 0,130$) als bei Visit 1. Die Mittelwerte des CRVE bei Visit 2 war um $0,12 \mu\text{m}$ (95 %-CI $-1,00$; $1,23$) größer als bei Visit 1 ($p = 0,839$). Der Mittelwert des CRAE bei Visit 2 war um $1,34 \mu\text{m}$ (95 %-CI $0,01$; $2,67$) größer als bei Visit 1 ($p = 0,048$).

In der Interventionsgruppe waren die Mittelwerte aller Größen der retinalen Gefäßanalyse nicht signifikant unterschiedlich zwischen Visit 1 und Visit 2. Die AVR war um 0,001 (95 %-CI $-0,007$; $0,004$) kleiner bei Visit 2 als bei Visit 1 ($p = 0,619$), das CRAE war um $0,98 \mu\text{m}$ (95 %-CI $-2,18$; $0,22$) ($p = 0,110$) kleiner als bei Visit 1 und das CRVE war um $0,83 \mu\text{m}$ (95 %-CI $-1,88$; $0,23$) ($p = 0,126$) kleiner als bei Visit 1.

Die Differenz der mittleren Änderungen der Werte der AVR zwischen den Studiengruppen betrug 0,006 (95 %-CI $-0,002$; $0,015$) ($p = 0,140$).

Die Differenz der mittleren Änderungen der Werte des CRAE zwischen den Studiengruppen betrug $2,32 \mu\text{m}$ (95 %-CI $0,52$; $4,12$) ($p = 0,012$).

Die Differenz der mittleren Änderungen der Werte des CRVE zwischen den Studiengruppen betrug $0,94 \mu\text{m}$ (95 %-CI $-0,62$; $2,50$) ($p = 0,235$).

Eine Darstellung der Veränderungen der Größen der retinalen Gefäßanalyse zwischen den Studiengruppen zeigt Tabelle 7.

TABELLE 7: VERGLEICH DER GRÖSSEN DER RETINALEN GEFÄSSANALYSE ZWISCHEN INTERVENTIONS- UND KONTROLLGRUPPE BEI VISIT 1 UND VISIT 2.

GR = STUDIENGRUPPE, N = ANZAHL PROBANDEN, DIFF = DIFFERENZ, MW = MITTELWERT, SD = STANDARDABWEICHUNG, AVR = ARTERIOVENÖSE RATIO, CRAE = ZENTRALES RETINALES ARTERIENÄQUIVALENT, CRVE = ZENTRALES RETINALES VENENÄQUIVALENT, K = KONTROLLGRUPPE, I = INTERVENTIONSGRUPPE, P = SIGNIFIKANZNIVEAU.

	Gr	N	Visit 1 V1 MW ± SD	Visit 2 V2 MW ± SD	Mittlere Diff. in Gruppe V2-V1 (95 % CI)	Diff. der mitt- leren Änderung zw. Gruppen (95 % CI)	p zw. Gruppen Δ V1/V2
AVR	K	217	0,88 ± 0,06	0,89 ± 0,06	0,005 (-0,001; 0,011)	0,006 (-0,002; 0,015)	0,140
	I	290	0,88 ± 0,06	0,88 ± 0,06	-0,001 (-0,007; 0,004)		
CRAE (µm)	K	217	209,4 ± 15,3	210,7 ± 16,6	1,34 (0,01; 2,67)	2,32 (0,52; 4,12)	0,012
	I	290	207,5 ± 16,0	206,5 ± 15,8	-0,98 (-2,18; 0,22)		
CRVE (µm)	K	217	237,7 ± 16,3	237,8 ± 15,9	0,12 (-1,00; 1,23)	0,94 (-0,62; 2,50)	0,235
	I	290	234,9 ± 15,9	234,1 ± 15,1	-0,83 (-1,88; 0,23)		

4.6.2 Aktivität

Der Mittelwert der Aktivität nahm in der Kontrollgruppe von $2,9 \pm 1,7$ d/w bei Visit 1 um $0,7$ d/w (95 %-CI 0,4; 1,0) zu und betrug $3,6 \pm 1,8$ d/w bei Visit 2 ($p < 0,001$). In 53 Fällen nahm die Aktivität ab, in 99 Fällen nahm sie zu und in 26 Fällen blieb sie gleich. Nach Aktivitätskategorie waren 32 Kinder sowohl bei Visit 1 als auch bei Visit 2 *wenig aktiv*. 37 Kinder steigerten sich von *wenig aktiv* auf *durchschnittlich aktiv* und 6 Kinder von *wenig aktiv* auf *sehr aktiv*. 46 Kinder waren sowohl bei Visit 1 als auch bei Visit 2 *durchschnittlich aktiv*. 15 Kinder, die bei Visit 1 *durchschnittlich aktiv* gewesen sind, waren bei Visit 2 *wenig aktiv*. 22 Kinder steigerten sich von *durchschnittlich aktiv* auf *sehr aktiv*. 7 Kinder waren sowohl bei Visit 1 als auch bei Visit 2 *sehr aktiv*, 12 Kinder nahmen von *sehr aktiv* auf *durchschnittlich aktiv* und 1 Kind von *sehr aktiv* auf *wenig aktiv* ab.

In der Interventionsgruppe nahm der Mittelwert der Aktivität von $3,4 \pm 1,7$ d/w bei Visit 1 um $0,4$ d/w (95 %-CI 0,1; 0,6) zu und betrug $3,7 \pm 1,7$ d/w ($p = 0,005$) bei Visit 2. In 79 Fällen hat die Aktivität ab-, in 120 Fällen

TABELLE 8: VERGLEICH DER AKTIVITÄT ZWISCHEN KONTROLL- UND INTERVENTIONS-GRUPPE BEI VISIT 1 UND VISIT 2.

GR = STUDIENGRUPPE, N = ANZAHL PROBANDEN, DIFF = DIFFERENZ, P = SIGNIFIKANZNIVEAU, MW = MITTELWERT, SD = STANDARDABWEICHUNG, K = KONTROLLGRUPPE, I = INTERVENTIONSGRUPPE.

	Gr	N	Visit 1	Visit 2	Mittlere Diff.	Diff. der mittleren	p zwischen
			V1	V2	in Gruppe	Änderung zwischen	Gruppen
			MW ± SD	MW ± SD	V2-V1 (95%-CI)	Gruppen (95% CI)	Δ V1/V2
Aktivität	K	178	2,9 ± 1,7	3,6 ± 1,8	0,7 (0,4; 1,0)	0,35 (-0,04; 0,74)	0,078
(d/w)	I	228	3,4 ± 1,7	3,7 ± 1,7	0,4 (0,1; 0,6)		

zugenommen. In 29 Fällen blieb die Aktivität gleich. Nach Aktivitätskategorie waren 23 Kinder sowohl bei Visit 1 als auch bei Visit 2 *wenig aktiv*. 36 Kinder steigerten sich von *wenig aktiv* auf *durchschnittlich aktiv* und 9 Kinder auf *sehr aktiv*. 83 Kinder waren sowohl bei Visit 1 als auch bei Visit 2 *durchschnittlich aktiv*, 23 Kinder sanken von *durchschnittlich aktiv* auf *wenig aktiv*, und 23 Kinder stiegen von *durchschnittlich aktiv* auf *sehr aktiv*. 14 Kinder waren sowohl bei Visit 1 als auch bei Visit 2 *sehr aktiv*, 13 Kinder sanken von *sehr aktiv* auf *durchschnittlich aktiv* und 4 Kinder von *sehr aktiv* auf *wenig aktiv*.

Die Differenz der mittleren Änderung der Aktivität zwischen Kontroll- und Interventionsgruppe betrug 0,35 d/w (95 %-CI -0,04; 0,74) ($p = 0,078$). Eine Darstellung der Werte und der Veränderungen zeigt Tabelle 8.

4.6.3 Sitzverhalten/Sitzzeit

In der Kontrollgruppe nahm der Median der Sitzzeit von 25,5 h/w bei Visit 1 auf 24,0 h/w bei Visit 2 ab (Wilcoxon-Test $p = 0,839$). In 75 Fällen nahm die Sitzzeit zu, in 74 Fällen ab. In 3 Fällen blieb die Sitzzeit gleich.

26 Kinder waren sowohl bei Visit 1 als auch bei Visit 2 *gering inaktiv*. 10 Kinder hatten eine Zunahme der Sitzzeitkategorie von *gering inaktiv* auf *moderat inaktiv*, und 8 Kinder von *gering inaktiv* auf *sehr inaktiv*. 18 Kinder waren sowohl bei Visit 1 als auch bei Visit 2 *moderat inaktiv*. 10 Kinder sanken von der Sitzzeitkategorie *moderat inaktiv* auf *gering inaktiv*. 20 Kinder erhöhten die Sitzzeitkategorie von *moderat inaktiv* auf *sehr inaktiv*. 34 Kinder waren sowohl bei Visit 1 als auch bei Visit 2 *sehr inaktiv*, 14 Kinder sanken von der Sitzzeitkategorie *sehr inaktiv* auf *moderat inaktiv*, und 11 Kinder von *sehr inaktiv* auf *gering inaktiv* ab.

In der Interventionsgruppe nahm der Median der Sitzzeit von 21,0 h/w bei Visit 1 auf 19,5 h/w bei Visit 2 ab (Wilcoxon-Test $p = 0,813$). In 95 Fällen nahm die Sitzzeit zu, in 98 Fällen ab. In 3 Fällen blieb die Sitzzeit gleich. 43 Kinder hatten sowohl bei Visit 1 als auch bei Visit 2 die Sitzzeitkategorie *gering inaktiv*. Eine Zunahme der Sitzzeitkategorie von *gering inaktiv* auf *moderat inaktiv* hatten 23 Kinder, eine Zunahme auf *sehr inaktiv* 8 Kinder. 30 Kinder waren sowohl bei Visit 1 als auch bei Visit 2 *moderat inaktiv*. Aus der Sitzzeitkategorie *moderat inaktiv* erhöhten 20 Kinder die Kategorie auf *sehr inaktiv*. 19 Kinder aus der Sitzzeitkategorie *moderat inaktiv* verringerten sich auf *gering inaktiv*. Aus der Kategorie *sehr inaktiv* verringerten sich 11 Kinder auf *moderat inaktiv* und 11 Kinder auf *gering inaktiv*, 31 Kinder waren sowohl bei Visit 1 als auch bei Visit 2 *sehr inaktiv*.

Die Differenz der mittleren Änderungen der Sitzzeit in den Studiengruppen betrug $-0,35$ h/w (95 %-CI $-4,37; 3,67$) ($p = 0,797$). Eine Auflistung aller Werte zeigt Tabelle 9.

4.6.4 Body-Mass-Index

Die Mittelwerte des BMI in Kontroll- ($19,3 \pm 3,8$ kg/m²) und Interventionsgruppe ($19,0 \pm 3,5$ kg/m²) unterschieden sich bei Visit 1 nur unwesentlich

TABELLE 9: VERGLEICH DER SITZZEIT ZWISCHEN KONTROLL- UND INTERVENTIONSGRUPPE BEI VISIT 1 (= V 1) UND VISIT 2 (= V 2).

GR = STUDIENGRUPPE, N = ANZAHL PROBANDEN, DIFF = DIFFERENZ,
 I = INTERVENTION, K = KONTROLLE, P (W) = SIGNIFIKANZ IM WILCOXON-TEST, P (T) = SIGNIFIKANZNIVEAU IM T-TEST.

	Gr	N	V 1 Median (Range)	V 2 Median (Range)	p (W) in Gruppe $\Delta V 1/V 2$	Diff. der mittleren Änderung zw. Gruppen (95 % CI)	p (T) zw. Gruppen $\Delta V 1/V 2$
Sitzzeit	K	151	25,5 (2,0; 87,0)	24,0 (4,5; 86,5)	0,839	-0,35 (-4,37; 3,67)	0,797
(h/w)	I	196	21,0 (1,0; 84,0)	19,5 (0,0; 84,0)	0,813		

($p = 0,311$).

In der Kontrollgruppe waren bei Visit 2 29 Kinder (13,4 %) übergewichtig und 20 Kinder (9,2 %) adipös. Der Mittelwert des BMI nahm im Vergleich zu Visit 1 von $19,3 \pm 3,8 \text{ kg/m}^2$ um $0,4 \text{ kg/m}^2$ (95 %-CI 0,3; 0,6) zu und betrug $19,8 \pm 3,9 \text{ kg/m}^2$ bei Visit 2 ($p < 0,001$). 11 Kinder hatten bei Visit 2 eine niedrigere Gewichtsklasse als bei Visit 1. Drei normalgewichtige Kinder wurden untergewichtig, vier übergewichtige Kinder wurden normalgewichtige, und vier adipöse Kinder wurden übergewichtig. Zwölf Kinder hatten bei Visit 2 eine höhere Gewichtsklasse als bei Visit 1. Fünf Kinder, die bei Visit 1 untergewichtig waren, wurden normalgewichtige. Drei Kinder mit Normalgewicht wurden übergewichtig, vier übergewichtige Kinder wurden adipös.

In der Interventionsgruppe waren bei Visit 2 34 Kinder übergewichtig (11,7 %) und 24 Kinder (8,3 %) adipös. Der Mittelwert des BMI nahm von $19,0 \pm 3,5 \text{ kg/m}^2$ bei Visit 1 um $0,5 \text{ kg/m}^2$ (95 %-CI 0,4; 0,6) zu und betrug bei Visit 2 $19,5 \pm 3,5 \text{ kg/m}^2$ ($p < 0,001$). 14 Kinder hatten bei Visit 2 eine niedrigere Gewichtsklasse als bei Visit 1. Zwei normalgewichtige Kinder verringerten die Gewichtsklasse auf untergewichtig, sechs übergewichtige Kinder auf normalgewichtige, und sechs adipöse Kinder auf übergewichtig. 17 Kinder hatten eine höhere Gewichtsklasse, acht Kinder, die bei Visit 1 untergewichtig waren, wurden bei Visit 2 normalgewichtige. Vier Kinder (drei Mädchen und ein Junge) mit Normalgewicht wurden übergewichtig, fünf Kinder (zwei Mädchen und drei Jungen) mit Übergewicht wurden adipös.

Die Differenz der mittleren Änderung des BMI zwischen den Studiengruppen betrug $-0,04 \text{ kg/m}^2$ (95 %-CI $-0,19; 0,11$) ($p = 0,625$). Eine Auf-

TABELLE 10: VERGLEICH DER WERTE DES BMI ZWISCHEN KONTROLL- UND INTERVENTIONSGRUPPE BEI VISIT 1 UND VISIT 2.

GR. = STUDIENGRUPPE, N = ANZAHL PROBANDEN, DIFF = DIFFERENZ, MW = MITTELWERT, SD = STANDARDABWEICHUNG, P = SIGNIFIKANZNIVEAU, ZW. = ZWISCHEN K = KONTROLLGRUPPE, I = INTERVENTIONSGRUPPE, BMI = BODY-MASS-INDEX.

	Gr.	N	Visit 1	Visit 2	Mittlere Diff in Gruppe V 2-V 1 (95 % CI)	Diff der mittleren Änderung zw. Gruppen (95 % CI)	p zw. Gruppen Δ V 1/V 2
			V 1 MW \pm SD	V 2 MW \pm SD			
BMI (kg/m ²)	K	217	19,3 \pm 3,8	19,8 \pm 3,9	0,4 (0,3; 0,6)	-0,04 (-0,19; 0,11)	0,625
	I	290	19,0 \pm 3,5	19,5 \pm 3,5	0,5 (0,4; 0,6)		

listung aller Werte zeigt Tabelle 10.

4.6.5 Arterieller Blutdruck

Es lagen von 503 Kindern, 216 Kinder aus der Kontroll- und 288 Kinder aus der Interventionsgruppe, sowohl von Visit 1 als auch von Visit 2 Daten zum Blutdruck vor.

In der Kontrollgruppe unterschieden sich die Mittelwerte des arteriellen Blutdrucks sowohl bei den systolischen als auch bei den diastolischen Werten nicht wesentlich zwischen Visit 1 und Visit 2. Der Mittelwert des systolischen Blutdrucks betrug 118 ± 9 mmHg bei Visit 1, der Mittelwert bei Visit 2 119 ± 10 mmHg. Die mittlere Differenz (Visit 2 - Visit 1) des systolischen Blutdrucks betrug 0,9 mmHg (95 %-CI -0,5; 2,4) ($p = 0,197$). Der Mittelwert des diastolischen Blutdrucks betrug 73 ± 7 mmHg bei Visit 1, der Mittelwert bei Visit 2 73 ± 7 mmHg. Die mittlere Differenz (Visit 2 - Visit 1) des diastolischen Blutdrucks betrug 0,4 mmHg (95 %-CI -0,8; 1,7) ($p = 0,497$).

In der Interventionsgruppe unterschieden sich die Mittelwerte des systolischen Blutdrucks nicht wesentlich, der Mittelwert betrug 119 ± 10 mmHg bei Visit 1, der Mittelwert des systolischen Blutdrucks bei Visit 2 119 ± 11 mmHg. Die mittlere Differenz (Visit 2 - Visit 1) betrug -0,1 mmHg (95 %-CI -1,4; 1,3) ($p = 0,941$). Die Mittelwerte des diastolischen Blutdrucks in der Interventionsgruppe unterschieden sich signifikant zwischen Visit 1 und Visit 2. Der Mittelwert des diastolischen Blutdrucks bei Visit 1 betrug 75 ± 8 mmHg, der Mittelwert bei Visit 2 73 ± 6 mmHg. Die mittlere Differenz (Visit 2 - Vi-

TABELLE 11: VERGLEICH DER WERTE DES BLUTDRUCKS ZWISCHEN KONTROLL- UND INTERVENTIONSGRUPPE BEI VISIT 1 UND VISIT 2.

GR. = STUDIENGRUPPE, N = ANZAHL PROBANDEN, DIFF = DIFFERENZ, MW = MITTELWERT, SD = STANDARDABWEICHUNG, P = SIGNIFIKANZNIVEAU, ZW.= ZWISCHEN, SAP = SYSTOLISCHER BLUTDRUCK, DAP = DIASTOLISCHER BLUTDRUCK, K = KONTROLLGRUPPE, I = INTERVENTIONSGRUPPE.

	Gr.	N	Visit 1 V 1 MW \pm SD	Visit 2 V 2 MW \pm SD	Mittlere Diff. in Gruppe V 2-V 1 (95%-CI)	Diff. der mittleren Änderung zw. Gruppen (95%-CI)	p zw. Gruppen Δ V 1/V 2
SAP (mmHg)	K	216	118 \pm 9	119 \pm 10	0,9 (-0,5; 2,4)	1,0 (-1,0; 3,0)	0,331
	I	287	119 \pm 10	119 \pm 11	-0,1 (-1,4; 1,3)		
DAP (mmHg)	K	216	73 \pm 7	73 \pm 7	0,4 (-0,8; 1,7)	2,7 (1,1; 4,3)	0,001
	I	287	75 \pm 8	73 \pm 6	-2,3 (-3,3; -1,3)		

sit 1) des diastolischen Blutdrucks betrug $-2,3$ mmHg (95 %-CI $-3,3; -1,3$) ($p < 0,001$).

Die Differenz der mittleren Änderung des systolischen Blutdrucks zwischen den Studiengruppen betrug $1,0$ mmHg (95 %-CI $-1,0; 3,0$) ($p = 0,331$).

Die Differenz der mittleren Änderung des diastolischen Blutdrucks betrug $2,7$ mmHg (95 %-CI $1,1; 4,3$) ($p = 0,001$). Eine Auflistung aller Werte zeigt Tabelle 11.

In der Kontrollgruppe hatten 31 Kinder, deren Blutdruck bei Visit 1 normal war, bei Visit 2 einen Blutdruck ≥ 130 mmHg systolisch oder ≥ 85 mmHg diastolisch. 29 Kinder, die bei Visit 1 einen Blutdruck ≥ 130 mmHg systolisch oder ≥ 85 mmHg diastolisch hatten, zeigten bei Visit 2 einen normalen Blutdruck.

In der Interventionsgruppe wiesen 31 Kinder, deren Blutdruck bei Visit 1 normal war, bei Visit 2 einen Blutdruck ≥ 130 mmHg systolisch oder ≥ 85 mmHg diastolisch auf. 58 Kinder, deren Blutdruck bei Visit 1 erhöht gemessen wurde, wiesen bei Visit 2 normale Blutdruckwerte auf.

4.6.6 Laborwerte

In der Kontrollgruppe lagen Daten von 133 Kindern zum HDL, von 132 Kindern zur Nüchtern glukose und von 129 Kindern zu den Triglyceriden vor. Bei Visit 1 hatten zwei Kinder ein erniedrigtes HDL-Cholesterin (< 40 mg/dl).

TABELLE 12: VERGLEICH DER LABORWERTE ZWISCHEN KONTROLL- UND INTERVENTIONSGRUPPE BEI VISIT 1 UND VISIT 2.

GR = STUDIENGRUPPE, N = ANZAHL PROBANDEN, DIFF = DIFFERENZ, P = SIGNIFIKANZNIVEAU, MW = MITTELWERT, SD = STANDARDABWEICHUNG, K = KONTROLLGRUPPE, I = INTERVENTIONSGRUPPE, HDL = HDL-CHOLESTERIN, GLU = NÜCHTERNGLUKOSE.

Gr	N	Visit 1 V 1 MW ± SD	Visit 2 V 2 MW ± SD	Mittlere Diff. in Gruppe V 2-V 1 (95%-CI)	Diff. der mittleren Änderung zw. Gruppen (95%-CI)	p zw. Gruppen Δ V 1/V 2
HDL (mg/dl)	K I	133 175	66,3 ± 16,0 64,1 ± 12,2	55,6 ± 10,9 56,9 ± 10,4	-10,7 (-12,6; -8,9) -7,1 (-8,2; -6,0)	-3,6 (-5,7; -1,5) 0,001
GLU (mg/dl)	K I	132 175	79,4 ± 9,3 80,2 ± 7,3	75,3 ± 8,7 73,4 ± 9,2	-4,1 (-5,9; -2,2) -6,7 (-8,0; -5,5)	2,7 (0,5; 4,8) 0,016

Keines verbesserte sich auf normale HDL-Werte. Sechs Kinder, die bei Visit 1 ein normales HDL hatten, sanken auf erniedrigtes HDL bei Visit 2 ab. Bei Visit 1 hatten sechs Kinder erhöhte Nüchtern glukose (≥ 100 mg/dl), die bei Visit 2 alle normale Nüchtern glukosewerte hatten. Bei zwei Kindern, die Visit 1 normale Nüchtern glukosewerte hatten, wurden bei Visit 2 erhöhte Nüchtern glukosewerte gemessen. Zehn Kinder hatten bei Visit 1 erhöhte Triglyceride (≥ 150 mg/dl). Von diesen zehn Kindern wiesen sieben bei Visit 2 normale Triglyceride auf. Acht Kinder, die bei Visit 1 normale Triglyceride hatten, wiesen bei Visit 2 erhöhte Triglyceride auf. Die Mittelwerte des HDL unterschieden sich deutlich zwischen Visit 1 ($66,3 \pm 16,0$ mg/dl) und Visit 2 ($55,6 \pm 10,9$ mg/dl) um $10,7$ mg/dl (95 %-CI $-12,6; -8,9$) ($p < 0,001$). Der Mittelwert der Nüchtern glukose nahm zwischen Visit 1 ($79,4 \pm 9,3$ mg/dl) und Visit 2 ($75,3$ mg/dl $\pm 8,7$ mg/dl) um $4,1$ mg/dl (95 %-CI $-5,9; -2,2$) ab ($p < 0,001$).

In der Interventionsgruppe lagen von 175 Kindern Daten zum HDL, zur Nüchtern glukose und zu den Triglyceriden vor. Ein Kind hatte bei Visit 1 ein erniedrigtes HDL und verbesserte sich nicht bei Visit 2. Vier Kinder, die bei Visit 1 ein normales HDL hatten, wiesen bei Visit 2 ein erniedrigtes HDL auf. Drei Kinder hatten bei Visit 1 erhöhte Nüchtern glukosewerte. Alle drei zeigten bei Visit 2 normale Nüchtern glukosewerte. Bei einem Kind, das bei Visit 1 eine normale Nüchtern glukose hatte, wurde bei Visit 2 erhöhte Nüchtern glukose gemessen. Vierzehn Kinder hatten bei Visit 1 erhöhte Tri-

TABELLE 13: VERGLEICH DER WERTE DER TRIGLYCERIDE ZWISCHEN KONTROLL- UND INTERVENTIONSGRUPPE BEI VISIT 1 UND VISIT 2.

GR = STUDIENGRUPPE, N = ANZAHL PROBANDEN, P (W) = ASYMPTOMATISCHE SIGNIFIKANZ IM WILCOXON-TEST, K = KONTROLLGRUPPE, I = INTERVENTIONSGRUPPE, P(DIFF) = SIGNIFIKANZ ZWISCHEN GRUPPEN.

Gr	N	Visit 1 V 1 Median (Range)	Visit 2 V 2 Median (Range)	p (W) in Gruppe $\Delta V 1/V 2$	Diff. der mittleren Änderung zw. Gruppen (95 % CI)	p (Diff) zw. Gruppen $\Delta V 1/V 2$
TAG K	130	69,0 (31,0; 358,0)	72,5 (33,0; 285,0)	0,339	6,37	0,204
(mg/dl) I	175	73,0 (25,0; 287,0)	71,0 (29,0; 266,0)	0,656	(-3,47; 16,20)	

glyceride, davon wiesen neun Kinder bei Visit 2 normale Triglyceride auf. Sieben Kinder, die bei Visit 1 normale Triglyceride hatten, wiesen bei Visit 2 erhöhte Triglyceride auf. Die Mittelwerte des HDL unterschieden sich signifikant zwischen Visit 1 ($64,1 \pm 12$, mg/dl) und Visit 2 ($56,9 \pm 10,4$ mg/dl) um 7,1 mg/dl (95 %-CI -8,2; -6,0) ($p < 0,001$). Der Mittelwert der Nüchtern glukose nahm zwischen Visit 1 ($80,2 \pm 7,3$ mg/dl) und Visit 2 ($73,4 \pm 9,2$ mg/dl) um 6,7 mg/dl (95 %-CI -8,0; -5,5) ab ($p < 0,001$).

Die Differenz der mittleren Änderung des HDL zwischen den Studiengruppen betrug -3,6 mg/dl (95 %-CI -5,7; -1,5) ($p = 0,001$).

Die Differenz der mittleren Änderung der Nüchtern glukose zwischen den Studiengruppen betrug 2,7 mg/dl (95 %-CI 0,5; 4,8) ($p = 0,016$). Eine Auflistung aller Werte zeigt Tabelle 12.

In der Kontrollgruppe stieg der Median der Triglyceride von 69,0 mg/dl bei Visit 1 auf 72,5 mg/dl bei Visit 2 (Wilcoxon-Test $p = 0,339$).

In der Interventionsgruppe sank der Median der Triglyceride von 73,0 mg/dl bei Visit 1 auf 71,0 mg/dl bei Visit 2 (Wilcoxon-Test $p = 0,656$).

Die Differenz der mittleren Änderung der Triglyceride zwischen den Studiengruppen betrug 6,37 mg/dl (95 %-CI: -3,47; 16,20) ($p = 0,204$). Eine Auflistung der Werte zeigt Tabelle 13.

4.7 Korrelation der Veränderungen

In der Kontrollgruppe zeigten sich keine signifikanten Korrelationen zwischen den Veränderungen der Größen der retinalen Mikrozirkulation und den Veränderungen des BMI, des Blutdrucks, der Laborparameter des metabolischen Syndroms, der Aktivität und der Sitzzeit (siehe Tabelle 14). Betrachtet man die Kinder aus der Kontrollgruppe, die bei Visit 1 übergewichtig oder adipös waren ($n = 50$), so zeigten sich keine Zusammenhänge der Veränderungen der Größen der retinalen Mikrozirkulation mit den Veränderungen des BMI (siehe Tabelle 15).

In der Interventionsgruppe zeigten sich keine signifikanten Korrelationen zwischen den Veränderungen der retinalen Gefäße und den Veränderungen des BMI, der Aktivität, der Sitzzeit und der Triglyceride (siehe Tabelle 16). Die Veränderungen der AVR korrelierten schwach negativ mit den Veränderungen des systolischen Blutdrucks ($r = -0,127$, $p = 0,031$). Somit zeigten Kinder der Interventionsgruppe, deren systolischer Blutdruck zwischen Visit 1 und Visit 2 abnahm, tendenziell eine Zunahme der AVR. Die Veränderungen des diastolischen Blutdrucks und des HDL-Cholesterins korrelierten beide schwach negativ mit den Veränderungen des CRAE (DAP: $r = -0,116$, $p = 0,049$; HDL: $r = -0,182$, $p = 0,016$). Folglich nahm bei Kindern der Interventionsgruppe das CRAE tendenziell mit Abnahme des diastolischen Blutdrucks und des HDL zu.

Die Veränderungen der Nüchtern glukose korrelierten schwach positiv mit den Veränderungen des CRVE ($r = 0,185$, $p = 0,014$). Das CRVE nahm somit bei den Kindern der Interventionsgruppe mit Zunahme der Nüchtern glukose zu.

Betrachtet man die Kinder aus der Interventionsgruppe, die bei Visit 1 übergewichtig oder adipös waren ($n = 60$), so zeigten sich keine Zusammenhänge der Veränderungen der Größen der retinalen Mikrozirkulation mit den Veränderungen des BMI (siehe Tabelle 17).

TABELLE 14: KORRELATIONEN DER VERÄNDERUNGEN DER GRÖSSEN DER RETINALEN GEFÄSSANALYSE MIT VERÄNDERUNGEN DES BMI, DES BLUTDRUCKS, DER LABORPARAMETER DES METABOLISCHEN SYNDROMS, DER AKTIVITÄT UND DER SITZZEIT ZWISCHEN VISIT 1 UND VISIT 2 IN DER KONTROLLGRUPPE. AVR = ARTERIO-VENÖSE RATIO, CRAE = ZENTRALES RETINALES ARTERIENÄQUIVALENT, CRVE = ZENTRALES RETINALES VENENÄQUIVALENT, BMI = BODY-MASS-INDEX, SAP = SYSTOLISCHER ARTERIELLER BLUTDRUCK, DAP = DIASTOLISCHER ARTERIELLER BLUTDRUCK, HDL = HDL-CHOLESTERIN, TAG = TRIGLYCERIDE, GLU = NÜCHTERNGLUKOSE.

		AVR 2 – AVR 1	CRAE 2 – CRAE 1	CRVE 2 – CRVE 1
AVR 2 – AVR 1	Korrelationskoeffizient	1	0,771	–0,515
	Signifikanz (2-seitig)		<0,001	<0,001
CRAE 2 – CRAE 1	Korrelationskoeffizient	0,771	1	0,140
	Signifikanz (2-seitig)	<0,001		0,040
CRVE 2 – CRVE 1	Korrelationskoeffizient	–0,515	0,140	1
	Signifikanz (2-seitig)	<0,001	0,040	
BMI 2 – BMI 1	Korrelationskoeffizient	0,040	–0,001	–0,054
	Signifikanz (2-seitig)	0,554	0,989	0,428
SAP 2 – SAP 1	Korrelationskoeffizient	–0,051	–0,012	0,076
	Signifikanz (2-seitig)	0,456	0,863	0,268
DAP 2 – DAP 1	Korrelationskoeffizient	–0,126	–0,071	0,100
	Signifikanz (2-seitig)	0,064	0,299	0,145
HDL 2 – HDL 1	Korrelationskoeffizient	–0,134	–0,085	0,102
	Signifikanz (2-seitig)	0,124	0,330	0,244
TAG 2 – TAG 1	Korrelationskoeffizient	0,099	0,034	–0,105
	Signifikanz (2-seitig)	0,264	0,700	0,235
GLU 2 – GLU 1	Korrelationskoeffizient	–0,063	–0,078	0,028
	Signifikanz (2-seitig)	0,471	0,371	0,747
Aktivitätsdifferenz (Visit 2 – Visit 1)	Korrelationskoeffizient	0,024	–0,023	–0,069
	Signifikanz (2-seitig)	0,747	0,757	0,363
Sitzzeitdifferenz (Visit 2 – Visit 1)	Korrelationskoeffizient	0,056	0,026	–0,075
	Signifikanz (2-seitig)	0,494	0,751	0,361

TABELLE 15: KORRELATIONEN DER VERÄNDERUNGEN DER GRÖSSEN DER RETINALEN GEFÄSSANALYSE MIT VERÄNDERUNGEN DES BMI ZWISCHEN VISIT 1 UND VISIT 2 DER BEI VISIT 1 ÜBERGEWICHTIGEN UND ADIPÖSEN KINDER DER KONTROLLGRUPPE. AVR = ARTERIO-VENÖSE RATIO, BMI = BODY-MASS-INDEX, CRAE = ZENTRALES RETINALES ARTERIENÄQUIVALENT, CRVE = ZENTRALES RETINALES VENENÄQUIVALENT.

		AVR 2 – AVR 1	CRAE 2 – CRAE 1	CRVE 2 – CRVE 1
BMI 2 – BMI 1	Korrelationskoeffizient	0,110	0,113	0,012
	Signifikanz (2-seitig)	0,448	0,436	0,935

TABELLE 16: KORRELATIONEN DER VERÄNDERUNGEN DER GRÖSSEN DER RETINALEN GEFÄSSANALYSE MIT VERÄNDERUNGEN DES BMI, DES BLUTDRUCKS, DER LABORPARAMETER DES METABOLISCHEN SYNDROMS, DER AKTIVITÄT UND DER SITZZEIT ZWISCHEN VISIT 1 UND VISIT 2 IN DER INTERVENTIONS-GRUPPE.

AVR = ARTERIO-VENÖSE RATIO, CRAE = ZENTRALES RETINALES ARTERIENÄQUIVALENT, CRVE = ZENTRALES RETINALES VENENÄQUIVALENT, BMI = BODY-MASS-INDEX, SAP = SYSTOLISCHER ARTERIELLER BLUTDRUCK, DAP = DIASTOLISCHER ARTERIELLER BLUTDRUCK, HDL = HDL-CHOLESTERIN, TAG = TRIGLYCERIDE, GLU = NÜCHTERNGLUKOSE.

		AVR 2 – AVR 1	CRAE 2 – CRAE 1	CRVE 2 – CRVE 1
AVR 2 – AVR 1	Korrelationskoeffizient	1	0,724	–0,451
	Signifikanz (2-seitig)		<0,001	<0,001
CRAE 2 – CRAE 1	Korrelationskoeffizient	0,724	1	0,281
	Signifikanz (2-seitig)	<0,001		<0,001
CRVE 2 – CRVE 1	Korrelationskoeffizient	–0,451	0,281	1
	Signifikanz (2-seitig)	<0,001	<0,001	
BMI 2 – BMI 1	Korrelationskoeffizient	–0,041	–0,073	–0,042
	Signifikanz (2-seitig)	0,490	0,216	0,477
SAP 2 – SAP 1	Korrelationskoeffizient	–0,127	–0,066	0,103
	Signifikanz (2-seitig)	0,031	0,263	0,081
DAP 2 – DAP 1	Korrelationskoeffizient	–0,051	–0,116	–0,078
	Signifikanz (2-seitig)	0,388	0,049	0,185
HDL 2 – HDL 1	Korrelationskoeffizient	–0,083	–0,182	–0,128
	Signifikanz (2-seitig)	0,274	0,016	0,091
TAG 2 – TAG 1	Korrelationskoeffizient	0,029	0,070	0,071
	Signifikanz (2-seitig)	0,701	0,359	0,350
GLU 2 – GLU 1	Korrelationskoeffizient	–0,111	0,028	0,185
	Signifikanz (2-seitig)	0,145	0,712	0,014
Aktivitätsdifferenz (Visit 2 – Visit 1)	Korrelationskoeffizient	–0,041	–0,069	–0,033
	Signifikanz (2-seitig)	0,539	0,299	0,623
Sitzzeitdifferenz (Visit 2 – Visit 1)	Korrelationskoeffizient	0,039	0,032	–0,010
	Signifikanz (2-seitig)	0,583	0,655	0,892

TABELLE 17: KORRELATIONEN DER VERÄNDERUNGEN DER GRÖSSEN DER RETINALEN GEFÄSSANALYSE MIT VERÄNDERUNGEN DES BMI ZWISCHEN VISIT 1 UND VISIT 2 DER BEI VISIT 1 ÜBERGEWICHTIGEN UND ADIPÖSEN KINDER DER INTERVENTIONSGRUPPE.

AVR = ARTERIO-VENÖSE RATIO, BMI = BODY-MASS-INDEX, CRAE = ZENTRALES RETINALES ARTERIENÄQUIVALENT, CRVE = ZENTRALES RETINALES VENENÄQUIVALENT.

		AVR 2 – AVR 1	CRAE 2 – CRAE 1	CRVE 2 – CRVE 1
BMI 2 – BMI 1	Korrelationskoeffizient	0,014	–0,057	–0,090
	Signifikanz (2-seitig)	0,916	0,665	0,493

5 Diskussion

Das Ziel dieser Arbeit war es, die sechsmonatige Intervention der schulbasierten Adipositaspräventionsstudie *Kinder und Jugendliche als Gesundheitsexperten – JuvenTUM Stufe 3* im Hinblick auf Veränderungen der retinalen Mikrozirkulation im Zusammenhang mit körperlicher Aktivität sowie Adipositas und deren Veränderungen zu untersuchen. Für die Teilnahme an dieser Studie wurden 15 Münchner Haupt- und Realschulen ausgewählt. Dies geschah aus wissenschaftlichen Gründen, da *JuvenTUM Stufe 3* einen Schwerpunkt auf die Präventionsforschung in den für Übergewicht und Adipositas besonders gefährdeten Gruppen legt. Besonders betroffen sind laut *KiGGS-Studie* Kinder, deren Eltern selbst übergewichtig sind, und Kinder, die aus Familien mit niedrigem sozioökonomischen Status stammen [49]. Eine weitere Gruppe mit erhöhtem Risiko, Übergewicht und Adipositas zu entwickeln, sind Kinder aus Familien mit Migrationshintergrund [94]. Der Anteil an Kindern und Jugendlichen aus Familien mit Migrationshintergrund ist in Haupt- und Realschulen größer als in Gymnasien [3]. Ebenfalls ist in diesen Schulen der Anteil der Kinder aus Familien mit niedrigem sozioökonomischen Status größer als in Gymnasien [26].

Die Prävalenz von Übergewicht und Adipositas betrug 21,7 % (23,0 % in der Kontroll-, 20,7 % in der Interventionsgruppe) zu Beginn (Visit 1) dieser Studie, und 21,1 % (22,6 % in der Kontrollgruppe, 20,0 % in der Interventionsgruppe) nach sechsmonatiger Studiendauer (Visit 2). Dies ist höher als in der *KiGGS-Studie*, bei der in der Altersgruppe der 11–13-Jährigen die Prävalenz von Übergewicht und Adipositas 18,6 % betrug [54]. In der Population dieser Arbeit war eine höhere Prävalenz von Übergewicht und Adipositas aufgrund der oben genannten Gründe zu erwarten.

Retinale Mikrozirkulation nach sechsmonatiger Intervention

Die Entwicklung der retinalen Mikrozirkulation wurde anhand des zentralen retinalen arteriellen Äquivalents (CRAE), des zentralen retinalen venösen Äquivalents (CRVE) und der arterio-venösen Ratio (AVR), dem dimensionslosen Quotient der beiden Äquivalente, untersucht.

Zu Beginn dieser Studie waren die 507 teilnehmenden Kinder im Schnitt

11,1 ± 0,6 Jahre (9–13 Jahre) alt. Sie hatten eine AVR von 0,88 ± 0,06, ein CRAE von 208,3 ± 15,7 µm sowie ein CRVE von 236,1 ± 16,1 µm. Die Kontrollgruppe setzte sich aus 217, die Interventionsgruppe aus 290 Kindern zusammen.

Der Mittelwert der AVR zu Beginn (Visit 1) der hier dargestellten Studie betrug sowohl in der Kontroll- als auch in der Interventionsgruppe 0,88 ± 0,06 (p = 0,687). Der Mittelwert des CRAE bei Visit 1 betrug in der Kontrollgruppe 209,4 ± 15,3 µm und war unwesentlich größer als der Mittelwert von 207,5 ± 16,0 µm in der Interventionsgruppe (p = 0,178). Der Mittelwert des CRVE bei Visit 1 betrug in der Kontrollgruppe 237,7 ± 16,3 µm und war unwesentlich größer als der Mittelwert von 234,9 ± 15,9 µm in der Interventionsgruppe (p = 0,053).

In der Interventionsgruppe zeigten sich in der Analyse nach sechsmonatiger Intervention keine signifikanten Veränderungen der AVR, des CRAE und des CRVE.

In der Kontrollgruppe konnte eine Zunahme der arteriellen Gefäßdurchmesser um 1,34 µm (95 %-CI 0,01; 2,67) beobachtet werden. Bei der AVR und dem CRVE zeigten sich keine wesentlichen Veränderungen.

Dies ergab eine Differenz der mittleren Änderung des CRAE zwischen den Studiengruppen von 2,32 µm (95 %-CI 0,52; 4,12) (p = 0,012). Dies scheint eine Verbesserung der retinalen Mikrozirkulation in der Kontrollgruppe gegenüber der Interventionsgruppe zu sein. Jedoch ist der Wert der Veränderung sehr gering. Da unklar ist, welcher Zusammenhang zwischen der körperlichen Entwicklung der Kinder und Jugendlichen und der retinalen Mikrozirkulation besteht, könnte die Beobachtung aufgrund unterschiedlicher Wachstumsphasen der Kinder und Jugendlichen entstanden sein. Aufgrund der geringen Veränderung sind die Ergebnisse mit Vorsicht zu interpretieren.

Bisherige Studien zur retinalen Mikrozirkulation bei Kindern wurden als Querschnittsuntersuchungen durchgeführt. In der *Singapore Cohort Study for the Risk of Myopia* von Cheung et al. an 768 Kinder im Alter von 7–9 Jahren betrug die AVR 0,69, und war damit um 22 % geringer als der Mittelwert der AVR von 0,88 zu Beginn der hier dargestellten Studie [16]. Das CRAE betrug 156,4 µm. Es war um 24,9 % kleiner als der Mittelwert

von 208,3 μm zu Beginn dieser Studie. Das CRVE betrug 225,4 μm und war damit um 4,5 % geringer als der Mittelwert von 236,1 μm zu Beginn dieser Studie.

Mitchell et al. untersuchten in 2 Kohorten, eine in Sydney, Australien ($n = 1572$) und eine in Singapur ($n = 380$), Kinder im Alter von 6–8 Jahren [61]. Hier zeigte sich in der Sydneykohorte eine AVR von 0,72, ein CRAE von 159,6 μm und ein CRVE von 222,3 μm . Die AVR in der Sydneykohorte war damit um 18 %, das CRAE um 23,4 %, und das CRVE um 5,8 % geringer als zu Beginn der hier beschriebenen Studie. Bei den Kindern in Singapur zeigte sich eine AVR von 0,69, ein CRAE von 161,8 μm und ein CRVE von 234,0 μm . Im Vergleich war die AVR in der Singapurkohorte um 21,6 %, das CRAE um 22,3 %, und das CRVE um 0,9 % geringer als in dieser Studie.

Da die bisherige Datenlage zur retinalen Mikrozirkulation bei Kindern und Jugendlichen sehr gering ist, gibt es keine Normwerte für die Größen der retinalen Mikrozirkulation im Kindes- und Jugendalter. Unklar ist, wie das Alter, das Wachstum und das Geschlecht mit der retinalen Mikrozirkulation zusammenhängen. Aufgrund der unterschiedlichen Altersstrukturen der unterschiedlichen Studien sind die Ergebnisse schwierig miteinander zu vergleichen. Außerdem zeigten sich in der *Singapore Study of Risk Factors for Myopia* unterschiedliche Mittelwerte der Größen der retinalen Mikrozirkulation bei unterschiedlicher Ethnizität [17]. Dies ist ein weiterer Grund, weshalb die Ergebnisse bisher durchgeführter Studien schwierig mit den Ergebnissen der hier dargestellten Studie vergleichbar sind.

In Interventionsstudien bei Erwachsenen konnte eine Verbesserung der retinalen Mikrozirkulation durch zehnwöchiges intensives Training beobachtet werden [39]. Dabei verbesserte sich bei allen Probanden die AVR. In der Gruppe der adipösen Probanden stieg sie von $0,81 \pm 0,05$ auf normale Werte von $0,86 \pm 0,07$, was vergleichbar mit der AVR von $0,87 \pm 0,07$ der Freizeitsportler zu Beginn der Studie war. In der adipösen Probanden zeigte sich auch eine deutliche Zunahme der arteriellen Gefäßdurchmesser von $170 \pm 18 \mu\text{m}$ auf $181 \pm 13 \mu\text{m}$ ($p = 0,01$).

Veränderungen der retinalen Mikrozirkulation konnten in der Interventionsgruppe der hier dargestellten Studie nicht beobachtet werden. Es ist

nicht klar, ob der Interventionszeitraum zu kurz ist, oder ob sich Veränderungen der retinalen Mikrozirkulation durch Adipositas bei Kindern noch nicht manifestieren. Auch wenn keine Veränderungen der Größen der retinalen Mikrozirkulation durch die Intervention beobachtet werden konnten, so stehen mit dieser Arbeit zum ersten Mal Längsschnittdaten zur retinalen Mikrozirkulation bei Kindern und Jugendlichen zur Verfügung.

Retinale Mikrozirkulation und körperliche Aktivität

Ein weiteres Ziel dieser Arbeit war die Untersuchung des Zusammenhangs zwischen körperlicher Aktivität und der retinalen Mikrozirkulation. Zur körperlichen Aktivität lagen Daten von 406 Kindern (von insgesamt 507 Kindern mit Retinaaufnahmen beider Visits) sowohl von Beginn (Visit 1) der hier beschriebenen Studie als auch von der Analyse nach sechsmonatiger Intervention (Visit 2) vor.

Die Kinder gaben bei Visit 1 an, durchschnittlich $3,2 \pm 1,8$ Tage (d)/Woche (w) mindestens 60 Minuten (min) aktiv zu sein.

In der Grundgesamtheit korrelierte die körperliche Aktivität schwach negativ mit dem CRVE 1 ($r = -0,100$, $p = 0,045$). Dies könnte auf eine verbesserte retinale Mikrozirkulation mit steigender Aktivität hindeuten. Jedoch ist die Korrelation mit $r = 0,100$ nur schwach, weshalb die Korrelation auch aufgrund der großen Fallzahl von $n = 406$ entstanden sein könnte.

Eingeteilt nach Aktivitätsniveau in die Gruppen *wenig aktiv* (≤ 2 d/w mind. 60 min.), *durchschnittlich aktiv* (3–5 d/w mind. 60 min.) und *sehr aktiv* (> 5 d/w mind. 60 min) zeigte sich bei den durchschnittlich aktiven Kindern zu Beginn der Studie die AVR mit 0,89 signifikant größer als in der Gruppe der wenig aktiven Kinder mit 0,87 ($p = 0,010$).

Gopinath et al. konnten an einer Kohorte von 1.492 Kindern im Alter von 6 Jahren in Sydney, Australien ebenso einen Zusammenhang zwischen den retinalen Arterien und der Aktivitätszeit zeigen [36]. Mit zunehmender Aktivität stiegen auch hier die Durchmesser der Arterien.

Sowohl die mit zunehmender Aktivität steigende AVR in dieser Studie als auch die steigenden arteriellen Durchmesser bei zunehmender Aktivität in der Studie von Gopinath et al. sind Anzeichen einer besseren retinalen Mikrozirkulation mit zunehmender Aktivität [36].

In der Kontrollgruppe lag zu Studienbeginn der Mittelwert der durchschnittlich aktiven Tage mit $2,9 \pm 1,7$ d/w unter dem Mittelwert der Interventionsgruppe von $3,4 \pm 1,7$ d/w ($p = 0,014$). Jedoch unterschieden sich die Größen der retinalen Mikrozirkulation nicht signifikant zwischen den Kindern der Studiengruppen, von denen Daten zur Aktivität vorlagen.

In der Analyse nach sechsmonatiger Studiendauer zeigte sich bei den 178 Kindern in der Kontrollgruppe, bei denen Daten zur Aktivität vorlagen, eine mittlere Zunahme der Aktivität von $2,9 \pm 1,7$ d/w bei Visit 1 um $0,7$ d/w (95 %-CI 0,4; 1,0) auf $3,6 \pm 1,8$ d/w ($p < 0,001$). In der Interventionsgruppe konnte nach sechsmonatiger Intervention bei den 228 Kindern mit Daten zur Aktivität eine mittlere Zunahme der Aktivität von $3,4 \pm 1,7$ d/w bei Visit 1 um $0,4$ d/w (95 %-CI 0,1; 0,6) auf $3,7 \pm 1,7$ d/w beobachtet werden ($p = 0,005$).

Die Differenz der mittleren Änderung der Aktivität zwischen den Gruppen betrug $0,35$ d/w (95 %-CI $-0,04$; $0,74$) ($p = 0,078$). Damit hat die Aktivität sowohl in der Kontroll- als auch in der Interventionsgruppe deutlich zugenommen. Im Vergleich der mittleren Änderungen der Aktivität konnte kein wesentlicher Unterschied zwischen beiden Studiengruppen festgestellt werden.

Nach sechsmonatiger Intervention zeigte sich weder in der Kontroll- noch in der Interventionsgruppe eine Korrelation der Veränderung der Aktivität und der Veränderungen der Größen der retinalen Mikrozirkulation.

Die Aktivität nahm zwar in beiden Studiengruppen zu, es konnten jedoch keine Zusammenhänge mit Veränderungen der retinalen Mikrozirkulation beobachtet werden. Womöglich ist der Interventionszeitraum zu kurz, um Veränderungen der retinalen Mikrozirkulation durch Veränderungen der körperlichen Aktivität beobachten zu können. Zudem ist denkbar, dass die beginnende Pubertät bei vielen Kindern Veränderungen verursacht, die entgegengesetzt zu anderen Entwicklungen verläuft.

Vorstellbar ist außerdem, dass die Kinder mehr körperliche Aktivität, vor allem mit Ausdauerkomponenten, benötigten, um deutliche Veränderungen der retinalen Mikrozirkulation feststellen zu können. Die WHO empfiehlt bei Kindern von 5–17 Jahren eine mäßig bis stark anstrengende körperli-

che Aktivität von mindestens 60 Minuten täglich [98]. Diese Empfehlung wird in dieser Studie von den Kindern sowohl der Kontrollgruppe mit einer durchschnittlichen Aktivität von $2,9 \pm 1,7$ d/w mit mindestens 60 min bei Visit 1 und $3,6 \pm 1,8$ d/w bei Visit 2 als auch der Interventionsgruppe mit einer durchschnittlichen Aktivität von $3,4 \pm 1,7$ d/w bei Visit 1 sowie $3,7 \pm 1,7$ d/w bei Visit 2 nicht erreicht.

Jedoch ist anzumerken, dass der Fragebogen vermutlich nur bedingt geeignet ist, um die genaue Aktivität zu ermitteln, da damit nur die subjektive Einschätzung der Kinder erfasst wird. Es wäre wünschenswert, die Aktivität mittels Akzelerometer messen zu können, um genauere objektive Daten zu erhalten. Dies wäre aber nur mit einem erheblichen Mehraufwand zu bewerkstelligen, der im Rahmen dieser Studie nicht zu leisten war.

Auch wenn kein Zusammenhang zwischen den Veränderungen der retinalen Mikrozirkulation und den Veränderungen der körperlichen Aktivität beobachtet werden konnte, so stehen mit dieser Arbeit erstmals Längsschnittdaten zum Zusammenhang zwischen körperlicher Aktivität und retinaler Mikrozirkulation zur Verfügung. Im Vergleich dazu hatte bei Erwachsenen ein zehnwöchiges Training eine Verbesserung der retinalen Mikrozirkulation gezeigt [39]. Nachfolgende Analysen sind notwendig, um weitere Erkenntnisse zum Zusammenhang zwischen körperlicher Aktivität und retinaler Mikrozirkulation gewinnen zu können. Dies ist aufgrund des längerfristigen Zeitraums von *JuvenTUM Stufe 3* möglich.

Sitzzeit und retinale Mikrozirkulation

Außerdem sollte der Zusammenhang zwischen körperlicher Inaktivität, erhoben über die Anzahl von Stunden, die die Kinder im Fragebogen als Sitzzeit angegeben hatten (Hausaufgaben, Medienkonsum), und der retinalen Mikrozirkulation untersucht werden. Für die Sitzzeit lagen Daten von 347 Kindern (von insgesamt 507 Kinder mit Retinaaufnahmen beider Visits) sowohl von Beginn der hier beschriebenen Studie als auch von der Analyse nach sechsmonatiger Intervention vor. Bei Visit 1 betrug der Median der Sitzzeit aller 347 Kinder 21,5 Stunden (h)/ Woche (w) (Range 1,0;87,0). Es zeigte sich eine schwach negative Korrelation zwischen der Sitzzeit und der AVR 1 ($r = -0,125$, $p = 0,020$).

In Abhängigkeit der Sitzzeitkategorie zeigten sich bei Visit 1 mit steigender Sitzzeitkategorie eine Tendenz abnehmender Mittelwerte der AVR 1 und des CRAE 1, die statistisch nicht signifikant war (AVR 1: $p = 0,092$, CRAE 1: $p = 0,071$). Diese Tendenz entspricht den Beobachtungen von Gopinath et al. [36], die bei Kindern mit steigender Bildschirmzeit engere arterielle Gefäße als Zeichen einer Verschlechterung der retinalen Mikrozirkulation fanden.

Bei den 151 Kindern der Kontrollgruppe betrug zu Beginn dieser Studie (Visit 1) der Median der Sitzzeit pro Woche 25,5 h/w und war größer als der Median der Sitzzeit pro Woche von 21,0 h/w der 196 Kinder der Interventionsgruppe (Mann-Whitney-U-Test $p = 0,016$). Jedoch unterschieden sich die Mittelwerte der Größen der retinalen Mikrozirkulation nicht signifikant zwischen den Studiengruppen.

In der Kontrollgruppe nahm der Median der Sitzzeit von 25,5 h/w bei Visit 1 um 1,5 h/w ab auf 24,0 h/w bei Visit 2 (Wilcoxon-Test $p = 0,839$).

In der Interventionsgruppe nahm der Median der Sitzzeit von 21,0 h/w bei Visit 1 um 1,5 h/w ab auf 19,5 h/w bei Visit 2 (Wilcoxon-Test $p = 0,813$).

Die Differenz der mittleren Änderung zwischen den Studiengruppen betrug $-0,35$ h/w (95 %-CI $-4,37; 3,67$) ($p = 0,797$).

In der Analyse nach sechsmonatiger Studiendauer wurde keine wesentliche Veränderung der Sitzzeit gefunden, weder in der Kontroll- noch in der Interventionsgruppe noch zwischen den beiden Studiengruppen.

Auch wurde kein Zusammenhang zwischen den Veränderungen der Sitzzeit und den Veränderungen der Größen der retinalen Mikrozirkulation gefunden, weder in der Kontroll-, noch in der Interventionsgruppe.

Mit dieser Arbeit liegen zum ersten Mal Längsschnittdaten vor, die den Zusammenhang zwischen körperlicher Inaktivität, erhoben über die Anzahl von Stunden, die die Kinder im Fragebogen als Sitzzeit (Hausaufgaben, Medienkonsum) angegeben hatten, und der retinalen Mikrozirkulation bei Kindern und Jugendlichen untersucht haben. Da in diesem Zeitraum noch keine wesentlichen Veränderungen der Sitzzeit nachgewiesen werden konnten, empfiehlt es sich, diese Fragestellung in nachfolgenden Auswertungen über einen längeren Interventionszeitraum erneut zu untersuchen.

Zusammenhang mit Veränderungen der Adipositas, des Blutdrucks und der Laborparameter des metabolischen Syndroms

Darüber hinaus sollte in dieser Arbeit der Zusammenhang zwischen Veränderungen der Größen der retinalen Mikrozirkulation und den Veränderungen der kardiovaskulären Risikofaktoren Adipositas (in Form des Body-Mass-Index (BMI)), des Blutdrucks und der Laborparameter des metabolischen Syndroms (HDL-Cholesterin (HDL), Triglyceride (TAG) und Nüchtern-glukose (GLU)) untersucht werden.

In der Kontrollgruppe verringerten 11 Kinder die Gewichtsklasse zwischen Visit 1 und Visit 2, und 12 Kinder steigerten die Gewichtsklasse. Jeweils 4 Kinder verringerten die Gewichtsklasse von adipös auf übergewichtig, bzw. von übergewichtig auf normalgewichtig. Jedoch war die Verringerung der Gewichtsklasse nicht nur positiv, da auch 3 Kinder, die bei Visit 1 normalgewichtig waren, bei Visit 2 untergewichtig waren. Bei der Steigerung der Gewichtsklasse war positiv, dass 5 Kinder von Untergewicht auf Normalgewicht zunahmen. Jedoch nahmen 3 Kinder von normalgewichtig auf übergewichtig, und 4 Kinder von übergewichtig auf adipös zu. Insgesamt sind die Veränderungen der Gewichtsklassen jedoch nur sehr gering.

In der Interventionsgruppe verringerten zwischen Visit 1 und Visit 2 14 Kinder die Gewichtsklasse, und 17 Kinder nahmen in der Gewichtsklasse zu. Jeweils 6 Kinder nahmen von übergewichtig auf normalgewichtig bzw. von adipös auf normalgewichtig ab. Jedoch verringerten ebenfalls 2 Kinder ihr Gewicht von normal- auf untergewichtig. Bei der Zunahme der Gewichtsklasse war positiv, dass 8 Kinder ihr Gewicht von unter- auf normalgewichtig erhöhten. Jedoch nahmen 4 Kinder von normalgewichtig auf übergewichtig, und 5 Kinder von übergewichtig auf adipös zu. Insgesamt sind auch in der Interventionsgruppe die Veränderungen in den Gewichtsklassen gering.

In der Kontrollgruppe nahm der BMI von $19,3 \pm 3,8 \text{ kg/m}^2$ um $0,4 \text{ kg/m}^2$ (95 %-CI 0,3; 0,6) auf $19,8 \pm 3,9 \text{ kg/m}^2$ zu ($p < 0,001$).

In der Interventionsgruppe nahm der BMI von $19,0 \pm 3,5 \text{ kg/m}^2$ um $0,5 \text{ kg/m}^2$ (95 %-CI 0,4; 0,6) auf $19,5 \pm 3,5 \text{ kg/m}^2$ zu ($p < 0,001$).

Die Differenz der mittleren Änderung des BMI zwischen den Studiengruppen betrug $-0,04 \text{ kg/m}^2$ (95 % CI $-0,19; 0,11$) ($p = 0,625$).

Es war aufgrund des zunehmenden Alters und dem damit verbundenen Wachstum sowie der körperlichen Entwicklung der Kinder zu erwarten, dass der BMI zunimmt [51]. Da diese Entwicklung in beiden Studiengruppen aufgetreten ist, kam es zu keiner wesentlichen Differenz der mittleren Änderung. Die Studiengruppen haben sich hinsichtlich des BMI also nicht unterschiedlich entwickelt.

Die beschriebenen Veränderungen des BMI zeigten keine Korrelation mit den Veränderungen der Größen der retinalen Mikrozirkulation, weder in der Kontroll- noch in der Interventionsgruppe.

Betrachtet man aus beiden Studiengruppen diejenigen Kinder, die bei Visit 1 übergewichtig oder adipös waren, so zeigten sich weder in der Kontrollgruppe ($n = 50$) noch in der Interventionsgruppe ($n = 60$) Korrelationen der Veränderungen der Größen der retinalen Mikrozirkulation mit den Veränderungen des BMI.

Es bleibt abzuwarten, wie sich im weiteren Verlauf der Studie die Veränderungen des BMI auf die retinale Mikrozirkulation auswirkt.

Bei Visit 2 hatten in der Kontrollgruppe 31 Kinder einen Blutdruck systolisch ≥ 130 mmHg oder diastolisch ≥ 85 mmHg, deren Blutdruck bei Visit 1 weder systolisch noch diastolisch über den Grenzwerten lag. 29 Kinder, deren Blutdruckwerte bei Visit 1 erhöht waren, hatten bei Visit 2 Blutdruckwerte im Normbereich. Insgesamt gleichen sich die Veränderungen in der Kontrollgruppe aus.

In der Interventionsgruppe hatten bei Visit 2 ebenfalls 31 Kinder einen Blutdruck systolisch ≥ 130 mmHg oder diastolisch ≥ 85 mmHg, deren Blutdruck bei Visit 1 im Normbereich war. 58 Kinder, deren Blutdruck bei Visit 1 erhöht war, hatten bei Visit 2 Blutdruckwerte im Normbereich. Hier ist eine deutliche Veränderung zwischen Visit 1 und Visit 2 zu erkennen. Jedoch ist die Messung des Blutdrucks nur einmalig erfolgt, und nicht, wie in den Leitlinien der Arbeitsgemeinschaft *Adipositas im Kinder- und Jugendalter* empfohlen, dreimalig [87]. Deshalb sind die Ergebnisse vorsichtig zu interpretieren.

In der Kontrollgruppe nahm der systolische Blutdruck von 118 ± 9 mmHg bei Visit 1 um $0,9$ mmHg (95% CI $-0,5; 2,4$) auf 119 ± 10 mmHg bei

Visit 2 zu ($p = 0,197$). Der diastolische Blutdruck nahm unwesentlich von 73 ± 7 mmHg um $0,4$ mmHg (95 % CI $-0,8; 1,7$) auf 73 ± 7 mmHg zu ($p = 0,497$).

In der Interventionsgruppe veränderte sich der systolische Blutdruck von 119 ± 10 mmHg bei Visit 1 unwesentlich um $-0,1$ mmHg (95 % CI $-1,4; 1,3$) auf 119 ± 11 mmHg bei Visit 2 ($p = 0,941$). Der diastolische Blutdruck sank von 75 ± 8 mmHg bei Visit 1 um $-2,3$ mmHg (95 % CI $-3,3; -1,3$) auf 73 ± 6 mmHg bei Visit 2 ab ($p < 0,001$).

Die Differenz der mittleren Änderung des systolischen Blutdrucks zwischen den Studiengruppen betrug $1,0$ mmHg (95 %-CI $-1,0; 3,0$) ($p = 0,331$).

Die Differenz der mittleren Änderung des diastolischen Blutdrucks betrug $2,7$ mmHg (95 %-CI $1,1; 4,3$) ($p = 0,001$). Es veränderte sich nur der diastolische Blutdruck in der Interventionsgruppe wesentlich. Jedoch ist der Wert der Veränderung mit $2,3$ mmHg nur sehr gering. Deshalb kann die Veränderung aufgrund der großen Fallzahl entstanden sein.

Es zeigten sich in der Kontrollgruppe keine Korrelationen zwischen den Veränderungen der Größen der retinalen Mikrozirkulation und den Veränderungen des Blutdrucks.

In der Kontrollgruppe lagen Daten von 133 Kindern zum HDL, von 132 Kindern zur Nüchtern glukose und von 129 Kindern zu den Triglyceriden sowohl von Visit 1 als auch von Visit 2 vor. Bei Visit 1 hatten zwei Kinder ein erniedrigtes HDL-Cholesterin (< 40 mg/dl). Keines verbesserte sich auf normale HDL-Werte. Sechs Kinder, die bei Visit 1 ein normales HDL hatten, sanken auf erniedrigtes HDL bei Visit 2 ab. Bei Visit 1 hatten sechs Kinder erhöhte Nüchtern glukose (≥ 100 mg/dl), die bei Visit 2 alle normale Nüchtern glukosewerte hatten. Zwei Kinder, die Visit 1 normale Nüchtern glukosewerte hatten, hatten bei Visit 2 erhöhte Nüchtern glukosewerte. Zehn Kinder hatten bei Visit 1 erhöhte Triglyceride (≥ 150 mg/dl). Davon hatten 7 Kinder bei Visit 2 normale Triglyceride. Acht Kinder, die bei Visit 1 normale Triglyceride hatten, hatten bei Visit 2 erhöhte Triglyceride.

In der Interventionsgruppe lagen Daten von 175 Kindern zum HDL, zur Nüchtern glukose und zu den Triglyceriden sowohl von Visit 1 als auch von Visit 2 vor. Es hatte bei Visit 1 ein Kind erniedrigtes HDL (< 40 mg/dl), und

verbesserte sich nicht. Vier Kinder verschlechterten sich von normalem HDL bei Visit 1 auf erniedrigtes HDL bei Visit 2. Drei Kinder hatten bei Visit 1 erhöhte Nüchtern glukose (≥ 100 mg/dl). Alle drei hatten bei Visit 2 normale Nüchtern glukosewerte. Ein Kind, das bei Visit 1 normale Nüchtern glukose hatte, hatte bei Visit 2 erhöhte Nüchtern glukose. Vierzehn Kinder hatten bei Visit 1 erhöhte Triglyceride (≥ 150 mg/dl), davon hatten bei Visit 2 neun Kinder normale Triglyceride. Sieben Kinder, die bei Visit 1 normale Triglyceride hatten, hatten bei Visit 2 erhöhte Triglyceride.

Nach sechsmonatiger Studiendauer sank in beiden Gruppen der Mittelwert des HDL, in der Kontrollgruppe stärker als in der Interventionsgruppe. Dadurch zeigte sich eine wesentliche Veränderung des HDL zwischen den Studiengruppen. Diese ist jedoch zahlenmäßig gering.

Die Mittelwerte der Nüchtern glukose sanken in beiden Studiengruppen deutlich. Da es in der Interventionsgruppe stärker sank, ergab sich hier eine deutliche Veränderung zugunsten der Interventionsgruppe. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass die Kinder beider Studiengruppen, die erhöhte Nüchtern glukosewerte hatten, nicht nüchtern waren.

Bei den Triglyceriden zeigten sich keine wesentlichen Änderungen, weder in noch zwischen den Studiengruppen.

In der Kontrollgruppe zeigte sich kein Zusammenhang zwischen den Veränderungen der retinalen Mikrozirkulation und den Veränderungen der Laborwerte des metabolischen Syndroms. Vermutlich ist noch kein Zusammenhang zwischen der retinalen Mikrozirkulation und den Laborparametern des metabolischen Syndroms im Kindes- und Jugendalter nachweisbar, da die meisten Kinder Laborparameter im Normbereich hatten. In Fällen, in denen die Laborparameter nicht normal waren, ist es vorstellbar, dass die kurzzeitige Veränderung bisher zu gering waren, um nachweisbaren Veränderungen hervorzurufen.

In der Interventionsgruppe zeigte sich eine schwache negative Korrelation der Veränderung des systolischen Blutdruck mit den Veränderungen der AVR ($r = -0,127$, $p = 0,031$). Weiter zeigten sich negative Korrelationen der Veränderungen des diastolischen Blutdruck ($r = -0,116$, $p = 0,049$) und des HDL-Cholesterins ($r = -0,182$, $p = 0,016$) mit den Veränderungen des

CRAE. Dies bedeutet einerseits, dass bei Abnahme des systolischen Blutdrucks die AVR zunahm, andererseits, dass bei einer Abnahme des diastolischen Blutdrucks und des HDL die Arterien Durchmesser zunahmen. Sowohl die negative Korrelation der Veränderungen des systolischen Blutdrucks mit den Veränderungen der AVR als auch die negative Korrelation der Veränderungen des diastolischen Blutdrucks mit den Veränderungen des CRAE würden auf eine Verbesserung der retinalen Mikrozirkulation hinweisen. Auch die negative Korrelation des HDL mit den arteriellen Gefäßen könnte auf eine Verbesserung der retinalen Mikrozirkulation hinweisen. Jedoch lässt sich der Zusammenhang nicht erklären.

Weiter zeigte sich eine schwache Korrelation zwischen den Veränderungen der Nüchtern glukose und den Veränderungen des CRVE ($r = 0,185$, $p = 0,014$). Dies könnte auf eine frühzeitige Veränderung der venösen Gefäße bei Zunahme der Nüchtern glukose hindeuten. Bisher ist in der Literatur kein derartiger Zusammenhang beschrieben.

Aufgrund der schwachen Korrelation in allen Fällen ist die Aussagekraft der Ergebnisse gering.

Auch wenn keine wesentlichen Zusammenhänge zwischen den Veränderungen der retinalen Mikrozirkulation und den Veränderungen des BMI, des Blutdrucks und der Laborparameter des metabolischen Syndroms gezeigt werden konnten, liegen hiermit zum ersten Mal Längsschnittdaten dazu vor. Da der Großteil der Kinder normalgewichtig war, keinen erhöhten Blutdruck hatte und ihre Laborparameter des metabolischen Syndroms im Normbereich waren, kam es vermutlich noch zu keinen nachweisbaren Veränderungen. Studien an normalgewichtigen, übergewichtigen und adipösen Kindern sowie an Kindern mit metabolischem Syndrom könnten genauere Erkenntnisse zu den Zusammenhängen liefern.

Limitationen und Stärken

Eine Schwäche der hier beschriebenen Studie ist die einmalige Blutdruckmessung. In den Leitlinien der Arbeitsgemeinschaft *Adipositas im Kindes- und Jugendalter* wird empfohlen, die Blutdruckmessung mindestens dreimal unabhängig voneinander durchzuführen und einen Mittelwert zu bilden, um erhöhten Blutdruck diagnostizieren zu können [87]. Diese Empfehlung der Leitlinien kann in der hier beschriebenen Studie aufgrund der zeitlichen Begrenzung durch die Unterrichtsdauer nicht durchgeführt werden, da die Messungen am Ende des Unterrichts beendet sein mussten.

Ebenfalls wäre es wünschenswert gewesen, die Daten zur körperlichen Aktivität nicht nur über Fragebogen zu bestimmen, sondern zusätzlich über Akzelerometer zu erfassen. Jedoch würde dies einen erheblichen finanziellen und zeitlichen Mehraufwand bedeuten, der im Rahmen dieser Studie nicht zu leisten war.

Es erfolgte keine Bestimmung der Refraktion der Augen, da dies aufgrund der zeitlichen Begrenzung der Untersuchungen durch die Unterrichtsdauer nicht möglich war. Dies betrifft vor allem die Bestimmung der absoluten Werte des CRAE und des CRVE, die sich refraktionsbedingt ändern. Da bei beiden Untersuchungen die Refraktion nicht gemessen wurde und diese sich in 6 Monaten nicht wesentlich geändert haben dürfte, beruhen die Vergleiche der Werte auf der gleichen Messgenauigkeit. Nicht betroffen davon ist die AVR, die das Verhältnis der beiden Äquivalente zueinander darstellt.

Bisher gibt es wenig Daten zu den retinalen Gefäßdimensionen bei Kindern und Jugendlichen, weshalb unklar ist, ob weitere Einflussfaktoren vorhanden sind, die in dieser Studie nicht berücksichtigt wurden. Mit fortschreitendem Wachstum und mit Beginn der Pubertät sind verschiedene Faktoren vorhanden, die Einfluss auf die Entwicklung der Mikrozirkulation nehmen können. Außerdem ist nicht geklärt, ob beschriebene Veränderungen bereits irreversibler Natur sind oder nur momentane Zustände der Gefäßregulation darstellen.

Eine Stärke dieser Arbeit ist die große Anzahl an Kindern, die an der hier beschriebenen Studie teilnehmen. Durch die große Teilnehmerzahl von 507 Kindern wird der Einfluss einzelner Kinder auf die Berechnungen deutlich verringert, und die Verzerrung durch einzelne statistische Ausreißer wird stark vermindert.

Erstmals findet ein schulbasiertes Präventionsprojekt für Kinder und Jugendliche an Haupt- und Realschulen in Deutschland als Interventionstudie über einen Zeitraum von 4 Jahren statt. Dabei werden die Kinder und Jugendlichen nicht nur in Bezug auf Adipositasparameter untersucht, sondern es werden auch die Struktur und die Funktion der Gefäße mittels der Pulswellenanalyse und der retinalen Gefäßanalyse untersucht. Zum ersten Mal weltweit liegen Längsschnittdaten für die retinalen Gefäße bei Kindern vor. Doch werden nicht nur Retinaaufnahmen gemacht, sondern in einem großen Umfang Daten erhoben, die die Zusammenhänge zwischen Adipositas und deren Einflussfaktoren sowie den Zusammenhang mit der retinalen Mikrozirkulation klären sollen, um frühe Veränderungen der retinalen Gefäße erkennen und geeignete Präventionsmaßnahmen ergreifen zu können.

Eine weitere Stärke dieser Arbeit ist die Aufnahme und Auswertung zweier Retinaaufnahmen. Für diese Arbeit wurden zwei Retinaaufnahmen aufgenommen, ausgewertet und das arithmetische Mittel der Größen der retinalen Mikrozirkulation berechnet. Der Vorteil zur einmaligen Auswertung besteht darin, dass eine einzelne Aufnahme nur eine Momentaufnahme darstellt. Die retinalen Gefäße werden sowohl durch systemische Einflüsse wie Adipositas oder arteriellem Bluthochdruck als auch durch lokale Einflüsse wie Autoregulation der Gefäße (siehe Kap. 2.1) beeinflusst. Zusätzlich kommt es zu pulssynchronen Schwankungen, die bei den arteriellen Gefäßen bis zu 17% des Durchmessers ausmachen können [50]. Bei der pulsunabhängigen Aufnahme der Retina wirken diese Einflüsse zufällig. Durch die Aufnahme und Auswertung zweier Bilder wird der Einfluss der Pulsschwankungen reduziert, da beide Aufnahmen nur mit einer sehr geringen Wahrscheinlichkeit zum gleichen Zeitpunkt des Pulszyklus aufgenommen werden. Das arithmetische Mittel liegt deshalb näher am wahren Gefäßdurchmesser als eine einzelne Aufnahme, die auch zum Zeitpunkt der maximalen Dilatation entstanden

sein kann.

Die retinale Gefäßanalyse ist eine hervorragende in vivo Untersuchungsmethode der Mikrozirkulation. Durch die rasche und unkomplizierte Anwendung eignet sie sich zur Anwendung in großen Kohorten als Untersuchungs- und Screeningtool. Damit wird eine nichtinvasive Erfassung und Diagnostik der retinalen Gefäße möglich, die computergestützt durchgeführt wird. Frühe Veränderungen der Mikrozirkulation können erkannt, und quantitative Veränderungen der Gefäße beschrieben werden. Durch den Einbezug der computergestützten Analyse der retinalen Gefäße sind die Ergebnisse reproduzierbar [43]. Dies wurde in dieser Arbeit anhand einer Stichprobe von 20 zufällig ausgewählten Kindern, deren Retinaaufnahmen erneut ausgewertet wurden, gezeigt.

Es lassen sich sowohl anatomische als auch physiologische Homologien zwischen retinalen Gefäßen und anderen Organsystemen nachweisen [68]. Deshalb ist davon auszugehen, dass sich Veränderungen der Mikrozirkulation nicht nur auf die Retina beschränken.

Die Überprüfung der Messgenauigkeit anhand dieser Stichprobe von 20 zufällig ausgewählten Kindern ist ebenfalls eine Stärke dieser Arbeit. Die Kontrollauswertung zeigte sehr starke Korrelationen sowohl bei dem CRAE ($r = 0,908$) als auch bei dem CRVE ($r = 0,972$), womit eine sehr gute Reproduzierbarkeit der Ergebnisse gezeigt werden konnte.

6 Zusammenfassung und Ausblick

Kinderadipositas stellt ein zunehmendes Problem in der westlichen Welt dar. Kinder, die heute in den USA leben, müssten entweder ihre Energieaufnahme um 350 kcal/d reduzieren oder kompensatorisch ihren täglichen Bewegungsumfang im Umfang von zwei Stunden Spazierengehen steigern, um auf das Gewichtsniveau der 1970er Jahre zu kommen [82]. Dies ist ein erheblicher Aufwand, doch könnten Kinder diesen über vergleichbare, intensive sportliche Aktivität erreichen. Der Prävention von Übergewicht und Adipositas kommt eine wachsende Bedeutung zu.

Im Zusammenhang mit Adipositas steht die Atherosklerose, die sich in Veränderungen von Struktur und Funktion der Blutgefäße zeigt und damit ein erhöhtes kardiovaskuläres Risikoprofil verursacht. Veränderungen der Gefäßdurchmesser sind an den retinalen Gefäßen mit Hilfe der retinalen Gefäßanalyse erfassbar.

In dieser Arbeit wurde die retinale Mikrozirkulation bei Schulkindern im Alter von 9–14 Jahren nach einer sechsmonatigen Intervention im Rahmen des vier Jahre dauernden, randomisierten, schulbasierten Präventionsprojekts *Kinder und Jugendliche als Gesundheitsexperten – JuvenTUM Stufe 3* an 15 Münchener Haupt- und Realschulen untersucht. Weiter wurde der Zusammenhang zwischen der retinalen Mikrozirkulation und der körperlichen Aktivität und Inaktivität (in Form der Sitzzeit) untersucht. Außerdem wurde der Zusammenhang zwischen Veränderungen der retinalen Mikrozirkulation und Veränderungen der kardiovaskulären Risikofaktoren Adipositas, erhöhtem Blutdruck sowie der Laborparameter des metabolischen Syndroms untersucht.

Nach dem Interventionszeitraum von sechs Monaten ließen sich noch keine Veränderungen der retinalen Mikrozirkulation bei den Kindern in der Interventionsgruppe nachweisen. Im Rahmen der Folgeuntersuchungen des schulbasierten Präventionsprojekts *JuvenTUM Stufe 3* werden weitere Analysen durchgeführt, um die weitere Entwicklung der retinalen Mikrozirkulation unter dem Einfluss der Intervention genauer zu untersuchen.

Die körperliche Aktivität nahm in beiden Studiengruppen deutlich zu,

jedoch kam es zu keine wesentlichen Veränderungen zwischen den Studiengruppen.

Nach sechsmonatiger Intervention zeigten sich weder in der Kontroll- noch in der Interventionsgruppe noch zwischen den beiden Studiengruppen wesentliche Veränderungen der Sitzzeit.

Die körperliche Aktivität zeigte nach Adjustierung nach Alter und Geschlecht zu Beginn der Studie eine negative Korrelation mit den venösen Gefäßen der Retina. Das bedeutet, dass mit steigender Aktivität die venösen Gefäßdurchmesser abnahmen, was eine Verbesserung der retinalen Gefäßstruktur bedeutet.

Die Sitzzeit zeigte nach Adjustierung nach Alter und Geschlecht zu Beginn der Studie eine negative Korrelation mit der AVR. Mit sinkender Sitzzeit nahm die AVR zu, was einer Verbesserung der retinalen Gefäßstruktur entspricht.

Schwache negative Zusammenhänge zeigten sich nach sechs Monaten Intervention in der Interventionsgruppe zwischen den Veränderungen der AVR und den Veränderungen des systolischen Blutdrucks. Weiter ließen sich schwache, negative Zusammenhänge zwischen Veränderungen des CRAE und Veränderungen des diastolischen Blutdrucks und des HDL beobachten. Außerdem zeigte sich eine schwache Zusammenhang zwischen den Veränderungen des CRVE und den Veränderungen der Nüchtern glukose.

Insgesamt zeigten sich innerhalb der sechs Monate nur schwache Zusammenhänge. Dies kann daran liegen, dass der Interventionszeitraum zu kurz war, so dass die Veränderungen der retinalen Mikrozirkulation zu gering ausfallen. Außerdem könnte es durch wachstumsbedingte Veränderungen und der beginnenden Pubertät zu gegenläufigen Entwicklungen gekommen sein, die die Veränderungen der retinalen Mikrozirkulation überdecken.

Die Studienlage bei Erwachsenen zeigt die große Bedeutung der retinalen Gefäßanalyse zur Früherkennung von Gefäßveränderungen. Bei Kindern und Jugendlichen gibt es bisher wenig Daten. Deshalb leistet diese Arbeit, die im Rahmen des schulbasierten Präventionsprojektes *Kinder und Jugendliche als Gesundheitsexperten – JuvenTUM Stufe 3* durchgeführt wurde, einen wichtigen Beitrag für das weitere Verständnis der retinalen Mikrozirkulati-

on bei Kindern und Jugendlichen. Durch die Korrelationen zwischen AVR und Sitzzeit sowie CRVE und Aktivität zu Beginn zeigt sie, dass bereits im Kindesalter die retinale Mikrozirkulation mit der körperlichen Aktivität und Inaktivität zusammenhängt. Die sechsmonatige Intervention zeigte noch keine Verbesserung der retinalen Mikrozirkulation. Zukünftige Untersuchungen im weiteren Verlauf der hier beschriebenen Studie sollten weitere Erkenntnisse zu den Zusammenhängen zwischen der retinalen Mikrozirkulation und körperlicher Aktivität und Sitzzeit sowie zwischen Adipositas und deren Veränderungen liefern.

Tabellenverzeichnis

1	Übersicht aller Untersuchungen	24
2	Statistische Kennzahlen der relevanten Größen bei Visit 1	35
3	Retinale Gefäßgrößen nach Aktivitätskategorie (Visit 1)	40
4	Retinale Gefäßgrößen nach Sitzzeitkategorie (Visit 1)	46
5	Korrelationen retinale Parameter mit Aktivität und Sitzzeit (Visit 1)	50
6	Korrelation der Kontrollauswertung von 20 Stichprobenpaaren der retinalen Gefäßanalyse (Visit 2)	56
7	Vergleich retinale Gefäßanalyse nach sechsmonatiger Interven- tion	58
8	Vergleich Daten Aktivität nach sechsmonatiger Intervention . .	59
9	Vergleich Daten Sitzzeit nach sechsmonatiger Intervention . . .	61
10	Vergleich Daten BMI nach sechsmonatiger Intervention	62
11	Vergleich Daten Blutdruck nach sechsmonatiger Intervention . .	63
12	Vergleich Daten Laborwerte nach sechsmonatiger Intervention . .	64
13	Vergleich Daten Triglyceride nach sechsmonatiger Intervention . .	65
14	Korrelationen Veränderungen retinale Größen Kontrollgruppe . .	67
15	Korrelationen Veränderungen retinale Größen mit Verände- rungen BMI Stichprobe Übergewicht Kontrollgruppe	67
16	Korrelationen Veränderungen retinale Größen Interventions- gruppe	68
17	Korrelation Veränderungen retinale Größen mit Verände- rungen BMI Stichprobe Übergewicht Interventionsgruppe	68

Abbildungsverzeichnis

1	Ablauf der Studie	23
2	Beispielaufnahme der Retina	32
3	Verteilung der Werte des CRAE 1	36
4	Verteilung der Werte des CRVE 1	37
5	Verteilung der Werte des CRAE 1 nach Studiengruppe	38
6	Verteilung der Werte des CRVE 1 nach Studiengruppe	38
7	Aktivitätsniveau nach Studiengruppe bei Visit 1	39
8	AVR nach Aktivitätsniveau bei Visit 1	42
9	CRAE nach Aktivitätsniveau bei Visit 1	43
10	CRVE nach Aktivitätsniveau bei Visit 1	44
11	Sitzzeitniveau nach Studiengruppe bei Visit 1	45
12	AVR nach Sitzzeitniveau bei Visit 1	47
13	CRAE nach Sitzzeitniveau bei Visit 1	48
14	CRVE nach Sitzzeitniveau bei Visit 1	49
15	Vergleich der Werte der AVR von Visit 1 und Visit 2	52
16	Vergleich der Werte des CRAE von Visit 1 und Visit 2	53
17	Vergleich der Werte des CRVE von Visit 1 und Visit 2	54
18	Qualitätskontrolle der Auswertung des CRAE 2	55
19	Qualitätskontrolle der Auswertung des CRVE 2	56

Literaturverzeichnis

- [1] Alberti KG, Zimmet P, Shaw J; IDF Epidemiology Task Force Consensus Group. The metabolic syndrome – a new worldwide definition. *Lancet*. 2005;366:1059–62.
- [2] Baker JL, Olsen LW, Sørensen TI. Childhood body-mass index and the risk of coronary heart disease in adulthood. *N Engl J Med*. 2007;357:2329–37.
- [3] Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung (2010). Statistische Berichte. Ausländische Schüler und Lehrer an den bayerischen Schulen – Schuljahr 2009/10. (<https://www.statistik.bayern.de/veroeffentlichungen/index.php?themenreihe=B0200C>) Stand: 25.07.2010
- [4] Bayliss WM. On the local reactions of the arterial wall to changes of the internal pressure. *J Physiol*. 1902;28:220–31.
- [5] Bibbins-Domingo K, Coxson P, Pletcher MJ, Lightwood J, Goldman L. Adolescent overweight and future adult coronary heart disease. *N Engl J Med*. 2007;357:2371–9.
- [6] Blakemore AI, Froguel P. Is obesity our genetic legacy? *J Clin Endocrinol Metab*. 2008;93:S51–6.
- [7] Blum M, Bachmann K, Wintzer D, Riemer T, Vilser W, Strobel J. Noninvasive measurement of the Bayliss effect in retinal autoregulation. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 1999;237:296–300.
- [8] Blum M, Kubetschka U, Hunger-Dathe W, Bachmann K, Müller UA, Strobel J. Autoregulation of retinal arterioles in patients with diabetes mellitus and normal probands. *Klin Monbl Augenheilkd*. 2000;216:20–4.
- [9] Boddy LM, Hackett AF, Stratton G. Changes in BMI and prevalence of obesity and overweight in children in Liverpool, 1998–2006. *Perspect Public Health*. 2009;129:127–31.
- [10] Bös K, Worth A, Heel J, Opper E, Romahn N. Testmanual des Motorik-Moduls im Rahmen des Kinder- und Jugendgesundheits surveys des Robert-Koch-Institutes. *Themenheft Haltung und Bewegung* 2004.
- [11] Bös K, Worth A, Opper E, Oberger J, Romahn N, Wagner M, Jekauc D, Mess F, Woll A. Motorik-Modul, Eine Studie zur motorischen Leistungsfähigkeit und körperlich-sportlichen Aktivität von Kindern und Jugendlichen in Deutschland, Forschungsbericht 5, Bundesministerium für Familie, Senioren, Frauen und Jugend, NOMOS-Verlag, Baden-Baden, 2009, 45–94.

- [12] Bouchard C. Childhood obesity: are genetic differences involved? *Am J Clin Nutr.* 2009;89:1494S–1501S.
- [13] Brandt S, Moss A, Berg S, Wabitsch M. [School-based obesity prevention. How can it be realized?] [Article in German] *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz.* 2010;53:207–20.
- [14] Brown T, Summerbell C. Systematic review of school-based interventions that focus on changing dietary intake and physical activity levels to prevent childhood obesity: an update to the obesity guidance produced by the National Institute for Health and Clinical Excellence. *Obes Rev.* 2009;10:110–41.
- [15] Chen Q, Anderson DR. Effect of CO₂ on intracellular pH and contraction of retinal capillary pericytes. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 1997;38:643–51.
- [16] Cheung N, Saw SM, Islam FM, Rogers SL, Shankar A, de Haseth K, Mitchell P, Wong TY. BMI and retinal vascular caliber in children. *Obesity (Silver Spring).* 2007;15:209–15.
- [17] Cheung N, Islam FM, Saw SM, Shankar A, de Haseth K, Mitchell P, Wong TY. Distribution and associations of retinal vascular caliber with ethnicity, gender, and birth parameters in young children. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2007;48:1018–24.
- [18] Danaei G, Ding EL, Mozaffarian D, Taylor B, Rehm J, Murray CJ, Ezzati M. The preventable causes of death in the United States: comparative risk assessment of dietary, lifestyle, and metabolic risk factors. *PLoS Med.* 2009;6:e1000058.
- [19] Dehghan M, Akhtar-Danesh N, Merchant AT. Childhood obesity, prevalence and prevention. *Nutr J.* 2005;4:24.
- [20] Denis P, Elena PP. Retinal vascular beta-adrenergic receptors in man. [ABSTRACT] [Article in French] *Ophthalmologie.* 1989;3:62–4.
- [21] Deurenberg P, Pieters JJ, Hautvast JG. The assessment of the body fat percentage by skinfold thickness measurements in childhood and young adolescence. *Br J Nutr.* 1990;63:293–303.
- [22] Donati G, Pournaras CJ, Munoz JL, Tsacopoulos M. The role of nitric oxide in retinal vasomotor regulation. [ABSTRACT] [Article in French] *Klin Monbl Augenheilkd.* 1994;204:424–6.
- [23] Dorner GT, Garhofer G, Kiss B, Polska E, Polak K, Riva CE, Schmetterer L. Nitric oxide regulates retinal vascular tone in humans. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2003;285:H631–6.

- [24] Duncan BB, Schmidt MI, Chambless LE, Folsom AR, Carpenter M, Heiss G. Fibrinogen, other putative markers of inflammation, and weight gain in middle-aged adults—the ARIC study. *Atherosclerosis Risk in Communities. Obes Res.* 2000;8:279–86.
- [25] Due P, Damsgaard MT, Rasmussen M, Holstein BE, Wardle J, Merlo J, Currie C, Ahluwalia N, Sørensen TI, Lynch J; HBSC obesity writing group, Borraccino A, Borup I, Boyce W, Elgar F, Gabhainn SN, Krølner R, Svas-tisalee C, Matos MC, Nansel T, Al Sabbah H, Vereecken C, Valimaa R. Socioeconomic position, macroeconomic environment and overweight among adolescents in 35 countries. *Int J Obes (Lond).* 2009;33:1084–93.
- [26] Ehmke T, Jude N. Soziale Herkunft und Kompetenzerwerb. In: „PISA 2009. Bilanz nach einem Jahrzehnt.“ Klieme E, Artelt C, Hartig J, Jude N, Köller O, Prenzel M, Schneider W, Stanat P (Hrsg.), Waxmann, Münster 2010, S. 231–254.
- [27] Ferrari-Dileo G, Davis EB, Anderson DR. Biochemical evidence for cholinergic activity in retinal blood vessels. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 1989;30:473–7.
- [28] Flegal KM, Carroll MD, Ogden CL, Curtin LR. Prevalence and trends in obesity among US adults, 1999–2008. *JAMA.* 2010;303:235–41.
- [29] Flodmark CE, Marcus C, Britton M. Interventions to prevent obesity in children and adolescents: a systematic literature review. *Int J Obes (Lond).* 2006;30:579–89.
- [30] Frank RN, Turczyn TJ, Das A. Pericyte coverage of retinal and cerebral capillaries. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 1990;31:999–1007.
- [31] Franks PW, Hanson RL, Knowler WC, Sievers ML, Bennett PH, Looker HC. Childhood obesity, other cardiovascular risk factors, and premature death. *N Engl J Med.* 2010;362:485–93.
- [32] Freedman DS, Srinivasan SR, Burke GL, Shear CL, Smoak CG, Harsha DW, Webber LS, Berenson GS. Relation of body fat distribution to hyperinsulinemia in children and adolescents: the Bogalusa Heart Study. *Am J Clin Nutr.* 1987;46:403–10.
- [33] Freedman DS, Dietz WH, Srinivasan SR, Berenson GS. The relation of overweight to cardiovascular risk factors among children and adolescents: the Bogalusa Heart Study. *Pediatrics.* 1999;103:1175–82.
- [34] Garnett SP, Baur LA, Srinivasan S, Lee JW, Cowell CT. Body mass index and waist circumference in midchildhood and adverse cardiovascular disease risk clustering in adolescence. *Am J Clin Nutr.* 2007;86:549–55.

- [35] Gonzalez-Suarez C, Worley A, Grimmer-Somers K, Dones V. School-based interventions on childhood obesity: a meta-analysis. *Am J Prev Med.* 2009;37:418–27.
- [36] Gopinath B, Baur LA, Wang JJ, Hardy LL, Teber E, Kifley A, Wong TY, Mitchell P. Influence of physical activity and screen time on the retinal microvasculature in young children. *Arterioscler Thromb Vasc Biol.* 2011;31:1233–9.
- [37] Grotle M, Hagen KB, Natvig B, Dahl FA, Kvien TK. Obesity and osteoarthritis in knee, hip and/or hand: an epidemiological study in the general population with 10 years follow-up. *BMC Musculoskelet Disord.* 2008;9:132.
- [38] Haefliger IO, Flammer J, Bény JL, Lüscher TF. Endothelium-dependent vasoactive modulation in the ophthalmic circulation. *Prog Retin Eye Res.* 2001;20:209–25.
- [39] Hanssen H, Nickel T, Drexel V, Hertel G, Emslander I, Sisic Z, Lorang D, Schuster T, Kotliar KE, Pressler A, Schmidt-Trucksäss A, Weis M, Halle M. Exercise-induced alterations of retinal vessel diameters and cardiovascular risk reduction in obesity. *Atherosclerosis.* 2011;216:433–9.
- [40] Harris KC, Kuramoto LK, Schulzer M, Retallack JE. Effect of school-based physical activity interventions on body mass index in children: a meta-analysis. *CMAJ.* 2009;180:719–26.
- [41] Hassink SG, Sheslow DV, de Lancey E, Opentanova I, Considine RV, Caro JF. Serum leptin in children with obesity: relationship to gender and development. *Pediatrics.* 1996;98:201–3.
- [42] Haug E, Rasmussen M, Samdal O, Iannotti R, Kelly C, Borraccino A, Ver-eecken C, Melkevik O, Lazzeri G, Giacchi M, Ercan O, Due P, Ravens-Sieberer U, Currie C, Morgan A, Ahluwalia N; HBSC Obesity Writing Group. Overweight in school-aged children and its relationship with demographic and lifestyle factors: result from the WHO-Collaborative Health Behaviour in School-aged Children (HBSC) study. *Int J Public Health.* 2009;54:167–79.
- [43] Hubbard LD, Brothers RJ, King WN, Clegg LX, Klein R, Cooper LS, Sharrett AR, Davis MD, Cai J. Methods for evaluation of retinal microvascular abnormalities associated with hypertension/sclerosis in the Atherosclerosis Risk in Communities Study. *Ophthalmology.* 1999;106:2269–80.
- [44] Ikram MK, de Jong FJ, Vingerling JR, Wittteman JC, Hofman A, Brete-ler MM, de Jong PT. Are retinal arteriolar or venular diameters associated with markers for cardiovascular disorders? The Rotterdam Study. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2004;45:2129–34.

- [45] Ikram MK, Wittteman JC, Vingerling JR, Breteler MM, Hofman A, de Jong PT. Retinal vessel diameters and risk of hypertension: the Rotterdam Study. *Hypertension*. 2006;47:189–94.
- [46] Klein R, Sharrett AR, Klein BE, Chambless LE, Cooper LS, Hubbard LD, Evans G. Are retinal arteriolar abnormalities related to atherosclerosis?: The Atherosclerosis Risk in Communities Study. *Arterioscler Thromb Vasc Biol*. 2000;20:1644–50.
- [47] Klein R, Klein BE, Tomany SC, Wong TY. The relation of retinal microvascular characteristics to age-related eye disease: the Beaver Dam eye study. *Am J Ophthalmol*. 2004;137:435–44.
- [48] Klein R, Klein BE, Knudtson MD, Wong TY, Tsai MY. Are inflammatory factors related to retinal vessel caliber? The Beaver Dam Eye Study. *Arch Ophthalmol*. 2006;124:87–94.
- [49] Kleiser C, Schaffrath Rosario A, Mensink GB, Prinz-Langenohl R, Kurth BM. Potential determinants of obesity among children and adolescents in Germany: results from the cross-sectional KiGGS Study. *BMC Public Health*. 2009;9:46.
- [50] Knudtson MD, Klein BE, Klein R, Wong TY, Hubbard LD, Lee KE, Meuer SM, Bulla CP. Variation associated with measurement of retinal vessel diameters at different points in the pulse cycle. *Br J Ophthalmol*. 2004;88:57–61.
- [51] Kromeyer-Hauschild K, Wabitsch M, Kunze D, Geller F, Geiß HC, Hesse V, von Hippel A, Jaeger U, Johnsen D, Korte W, Menner K, Müller G, Müller JM, Niemann-Pilatus A, Remer T, Schaefer F, Wittchen HU, Zabransky S, Zellner K, Ziegler A, Hebebrand J. Perzentile für den Body-mass-Index für das Kindes- und Jugendalter unter Heranziehung verschiedener deutscher Stichproben. *Monatssch Kinderheilkd* 2001;149:807–818.
- [52] Kromeyer-Hauschild K, Gläßer N, Zellner K. Perzentilen für den Taillenumfang von Jenaer Kindern im Alter von 6 bis 18 Jahren. *Aktuel Ernährungsmed*. 2008;33:116–122.
- [53] Kumanyika SK, Obarzanek E, Stettler N, Bell R, Field AE, Fortmann SP, Franklin BA, Gillman MW, Lewis CE, Poston WC 2nd, Stevens J, Hong Y: American Heart Association Council on Epidemiology and Prevention, Interdisciplinary Committee for Prevention. Population-based prevention of obesity: the need for comprehensive promotion of healthful eating, physical activity, and energy balance: a scientific statement from American Heart Association Council on Epidemiology and Prevention, Interdisciplinary Committee for Prevention (formerly the expert panel on population and prevention science). *Circulation*. 2008;118:428–64.

- [54] Kurth BM, Schaffrath Rosario A. [The prevalence of overweight and obese children and adolescents living in Germany. Results of the German Health Interview and Examination Survey for Children and Adolescents (KiGGS)]. [Article in German] *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz*. 2007;50:736–43.
- [55] Laties AM. Central retinal artery innervation. Absence of adrenergic innervation to the intraocular branches. [ABSTRACT] *Arch Ophthalmol*. 1967;77:405–9.
- [56] Leung H, Wang JJ, Rochtchina E, Tan AG, Wong TY, Klein R, Hubbard LD, Mitchell P. Relationships between age, blood pressure, and retinal vessel diameters in an older population. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2003;44:2900–4.
- [57] Liao D, Wong TY, Klein R, Jones D, Hubbard L, Sharrett AR. Relationship between carotid artery stiffness and retinal arteriolar narrowing in healthy middle-aged persons. *Stroke*. 2004;35:837–42.
- [58] Little TL, Beyer EC, Duling BR. Connexin 43 and connexin 40 gap junctional proteins are present in arteriolar smooth muscle and endothelium in vivo. *Am J Physiol*. 1995;268:H729–39.
- [59] Livingstone MB. Childhood obesity in Europe: a growing concern. *Public Health Nutr*. 2001;4:109–16.
- [60] Metea MR, Newman EA. Glial cells dilate and constrict blood vessels: a mechanism of neurovascular coupling. *J Neurosci*. 2006;26:2862–70.
- [61] Mitchell P, Cheung N, de Haseth K, Taylor B, Rochtchina E, Islam FM, Wang JJ, Saw SM, Wong TY. Blood pressure and retinal arteriolar narrowing in children. *Hypertension*. 2007;49:1156–62.
- [62] [No authors listed] Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO consultation. *World Health Organ Tech Rep Ser*. 2000;894:i-xii, 1-253.
- [63] Nomura I, Kato J, Kitamura K. Association between body mass index and chronic kidney disease: a population-based, cross-sectional study of a Japanese community. *Vasc Health Risk Manag*. 2009;5:315–20.
- [64] Oren A, Vos LE, Uiterwaal CS, Grobbee DE, Bots ML. Cardiovascular risk factors and increased carotid intima-media thickness in healthy young adults: the Atherosclerosis Risk in Young Adults (ARYA) Study. *Arch Intern Med*. 2003;163:1787–92.

- [65] Paniagua OA, Bryant MB, Panza JA. Role of endothelial nitric oxide in shear stress-induced vasodilation of human microvasculature: diminished activity in hypertensive and hypercholesterolemic patients. *Circulation* 2001;103:1752–8.
- [66] Papst N, Demant E, Niemeyer G. Changes in pO₂ induce autoregulation in vitro. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 1982;219:6–10.
- [67] Park YW, Zhu S, Palaniappan L, Heshka S, Carnethon MR, Heymsfield SB. The metabolic syndrome: prevalence and associated risk factor findings in the US population from the Third National Health and Nutrition Examination Survey, 1988–1994. *Arch Intern Med.* 2003;163:427–36.
- [68] Patton N, Aslam T, Macgillivray T, Pattie A, Deary IJ, Dhillon B. Retinal vascular image analysis as a potential screening tool for cerebrovascular disease: a rationale based on homology between cerebral and retinal microvasculatures. *J Anat.* 2005;206:319–48.
- [69] Prochaska JJ, Sallis JF, Long B. A physical activity screening measure for use with adolescents in primary care. *Arch Pediatr Adolesc Med.* 2001;155:554–9.
- [70] Prospective Studies Collaboration, Whitlock G, Lewington S, Sherliker P, Clarke R, Emberson J, Halsey J, Qizilbash N, Collins R, Peto R. Body-mass index and cause-specific mortality in 900 000 adults: collaborative analyses of 57 prospective studies. *Lancet.* 2009;373:1083–96.
- [71] Reilly JJ, Armstrong J, Dorosty AR, Emmett PM, Ness A, Rogers I, Steer C, Sherriff A; Avon Longitudinal Study of Parents and Children Study Team. Early life risk factors for obesity in childhood: cohort study. *BMJ.* 2005;330:1357.
- [72] Riva CE, Logean E, Falsini B. Visually evoked hemodynamical response and assessment of neurovascular coupling in the optic nerve and retina. *Prog Retin Eye Res.* 2005;24:183–215.
- [73] Rolland-Cachera MF, Brambilla P, Manzoni P, Akrouf M, Sironi S, Del Maschio A, Chiumello G. Body composition assessed on the basis of arm circumference and triceps skinfold thickness: a new index validated in children by magnetic resonance imaging. *Am J Clin Nutr.* 1997;65:1709–13.
- [74] Ross R. Atherosclerosis—an inflammatory disease. *N Engl J Med.* 1999;340:115–26.
- [75] Rusch H, Irrgang W. Handreichung für den Münchener Fitnesstest. WDV-Verlag, Frankfurt, 2001.

- [76] Sagi R, Reif S, Neuman G, Webb M, Phillip M, Shalitin S. Nonalcoholic fatty liver disease in overweight children and adolescents. *Acta Paediatr.* 2007;96:1209–13.
- [77] Sharma M. School-based interventions for childhood and adolescent obesity. *Obes Rev.* 2006;7:261–9.
- [78] Sharrett AR, Hubbard LD, Cooper LS, Sorlie PD, Brothers RJ, Nieto FJ, Klein R. Retinal arteriolar diameters and elevated blood pressure: the Atherosclerosis Risk in Communities Study. *Am J Epidemiol.* 1999;150:263–70.
- [79] Sinaiko AR, Donahue RP, Jacobs DR Jr, Prineas RJ. Relation of weight and rate of increase in weight during childhood and adolescence to body size, blood pressure, fasting insulin, and lipids in young adults. The Minneapolis Children’s Blood Pressure Study. *Circulation.* 1999;99:1471–6.
- [80] Sponsel WE, DePaul KL, Zetlan SR. Retinal hemodynamic effects of carbon dioxide, hyperoxia, and mild hypoxia. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 1992;33:1864–9.
- [81] Sun C, Wang JJ, Mackey DA, Wong TY. Retinal vascular caliber: systemic, environmental, and genetic associations. *Surv Ophthalmol.* 2009;54:74–95.
- [82] Swinburn B, Sacks G, Ravussin E. Increased food energy supply is more than sufficient to explain the US epidemic of obesity. *Am J Clin Nutr.* 2009;90:1453–6.
- [83] Taylor B, Rochtchina E, Wang JJ, Wong TY, Heikal S, Saw SM, Mitchell P. Body mass index and its effects on retinal vessel diameter in 6-year-old children. *Int J Obes (Lond).* 2007;31:1527–33.
- [84] Thomas NE, Baker JS, Graham MR, Cooper SM, Davies B. C-reactive protein and its relation to adiposity, physical activity, aerobic fitness and habitual diet. *Br J Sports Med.* 2008;42:357–60.
- [85] Vallance P, Collier J, Moncada S. Effects of endothelium-derived nitric oxide on peripheral arteriolar tone in man. *Lancet.* 1989;2:997–1000.
- [86] Venn AJ, Thomson RJ, Schmidt MD, Cleland VJ, Curry BA, Gennat HC, Dwyer T. Overweight and obesity from childhood to adulthood: a follow-up of participants in the 1985 Australian Schools Health and Fitness Survey. *Med J Aust.* 2007;186:458–60.
- [87] Wabitsch M, Kunze D: Leitlinien der Arbeitsgemeinschaft für Adipositas im Kinder- und Jugendalter. Verabschiedet auf der Konsensus-Konferenz der AGA am 06.11.2010. *Deutsche Adipositas-Gesellschaft 2010.*

- [88] Walsh JB. Hypertensive retinopathy. Description, classification, and prognosis. [ABSTRACT] *Ophthalmology*. 1982;89:1127–31.
- [89] Walshe TE, Ferguson G, Connell P, O'Brien C, Cahill PA. Pulsatile flow increases the expression of eNOS, ET-1, and prostacyclin in a novel in vitro coculture model of the retinal vasculature. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2005;46:375–82.
- [90] Wang JJ, Taylor B, Wong TY, Chua B, Rochtchina E, Klein R, Mitchell P. Retinal vessel diameters and obesity: a population-based study in older persons. *Obesity (Silver Spring)*. 2006;14:206–14.
- [91] Wang JJ, Liew G, Wong TY, Smith W, Klein R, Leeder SR, Mitchell P. Retinal vascular caliber and the risk of coronary heart disease-related death. *Heart*. 2006;92:1583–7.
- [92] Wang JJ, Liew G, Klein R, Rochtchina E, Knudtson MD, Klein BE, Wong TY, Burlutsky G, Mitchell P. Retinal vessel diameter and cardiovascular mortality: pooled data analysis from two older populations. *Eur Heart J*. 2007;28:1984–92.
- [93] Wang Y, Lobstein T. Worldwide trends in childhood overweight and obesity. *Int J Pediatr Obes*. 2006;1:11–25.
- [94] Weber E, Hiebl A, Storr U. Overweight and obesity in children starting school in Augsburg: prevalence and influencing factors. *Dtsch Arztebl Int*. 2008;105:883–9.
- [95] Weiss R, Dziura J, Burgert TS, Tamborlane WV, Taksali SE, Yeckel CW, Allen K, Lopes M, Savoye M, Morrison J, Sherwin RS, Caprio S. Obesity and the metabolic syndrome in children and adolescents. *N Engl J Med*. 2004;350:2362–74.
- [96] Weststrate JA, 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*. 1989;50:1104–15.
- [97] WHO Fact sheet Nr. 311, updated March 2011. (<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/>) Stand: 26.04.2011
- [98] WHO: Global Recommendations on Physical activity for Health. *WHO Library 2010*, ISBN 978 92 4 159 997 9.
- [99] Wilson PW, D'Agostino RB, Sullivan L, Parise H, Kannel WB. Overweight and obesity as determinants of cardiovascular risk: the Framingham experience. *Arch Intern Med*. 2002;162:1867–72.

- [100] Wilson PW, Bozeman SR, Burton TM, Hoaglin DC, Ben-Joseph R, Passos CL. Prediction of first events of coronary heart disease and stroke with consideration of adiposity. *Circulation*. 2008;118:124–30.
- [101] Wong TY, Klein R, Sharrett AR, Duncan BB, Couper DJ, Tielsch JM, Klein BE, Hubbard LD. Retinal arteriolar narrowing and risk of coronary heart disease in men and women. The Atherosclerosis Risk in Communities Study. *JAMA*. 2002;287:1153–9.
- [102] Wong TY, Klein R, Sharrett AR, Schmidt MI, Pankow JS, Couper DJ, Klein BE, Hubbard LD, Duncan BB; ARIC Investigators. Retinal arteriolar narrowing and risk of diabetes mellitus in middle-aged persons. *JAMA*. 2002;287:2528–33.
- [103] Wong TY, Klein R, Nieto FJ, Klein BE, Sharrett AR, Meuer SM, Hubbard LD, Tielsch JM. Retinal microvascular abnormalities and 10-year cardiovascular mortality: a population-based case-control study. *Ophthalmology*. 2003;110:933–40.
- [104] Wong TY, Klein R, Klein BE, Meuer SM, Hubbard LD. Retinal vessel diameters and their associations with age and blood pressure. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2003;44:4644–50.
- [105] Wong TY, Klein R, Sharrett AR, Duncan BB, Couper DJ, Klein BE, Hubbard LD, Nieto FJ; Atherosclerosis Risk in Communities Study. Retinal arteriolar diameter and risk for hypertension. *Ann Intern Med*. 2004;140:248–55.
- [106] Wong TY, Knudtson MD, Klein R, Klein BE, Hubbard LD. A prospective cohort study of retinal arteriolar narrowing and mortality. *Am J Epidemiol*. 2004;159:819–25.
- [107] Wong TY, Duncan BB, Golden SH, Klein R, Couper DJ, Klein BE, Hubbard LD, Sharret AR, Schmidt MI. Associations between the metabolic syndrome and retinal microvascular signs: the Atherosclerosis Risk in Communities study. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2004;45:2949–54.
- [108] Wong TY, Islam FM, Klein R, Klein BE, Cotch MF, Castro C, Sharrett AR, Shahar E. Retinal vascular caliber, cardiovascular risk factors, and inflammation: the multi-ethnic study of atherosclerosis (MESA). *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2006;47:2341–50.
- [109] Yoshinaga M, Ichiki T, Tanaka Y, Hazeki D, Horigome H, Takahashi H, Kashima K. Prevalence of childhood obesity from 1978 to 2007 in Japan. *Pediat Int*. 2010;52:213–7.

- [110] Young T, Peppard PE, Gottlieb DJ. Epidemiology of obstructive sleep apnea: a population health perspective. *Am J Respir Crit Care Med.* 2002;165:1217–39.
- [111] Yudkin JS, Stehouwer CD, Emeis JJ, Coppack SW. C-reactive protein in healthy subjects: associations with obesity, insulin resistance, and endothelial dysfunction: a potential role for cytokines originating from adipose tissue? *Arterioscler Thromb Vasc Biol.* 1999;19:972–8.
- [112] Zimmet P, Alberti KG, 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.* 2007;8:299–306.

Anhang

Fragebogen

Jugend. Vitalität. Entwicklung.

Juven **TUM**



Kinder und Jugendliche als Gesundheitsexperten

Im Rahmen der Gesundheitsinitiative „Gesund.Leben.Bayern.“
Gefördert vom Bayerischen Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit



Hallo,

auch in diesem Jahr bitten wir dich, Fragen zu deinem Ernährungs- und Bewegungsverhalten zu beantworten.

Bewegung und Ernährung sind für die Gesundheit wichtig. Wie deine Bewegungs- und Ernährungsgewohnheiten sind, das möchten wir mit den Fragen auf den nächsten Seiten erfahren.

Was ist zu tun:

- 👁 Lese bitte **jede** Frage durch
- 👁 **Überlege**, was für dich stimmt
- 👁 Kreuze an oder trage **in jeder Zeile** die Antwort ein, die für dich am besten zutrifft.
- 👁 Entscheide dich für eine Antwort, falls keine Mehrfachantworten möglich sind.

Es gibt keine richtigen oder falschen Antworten. Wichtig ist uns **deine Meinung**.

👁 Ein Beispiel:	nie	selten	manchmal	oft	immer
In der letzten Woche habe ich gerne Musik gehört	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Bitte sage uns zunächst etwas zu dir. Kreuze an oder trage ein!

Name Junge Mädchen

Ich bin geboren am (z.B. 10.10.1997)

Meine Schule heißt:

Ich gehe in die Klasse (z.B. 6c)

Ganztagsklasse ja nein

Heutiges Datum: Tag/Monat/Jahr

Seite 1 von 10

Fragebogen zur körperlichen Aktivität



Im Rahmen des Projekts möchten wir gerne einige Informationen über dein Sport- und Bewegungsverhalten. Wir bitten dich **alle Fragen** so genau wie möglich zu beantworten.

1. An wie vielen Tagen warst du letzte Woche mindestens 60 Minuten (1h) körperlich so aktiv, dass du ins Schwitzen oder außer Atem gekommen bist (z.B. beim Sport, Spielen mit Freunden, Fußweg zur Schule, Rad fahren, Skaten, Sport im Verein etc.)?

Gar nicht	an einem Tag	an 2 Tagen	an 3 Tagen	an 4 Tagen	an 5 Tagen	an 6 Tagen	an jedem Tag
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2. An wie vielen Tagen einer normalen Woche bist du mindestens 60 Minuten (1h) körperlich so aktiv, dass du ins Schwitzen oder außer Atem kommst?

Gar nicht	an einem Tag	an 2 Tagen	an 3 Tagen	an 4 Tagen	an 5 Tagen	an 6 Tagen	an jedem Tag
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3. An wie vielen Tagen in der Woche nimmst du am Schulsport teil?

Gar nicht	an einem Tag	an 2 Tagen	an 3 Tagen	an 4 Tagen	an 5 Tagen
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4. Wie viele Stunden hast du insgesamt pro Woche Schulsport (Schulstunden mit 45 Minuten)?

Gar nicht	1 Stunde	2 Stunden	3 Stunden	4 Stunden	5 Stunden und mehr
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

5. Wie sehr strengst du dich meistens beim Schulsport an (bitte nur eine Antwort)?

Ich muss kaum schwitzen und komme kaum außer Atem.	Ich muss etwas schwitzen und komme etwas außer Atem.	Ich schwitze viel und komme deutlich außer Atem.
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

6. Wie kommst du normalerweise in die Schule (bitte nur eine Antwort)?
Wie lange bist du dann täglich für eine Strecke unterwegs (ohne Rückweg)?

zu Fuß	mit dem Fahrrad	mit öffentlichen Verkehrsmitteln	mit dem Auto
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich brauche Minuten.	Ich brauche Minuten.	Ich brauche Minuten.	Ich brauche Minuten.

7. Wie lange ist die Strecke, die du täglich zu Fuß gehst (der Schulweg zählt nicht mit)?

Ich gehe fast nie	Weniger als 1 km	1-2 km (15-30 Minuten)	3-5 km (30-60 Minuten)	6-9 km (1-2 Stunden)	mehr als 2 Stunden
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

8. Wie weit ist der nächste Sportplatz weg?

Gleich neben unserer Wohnung.	Ich muss 5-10 min. gehen.	Zu Fuß zu weit, aber mit dem Rad ist er gut zu erreichen.	Ich muss mich hin fahren lassen.
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

9. Wenn ich Sport treiben will, fehlen mir Geräte oder Einrichtungen. Das stimmt...

immer	sehr oft	oft	ab und zu	selten	sehr selten	nie
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Fragebogen zur körperlichen Aktivität

10. Bist du Mitglied in einem Sportverein?

Ja			Nein
<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> In 1 Verein	<input type="checkbox"/> In 2 Vereinen	<input type="checkbox"/> In 3 Vereinen	

11. Welche Sportart übst du derzeit regelmäßig in einem Verein aus?

Name des Vereins

(Kreuze nur die Sportarten an, die du auch jede Woche/fast jede Woche im Verein machst.)

Fußball	<input type="checkbox"/>	Ballett	<input type="checkbox"/>	Leichtathletik	<input type="checkbox"/>	Karate, Judo, Kampfsport	<input type="checkbox"/>
Handball	<input type="checkbox"/>	Tanzen, HipHop	<input type="checkbox"/>	Schwimmen	<input type="checkbox"/>	Boxen, Kickboxen	<input type="checkbox"/>
Basketball	<input type="checkbox"/>	Gymnastik	<input type="checkbox"/>	Reiten	<input type="checkbox"/>	Eishockey	<input type="checkbox"/>
Volleyball	<input type="checkbox"/>	Turnen	<input type="checkbox"/>	Voltigieren	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tennis	<input type="checkbox"/>	Trampolin	<input type="checkbox"/>	Tischtennis	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

12. An wie vielen Tagen in der Woche nimmst du regelmäßig am Training teil?

an einem Tag	an 2 Tagen	an 3 Tagen	an 4 Tagen	an 5 Tagen	an 6 Tagen	an jedem Tag
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Meine Trainingszeit (ohne Duschen, Umziehen) beträgt: Minuten pro Training. (Bitte die Zeit möglichst genau angeben!)

13. Nimmst du an Wettkämpfen teil?

Ja		Nein
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
Wie oft im Jahr?	mal Was?	

14. Welche Sportarten betreibst du in deiner Freizeit?

(Nenne nur Sportarten, die du nicht im Verein und regelmäßig (mind. 30 Minuten/Woche) machst.)

Fußball	<input type="checkbox"/>	Ballett	<input type="checkbox"/>	Leichtathletik	<input type="checkbox"/>	Karate, Judo, Kampfsport	<input type="checkbox"/>
Handball	<input type="checkbox"/>	Tanzen, HipHop	<input type="checkbox"/>	Schwimmen	<input type="checkbox"/>	Boxen, Kickboxen	<input type="checkbox"/>
Basketball	<input type="checkbox"/>	Gymnastik	<input type="checkbox"/>	Reiten	<input type="checkbox"/>	Eishockey	<input type="checkbox"/>
Volleyball	<input type="checkbox"/>	Turnen	<input type="checkbox"/>	Voltigieren	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tennis	<input type="checkbox"/>	Trampolin	<input type="checkbox"/>	Tischtennis	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

15. An wie vielen Tagen in der Woche treibst du in deiner Freizeit normalerweise Sport?

gar nicht	an einem Tag	an 2 Tagen	an 3 Tagen	an 4 Tagen	an 5 Tagen	an 6 Tagen	an jedem Tag
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Meine Sportzeit (ohne Umziehen, Duschen) beträgt: Minuten am Tag. (Bitte die Zeit möglichst genau angeben!)

16. Wie groß ist dein Interesse am Sport?

sehr groß	groß	mittel	gering	interessiert mich nicht
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Fragebogen zur körperlichen Aktivität

17. Wie beurteilst du folgende Aussagen?

Wenn ich regelmäßig Sport treibe, dann	Stimmt nicht	Stimmt selten	Teils/teils	Stimmt meist	Stimmt immer
1. ... werde ich nicht so leicht krank.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. ... kann ich mich leicht verletzen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. ... verbessere ich meine Kondition.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. ... bleibe ich beweglich.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. ... habe ich eine gute Figur und sehe gut aus.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. ... mache ich etwas mit anderen Leuten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. ... tobe ich mich so richtig aus.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. ... vertreibe ich meine Langeweile.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. ... lenke ich mich von meinen Problemen ab.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

18. Wir möchten gern wissen, warum du Sport treibst. Welche Aussagen stimmen für dich?

Ich treibe Sport,	Stimmt nicht	Stimmt selten	Teils/teils	Stimmt meist	Stimmt immer
1. ... um Spaß zu haben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. ... um etwas mit anderen zu machen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. ... um etwas für meine Gesundheit zu tun.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. ... um mich zu entspannen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. ... um etwas für meine Figur zu tun.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. ... um mich abzureagieren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. ... um meine Kräfte mit anderen zu messen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. ... um mich fit zu halten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. ... um meine Leistungsfähigkeit zu verbessern.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. ... um	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. Ich treibe keinen Sport.	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>

19. Wie oft und wie lange sitzt du am Tag für Hausaufgaben, Fernsehen,... ? (1h = 60 Minuten)

Ich sitze zu Hause,	Gar nicht	30 min am Tag	1 Stunde am Tag	2 Stunden am Tag	3 Stunden am Tag	4 Stunden am Tag	5 Stunden am Tag	mehr
1. ... unter der Woche für Hausaufgaben machen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. ... am Wochenende für Hausaufgaben machen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. ... unter der Woche beim Fernsehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. ... am Wochenende beim Fernsehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. ... unter der Woche Computer/Playstation/Internet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. ... am Wochenende Computer/Playstation/Internet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Fragebogen zur körperlichen Aktivität

Beantworte folgende Fragen bitte nur, falls dein Vater bzw. deine Mutter bzw. deine Geschwister mit dir in einem Haushalt leben. Versuche genaue Zeitangaben zu machen (1h = 60 Minuten).

20. Treibt dein Vater Sport?

Ja		Nein
<input type="checkbox"/>		
<input type="checkbox"/> In einem Verein	Wie viele Stunden pro Woche? Stunden/Woche	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> In der Freizeit	Wie viele Stunden pro Woche? Stunden/Woche	

21. Treibt deine Mutter Sport?

Ja		Nein
<input type="checkbox"/>		
<input type="checkbox"/> In einem Verein	Wie viele Stunden pro Woche? Stunden/Woche	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> In der Freizeit	Wie viele Stunden pro Woche? Stunden/Woche	

22. Treiben deine Geschwister Sport?

Ja		Nein
<input type="checkbox"/>		
<input type="checkbox"/> In einem Verein	Wie viele Stunden pro Woche? Stunden/Woche	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> In der Freizeit	Wie viele Stunden pro Woche? Stunden/Woche	

23. Treiben deine Freunde Sport?

Ja		Nein
<input type="checkbox"/>		
<input type="checkbox"/> In einem Verein	Wie viele Stunden pro Woche? Stunden/Woche	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> In der Freizeit	Wie viele Stunden pro Woche? Stunden/Woche	

Kiddo-Kindl®-Fragebogen für Jugendliche



Hier möchten wir zuerst etwas über deinen Körper wissen, ...

In der letzten Woche ...	nie	selten	manch- mal	oft	immer
1. ... habe ich mich krank gefühlt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. ... hatte ich Schmerzen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. ... war ich müde und erschöpft.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. ... hatte ich viel Kraft und Ausdauer.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

... dann etwas darüber, wie du dich fühlst ...

In der letzten Woche ...	nie	selten	manch- mal	oft	immer
5. ... habe ich viel gelacht und Spaß gehabt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. ... war mir langweilig.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. ... habe ich mich allein gefühlt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. ... habe ich mich ängstlich oder unsicher gefühlt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

... und was du selber von dir hältst.

In der letzten Woche ...	nie	selten	manch- mal	oft	immer
9. ... war ich stolz auf mich.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. ... fühlte ich mich wohl in meiner Haut.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. ... mochte ich mich selbst leiden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12. ... hatte ich viele gute Ideen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

In den nächsten Fragen geht es um deine Familie ...

In der letzten Woche ...	nie	selten	manch- mal	oft	immer
13. ... habe ich mich gut mit meinen Eltern verstanden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14. ... habe ich mich zu Hause wohl gefühlt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15. ... hatten wir schlimmen Streit zu Hause.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16. ... fühlte ich mich durch meine Eltern eingeschränkt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

... und danach über deine Freunde.

In der letzten Woche ...	nie	selten	manch- mal	oft	immer
17. ... habe ich etwas mit Freunden zusammen gemacht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18. ... bin ich bei anderen „gut angekommen“.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19. ... habe ich mich mit meinen Freunden gut verstanden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20. ... hatte ich das Gefühl, dass ich anders bin als die anderen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Nun möchten wir noch was über die Schule wissen.

In der letzten Woche, in der ich in der Schule war, ...	nie	selten	manch- mal	oft	immer
21. ... habe ich die Aufgaben in der Schule gut geschafft.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22. ... hat mich der Unterricht interessiert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
23. ... habe ich mir Sorgen um meine Zukunft gemacht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
24. ... habe ich Angst vor schlechten Noten gehabt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Fragen zu deiner Familie



Wir möchten gerne wissen, wie viele Personen in eurer Familie leben, ...

In meiner Familie leben...	ja	nein
1. ... Mutter	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. ... Vater	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. ... Geschwister	<input type="checkbox"/> keine <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> mehr als 5 Geschwister	

... welche Schulbildung,...

	keinen Schulabschluss	Volksschul-, Hauptschulabschluss	Realschule, mittlere Reife, Polytech. Obers.	Fachhochschulreife	Abitur	anderen Abschluss
4. Mutter	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Vater	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

... und welchen Berufsabschluss deine Eltern haben.

	keinen Berufsabschluss	Lehre, Berufsschule, Handelschule etc.	Meister-, Technikerschule, Beamtenausbildung	Fachhochschule, Ingenieurschule	Universität/ Hochschule	anderen Abschluss
6. Mutter	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Vater	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

In welchem Beschäftigungsverhältnis sind deine Eltern?

	Arbeitslos	Teilzeit berufstätig	Vollzeit berufstätig	Hausfrau / Hausmann	Rente
8. Mutter	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Vater	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

In welchem Bereich arbeiten deine Eltern zur Zeit?

	Schüler, Lehre, Ausbildung	Arbeiter, Facharbeiter, Landwirt	Vorarbeiter, Meister, Angestellter oder Beamter im einfachen Dienst	Werkmeister, Angestellter mit qualifizierter Tätigkeit oder Beamter mittlerer Dienst	Selbständiger (max. 9 Angestellte)	selbständiger Akademiker, Angestellter/ Beamter mit hochqualifizierter Tätigkeit Selbständiger mit mehr als 10 Angestellten
10. Mutter	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. Vater	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

12. In welchem Land bist du geboren?

13. In welchen Sprachen unterhaltet ihr euch zu Hause?

14. In welchem Land sind deine Eltern geboren? Mutter:

15. Vater:

16. Welche Staatsangehörigkeit haben deine Eltern: Mutter:

17. Vater:

Gesundheitsfragebogen für Kinder und Jugendliche



Hier möchten wir gerne erfahren, was du zum Thema „Gesundheit“ weißt. Bitte versuche **alle Fragen** so genau wie möglich zu beantworten. Wenn du manches nicht weißt oder dir unsicher bist, ist das nicht schlimm. Bitte kreuze entweder „**richtig**“ oder „**falsch**“ an

Was meinst du, wie viel Bewegung brauchst du, damit du gesund bleibst?

Welche Antworten hältst du für richtig oder falsch!	RICHTIG	FALSCH
1. Wenn ich mich 15 bis 30 Minuten intensiv bewege, reicht das.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Ich muss mich fast täglich 60 Minuten intensiv bewegen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Um gesund zu bleiben muss ich 1 bis 2 Mal pro Woche in einen Sportverein gehen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Kinder und Jugendliche bewegen sich von alleine genug.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Regelmäßiger Schulsport reicht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Was hältst du hier für richtig?

Welche Antworten hältst du für richtig oder falsch!	RICHTIG	FALSCH
6. Wer am morgen zu Fuß in die Schule geht, wird besser wach und fit für den Tag.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Die körperliche Aktivität beim Schulweg (zu Fuß/mit dem Rad) ist so gering, dass sie keinen Einfluss auf die Gesundheit hat.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Es ist besser mit dem Rad in die Schule zu fahren als zu Fuß zu gehen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Bevor ich in die Schule gehe, sollte ich zu Hause in Ruhe frühstücken.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Was weißt du zum Thema „Übergewicht“?

Welche Antworten hältst du für richtig oder falsch!	RICHTIG	FALSCH
10. Übergewicht habe ich, wenn ich schwerer bin als meine gleichaltrigen Freunde.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. Übergewicht habe ich, wenn ich bezogen auf meine Körpergröße zu viel wiege.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12. Kinder/Jugendliche, die mehr als 2 Stunden/Tag fernsehen, haben häufig Übergewicht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13. Übergewicht kann ich durch Diäten vermeiden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14. Übergewicht ist für die Gesundheit besonders schlecht, wenn der Bauch sehr dick ist.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Und noch ein paar Fragen zum Übergewicht. Was ist richtig und was ist falsch?

Übergewicht ...	RICHTIG	FALSCH
15. ... haben viele Kinder. Deswegen ist es auch nicht schlimm.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16. ... wird vererbt. Deswegen kann man nichts dagegen tun.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17. ... liegt nur am falschen Essen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18. ... kann man durch regelmäßige Bewegung langfristig abbauen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Und welche Krankheiten werden durch Übergewicht in Verbindung mit Bewegungsmangel begünstigt?

Übergewicht kann folgende Krankheiten fördern ...	RICHTIG	FALSCH
19. ... Herzkrankheiten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20. ... Bluthochdruck	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21. ... Kopfschmerzen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22. ... Erkältungen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
23. ... Zuckerkrankheit (Typ-2-Diabetes)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Gesundheitsfragebogen für Kinder und Jugendliche

Jetzt kommen Fragen zum gesunden Essen (was hältst du hier für richtig und was für falsch?)

Zum gesunden Essen gehören ...	RICHTIG	FALSCH
24. ... besonders Kartoffeln, Reis und Getreideprodukte.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
25. ... Milkschokolade, Kinderjogurt und andere spezielle Nahrungsmittel für Kinder.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
26. ... möglichst täglich Fleisch.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
27. ... vor allem Fischgerichte wie Fischstäbchen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
28. ... rohes oder auch gekochtes Obst und Gemüse.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

... und zum gesunden Trinken (welche Antworten findest du richtig und welche falsch?).

Wenn ich Durst habe, trinke ich am besten ...	RICHTIG	FALSCH
29. ... Mineralwasser.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
30. ... Apfelsaft oder andere Fruchtsäfte.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
31. ... Leitungswasser.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
32. ... Milch.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
33. ... Cola, Fanta oder andere Limonaden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
34. ... kalten Früchte- oder Kräutertee.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Hier sind ein paar Fragen zum Sport. Welche Antworten findest du richtig und welche falsch?

Wer sich regelmäßig sportlich betätigt, ...	RICHTIG	FALSCH
35. ... kann mehr essen, da er auch mehr Energie verbraucht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
36. ... sieht krank aus, weil er immer total erschöpft ist.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
37. ... lebt wahrscheinlich länger.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
38. ... sollte trotzdem darauf achten, täglich mindestens 10.000 Schritte zu gehen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Was weißt du über Muskeln und Knochen?

Welche Antworten hältst du für richtig oder falsch!	RICHTIG	FALSCH
39. Sportarten, bei denen man viel Kraft benötigt, schaden dem Knochen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
40. Kinder und Jugendliche, die viel Sport treiben, haben später häufiger Knochenschwund (Osteoporose).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
41. Ich kann mit meiner täglichen Ernährung den Knochenstoffwechsel beeinflussen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
42. Krafttraining ist für den Knochen wichtiger als Ausdauersport.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Neben dem „Typ-1-Diabetes“ gibt es auch den „Typ-2-Diabetes“, der häufig mit unserem Lebensstil zusammenhängt. Was weißt du über die Zuckerkrankheit „Typ-2-Diabetes“?

Welche Antworten hältst du für richtig oder falsch!	RICHTIG	FALSCH
43. Jemand ist zuckerkrank, wenn er immer Süßes essen will.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
44. Zuckerkrank ist man, wenn der Körper den Zucker, den man isst, nicht oder nur schlecht verarbeiten kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
45. Der „Typ-2-Diabetes“ entsteht, wenn man älter wird.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
46. Durch Übergewicht kann man zuckerkrank werden (Typ-2-Diabetes).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
47. Wenn ich viel zuckerhaltige Limonade trinke, kann ich Diabetes (Typ-2) bekommen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ernährungsfragebogen



Wir benötigen im Rahmen des Projekts auch einige Informationen über deine Ernährungsgewohnheiten. Bitte versuche **alle Fragen** so genau wie möglich zu beantworten.

Wir möchten zuerst gerne wissen, was du wie häufig isst.

Wie oft isst du, ...	nie	1 mal/ Monat	2-3 mal/ Monat	1-2 mal/ Woche	3-4 mal/ Woche	5-6 mal/ Woche	1 mal am Tag	2-3 mal am Tag	4-5 mal am Tag	> 5 mal am Tag
1. ... Hamburger, Döner, Pommies, Pizza)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. ... rohes Gemüse (Gurken, Tomaten, Karotten)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. ... Salat (Blattsalat, Gurke, Tomaten, Karotten etc.)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. ... gekochtes Gemüse (Karotten, Bohnen etc.)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. ... frisches Obst (Äpfel, Pfirsiche, Orangen...)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. ... Wurst oder Schinken?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. ... Käse (Weich-, Schnitt-, Hart- oder Frischkäse)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. ... Milchprodukte (Joghurt, Quark...)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. ... Schokolade oder Süßigkeiten?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. ... Vollkornbrot/-brötchen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. ... Fisch (Forelle, Lachs, Fischfilet...)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12. ... Cornflakes, Müsli?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13. ... Fleisch (kein Geflügel und Wurst)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14. ... Geflügel (Huhn, Pute)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15. ... Mischbrot oder Weißbrot?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16. ... Reis oder Nudeln?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17. ... Kartoffeln (auch als -brei, -knödel, -salat...)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Wir möchten auch noch gerne wissen, was und wie häufig du trinkst.

Wie oft trinkst du, ...	nie	1 mal/ Monat	2-3 mal/ Monat	1-2 mal/ Woche	3-4 mal/ Woche	5-6 mal/ Woche	1 mal am Tag	2-3 mal am Tag	4-5 mal am Tag	> 5 mal am Tag
18. ... Obst- / Gemüsesäfte, Fruchtnektar...?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19. ... Leitungs- oder Mineralwasser?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20. ... Früchte- oder Kräutertee?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21. ... Milch (auch Kakao und für's Müsli)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22. ... Cola, Fanta, Limo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
23. ... Energiedrinks?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
24. ... Kaffee?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
25. ... Alkohol?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

... und ob du rauchst?

	nie	1 mal/ Monat	2-3 mal/ Monat	1-2 mal/ Woche	3-4 mal/ Woche	5-6 mal/ Woche	1 mal am Tag	2-3 mal am Tag	4-5 mal am Tag	> 5 mal am Tag
26. Wie oft rauchst du selbst?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
27. Wie oft rauchst du passiv?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Du hast es geschafft. Vielen Dank!

Selbständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt habe und die den benutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen entsprechend gekennzeichnet habe. Weder diese noch eine andere Dissertation wurde von mir an einer anderen Fakultät zum Zwecke der Promotion eingereicht.

München, den 1. März 2012

Unterschrift

Danksagung

Hiermit danke ich Herrn Univ.-Prof. Dr. med. M. Halle für die Möglichkeit, an seinem Lehrstuhl meine Doktorarbeit durchführen zu können und für die Überlassung des Themas.

Dank gilt meinem Betreuer Herrn Dr. med. Henner Hanssen für die Unterstützung bei der Durchführung, Auswertung und Fertigstellung der Dissertation.

Besonderer Dank gilt Frau Dr. phil. Monika Siegrist für die Unterstützung bei der Durchführung der Doktorarbeit, für die stets hilfreichen Diskussionen, konstruktiven Anmerkungen und Korrekturen sowie für ihre aufmunternden Worte. Durch ihr großes Interesse und ihre raschen Rückmeldungen konnte ich die Arbeit stetig voranbringen.

Danke Herrn Bernhard Haller für die Anmerkungen und Korrekturen bei der statistischen Datenanalyse.

Weiterer Dank gilt Herrn Michael Neidig für die gute Einarbeitung in die Bedienung der Augenkamera und die Unterstützung bei der Auswertung der Retinaaufnahmen sowie für das Bekanntmachen mit dem Textsatzsystem *LaTeX*.

Ebenfalls Dank für die technische Unterstützung mit Rat und Tat in allen Computerfragen gilt Herrn Michael Helfer.

Dank an Frau Sandra Heina sowie an meine Schwester Daniela Baumann, die die Arbeit Korrektur gelesen haben.

Danke auch meinen Eltern nicht nur für ihre stete Unterstützung, sondern auch, dass sie an mich geglaubt haben.

Zuletzt herzlichen Dank meiner Freundin, die mich während der gesamten Dauer der Dissertation unterstützt hat.