

Aus der
Medizinischen Poliklinik der Medizinischen Fakultät
Charité – Universitätsmedizin Berlin
und dem
Institut für Sportwissenschaft, Abteilung Sportmedizin
der Humboldt-Universität zu Berlin

DISSERTATION

**Einfluss regelmäßiger körperlicher Bewegung auf den arteriellen
Blutdruck im Kindergartenalter:
eine Cluster-randomisierte, kontrollierte Studie**

zur Erlangung des akademischen Grades
Doctor medicinae (Dr. med.)

vorgelegt der Medizinischen Fakultät
Charité – Universitätsmedizin Berlin

von

Iman Mohasseb

aus Kairo, Ägypten

Gutachter: 1. Prof. Dr. med. Dr. rer nat. R. G. Ketelhut
2. Prof. Dr. med. F. Gutzwiller
3. Prof. Dr. med. H. Brand

Datum der Promotion: 3. September 2010

“Arbeite, mühe dich, iß mäßig und erhalte dir offenen Leib, so wird dich nicht nur keine Krankheit heimsuchen, sondern du wirst sogar an Kräften zunehmen. ... Wer aber nur träge dasitzt und nicht arbeitet, ... der wird – mag er sich auch noch so sehr an die Regeln der Gesundheit halten – sein Leben lang Schmerzen haben, und seine Kräfte schwinden hin.“

Moses ben Maimon (gr. Maimonides; 1135–1204),
Leibarzt des Sultans von Ägypten und Syrien in Kairo,
Salah al-Din Yussuf Al-Ayyubi (“Saladin”)

Aus der Mischne Tora. In: Schipperges H. Krankheit und Gesundheit bei Maimonides. Springer-Verlag, Berlin 1996, S.76-77

Inhalt

1.	Einleitung	5
1.1.	Bluthochdruck und seine Folgeerkrankungen beginnen in der Kindheit	6
1.2.	Prävention von Risikofaktoren für vaskuläre Erkrankungen in der Kindheit	9
1.3.	Körperliche Bewegung und Blutdruck	11
1.4.	Ziele der vorliegenden Untersuchung	13
2.	Material und Methoden	14
3.	Ergebnisse	22
3.1	Ergebnisse der longitudinalen Untersuchung	22
3.2	Ergebnisse der submaximalen ergometrischen Belastung am Studienende	27
3.2	Wirksamkeit der Intervention auf Body-Mass-Index und Körperfettgehalt	31
4.	Diskussion	35
5.	Schlussfolgerungen	46
6.	Zusammenfassung	47
7.	Literatur	49
8.	Lebenslauf	54
9.	Publikationsliste	55
10.	Selbständigkeitserklärung	57
11.	Danksagung	58

1. Einleitung

Bluthochdruck ist einer der Hauptrisikofaktoren für die Entwicklung einer Arteriosklerose, die wiederum die pathophysiologische Grundlage für die wichtigsten kardio- und zerebrovaskulären Erkrankungen bildet. Diese sind in Deutschland, wie auch in den meisten anderen industrialisierten Ländern, die häufigsten Todesursachen und verursachten im Jahr 2006 respektive ca. 43,7% und 7,9% der Todesfälle in Deutschland (OECD Health Data 2008). Bluthochdruck ist außerdem der wichtigste Risikofaktor für die Gesamtmortalität in Westeuropa. Nach Schätzungen der Weltgesundheitsorganisation (WHO) sind ca. 19% der Gesamtmortalität in Westeuropa einem Bluthochdruck attribuierbar, gefolgt von Tabakabusus (15%), erhöhten Serum-Cholesterinwerten (12%), Übergewicht (9%) und Bewegungsmangel (5%) (WHOSIS Daten 2004). Dabei wurde berücksichtigt, dass sowohl Übergewicht als auch Bewegungsmangel Risikofaktoren für einen Bluthochdruck sind. Die durchschnittlichen Blutdruckwerte bei Erwachsenen in Europa sind besonders hoch: der durchschnittliche, altersspezifische systolische Blutdruck ist ca. 20 mmHg höher als in der WHO-Region mit den niedrigsten Blutdruckwerten [1]. Die WHO schätzt, dass weltweit etwa 62% der zerebrovaskulären Krankheitsfälle und 49% der koronaren Herzerkrankungsfälle durch suboptimale Blutdruckwerte (definiert als systolischer Blutdruck über 115 mmHg) verursacht werden [1].

Bluthochdruck ist eine Erkrankung, die sich chronisch über Jahrzehnte entwickelt und die, wie auch ihre Folgerkrankungen, im Kindesalter beginnt. Eine serielle, repräsentative Querschnittsuntersuchung (NHANES) aus den USA bei jeweils mehreren tausend Kindern und Jugendlichen im Alter zwischen 8 und 17 Jahren konnte zeigen, dass der um Alter, Geschlecht und ethnische Gruppenzugehörigkeit adjustierte, systolische Blutdruck zwischen dem ersten Survey von 1988-1994 und der Folgeuntersuchung aus dem Zeitraum 1999-2000 um 1,4 mmHg (95% Konfidenzintervall (KI): 0,6 bis 2,2; $p < 0,01$) zugenommen hat. Die Zunahme des durchschnittlichen diastolischen Blutdrucks war mit 3,3 mmHg (95% KI: 2,1 bis 4,5; $p < 0,01$) noch ausgeprägter. Eine weitere Adjustierung für Unterschiede im Body-Mass-Index (BMI) erklärte lediglich 29% des systolischen Blutdruckanstiegs und 12% des diastolischen Blutdruckanstiegs [2]. Andersherum betrachtet heißt das, dass 71% bzw. 88% des beobachteten Blutdruckanstiegs andere Faktoren als Übergewicht zugrunde liegen. Bewegungsmangel ist hierfür einer der Hauptverdächtigen, wurde aber leider in den NHANES-Surveys nicht gemessen.

Die Prävention von vaskulären Erkrankungen sollte demnach so früh wie möglich in der Kindheit beginnen. Die Wirkung von regelmäßiger körperlicher Aktivität auf den Blutdruck bei normotensiven und hypertensiven Erwachsenen ist schon Gegenstand einiger Studien gewesen und inzwischen gut belegt [3-5]. Der Einfluss körperlicher Bewegung auf den Blutdruck im Kindesalter ist jedoch noch kaum untersucht worden.

Im folgenden Abschnitt wird die Evidenz für einen Beginn der vaskulären Erkrankungen in der Kindheit zusammengefasst. Darauf folgt ein Überblick über die Prävention von kardiovaskulären Risiken in der Kindheit mit Schwerpunkt Bewegungsmangel. Schließlich werden die Effekte körperlicher Bewegung auf den Blutdruck im Erwachsenen- und Kindesalter zusammengefasst und die Ziele der vorliegenden Untersuchung dargestellt.

1.1. Bluthochdruck und seine Folgeerkrankungen beginnen in der Kindheit

Bereits vor mehr als 50 Jahren konnte gezeigt werden, dass Arteriosklerose schon im Kindesalter beginnt und stetig bis zum Erwachsenenalter fortschreitet, um dann die Ursache für kardio- und zerebrovaskuläre Erkrankungen zu bilden [6]. Arteriosklerose wird durch eine Vielzahl genetischer und umweltbedingter Faktoren verursacht. Die wichtigsten bekannten Risikofaktoren sind Zigarettenrauchen, Adipositas, Hypercholesterinämie, Diabetes mellitus und arterielle Hypertonie. Regelmäßige körperliche Bewegung wiederum hat direkte, wünschenswerte Wirkungen auf all diese Risikofaktoren. Die wichtigsten Studien, die den Einfluss von Risikofaktoren in der Kindheit und Jugend auf das kardiovaskuläre Risiko im Erwachsenenalter untersuchen, werden im Folgenden beschrieben.

Die zwischen 1987 und 1994 in den USA durchgeführte Pathobiological Determinants of Atherosclerosis in Youth (PDAY)-Studie bestätigte die Entstehung von Arteriosklerose in der Kindheit und zeigte, dass die Progression zu klinisch signifikanten Läsionen bereits im jungen Erwachsenenalter auftreten kann und stark von kardiovaskulären Risikofaktoren beeinflusst wird [7]. Die Ergebnisse der PDAY-Studie verdeutlichen die Notwendigkeit kardiovaskuläre Risikofaktoren bereits im Kindesalter und jungen Erwachsenenalter anzugehen, um die Entstehung arteriosklerotischer Läsionen zu verzögern oder zu vermeiden.

Inzwischen ist gut belegt, dass die Modifikation von Risikofaktoren im Erwachsenenalter einen deutlichen Einfluss auf Mortalität und Morbidität Arteriosklerose-assoziiierter Erkrankungen hat, insbesondere die Senkung des Serum-Cholesterins [8], Raucherentwöhnung [9] und die Senkung des arteriellen Blutdrucks [10]. Im Moment wird geschätzt, dass ca. die Hälfte des zwischen 1980 und 1990 beobachteten Rückgangs der durch koronare Herzerkrankung bedingten Sterbefälle in den USA durch Reduktion von Risikofaktoren verursacht wurde - die andere Hälfte durch verbesserte Behandlung der bereits symptomatischen Erkrankung [11]. In einer neueren Studie aus Großbritannien wurde der Anteil der Sterbefälle, die durch Primärprävention der koronaren Herzerkrankung vermieden wurden, für den Zeitraum 1981-2000 auf 58% geschätzt [12].

Grosse Beobachtungsstudien weisen darauf hin, dass Adipositas [13] und mangelnde körperliche Bewegung [14] das Risiko einer koronaren Herzerkrankung deutlich erhöhen.

Die Coronary Artery Risk Development in Young Adults (CARDIA) Studie war die erste große Beobachtungsstudie, die die Rolle von körperlicher Fitness bei jungen Erwachsenen im Bezug auf die Entwicklung von Risikofaktoren für eine koronare Herzerkrankung untersuchte. Sie wurde in den USA zwischen 1984 und 2001 durchgeführt. Sie zeigte, dass Teilnehmer mit niedriger oder mäßiger körperlicher Fitness ein doppelt so hohes Risiko hatten an arterieller Hypertonie, Diabetes mellitus und metabolischem Syndrom zu erkranken als Teilnehmer mit hoher körperlicher Fitness [15].

Drei große Beobachtungsstudien konnten zeigen, dass kardiovaskuläre Risikoprofile in der Kindheit wichtige Prädiktoren für kardiovaskuläre Morbidität im Erwachsenenalter sind. Als Endpunkte für das kardiovaskuläre Risiko im jungen Erwachsenenalter wurden dabei intermediäre Parameter, wie die Intima-Media-Dicke der Arteria carotis communis (ACC) und die arterielle Steifigkeit benutzt. Die mit Ultraschall gemessene Intima-Media-Dicke der ACC ist ein verlässlicher Marker für präklinische Arteriosklerose [16], da sie stark mit dem Risiko einer späteren vaskulären Erkrankung korreliert ist [17,18]. Dasselbe gilt für die arterielle Steifigkeit, die oszillographisch an allen vier Extremitäten gemessen wird [19].

In der Bogalusa Heart Study wurden 486 Erwachsene im Alter zwischen 25 und 37 Jahren im Rahmen einer prospektiven Kohortenstudie, die seit 1973 läuft, identifiziert, bei denen mindestens drei Messungen traditioneller Risikofaktoren für kardiovaskuläre Erkrankungen seit

der Kindheit vorlagen. Signifikante Prädiktoren für eine spätere Verdickung der Intima-Media-Dicke der Arteria carotis communis waren ein in der Kindheit erhöhtes LDL-Cholesterin sowie der Body-Mass-Index (BMI) [20]. Eine andere Arbeit aus derselben Kohorte untersuchte an 835 jungen Erwachsenen im Alter zwischen 24 und 44 Jahren den Einfluss von in der Kindheit gemessenen kardiovaskulären Risikofaktoren (BMI, systolischer und diastolischer Blutdruck, HDL- und LDL-Cholesterin und Triglyceride) auf die spätere arterielle Steifigkeit. Dabei war der systolische Blutdruck in der Kindheit der einzige statistisch signifikante Prädiktor [21].

In der Muscatine Studie wurde die Intima-Media-Dicke der Arteria carotis communis (ACC) im jungen und mittleren Erwachsenenalter gemessen, um deren Assoziation mit im Kindesalter und aktuell gemessenen kardiovaskulären Risikofaktoren zu untersuchen. Eingeschlossen waren 346 Männer und 379 Frauen im Alter von 33 bis 42 Jahren, die zu einer Kohorte gehörten, die seit ihrer Kindheit im Rahmen dieser Studie verfolgt wurde. Es zeigte sich, dass eine Erhöhung der ACC Intima-Media-Dicke im jungen und mittleren Erwachsenenalter mit einer Erhöhung des Gesamt-Cholesterins und des BMI im Kindesalter assoziiert ist, letzteres allerdings nur für Frauen [22].

Die Cardiovascular Risk in Young Finns Study ist eine prospektive Kohortenstudie, die in fünf Zentren in Finnland zwischen 1980 und 2002 durchgeführt wurde. Sie untersuchte die Beziehung zwischen in der Kindheit und im Erwachsenenalter gemessenen kardiovaskulären Risikofaktoren und der im Erwachsenenalter gemessenen Intima-Media-Dicke der ACC.

Es wurden 2229 Erwachsene im Alter zwischen 24 und 39 Jahren eingeschlossen, die 1980 im Alter zwischen 3 und 18 Jahren zum ersten Mal untersucht worden waren und dann 21 Jahre später einer zweiten Untersuchung unterzogen wurden. Im Kindes- und Jugendalter gemessene Werte für LDL-Cholesterin ($p=0,001$), BMI ($p=0,007$), systolischen ($p<0,001$) und diastolischen Blutdruck ($p<0,02$), sowie Rauchen ($p=0,02$) waren in dieser Untersuchung statistisch signifikant mit der im Erwachsenenalter gemessenen Intima-Media-Dicke der ACC assoziiert [23].

1.2. Prävention von Risikofaktoren für vaskuläre Erkrankungen in der Kindheit

In den letzten Jahrzehnten wurde weltweit, vor allem aber in den westlichen Industrieländern, eine dramatische Zunahme der Prävalenz von Übergewicht und Adipositas im Kindesalter beobachtet [24,25]. Laut KiGGS-Studie des Robert Koch Instituts liegt die Zahl übergewichtiger, d.h. mit einem BMI über der 90. Perzentile, Kinder und Jugendlicher im Alter von 3 bis 17 Jahren in Deutschland zur Zeit bei 15% [26]. Dies beinhaltet eine Untergruppe von 6,3 Prozent aller Kinder und Jugendlicher, die mit einem BMI über der 97. Perzentile als adipös eingestuft werden [26]. Bei den Einschulungsuntersuchungen im Land Brandenburg waren 1998 14,2% der Mädchen und 11,4% der Jungen adipös, d.h. ihr Körpergewicht lag über der alters- und geschlechtsspezifischen 97%-Perzentile der Normstichprobe. Im Vergleich zu den Einschulungsuntersuchungen von 1994 hatte der Anteil adipöser Jungen in nur vier Jahren um 1,3%, der Anteil adipöser Mädchen um 0,5% zugenommen [27].

Mit dem Anstieg der Häufigkeit von Übergewicht und Adipositas werden auch schon im Kindesalter beobachtbare negative Effekte des Übergewichts häufiger. In den USA ist das metabolische Syndrom bei Kindern inzwischen deutlich häufiger als früher [28] und das Erstmanifestationsalters des Typ II Diabetes mellitus verschiebt sich immer weiter nach unten [29].

Obwohl die Entstehung von Übergewicht und Adipositas multifaktoriell ist, werden zur Zeit vor allem ein bewegungsarmer Lebensstil und Änderungen im Ernährungsverhalten für den beobachteten Anstieg verantwortlich gemacht [25]. Körperliche Aktivität hat aber eine positive Wirkung auf die kardiovaskuläre Morbidität und Mortalität, die deutlich über den gewichtsenkenden Effekt hinausgeht [30]. So haben adipöse Individuen mit wenigstens mittlerer kardiorespiratorischer Fitness ein signifikant reduziertes Risiko an kardiovaskulären Erkrankungen zu erkranken und um ca. die Hälfte niedrigere Sterberaten als normalgewichtige Personen mit niedriger kardiorespiratorischer Fitness [31,32]. Selbst ein minimales Bewegungstraining von 1 bis 1,5 Stunden Spazierengehen pro Woche erzielte in einer randomisierten Studie bei übergewichtigen, bewegungsarmen Frauen in den USA eine Halbierung des Risikos eine koronaren Herzerkrankung zu entwickeln [33].

Die körperliche Leistungsfähigkeit der Kinder in Deutschland hat, wie auch in anderen Industrienationen, in den letzten Jahrzehnten deutlich abgenommen. So zeigte ein Vergleich der Ergebnisse von Schülern an 20 Berliner Schulen in Berlin bei den Bundesjugendspielen zwischen den Jahren 1995 bis 1999 einen starken Rückgang in der Anzahl der erzielten Urkunden in Grund- und Oberschulen. 1999 erreichten die 10- bis 13-Jährigen im Weitsprung und Laufen nur 90% der Leistungen von 1995 [34]. Ein landesweiter, repräsentativer Survey des US-amerikanischen Centers for Disease Control and Prevention (CDC) zeigte, dass im Jahr 2002 61,5% der 9- bis 13-Jährigen in den USA außerhalb der Schule an keinem formalen Sportprogramm teilnahmen und 22,6% der Kinder sich in ihrer Freizeit überhaupt nicht körperlich betätigten [35]. Ein Survey bei 10% aller Schulkinder im Alter von 7 bis 9 Jahren in Dublin/Irland aus dem Jahr 2001 zeigte ähnliche Ergebnisse [36]. Eine Querschnittsstudie mit 137.593 Kindern aus 34 Ländern (vor allem in Europa) aus den Jahren 2001/2002 zeigte in den meisten Ländern eine signifikante inverse Assoziation zwischen Übergewicht und Bewegungsmangel und eine positive Assoziation mit der vor dem Fernseher verbrachten Zeit [24]. In 91% der untersuchten Länder war der Genuss von Süßigkeiten bei den übergewichtigen Kindern niedriger als bei Normalgewichtigen und es konnte keine Assoziation zwischen der Aufnahme an Früchten, Gemüse und Softdrinks oder der Zeit, die vor dem Computer verbracht wurde, und dem Übergewicht festgestellt werden. Das unterstreicht die Wichtigkeit der körperlichen Aktivität in der Prävention des Übergewichts im Kindesalter im Vergleich zu den anderen Faktoren, inklusive Ernährung. Dies ist besonders zu betonen, da in vielen Präventionsstrategien zur Bekämpfung des Übergewichts im Kindes- und Erwachsenenalter der Schwerpunkt auf das Ernährungsverhalten und nicht auf die körperliche Aktivität gesetzt wird.

Der beobachtete Bewegungsmangel in der Kindheit ist nicht nur Mitursache von Adipositas, sondern hat darüber hinaus vielseitige negative Effekte auf die Gesundheit. Zum einen wird das zukünftige Bewegungsverhalten in der Jugend- und Erwachsenenzeit nachhaltig durch den Umfang an körperlicher Bewegung in der Kindheit geprägt [37]. Zum anderen führt körperliche Aktivität bei Kindern zu einer geringeren Anfälligkeit für Unfälle und zu einer gesteigerten kognitiven Leistungsfähigkeit, die sich auch in besseren schulischen Leistungen widerspiegelt [38]. Darüber hinaus scheint körperliche Fitness - unabhängig vom Körpergewicht - schon bei Kindern und Jugendlichen eine Reihe von positiven Effekten auf kardiovaskuläre Risikofaktoren, wie den arteriellen Blutdruck, Serum-Cholesterin und Blutzucker, zu haben [39,40].

1.3. Körperliche Bewegung und Blutdruck

Es ist schon seit langem bekannt, dass zwischen dem Ausmaß an individueller körperlicher Aktivität und der Höhe des Blutdrucks eine inverse Assoziation besteht [41]. Die zentrale Bedeutung einer Reduktion des arteriellen Blutdrucks für die Prävention von kardiovaskulären und zerebrovaskulären Erkrankungen bei Erwachsenen ist allerdings erst in den letzten 20 Jahren in den Vordergrund gerückt. Aus großen Beobachtungsstudien ist deutlich geworden, dass es sowohl bei sonst gesunden, hypertensiven als auch bei normotensiven Individuen keine Untergrenze für den systolischen oder diastolischen Blutdruck gibt. Je niedriger der Blutdruck – mindestens im Bereich bis 115/75 mmHg – desto niedriger das kardio- und zerebrovaskuläre Risiko [42].

Auch für die Primärprävention der Hypertonie ist in den letzten Jahren aus großen Beobachtungsstudien, vor allem der Harvard Alumni Study, deutlich geworden, dass die körperliche Bewegung eine stärkere Rolle in der Entstehung der Hypertonie spielt als früher angenommen wurde [43]. Das Risiko an einer Hypertonie zu erkranken ist mit dem Ausmaß der körperlichen Aktivität oder der körperlichen Fitness assoziiert, wobei weniger aktive und weniger körperlich leistungsfähige Personen ein 30-50% höheres Risiko haben eine arterielle Hypertonie zu entwickeln [44-46]. Eine Meta-Analyse von 27 randomisierten klinischen Studien mit 1108 normotensiven Probanden zeigte, dass aerobes Training in dieser Personengruppe den systolischen Blutdruck im Schnitt um 3,84 mmHg (95% KI: 2,72; 4,97) und den diastolischen Blutdruck um 2,58 mmHg (95% KI: 1,81; 3,35) reduzierte [3].

Moderates, aerobes Bewegungstraining über längere Zeit führt sowohl bei Gesunden als auch bei hypertensiven Patienten zu einer Endothel-vermittelten Vasodilatation, die wiederum zu einer Senkung des arteriellen Blutdruckes führt [5]. Dieser Verbesserung der endothelialen Funktion scheint eine erhöhte Produktion von Nitritoxid im Endothel zugrunde zu liegen, die durch die regelmäßige Bewegung ausgelöst und aufrecht erhalten wird [47,48]. Dieser Effekt wird durch andere physiologische Mechanismen unterstützt. Unter anderem führt regelmäßige aerobe Bewegung zu einer 30%igen Reduktion der Plasmakonzentration von Noradrenalin und einer Reduktion der Plasma-Reninaktivität um ca. 20% [5]. Ein Teil der blutdrucksenkenden Wirkung kann natürlich auch über die durch aerobes Bewegungstraining vermittelte Gewichtsreduktion erklärt werden. Die Wirksamkeit von anaerobem Training auf den Blutdruck ist weniger gut untersucht. In einer Meta-Analyse von neun randomisierten, kontrollierten Studien führte

anaerobes Training zu einer signifikanten Reduktion des diastolischen Blutdrucks um ca. 3,5 mmHg (95%KI: -6,1 bis -0,9) während die Reduktion des systolischen Blutdrucks um 3,2 mmHg (95%KI: -7,1 bis +0,7) nicht signifikant war [5].

Für die Sekundärprävention ist bekannt, dass Bewegungstraining bei mäßiger essentieller Hypertonie den systolischen und diastolischen Blutdruck im Durchschnitt um ca. 10 mmHg senkt [43]. Oft lässt sich dadurch der Bedarf an antihypertensiver Medikation reduzieren. Körperliche Aktivität hat aber auch über den blutdrucksenkenden Effekt hinaus positive Auswirkungen auf die kardiovaskuläre Morbidität und Mortalität bei hypertensiven Patienten [49], da sie auch andere kardiovaskuläre Risikofaktoren positiv beeinflusst. So führt körperliche Aktivität zu einer Verringerung an Serum-Fibrinogen [50] und zu einer Verbesserung des Blutglukose-, Insulin- und Fettstoffwechsels sowie zu einer Reduktion des Körpergewichts und des Fettanteils [43]. Der blutdrucksenkende Effekt bei übergewichtigen und adipösen Individuen ist aber unabhängig von der Reduktion des Körpergewichts oder des Körperfettanteils festzustellen [43].

Da sowohl der Bluthochdruck als auch Arteriosklerose und Übergewicht in der frühen Kindheit beginnen, müssten wirksame Interventionen zur Primärprävention vaskulärer Erkrankungen und des Diabetes mellitus Typ II bereits in der Kindheit beginnen. Bisher gibt es aber nur wenige Studien, die den Einfluss körperlicher Bewegung auf den Blutdruck im Kindes- und Jugendalter untersucht haben. Der Einfluss von regelmäßiger körperlicher Bewegung im Kindergartenalter auf den Blutdruck wurde bisher noch nicht untersucht.

1.4. Ziele der vorliegenden Untersuchung

Hauptziel der vorliegenden Arbeit war es zu untersuchen, ob regelmäßiges Bewegungstraining im frühen Kindesalter eine Auswirkung auf den arteriellen Blutdruck und die Herzfrequenz in Ruhe und unter ergometrischer Belastung hat.

Weitere Ziele waren die Analyse der Wirksamkeit des Bewegungstrainings auf den BMI und die Körperfettzusammensetzung, sowie die Durchführbarkeit des Bewegungstrainings im Kindergarten-Setting.

Forschungshypothesen: Im frühen Kindesalter führt ein regelmäßiges, über zwei Jahre durchgeführtes Bewegungstraining im Kindergarten zu einem verringerten altersbedingten Anstieg des arteriellen Blutdrucks, einem geringeren Anstieg der Herzfrequenz unter Belastung, sowie zu einer Abnahme des BMI und des Körperfettanteils.

Nullhypothesen: Regelmäßiges Bewegungstraining im Kindesalter hat keinen Effekt auf Blutdruck, Herzfrequenz, BMI und Körperfettzusammensetzung.

2. Material und Methoden

Setting:

Die Untersuchung wurde an 12 Kindertagesstätten in Berlin durchgeführt. Davon befanden sich 11 Kindertagesstätten in öffentlicher und 1 Kindertagesstätte in privater Trägerschaft. Ursprünglich wurden die Leitungen von 13 Kindertagesstätten kontaktiert. Alle erklärten sich bereit an der Studie teilzunehmen. Eine Kindertagesstätte wurde aber wegen der geringen Anzahl an Kindern (< 5 Kinder) in der Zielaltersgruppe noch vor der Randomisierung aus der Studie ausgeschlossen.

Studiendesign:

Die Untersuchung wurde als Cluster-randomisierte, kontrollierte Studie nach den CONSORT Kriterien durchgeführt [51]. Da die Intervention aus einem Gruppen-Bewegungstraining bestand und folglich nicht einzelne Kinder randomisiert werden konnten, wurde die Kindertagesstätte als Randomisierungsebene gewählt. Die 12 Kindertagesstätten, die genügend Kinder in der Zielaltersgruppe betreuten ($n > 5$), wurden anhand des Sozialstrukturatlas Berlin der Senatsverwaltung für Arbeit, Soziales und Forschung [52] nach ihrer geographischen Lage in drei Blöcke eingeteilt: niedriger, mittlerer und hoher Sozialstrukturindex. Daraufhin folgte eine einfache Randomisierung mit Computer-generierten Zufallszahlen innerhalb der einzelnen Blöcke. Die Blockrandomisierung wurde gewählt, um einen Bias durch unterschiedlichen sozioökonomischen Status zwischen den Interventions- und den Kontrollkindergärten so weit wie möglich zu reduzieren.

Teilnehmer:

An der Studie nahmen 306 Kinder aus den 12 teilnehmenden Kindertagesstätten teil. Grundsätzlich wurden alle Kinder in den Gruppen der entsprechenden Altersstufe untersucht, die an den Untersuchungstagen anwesend waren und bereit waren sich untersuchen zu lassen. Nur sehr wenige Kinder haben die Teilnahme an den Untersuchungen generell verweigert. Häufiger wurden einzelne Outcome-Messungen, wie z.B. Messung der Vitalkapazität oder des Blutdrucks abgelehnt. Auch konnten nicht bei allen Kindern alle drei Messungen durchgeführt werden. An der Baseline-Untersuchung nahmen 260 Kinder teil, an der Untersuchung nach 12 Monaten nahmen 234 Kinder teil, nach 24 Monaten nahmen noch 183 Kinder teil. Dies entsprach 90%

bzw. 70% der Ausgangspopulation. Der Fluss der Kindergarten-Cluster und der untersuchten Kinder durch die Studie ist in Abb. 1 dargestellt.

Bei Studienbeginn waren die Kinder im Durchschnitt 3,5 Jahre alt (42,0 Monate, Standardabweichung (SD) 4,8 Monate). Es nahmen 170 Jungen und 136 Mädchen an der Studie teil. 176 Kinder besuchten Interventions-Kindertagesstätten, 130 Kinder Kontroll-Kindertagesstätten.

Tabelle 1 gibt eine Übersicht über die demographischen und anthropometrischen Charakteristika der Interventions- und der Kontrollgruppe bei Studienbeginn (Baseline). Die Kinder in der Interventionsgruppe waren im Durchschnitt 1,78 Monate älter, eher deutscher Abstammung, ihr BMI war 0,23 kg/m² geringer und sie wiesen 1 % weniger Körperfett auf als die Kinder in der Kontrollgruppe. Jedoch waren nur die Unterschiede hinsichtlich Alter (p=0,001) und Körperfettzusammensetzung (p=0,048) statistisch signifikant.

Tab. 1. Vergleich der Interventions- und der Kontrollgruppen hinsichtlich Alter, Geschlecht, ethnische Gruppe, Sozialindex des Kindergartens, Body-Mass-Index (BMI) und Körperfettzusammensetzung.

	Intervention n = 176		Kontrollen n = 130		Differenz	95%-KI	p-Wert
	x	SD	x	SD			
Alter (Monate)	42,73	5,3	40,95	3,9	1,78	0,75; 2,81	0,001*
Geschlecht	1,44	0,5	1,45	0,5	-0,003	-0,12; 0,11	0,96
Sozialer Index	-0,20	1,1	-0,26	1,1	0,06	-0,20; 0,32	0,63
Ethnische Gruppe	1,49	0,7	1,65	0,8	-0,17	-0,34; 0,005	0,056
BMI (kg/m²)	16,0	1,3	16,2	1,2	-0,23	-0,57; 0,10	0,17
Körperfett (%)	14,0	4,0	15,0	3,2	-0,99	-1,97; -0,007	0,048*

n=Zahl der Probanden; x=Mittelwert; SD=Standardabweichung; KI=Konfidenzintervall.

* statistisch signifikant bei $\alpha=0,05$

Die Verteilung der Kinder auf die einzelnen Cluster ist in Tabelle 2 dargestellt. Im Durchschnitt kamen 25,5 Kinder auf ein Cluster (SD 8,5). Die Gruppen waren in den Kontrollkindergärten deutlich kleiner ($x = 21,7$; SD 8,0) als in den Interventionskindergärten ($x = 29,3$, SD 12,2).

Tab. 2. Verteilung der teilnehmenden Kinder auf Interventions- und Kontrollkindergärten (Kitas)

Interventions-Kitas	n	Kontroll-Kitas	n
2	36	1	27
4	30	3	18
5	22	6	14
8	25	7	37
10	22	11	18
12	41	13	16
Summe	176		130
Mittlere Cluster-Grösse (x)	29,3	Mittlere Cluster-Grösse (x)	21,7
SD	12,2	SD	8,0

n=Zahl der Probanden; SD=Standardabweichung; x=arithmetischer Mittelwert

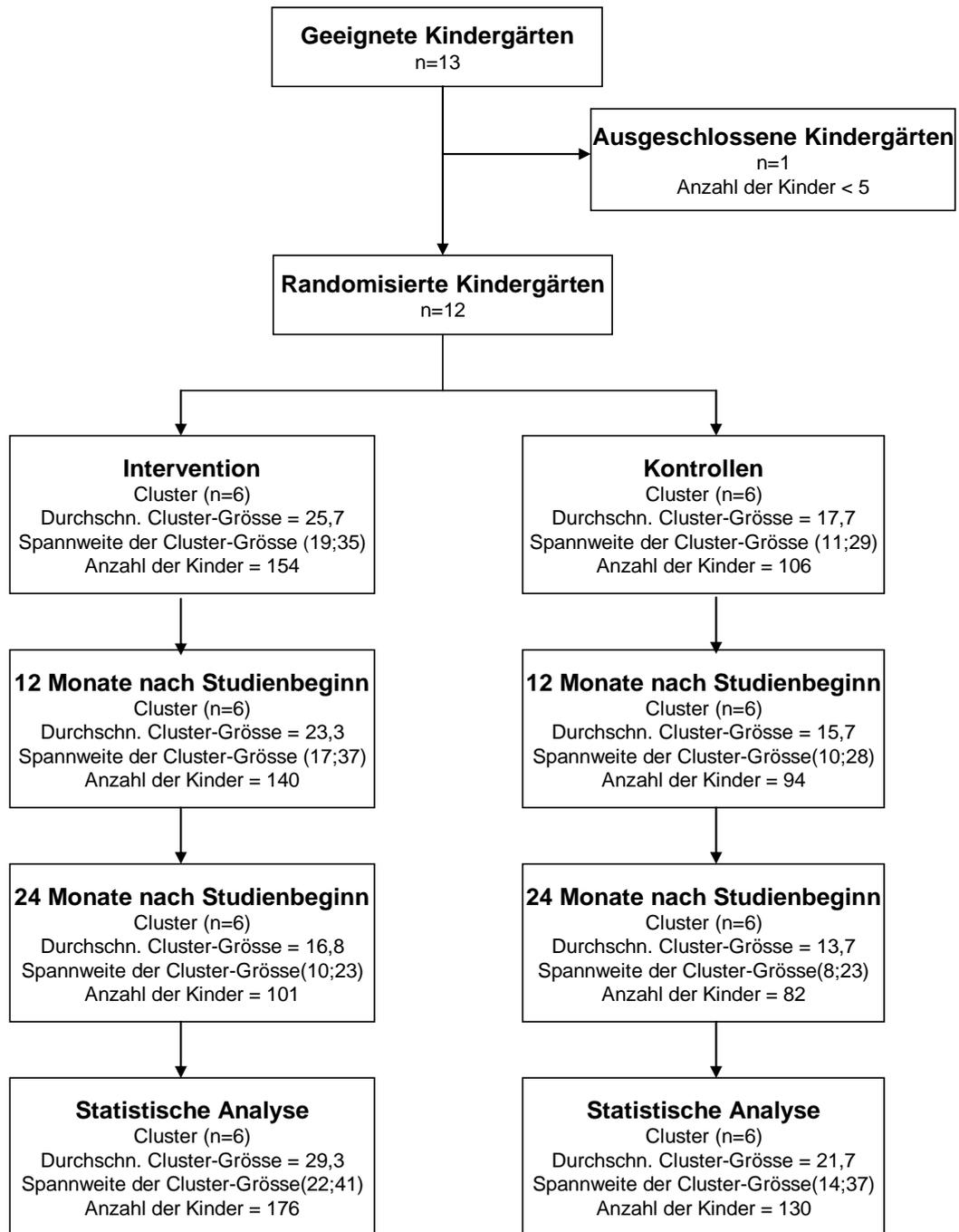


Abb. 1. Fluss der Cluster und Teilnehmer durch die Studie

Intervention:

In den Interventionskindergärten wurde ein speziell erarbeitetes, strukturiertes Bewegungstraining [53] einmal wöchentlich von einem qualifizierten Übungsleiter und zwei weitere Male von entsprechend geschulten Erzieherinnen der jeweiligen Kindergärten durchgeführt. Die einzelnen Übungsstunden hatten eine Dauer von 45 Minuten. Dabei ging es um eine vielfältige spielerische Bewegungserziehung, die neben der Freude an der Bewegung die motorischen Grundeigenschaften wie Ausdauer, Kraft, Schnelligkeit und Geschicklichkeit der Kinder schulen sollte. In den Kontrollkindergärten verlief der Tagesablauf in gewohnter Weise ohne spezielle Interventionsmaßnahmen. In den Aufklärungsbögen für die Erzieherinnen und Eltern in den Kontrollkindergärten und auch in den Gesprächen mit den Erzieherinnen wurde das parallel in den Interventionskindergärten stattfindende Bewegungstraining nicht erwähnt. Eine Verblindung der Untersucher war wegen der offensichtlichen Unterteilung in Kindergärten mit und ohne Intervention nicht möglich.

Ergebnisparameter:

Die primären kardiologischen Ergebnisparameter in dieser Studie waren der arterielle systolische (SBD) und diastolische Blutdruck (DBD) und die Herzfrequenz (HF) in Ruhe sowie während und nach einer submaximalen ergometrischen Belastung. Der Messung des Blutdrucks während und nach körperlicher Belastung kommt eine besondere Bedeutung zu, da die einmalige Messung des Ruheblutdrucks schlecht reproduzierbar ist [54]. Der Belastungsblutdruck hingegen ist gut reproduzierbar und korreliert besser mit Endorganveränderungen [55,56].

Daneben wurde von Frau Dr. Kerstin Ketelhut, Institut für Sportwissenschaften der Humboldt-Universität Berlin, eine Reihe von motorischen Entwicklungstests durchgeführt. Dabei wurden Testaufgaben aus verschiedenen standardisierten motorischen Tests herangezogen: Standweitsprung [57], Koordinationstest (KTK seitliches Umsetzen) [58], Balancieren vor-/rückwärts [59], 6-m Lauf, Einbeinstand und Handkoordinationstest [60]. Der Abschlusstest wurde um eine Testaufgabe (Medizinballstoßen, 1 kg) erweitert [57], die zuvor aufgrund des jungen Alters der Kinder noch nicht durchführbar war. Die Ergebnisse der motorischen Tests wurden bereits ausführlich veröffentlicht [61] und werden hier nicht dargestellt.

Frau Dr. Christiane Scheffler, Fachgebiet Humanbiologie der Universität Potsdam, führte die anthropometrischen Messungen durch. Für den kardiologisch-sportmedizinischen Teil der Studie

waren dabei besonders die Messung von Körperhöhe und Körpergewicht zur Ermittlung des Body-Mass-Index sowie die Messung des Körperfettanteils über die Hautfaltendicke interessant. Nur diese werden in dieser Arbeit dargestellt. Die Details der anthropometrischen Messmethoden und die anthropometrischen Ergebnisse wurden bereits veröffentlicht [62].

Blutdruckmessung und Ergometrie:

Blutdruck und Herzfrequenz wurden in Ruhe sowohl im Sitzen als auch im Stehen jeweils dreimal hintereinander auskultatorisch mit einem Quecksilber-Manometer und einer Kinderblutdruckmanschette mit einer Breite von 9 cm und einer Länge von 18 cm nach der Methode von Riva-Rocci-Korotkoff unter standardisierten Bedingungen entsprechend den Empfehlungen der WHO/International Society of Hypertension von 1999 gemessen [63]. Der Mittelwert der drei Messungen wurde für die statistische Berechnung verwendet. Die Herzfrequenz wurde mit einem Oszillographen der Firma Hellige, Freiburg i. Br. gemessen.

Eine standardisierte, fahradergometrische Belastung auf einem Sitzergometer der Firma Tunturi, Turku/Finnland erfolgte nur bei den Abschlusstests nach 24 Monaten, da die Kinder bei den Eingangsuntersuchungen aufgrund ihres niedrigen Alters dazu noch nicht in der Lage waren. Auch ein Step-Test erwies sich in einer Pilotuntersuchung zu diesem Zeitpunkt als nicht durchführbar. Für die ergometrische Belastung zu Studienende wurden die Kinder in sitzender Position mit jeweils 25 Watt (entspricht ca. 1 Watt / kg Körpergewicht) über zwei Minuten bei einer Umdrehungszahl von 80 U/min belastet. Der Blutdruck und die Herzfrequenz im Sitzen und Stehen wurden vor der Ergometrie, in den letzten 20 Sekunden der zweiten Belastungsminute, sowie in der ersten, dritten und fünften Minute der Erholung gemessen.

Statistische Analyse:

Die Standardanalysen, z.B. der Vergleich der Gruppenzusammensetzung bei Studienbeginn, erfolgten mit SPSS (Version 12.0).

Um dem Cluster-Design der Studie gerecht zu werden, wurden die Veränderungen der physiologischen Parameter über die Zeit der Studie mithilfe eines mehrschichtigen, multivariaten Modells untersucht [64]. In einem ersten Schritt wurden die wiederholten Messungen beim einzelnen Kind als Schicht definiert, um den longitudinalen Charakter der Studie abzubilden. Da

Kinder, die dieselbe Kindertagesstätte besuchen im Vergleich zu Kindern anderer Kindertagesstätten eine erhöhte Wahrscheinlichkeit haben, sich in anderen, nicht gemessenen Charakteristika zu ähneln (die so genannte Intra-Cluster-Korrelation) muss dies in der statistischen Analyse berücksichtigt werden. Deshalb wurde in einem nächsten Schritt die Korrelation der Ergebnisparameter der einzelnen Kinder innerhalb einer Kindertagesstätte als nächste Schicht modelliert.

Der Schnittpunkt der Gleichung mit der y-Achse (Intercept) wurde als Zufallsvariable betrachtet. Wiederholte Messungen beim einzelnen Kind wurden auf der Ebene des individuellen Kindes betrachtet, die wiederum als Teil eines Kindertagesstättenclusters analysiert wurden.

Dann wurde die Struktur der Kovarianzmatrix über die Zeit untersucht. Dabei wurde zuerst eine unstrukturierte Matrix auf der Ebene des individuellen Kindes betrachtet. Anschließend wurden eine autoregressive, eine heterogen gemischt symmetrische (heterogenous compound symmetry) und schließlich eine gemischt symmetrische Struktur (compound symmetry) untersucht. Die Güte des Modells wurde anhand der logarithmischen (-2 log) Veränderungen eines χ^2 -Tests beurteilt. Wenn dieser statistische Test nicht signifikant war, wurde das jeweils einfachere Modell behalten.

Für alle Ergebnisparameter der submaximalen ergometrischen Belastung wurde eine unstrukturierte Matrixstruktur gewählt.

Sobald die beste Kovarianzstruktur für einen Ergebnisparameter ermittelt war, wurde der Einfluss der Intervention über die Zeit der Studie auf den jeweiligen Ergebnisparameter untersucht. Sowohl der Einfluss der Zeit und der Intervention als auch deren Interaktion wurde in das jeweilige Modell mit aufgenommen. Die kovariaten Variablen waren Alter, Geschlecht, BMI, Körperfett, sozioökonomischer Status und ethnische Zugehörigkeit. Falls die Interaktion zwischen Zeit und Intervention nicht signifikant war, wurde sie aus dem Modell entfernt. Das statistische Signifikanzniveau wurde bei $\alpha = 0,05$ festgelegt.

Die statistischen Analysen wurden von Dr. Nancy Briggs, Dr. Amy Salter und Prof. Dr. Christian Gericke, Discipline of Public Health, University of Adelaide/Australien, durchgeführt.

Berechnung der nötigen Anzahl der Studienteilnehmer

Wenn es sich bei dieser Untersuchung um eine Studie mit Randomisierung der einzelnen Kinder gehandelt hätte, hätte mit 59 Studienteilnehmern in jedem Arm der Studie eine klinisch signifikante Differenz von 3 mmHg im diastolischen Ruhe-Blutdruck zwischen der Interventions- und der Kontrollgruppe mit 80% statistischer Power und einem zweiseitigen 5% Signifikanzniveau nachgewiesen werden können. Dabei waren wir von einem durchschnittlichen diastolischen Ruhe-Blutdruck von 54 mmHg und einer Standardabweichung von 6 mmHg im Alter bei Studienende, d.h. einem Alter von 5 Jahren, ausgegangen [65]. Der diastolische Blutdruck wurde zur Berechnung herangezogen, da mehrere vorangegangene Untersuchungen einen stärkeren Effekt von körperlicher Bewegung auf den diastolischen als auf den systolischen Blutdruck im frühen Kindesalter zeigten [65,66]. Um dem Cluster-Design der Studie gerecht zu werden, wurde die Anzahl der Studienteilnehmer mit einem Variance inflation factor (VIF) von 1,7 multipliziert, der sich aus der Annahme eines Intra-Cluster-Korrelationskoeffizienten (ICC) von 0,05 errechnete (Berechnung s. [67]). Dies ergab eine Mindestanzahl von 100 Kindern in jedem Studienarm, die aufgrund der deutlich kleineren Clustergrößen in den Kontroll-Kindertagesstätten für die Kontrollen knapp erreicht wurde, während im Interventionsarm der Studie deutlich mehr Kinder untersucht wurden.

3. Ergebnisse

Die Ergebnisse der Untersuchung werden im Folgenden getrennt für die Längsschnittbetrachtung und für die ergometrische Belastung zu Studienende dargestellt. Für beide Ergebnisteile wurde im Prinzip ein ähnlicher multivariater Analyseansatz gewählt. Der Hauptunterschied besteht in der Zeitvariablen. Während in der longitudinalen Analyse die einzelnen Messpunkte (Studienbeginn, nach 12 Monaten, nach 24 Monaten) als echte Zeitpunkte betrachtet wurden, wurden für die Analyse der ergometrischen Untersuchungsergebnisse die Messung während der Ergometrie und die drei Messungen nach Ende der ergometrischen Belastung lediglich als serielle Untersuchungen bei den einzelnen Kindern betrachtet. Die Zeit-Gruppen-Interaktionen waren hierbei im Gegensatz zur longitudinalen Betrachtung nicht relevant.

3.1 Ergebnisse der longitudinalen Untersuchung

Der Einfluss der Intervention auf die kardiovaskulären Ergebnisparameter in der Längsschnittbetrachtung über die 2 Jahre der Studie ist in Abb. 2 graphisch dargestellt. Dabei wurden, wie im Methodenteil ausführlich dargestellt, die Intra-Cluster-Korrelation der Kinder in den jeweiligen Kindertagesstätten und die seriellen Messungen bei jedem einzelnen Kind berücksichtigt. Darüber hinaus wurden die Ergebnisse für die folgenden, potentiell intervenierenden Variablen adjustiert: Alter, Geschlecht, BMI, Körperfettzusammensetzung, sozioökonomischer Status und ethnische Gruppe. Die Unterschiede in den einzelnen Ergebnisparametern zwischen Interventions- und Kontrollgruppen sowie die 95%-Konfidenzintervalle sind in Tabelle 3 dargestellt. Die β -Koeffizienten der einzelnen Kovariablen sowie der Ausgangspunkt auf der y-Achse des jeweiligen Modells sind in Tabelle 4 dargestellt. Die statistischen Tests zur Interaktion zwischen der Intervention- oder Kontrollgruppenzugehörigkeit über die Zeit der Studie sind in Tabelle 5 dargestellt. Da dies der relevante Test für den Einfluss der Intervention auf die physiologischen Ergebnisparameter ist, werden im Folgenden die p-Werte für statistisch signifikante Interaktionen zwischen dem Zeitpunkt der Untersuchung und der Gruppenzugehörigkeit (Intervention oder Kontrollen) angegeben.

Regelmäßiges körperliches Bewegungstraining hatte nach 12 Monaten einen statistisch signifikanten Einfluss auf den diastolischen Blutdruck sowohl im Sitzen als auch im Stehen.

Im Durchschnitt hatten die Kinder in den Interventionsgruppen einen um 2,25 mmHg (SE 1,75) niedrigeren diastolischen Blutdruck im Sitzen als die Kontrollkinder ($p=0,05$); der diastolische Blutdruck im Stehen war um 2,60 mmHg (SE 1,81) niedriger ($p=0,04$).

Nach 24 Monaten war nur noch der Unterschied im diastolischen Blutdruck im Stehen statistisch signifikant. Dabei hatten die Kinder in den Interventionsgruppen einen im Durchschnitt 3,69 mmHg (SE 1,99) niedrigeren diastolischen Blutdruck als die Kinder in den Kontrollkindertagesstätten ($p=0,04$).

Das Bewegungstraining hatte zu keinem Zeitpunkt einen messbaren Einfluss auf den systolischen Blutdruck im Sitzen oder im Stehen. Hingegen fanden sich nach 12 Monaten statistisch signifikante Unterschiede der Herzfrequenz. Die Interventionskinder hatten im Durchschnitt eine um 1,49 Schläge pro Minute (SE 1,69) höhere Herzfrequenz im Sitzen als die Kontrollkinder ($p=0,001$); im Stehen war die Herzfrequenz um durchschnittlich 2,96 Schläge pro Minute (SE 1,66) höher ($p=0,006$). Nach 24 Monaten waren zwischen den Gruppen keine statistisch signifikanten Unterschiede in der Herzfrequenz mehr nachweisbar.

Die Analyse des Einflusses der verschiedenen intervenierenden Variablen auf die einzelnen Ergebnisparameter ergab ein sehr homogenes Bild mit drei für den Blutdruck wichtigen Kovariablen (s. Tab. 4).

Das Alter der Kinder war für alle Parameter mit Ausnahme der Herzfrequenz im Stehen ($p=0,09$) hoch signifikant: Blutdruckwerte stiegen mit dem Alter der Kinder, die Herzfrequenz sank. Der BMI zu Studienbeginn war ebenfalls für den systolischen Blutdruck im Sitzen und Stehen ($p<0,01$) und für den diastolischen Blutdruck im Stehen ($p<0,05$) eine statistisch signifikante Kovariable: je höher der BMI, desto höher die Blutdruckwerte.

Weiterhin hatte die ethnische Gruppenzugehörigkeit einen statistisch signifikanten Einfluss auf den diastolischen Blutdruck im Stehen ($p<0,01$), der sich mit einer größeren Fehlerwahrscheinlichkeit auch noch für den systolischen Blutdruck im Stehen nachweisen ließ ($p=0,09$): Kinder mit deutschen Namen hatten trotz Adjustierung für alle anderen gemessenen Variablen signifikant niedrigere Blutdruckwerte als Kinder mit türkischen oder arabischen Namen (Tab. 4).

Das Geschlecht der Kinder, der Körperfettgehalt und der sozioökonomische Status waren für keinen der Ergebnisparameter signifikante Kovariablen.

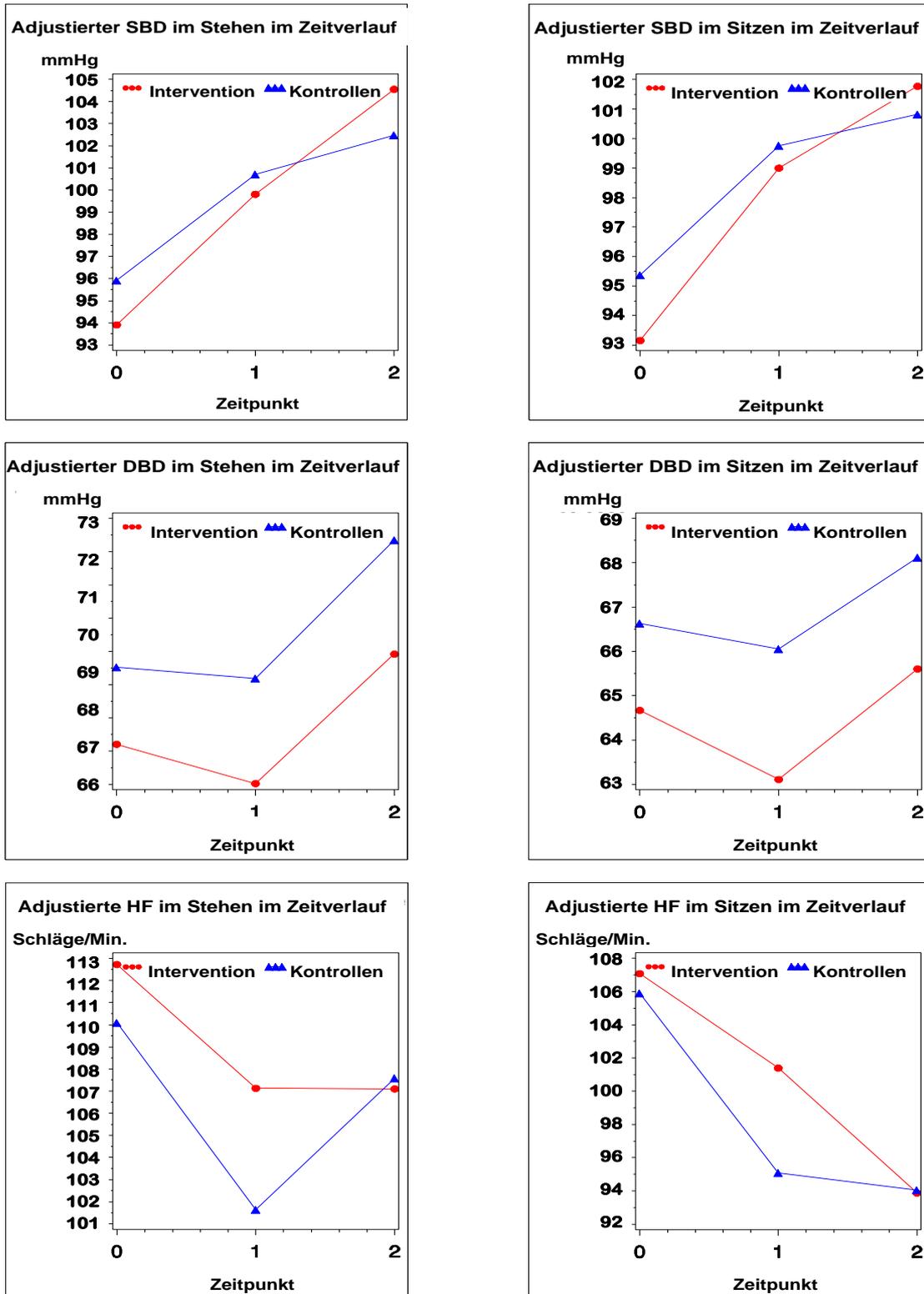


Abb. 2 Kardiovaskuläre Parameter in der Interventions- und Kontrollgruppe im Zeitverlauf (Studienbeginn: Zeitpunkt 0, nach 12 Monaten: Zeitpunkt 1, nach 24 Monaten: Zeitpunkt 2), adjustiert für Alter, Geschlecht, Ethnizität, sozioökonomischer Status, sowie BMI und Körperfettzusammensetzung zu Studienbeginn. SBD=systolischer Blutdruck, DBD=diastolischer Blutdruck, HF=Herzfrequenz

Tab. 3 Differenz in den Ergebnisparametern zwischen der Interventions- und der Kontrollgruppe 12 und 24 Monate nach Studienbeginn

Ergebnisparameter	Differenz	Standard- Fehler	Freiheits- grade	t-Wert	p > |t|	95% Konfidenzintervall	
SBD im Sitzen (mmHg)							
Nach 12 Monaten	1,8486	1,3333	282	1,39	0,1667	-0,7758	4,4731
Nach 24 Monaten	-1,2192	1,7420	282	-0,70	0,4846	-4,6482	2,2099
SBD im Stehen (mmHg)							
Nach 12 Monaten	1,4773	1,5814	277	0,93	0,3510	-1,6359	4,5904
Nach 24 Monaten	-2,3231	1,9766	277	-1,18	0,2409	-6,2142	1,5680
DBD im Sitzen (mmHg)							
Nach 12 Monaten	2,2501	1,7521	282	1,28	0,2001	-1,1989	5,6990
Nach 24 Monaten	2,9165	1,9418	282	1,50	0,1342	-0,9057	6,7387
DBD im Stehen (mmHg)							
Nach 12 Monaten	2,6027	1,8113	277	1,44	0,1519	-0,9629	6,1684
Nach 24 Monaten	3,6865	1,9889	277	1,85	0,0649#	-0,2288	7,6018
HF im Sitzen (Schläge/Minute)							
Nach 12 Monaten	-1,4919	1,6910	282	-0,88	0,3784	-4,8205	1,8368
Nach 24 Monaten	-0,3924	1,9872	282	-0,20	0,8436	-4,3040	3,5193
HF im Stehen (Schläge/Minute)							
Nach 12 Monaten	-2,9620	1,6565	277	-1,79	0,0749#	-6,2229	0,2989
Nach 24 Monaten	0,1651	1,9292	277	0,09	0,9318	-3,6326	3,9629

p<0,08; SBD=systolischer Blutdruck, DBD=diastolischer Blutdruck, HF=Herzfrequenz

Tabelle 4. Multivariate Analyse mit Regressionskoeffizienten der einzelnen Kovariablen für die longitudinale Betrachtung

Abhängige Variable	Schnittpunkt mit der y-Achse (SE)	Alter	Geschlecht weiblich	BMI Studienbeginn	Körperfett Studienbeginn	SES		Ethnizität		Gruppe Kontrollen
						niedrig	hoch	deutsch	türkisch/arabisch	
SBD im Sitzen	64,80 (8,08)	0,28**	-0,29	1,49**	0,12	0,06	0,67	-1,03	-0,38	-0,96
SBD im Stehen	68,21 (8,64)	0,27**	-0,69	1,66**	0,02	-1,71	0,72	-2,27#	-1,43	-2,08
DBD im Sitzen	44,62 (7,77)	0,19*	-0,55	0,74*	0,13	-0,38	0,59	-0,95	0,08	2,52
DBD im Stehen	48,54 (7,64)	0,29**	0,17	0,62	0,01	-2,4	0,75	-3,19**	-0,23	3,42*
HF im Sitzen	115,62 (10,41)	-0,39**	0,67	-0,44	0,10	1,33	0,41	-0,12	-0,12	0,19
HF im Stehen	125,52 (11,51)	-0,26#	1,15	-0,65	0,11	0,83	0,99	-0,37	1,33	0,48

*p<0,05; ** p<0,01; # p=0,09; SE= Standardfehler, SBD=systolischer Blutdruck, DBD=diastolischer Blutdruck, HF=Herzfrequenz, BMI=Body-Mass-Index, SES=sozioökonomischer Status der Kindergartenlage

Tabelle 5. Interaktion zwischen Interventions-/Kontrollgruppenzugehörigkeit und Zeit im Studienverlauf für die kardiovaskulären Outcome-Parameter (p-Werte)

Abhängige Variable	Studienbeginn	12 Monate	24 Monate
SBD im Sitzen	0,06	0,56	0,55
SBD im Stehen	0,15	0,54	0,24
DBD im Sitzen	0,21	0,05*	0,14
DBD im Stehen	0,13	0,04*	0,04*
HF im Sitzen	0,51	0,001**	0,92
HF im Stehen	0,14	0,006**	0,81

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; SBD=systolischer Blutdruck, DBD=diastolischer Blutdruck, HF=Herzfrequenz

3.2 Ergebnisse der submaximalen ergometrischen Belastung am Studienende

Auch bei der Analyse der kardiovaskulären Parameter während und nach ergometrischer Belastung zeigte sich ein statistisch signifikanter Einfluss der Intervention auf den diastolischen Blutdruck, wie in Abb. 3 und Tabelle 6 dargestellt.

Kinder in der Interventionsgruppe hatten während der submaximalen Ergometrie einen im Durchschnitt um 7,17 mmHg (SE 3,26) niedrigeren diastolischen Blutdruck als die Kontrollen ($p=0,028$). Nach Belastungsende blieb der diastolische Blutdruck zu allen drei Zeitpunkten niedriger als bei den Kontrollen. Diese Unterschiede waren jedoch nicht mehr statistisch signifikant (s. Tab. 6). Weder für den systolischen Blutdruck noch für die Herzfrequenz zeigten sich statistisch signifikante Unterschiede.

Die Analyse des Einflusses der Kovariablen zeigte wie für die longitudinale Betrachtung einen statistisch signifikanten Einfluss des Alters der Kinder auf den systolischen und den diastolischen Blutdruck (Tab. 7): Kinder mit höherem Alter hatten höhere diastolische ($p < 0,01$) und systolische Blutdruckwerte ($p < 0,05$). Auch sank die Herzfrequenz mit steigendem Alter ($p=0,09$).

Je höher der BMI zu Studienbeginn, desto höher war der systolische ($p < 0,01$) und diastolische Blutdruck ($p=0,09$) während und nach der ergometrischen Belastung. Kinder mit mehr Körperfettanteil hatten einen höheren diastolischen ($p=0,03$) und systolischen Blutdruck ($p=0,08$).

Ethnizität, Geschlecht und sozioökonomischer Status hingegen hatten keinen signifikanten Einfluss auf die kardiovaskulären Parameter während und nach ergometrischer Belastung.

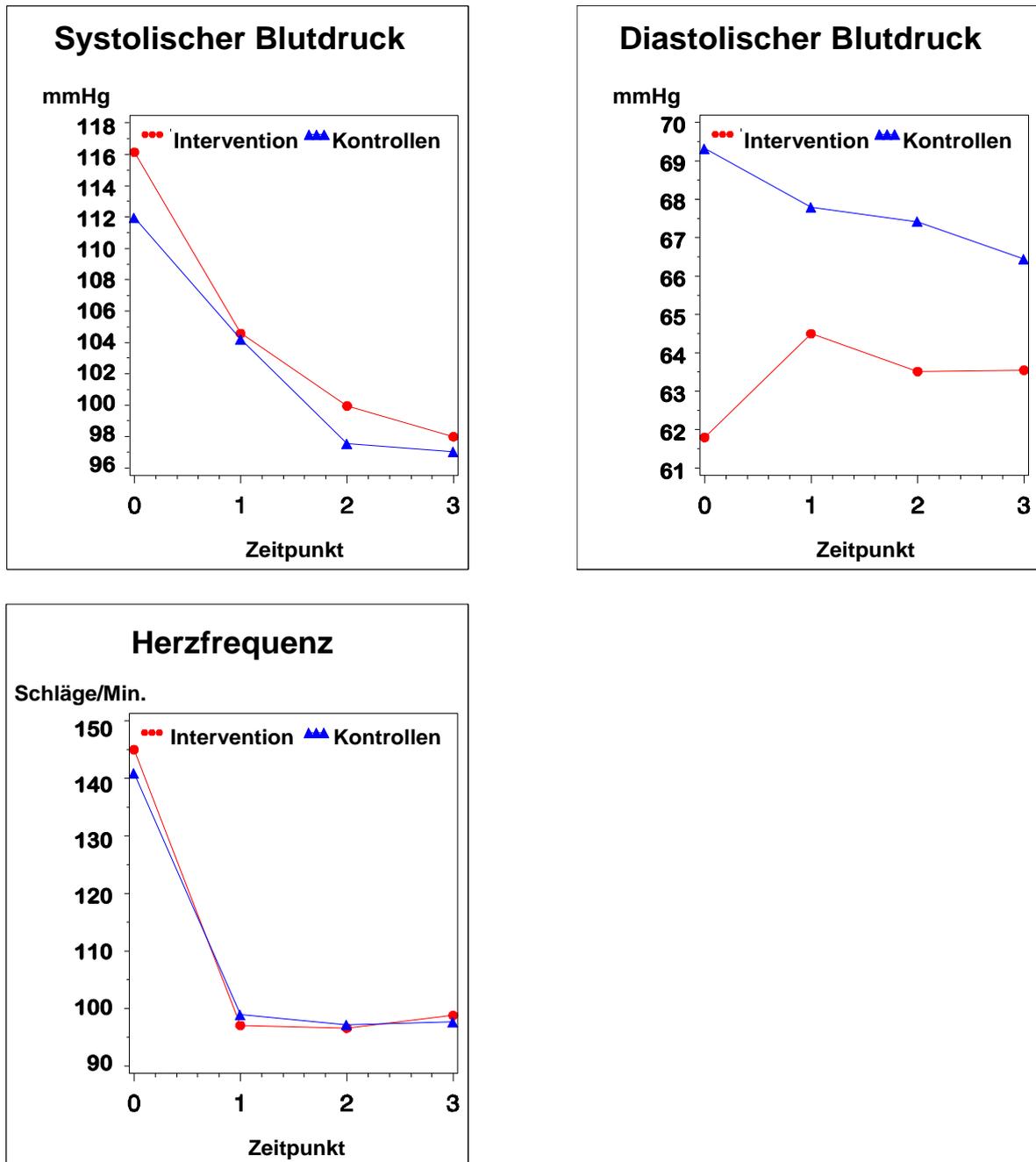


Abb. 3 Kardiovaskuläre Parameter in der Interventions- und Kontrollgruppe während der ergometrischen Belastung (Zeitpunkt 0), 1 Minute (Zeitpunkt 1), 3 Minuten (Zeitpunkt 2) und 5 Minuten nach Belastungsende (Zeitpunkt 3), adjustiert für Alter, Geschlecht, Ethnizität, sozioökonomischen Status, sowie BMI und Körperfettzusammensetzung zu Studienbeginn

Tab. 6 Vergleich der Interventionsgruppe mit der Kontrollgruppe während und nach ergometrischer Belastung

SBD (mmHg)	<i>Differenz</i>	<i>Standard- Fehler</i>	<i>Freiheits- grade</i>	<i>t-Wert</i>	<i>p > |t|</i>	<i>95% Konfidenz- intervall</i>	
Während der Belastung	-4,1851	3,5529	421	-1,18	0,2395	-11,1687	2,7986
1 Min. nach Belastung	-0,4017	3,2184	421	-0,12	0,9007	-6,7278	5,9244
3 Min. nach Belastung	-2,4186	3,0986	421	-0,78	0,4355	-8,5092	3,6721
5 Min. nach Belastung	-0,9606	3,0224	421	-0,32	0,7508	-6,9014	4,9803
DBD (mmHg)							
Während der Belastung	7,174	3,2567	417	2,2	0,0282*	0,7723	13,5756
1 Min. nach Belastung	2,9523	2,8528	417	1,03	0,3013	-2,6553	8,5599
3 Min. nach Belastung	3,7475	2,8167	417	1,33	0,1841	-1,7891	9,2842
5 Min. nach Belastung	2,6888	2,7667	417	0,97	0,3317	-2,7495	8,1271
HF (Schläge/Minute)							
Während der Belastung	-4,1161	4,0754	450	-1,01	0,3130	-12,1252	3,893
1 Min. nach Belastung	1,9075	3,6475	450	0,52	0,6013	-5,2607	9,0757
3 Min. nach Belastung	0,6425	3,5808	450	0,18	0,8577	-6,3947	7,6796
5 Min. nach Belastung	-1,1319	3,5394	450	-0,32	0,7493	-8,0877	5,8238

*p<0,05; SBD=systolischer Blutdruck, DBD=diastolischer Blutdruck, HF=Herzfrequenz

Tabelle 7. Multivariate Analyse mit Regressionskoeffizienten der einzelnen Kovariablen für die Ergebnisse während und nach ergometrischer Belastung

Abhängige Variable	Schnittpunkt mit der y-Achse (SE)	Alter	Geschlecht weiblich	BMI Studienbeginn	Körperfett Studienbeginn	SES		Ethnizität		Gruppe Kontrollen
						niedrig	hoch	deutsch	türkisch/arabisch	
SBD	98,22 (3,76)	0,45*	1,70	2,10**	0,47#	0,11	1,08	-1,83	-2,52	-0,96
DBD	64,43 (3,31)	0,44**	0,15	1,06#	0,55*	-0,53	2,90	-2,70	-0,18	0,55*
HF	101,59 (4,34)	-0,39#	-0,36	-0,53	0,39	-2,83	-1,02	-1,86	0,68	-1,13

* p<0,05; ** p<0,01; # p<0,09; SE= Standardfehler, SBD=systolischer Blutdruck, DBD=diastolischer Blutdruck, HF=Herzfrequenz, BMI=Body-Mass-Index, SES=sozioökonomischer Status der Kindergartenlage

3.2 Wirksamkeit der Intervention auf Body-Mass-Index und Körperfettgehalt

Nach Adjustierung für die Kovariablen Alter, Geschlecht, Ethnizität und sozioökonomischen Status hatte die Intervention keinen positiven Einfluss auf das Körpergewicht oder die Körperfettzusammensetzung der Kinder.

Während in der Kontrollgruppe der durchschnittliche, adjustierte BMI von 16,12 kg/m² zu Studienbeginn auf 16,05 kg/m² nach 24 Monaten sank, stieg er in der Interventionsgruppe im selben Zeitraum leicht an: von 16,04 auf 16,50 kg/m² (Abb. 4). Der Unterschied zwischen Kontrollen und Interventionskindern zu Studienbeginn und Studienende war dabei allerdings nicht statistisch signifikant (s. Tab. 8). Lediglich der Anstieg innerhalb der Interventionsgruppe im Zeitverlauf selbst war signifikant (Tab. 9).

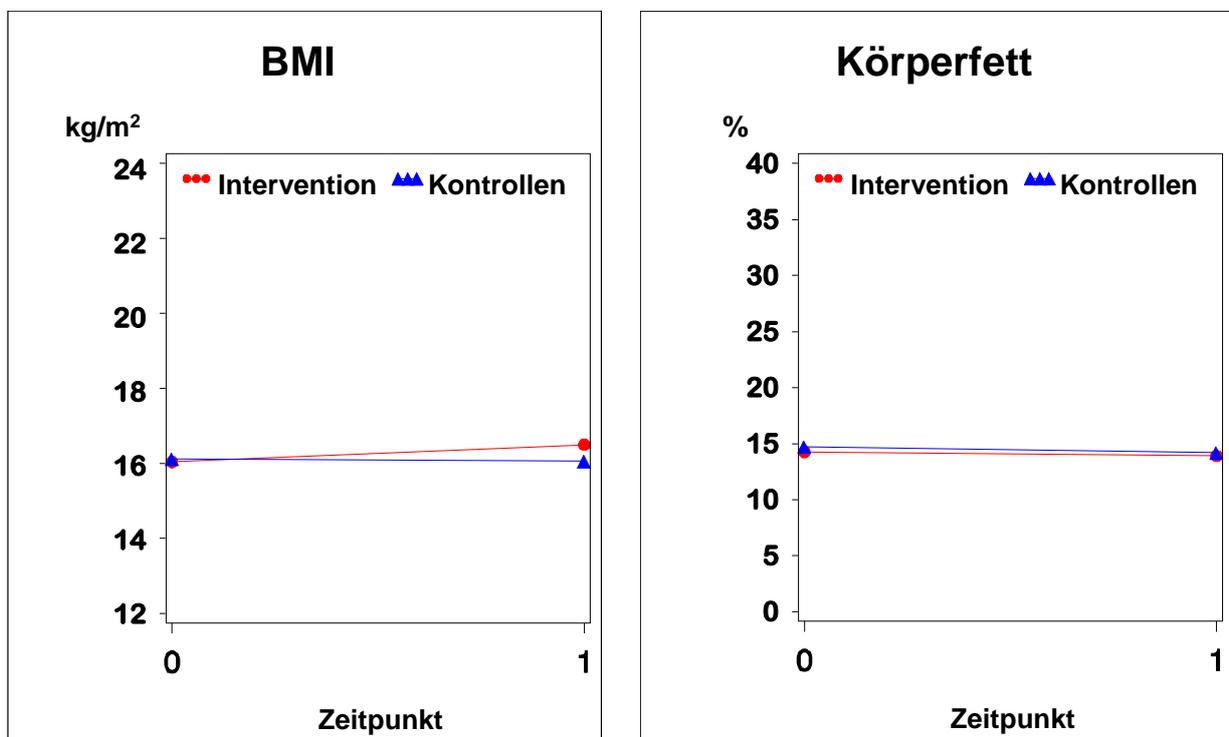


Abb. 4 Body-Mass-Index und Körperfettzusammensetzung in der Interventions- und Kontrollgruppe im Verlauf der Studie (Studienbeginn: Zeitpunkt 0; nach 24 Monaten: Zeitpunkt 1), adjustiert für Alter, Geschlecht, Ethnizität und sozioökonomischen Status

Tab. 8 Vergleich des Body-Mass-Index in der Interventions- und der Kontrollgruppe zu Studienbeginn (Zeitpunkt 0) und Studienende (Zeitpunkt 1), für Alter, Geschlecht, Ethnizität und sozioökonomischen Status adjustiert

Gruppe	Zeitpunkt	Adj. BMI (kg/m ²)	Standardfehler	Freiheitsgrade	t-Wert	p > |t|
Kontrollen	0	16,1246	0,2185	375	73,80	<0,0001
Kontrollen	1	16,0566	0,2490	375	64,49	<0,0001
Intervention	0	16,0411	0,2042	375	78,56	<0,0001
Intervention	1	16,5010	0,2299	375	71,76	<0,0001

Tab. 9 Interaktion zwischen Interventions-/Kontrollgruppenzugehörigkeit und Zeit im Studienverlauf für den Body-Mass-Index

Gruppe	Freiheitsgrade	F-Wert	p > F
Kontrollen	375	0,30	0,5831
Intervention	375	16,12	<0,0001

Für die adjustierte Körperfettzusammensetzung waren weder die Unterschiede zwischen den Gruppen, noch im Zeitverlauf innerhalb der Gruppen statistisch signifikant (Tab. 10 und 11). In beiden Gruppen sank der adjustierte Körperfettgehalt im Studienverlauf leicht ab. In der Kontrollgruppe von 14,70 % auf 14,16 %, in der Interventionsgruppe von 14,25 % auf 13,92 % (Abb. 4).

Tab. 10 Vergleich der Körperfettzusammensetzung in der Interventions- und der Kontrollgruppe zu Studienbeginn (Zeitpunkt 0) und Studienende (Zeitpunkt 1), für Alter, Geschlecht, Ethnizität und sozioökonomischen Status adjustiert

Gruppe	Zeitpunkt	Adj. Körperfett (%)	Standardfehler	Freiheitsgrade	t-Wert	p > |t|
Kontrollen	0	14,6972	0,8152	372	18,03	<0,0001
Kontrollen	1	14,1603	0,8742	372	16,20	<0,0001
Intervention	0	14,2528	0,7891	372	18,06	<0,0001
Intervention	1	13,9213	0,8388	372	16,60	<0,0001

Tab. 11 Interaktion zwischen Interventions-/Kontrollgruppenzugehörigkeit und Zeit im Studienverlauf für die Körperfettzusammensetzung

Gruppe	Freiheitsgrade	F-Wert	p > F
Kontrollen	372	1,56	0,2125
Intervention	372	0,70	0,4033

In der gesamten Studienpopulation zeigte sich eine positive Korrelation zwischen BMI und dem Alter der Kinder. Jungen hatten im Vergleich zu Mädchen leicht höhere BMI Werte, ebenso Kinder aus Kindertagesstätten in Bezirken mit niedrigem sozioökonomischem Status, sowie Kinder mit türkischen oder arabischen Namen, und Kinder in der Kontrollgruppe (Tab. 12). Allerdings war keiner dieser Unterschiede statistisch signifikant.

Tab. 12 Multivariate Regressionsanalyse für den Body-Mass-Index

Effekt	Wert	Standardfehler	Freiheitsgrade	t-Wert	P > |t|
<i>Schnittpunkt mit der y-Achse</i>	17,9071	0,8584	8	20,86	<0,0001
<i>Alter</i>	-0,02982	0,01827	375	-1,63	0,1035
<i>Mädchen</i>	-0,2622	0,1607	375	-1,63	0,1036
<i>Jungen</i>	0	.	.	.	.
<i>Hoher SES</i>	0,06883	0,3990	375	0,17	0,8631
<i>Niedriger SES</i>	0,1453	0,3527	375	0,41	0,6806
<i>Mittlerer SES</i>	0	.	.	.	.
<i>Deutscher Name</i>	-0,2078	0,2178	375	-0,95	0,3406
<i>Anderer Name</i>	-0,09210	0,2592	375	-0,36	0,7226
<i>Türkisch /Arabischer Name</i>	0	.	.	.	.
<i>Kontrollen</i>	-0,4443	0,3251	375	-1,37	0,1725
<i>Intervention</i>	0	.	.	.	.

SES=sozioökonomischer Status der Kindergartenlage

Während sich im Gegensatz zum BMI der Körperfettgehalt kaum mit dem Alter der Kinder änderte und Mädchen mehr Körperfett aufwiesen als Jungen, gab es, wie auch beim BMI

beobachtet, eine positive Korrelation zwischen niedrigem sozioökonomischem Status und türkischem/arabischem Namen und Körperfettgehalt. Der Körperfettgehalt war im Durchschnitt in der Kontrollgruppe höher als in der Interventionsgruppe. Aber wie beim BMI war keiner dieser Unterschiede statistisch signifikant (Tab. 13).

Tab. 13 Multivariate Regressionsanalyse für den Körperfettgehalt

Effekt	Wert	Standardfehler	Freiheitsgrade	t-Wert	P > |t|
<i>Schnittpunkt mit der y-Achse</i>	12,6684	2,4079	8	5,26	0,0008
<i>Alter</i>	0,01687	0,04828	372	0,35	0,7269
<i>Mädchen</i>	1,2699	0,4238	372	3,00	0,0029
<i>Jungen</i>	0	.	.	.	.
<i>Hoher SES</i>	-0,1302	1,5428	372	-0,08	0,9328
<i>Niedriger SES</i>	0,4338	1,3331	372	0,33	0,7451
<i>Mittlerer SES</i>	0	.	.	.	.
<i>Deutscher Name</i>	-0,2900	0,5736	372	-0,51	0,6135
<i>Anderer Name</i>	-0,2771	0,6802	372	-0,41	0,6840
<i>Türkischer /Arabischer Name</i>	0	.	.	.	.
<i>Kontrollen</i>	0,2391	1,1800	372	0,20	0,8396
<i>Intervention</i>	0	.	.	.	.

SES=sozioökonomischer Status der Kindergartenlage

4. Diskussion

Eigene Ergebnisse

Regelmäßiges Bewegungstraining bei Kindergartenkindern im Alter zwischen 3 und 5 Jahren, das über 2 Jahre durchgeführt wird, hat bereits einen senkenden Effekt auf den diastolischen Blutdruck, sowohl im Sitzen und Stehen in Ruhe, als auch unter ergometrischer Belastung. Der blutdrucksenkende Effekt des Bewegungstrainings ist dabei unabhängig von Alter, Geschlecht, BMI, Körperfettgehalt, sozioökonomischem Status der Kindergartenlage und der ethnischen Zugehörigkeit der Kinder. Das Bewegungstraining hatte keinen Einfluss auf den BMI oder den Körperfettgehalt.

Einige dieser Kovariablen erwiesen sich aber durchaus als signifikante Einflussgrößen für den systolischen und diastolischen Ruheblutdruck und die Herzfrequenz. Alter, BMI und Körperfettzusammensetzung waren mit höheren Blutdruckwerten assoziiert. Mit steigendem Alter der Kinder sank die Herzfrequenz. Kinder mit deutschen Namen hatten signifikant niedrigere adjustierte Ruheblutdruckwerte als Kinder mit türkischen oder arabischen Namen.

Stärken der Studie

Die vorliegende Studie ist die erste kontrollierte Langzeit-Interventionsstudie zum Einfluss regelmäßigen Bewegungstrainings auf den Blutdruck im frühen Kindesalter. In den 1970er Jahren gab es schon eine 14-wöchige randomisierte, kontrollierte Interventionsstudie mit einer Nachuntersuchung nach 2 Jahren [40,66]. Allerdings waren die Kinder in dieser Untersuchung deutlich älter: bei Studieneinschluss waren sie zwischen 7 und 15 Jahre alt.

Neben dem frühen Alter der Studienteilnehmer sind das Studiendesign einer Cluster-randomisierten Interventionsstudie, das speziell für Kinder in diesem Alter entwickelte Bewegungsprogramm, die Messung des Belastungsblutdrucks, sowie die lange Laufzeit der Studie über 24 Monate Vorteile der vorliegenden Untersuchung.

Die meisten der bisher im deutschsprachigen Raum publizierten Untersuchungen und viele der internationalen Studien weisen einen schwerwiegenden methodologischen Fehler auf. Obwohl die untersuchten Kinder in diesen Studien nicht als Individuen randomisiert werden, werden die Ergebnisse dieser Untersuchungen auf der Ebene der Individuen und nicht auf der Ebene der Gruppen (Kindergärten, Schulklassen) analysiert. Dies führt zu einer deutlichen

Überschätzung von beobachteten Zusammenhängen und damit zu falsch positiven Ergebnissen. Eine adäquate Analyse muss die Intra-Cluster-Korrelation innerhalb der Randomisierungsgruppen berücksichtigen, um Ähnlichkeiten zwischen den einzelnen Gruppenmitgliedern Rechnung zu tragen. Diese, von der Intervention völlig unabhängigen Faktoren, können durchaus einen Einfluss auf die Ergebnisparameter haben. In der vorliegenden Studie wäre dabei unter anderem an folgende, mögliche intervenierende Variablen zu denken: die Größe der Gruppenräume, die Größe und Vielseitigkeit bzw. das Vorhandensein eines eigenen Spielplatzes im Kindergarten, die Zeit, die die Gruppen durchschnittlich am Tag mit körperlich bewegungsintensiven Spielen verbringen, sowie der Kochsalzgehalt im gemeinsamen Essen. Es ist offensichtlich, dass all diese Variablen einen Einfluss sowohl auf das Bewegungsverhalten als auch auf den Blutdruck haben könnten und nichts mit der Intervention an sich zu tun haben, aber alle Kinder innerhalb einer Gruppe sich bezüglich dieser Variablen im Vergleich mit Gruppen innerhalb desselben Kindergartens und noch mehr im Vergleich zu Gruppen aus anderen Kindergärten ähnlich sind.

Das Bewegungsprogramm wurde von einer Sportwissenschaftlerin speziell für Kinder im Kindergartenalter entwickelt [53]. Dies garantierte eine ausgewogene Mischung aus aeroben und anaeroben Übungen sowie eine altersgerechte und Spaß an der Bewegung fördernde Intervention. Den Erzieherinnen in den Kindergärten fiel es leicht, das Programm zu erlernen, was die Durchführbarkeit der Intervention im größeren Rahmen sowohl aus organisatorischer als auch aus finanzieller Sicht deutlich erleichtert.

Die meisten publizierten Interventionsstudien sind Kurzzeituntersuchungen mit Beobachtungszeiträumen von wenigen Wochen bis zu 6 Monaten. Da es sich bei den untersuchten physiologischen Größen wie Blutdruck- und Herzfrequenzadaptationen an körperliche Bewegung um langfristige Vorgänge handelt, sind diese Beobachtungszeiträume ungenügend. Dies insbesondere, wenn man bedenkt, dass es sich hier um gesunde, normalgewichtige Kinder mit normalem Bewegungsumfang handelt.

Aus diesem Grund ist es auch nicht erstaunlich, dass viele dieser Studien bzw. eine Meta-Analyse der Daten keinen signifikanten Einfluss von körperlicher Bewegung auf den arteriellen Blutdruck bei gesunden Kindern nachweisen konnten [68].

Eine weitere Stärke der vorliegenden Untersuchung ist die Messung des Blutdrucks während und nach körperlicher Belastung, da der Belastungsblutdruck nicht nur besser reproduzierbar ist als der Ruheblutdruck, sondern auch besser mit Endorganveränderungen korreliert [55,56].

Limitationen

Die vorliegende Untersuchung hat mehrere Limitationen.

Zum Einen konnten wir keine Daten zum individuellen Bewegungsumfang der Kinder erheben, wie sie in Kurzzeituntersuchungen oder Reihenuntersuchungen häufig, z.B. mit Pedometern, durchgeführt werden. Dies wäre zwar für die grundlegende Frage zum Zusammenhang zwischen körperlicher Bewegung und Blutdruck wissenschaftlich interessant und hätte Aufschluss über den jeweiligen Anteil des Einflusses der Intervention und dem Einfluss des spontanen Bewegungsverhaltens gegeben. Hinsichtlich der Wirksamkeit eines regelmäßigen Bewegungstrainings auf kardiovaskuläre Risikofaktoren an sich hat dies aber keine Bedeutung. Die Ergebnisse einer zur Zeit noch nicht abgeschlossenen Cluster-randomisierten Studie an 15 Grundschulen in der Schweiz bei etwas älteren Kindern (9-13 Jahre), die genau diese Fragen eingehend untersucht, wurden für das Jahr 2007 angekündigt [69], sind aber bisher nicht publiziert worden.

Zum Zweiten konnten wir keine sozioökonomischen Daten auf Kindesebene erheben. Dafür hätten die Eltern aller Kinder an einem Survey teilnehmen müssen, was den finanziellen und organisatorischen Rahmen dieser Untersuchung gesprengt hätte. Als Proxy-Variable wurde deshalb die geographische Lage des Kindergartens herangezogen und nach der Einteilung des Sozialatlas für Berlin klassifiziert. In der statistischen Analyse wurde der sozioökonomische Status auf der Ebene der Kindergärten ebenfalls adäquat behandelt. Da, noch mehr als bei Schulen, die meisten Kinder in der Nähe ihres Kindergartens wohnen und sozioökonomische Faktoren stark mit der Wohnlage assoziiert sind, ist hierdurch keine größere Verzerrung der Ergebnisse zu erwarten.

Zum Dritten konnten wir keine Angaben über die Ernährung der Kinder sammeln, die eine weitere mögliche und interessante intervenierende Variable darstellt. Auch hierfür wäre ein weiteres komplex anzuwendendes Instrument, wie z.B. ein Ernährungstagebuch nötig gewesen, was ebenfalls aus finanziellen und organisatorischen Gründen nicht möglich war.

Viertens ist der Rückgang der Studienteilnehmer über den Verlauf der Untersuchung zu nennen, der aber bei einer über 24 Monate laufenden Studie zu erwarten ist und mit 10% Rückgang nach 12 Monaten und 30% nach 24 Monaten nicht ungewöhnlich hoch lag. Auch hatte die Studie am Ende noch genügend statistische Power um einen klinisch bedeutsamen Unterschied im Blutdruck zwischen den Interventions- und den Kontrollgruppen zu messen.

Fünftens konnte keine vollständige Verblindung von Teilnehmern, Erzieherinnen, Übungsleitern und Untersuchern durchgeführt werden. Die Nicht-Verblindung der Kinder scheint keine Probleme aufzuwerfen. Die Erzieherinnen/Übungsleiter waren gegenüber den Ergebnisparametern der Studie so weit wie möglich verblindet. Insbesondere wussten die Erzieherinnen in den Kontrollkindergärten nichts von dem Bewegungstraining, welches parallel in den Interventionskindergärten durchgeführt wurde. Der finanzielle und organisatorische Aufwand verblindete Untersucher einzusetzen überstieg das Studienbudget. Um einen möglichen Untersucher-Bias weitestgehend zu reduzieren wurden alle Untersuchungen nach einem standardisierten Untersuchungsprotokoll durchgeführt. Alle statistischen Analysen wurden von unabhängigen Biostatistikern durchgeführt.

Vergleich mit den Ergebnissen anderer Studien

Interventionsstudien

Dwyer et al. [38-40,66] führten im Jahr 1978 eine randomisierte, kontrollierte Interventionsstudie zum Einfluss von regelmäßigem Bewegungstrainings auf kardiovaskuläre Risikofaktoren und schulische Leistungen bei über 500 Schulkindern in Adelaide/Australien durch. Die Untersuchung verlief in zwei Phasen. Randomisiert wurden dabei einzelne Klassen nachdem eine Stratifizierung der Schulen nach sozioökonomischen Kriterien durchgeführt wurde. In Phase 1 waren die Kinder im Durchschnitt 10 Jahre alt und wurden in drei Gruppen eingeteilt, die alle ein 14-wöchiges Bewegungstraining in der Schule durchliefen. Die Kontrollgruppe hatte weiterhin ihre normale Schulsportfrequenz (3 mal 30 Minuten pro Woche). Zusätzlich wurde ein Programm zur Verbesserung bestehender Fertigkeiten eingeführt. Eine intermediäre „Skills“-Gruppe wurde mit demselben Programm unterrichtet, aber die Frequenz und Dauer der Sportstunden auf 75 Minuten täglich erhöht. In einer Fitness-Gruppe wurde mit derselben Frequenz und Unterrichtsdauer ein intensives, vor allem aerobes Bewegungstraining durchgeführt. Kardiovaskuläre Risikofaktoren wurden vor und nach Beginn des gesamten Programms gemessen. Direkt nach Abschluss des Programms waren keine signifikanten Unterschiede des arteriellen Blutdrucks zwischen den drei Gruppen

festzustellen. Trotzdem übernahmen alle teilnehmenden Schulen das tägliche Sportprogramm in ihren Stundenplan. Zwei Jahre nach Abschluss der 1. Phase wurden 216 Schüler per Zufall aus den teilnehmenden Schulen ermittelt und erneut untersucht. Zu diesem Zeitpunkt (1980) wurde eine Abnahme sowohl des systolischen und des diastolischen Blutdrucks im Vergleich zu 1978 beobachtet, der aber nur für den diastolischen Blutdruck bei Jungen statistische Signifikanz erreichte (63,09 vs. 55,68 mmHg; $p < 0,01$). Damit ergab sich auch in dieser Untersuchung ein ähnliches Bild wie in der vorliegenden Arbeit, allerdings bei deutlich älteren Kindern. Auch hier konnte nach 2 Jahren Bewegungstraining ein blutdrucksenkender Effekt bei gesunden Kindern nachgewiesen werden, der auch nur für den diastolischen Blutdruck statistisch signifikant war. Der absolute Unterschied im diastolischen Ruheblutdruck zwischen der Interventions- und der Kontrollgruppe war in der Untersuchung von Dwyer et al. [66] mit 7,4 mmHg größer als in der vorliegenden Studie, in der er 2,9 mmHg im Sitzen bzw. 3,7 mmHg im Stehen betrug. Dieser Unterschied zwischen den Studien könnte mehrere Ursachen haben, z.B. das höhere Alter der Kinder, die höhere Trainingsfrequenz (5 mal 45 Minuten vs. 3 mal 45 Minuten) oder einen höheren Anteil an aerobem Training in der Untersuchung aus Australien.

Kritiker des Programms in Australien hatten befürchtet, dass die Kinder wegen des durch den zusätzlichen Sportunterricht ausfallenden Unterrichts in den anderen Fächern (täglich 45 Minuten) schlechtere schulische Leistungen erbringen würden. Im Gegenteil schnitten aber die Kinder in den Bewegungsgruppen in der Nachuntersuchung nach 2 Jahren besser in Mathematik und beim Lesen ab als die Kontrollgruppen [38,66].

Eine randomisierte Studie aus Dänemark verglich den Effekt von drei zusätzlichen Sportunterrichtsstunden pro Woche auf den arteriellen Blutdruck von hypertensiven und normotensiven Kindern [70]. Die Studie hatte eine Laufzeit von 8 Monaten und schloss 69 hypertensive und 68 normotensive Kinder im Alter zwischen 9 und 11 Jahren ein. Nach Randomisierung der einzelnen Kinder enthielt sowohl die Bewegungsgruppe als auch die Kontrollgruppe jeweils etwa gleich viele normo- und hypertensive Kinder. Bei den hypertensiven Kindern mit zusätzlichem Sportunterricht war der systolische Blutdruck nach 8 Monaten im Durchschnitt um 4,9 mmHg (95% KI: 0,7 bis 9,2), der diastolische Blutdruck um 3,8 mmHg (95% KI: 0,9 bis 6,6) niedriger als bei den Kontrollen. Bei den normotensiven Kindern war der Effekt des regelmäßigen Bewegungstrainings auf den Blutdruck noch deutlicher. Bei ihnen war der systolische Blutdruck 6,5 mmHg (95% KI: 3,2 bis 9,9), der

diastolische Blutdruck 4,1 mmHg (95% KI: 1,7 bis 6,6) niedriger als bei den Kontrollkindern. Damit lagen die Ergebnisse in einer ähnlichen Größenordnung wie in der vorliegenden Untersuchung. Bei einer Zwischenuntersuchung nach 3 Monaten war der blutdrucksenkende Effekt jedoch noch nicht nachzuweisen. Dies spricht für die sehr begrenzte Aussagekraft von Studien mit kürzerer Dauer, die deshalb im Folgenden nur kurz dargestellt werden.

Ewart et al. [71] führten eine 4-monatige, randomisierte Interventionsstudie bei jugendlichen Mädchen an einer öffentlichen Schule in Baltimore/USA durch. Im Gegensatz zur vorliegenden Untersuchung wurden allerdings nur 99 Mädchen im oberen Drittel der Verteilung für den systolischen oder diastolischen Blutdruck aller Mädchen in den 9. Klassen der Schule eingeschlossen. Die Intervention bestand aus zweimal wöchentlichem, aerobem Bewegungstraining von jeweils 50 Minuten Dauer in der Interventionsgruppe, während die Kontrollgruppe nicht-aeroben Sportunterricht dergleichen Dauer erhielt. Sowohl der systolische als auch der diastolische Blutdruck nahm in beiden Gruppen während der Intervention ab. Der Unterschied zwischen der Interventions- und der Kontrollgruppe war allerdings nur für den systolischen Blutdruck signifikant (2,3 mmHg, kein Konfidenzintervall angegeben, $p < 0,05$). Die Ergebnisse dieser Studie müssen allerdings mit Vorsicht interpretiert werden, da die statistische Analyse nicht als „intention-to-treat“ durchgeführt wurde, sondern nur bei den 88 Mädchen, die die gesamte Studie über teilgenommen hatten. Dies erhöht deutlich die Gefahr eines falsch positiven Ergebnisses.

McMurray et al. [72] führten eine Interventionsstudie in North Carolina/USA bei 1140 Kindern und Jugendlichen im Alter zwischen 11 und 14 Jahren durch. Die Teilnehmer wurden in vier Gruppen randomisiert: zusätzliches Bewegungstraining in der Schule (3-mal wöchentlich 30 Minuten aerobes Training), nur Gesundheitsunterricht (Bewegung, Ernährung, Rauchen), die beiden in Kombination, sowie eine Kontrollgruppe. Die Ergebnisse wurden mithilfe einer multiplen Regression analysiert. Kovariaten im Modell waren Geschlecht, ethnische Zugehörigkeit, Alter, sozioökonomischer Status und die Messungen der Ausgangsuntersuchung. In diesem Modell stieg sowohl der systolische als auch der diastolische Blutdruck in der Kontrollgruppe während der Beobachtungszeit von 2 Monaten an (+1,8 mmHg bzw. +1,4 mmHg) während er in allen drei Interventionsgruppen sank. Am stärksten war der Effekt in der Bewegungstrainingsgruppe (SBD -2,8 mmHg, DBD -4,8 mmHg), gefolgt von der Kombinationsgruppe mit Bewegungstraining und Gesundheitserziehung (SBD -2,0 mmHg, DBD -0,5 mmHg). In der Gesundheits-

erziehungsgruppe war nur noch der systolische Blutdruck leicht reduziert (-1,1 mmHg). Die Autoren verglichen dann den Unterschied zwischen allen drei Interventionsgruppen zusammen und den Kontrollen und beschrieben einen signifikanten Unterschied ($p < 0,001$). Wie in der vorliegenden Untersuchung hatte die Intervention keinen messbaren Einfluss auf den BMI oder die Körperfettzusammensetzung und der blutdrucksenkende Effekt des Bewegungstrainings war auch wieder stärker ausgeprägt für den diastolischen Blutdruck. Allerdings weist auch diese Studie mehrere methodologische Probleme auf: eine Dauer der Intervention von lediglich 8 Wochen, sowie die Nichtberücksichtigung des Cluster-Effektes in der statistischen Analyse.

Beobachtungsstudien

In einer prospektiven Kohorten-Studie in New York City wurden 238 Kinder, die zu Untersuchungsbeginn 5 Jahre alt waren, durchschnittlich 19,7 Monate regelmäßig untersucht [65]. Für 196 Kinder lagen mindestens fünf Blutdruckwerte und drei Messungen der ergometrisch gemessenen, kardiorespiratorischen Fitness (CRF) vor. Untersucht wurde der Einfluss von beobachteten Änderungen der CRF auf den systolischen und diastolischen Blutdruck. Kinder im obersten Quintil für CRF-Zunahme zeigten einen signifikant geringeren Anstieg des systolischen Blutdrucks mit dem Alter über den Beobachtungszeitraum im Vergleich zu Kindern im untersten Quintil (2,92 vs. 5,10 mmHg/Jahr, $p = 0,03$). In einem multiplen Regressionsmodell war ein Anstieg an kardiorespiratorischer Fitness ($p = 0,03$) und eine Abnahme des BMI ($p < 0,01$) mit einem geringeren Anstieg des systolischen Blutdrucks assoziiert. In einem ähnlichen Modell mit Output-Parameter diastolischer Blutdruck zeigte sich ebenfalls eine inverse Assoziation mit dem Anstieg der kardiorespiratorischen Fitness ($p = 0,02$). Input-Parameter in den Modellen waren: systolischer Blutdruck zu Untersuchungsbeginn, kardiorespiratorische Fitness, Körperhöhe, BMI, Alter, Geschlecht und Ethnizität.

Eine weitere Untersuchung von Donnelly et al. [73] war eine Beobachtungsstudie mit einer Dauer von 2 Jahren bei 338 Kindern im Alter zwischen 8 und 11 Jahren in zwei Grundschulen in Nebraska/USA, wobei in einer Schule eine kombinierte Intervention aus Bewegungstraining (drei mal wöchentlich 30-40 Minuten, vorwiegend aerober Sportunterricht) und gesünderem Schulessen durchgeführt wurde ($n = 102$). Die Kinder in der anderen Schule dienten als Kontrollen ($n = 236$). Nach 2 Jahren fanden die Untersucher keinen Unterschied im arteriellen Blutdruck zwischen den beiden Gruppen. Die Studie hatte neben

der fehlenden Randomisierung noch mehrere methodologische Probleme: Vernachlässigung des Cluster-Effektes in der statistischen Analyse und hohe Drop-out Raten für den Follow-up Zeitraum.

Interpretation der Ergebnisse

Wie in den anderen Interventionsstudien bei älteren Kindern war der blutdrucksenkende Effekt des Bewegungstrainings in der vorliegenden Untersuchung besonders stark für den diastolischen Blutdruck, was auch mit den physiologischen Studien zur Reduktion des vaskulären Widerstandes durch Bewegungstrainings gut übereinstimmt [5,47,48]. Die beobachtete Abnahme der Herzfrequenz bei den Kindern in der Interventionsgruppe entspricht ebenfalls den bekannten sportphysiologischen Zusammenhängen. Weiterhin ist es bedeutsam, dass der blutdrucksenkende Effekt sowohl in der longitudinalen Beobachtung nachgewiesen werden konnte, als auch während und nach der ergometrischen Belastung am Studienende, was die Robustheit der Ergebnisse unterstreicht. Auch die gut bekannten physiologischen Zusammenhänge zwischen dem Alter der Kinder und Blutdruck und Herzfrequenz konnten wir beobachten: mit steigendem Alter nahm der Blutdruck zu und die Herzfrequenz sank. Dass das Bewegungstraining alleine nicht zu einer Reduktion des BMI oder des Körperfettgehaltes führte, stimmt mit anderen Untersuchungen überein [74]. Dabei ist zu berücksichtigen, dass es sich in der vorliegenden Untersuchung um normalgewichtige Kinder handelt. Die meisten Daten zur Wirksamkeit von Bewegungstraining auf das Körpergewicht wurden hingegen bei übergewichtigen Kindern und Erwachsenen gesammelt und sind daher auf unsere Daten nicht anwendbar [75]. Vielmehr ist anzuzweifeln, ob ein gewichtsreduzierender Effekt bei normalgewichtigen Kindergartenkindern überhaupt erstrebenswert wäre.

Die Beobachtung, dass deutsche Kinder trotz Adjustierung für BMI und Körperfettgehalt niedrigere Blutdruckwerte aufwiesen als Kinder mit türkischen oder arabischen Namen ist bemerkenswert. Es wurde schon in mehreren Untersuchungen gezeigt, dass Einwandererkinder in Deutschland deutlich häufiger an Übergewicht und Adipositas leiden als gleichaltrige, deutsche Kinder [76,77]. Dies wäre natürlich auch das erste Argument um beobachtete, höhere Blutdruckwerte bei diesen Kindern zu erklären. Unsere Daten zeigen aber deutlich, dass der Blutdruckunterschied zwischen den ethnischen Gruppen nicht allein durch Unterschiede im Körpergewicht oder in der Körperfettzusammensetzung erklärt werden können. Das heißt, dass die Einwanderkinder zusätzlichen kardiovaskulären Risikofaktoren ausgesetzt sind. Spekulativ könnten das Unterschiede im Kochsalzgehalt der Nahrung oder

genetische Faktoren sein. Letztere sind vermutlich der wichtigste Faktor für den höheren Blutdruck von farbigen Jugendlichen und Erwachsenen im Vergleich zu Nichtfarbigen in den USA [78-81]. Auch ein unterschiedliches Bewegungsverhalten in der Freizeit, welches wiederum mit dem sozioökonomischen Status korreliert ist, ist durchaus vorstellbar.

Implikationen für die Gesundheits- und Schulpolitik

Erwachsene, Jugendliche und Kinder aller Alterstufen bewegen sich zunehmend weniger in ihrem täglichen Leben. Der Transport zu Schule und Kindergarten erfolgt immer häufiger mit dem Auto der Eltern statt zu Fuß oder mit dem Fahrrad. Ganztagschule oder Ganztagsbetreuung im Kindergarten reduziert die Zeit für Sport und Spiel im Freien und wird durch bewegungsarmen Unterricht verdrängt. Die zunehmende Urbanisierung in den meisten europäischen Ländern reduziert weiterhin die Möglichkeiten für körperliche Aktivität nach Schule/Kindergarten oder am Wochenende. Die Vorbildfunktion der Eltern in Bezug auf sportliche Aktivität ist gut untersucht [82] und ist ebenfalls abnehmend.

Meistens wird Bewegungsmangel im Zusammenhang mit der Übergewichts- und Adipositasepidemie betrachtet, die weltweit in Ländern aller Entwicklungsstufen und vor allem auch in Europa rasant fortschreitet [83]. Zusammen mit Über- und Fehlernährung ist Bewegungsmangel die Hauptursache für Übergewicht, dessen Wertigkeit sowohl von Ernährungswissenschaftlern, die hauptsächlich Adipositasforschung betreiben, als auch von der allgemeinen Bevölkerung und den Gesundheitspolitikern unterschätzt wird. Ein gutes Beispiel hierfür ist das Buch der Ministerin für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft der Regierung Schröder, Renate Künast, zur besseren Ernährung [84]. Eine ähnliche, hochrangige Initiative für mehr körperliche Aktivität hat hingegen nicht stattgefunden.

Die besten Daten zur Adipositasepidemie und ihren Ursachen kommen aus den USA, da dort die Adipositasepidemie früher begonnen hat als in Europa. Interessant ist dabei, dass die dort beobachtete Zunahme an Übergewicht und Adipositasprävalenz von einem abnehmendem Fettgehalt in der Nahrung begleitet war [85]. In einer neueren Untersuchung wurde Bewegungsmangel als wichtigster Faktor für die Gewichtszunahme bei amerikanischen Mädchen im Alter zwischen 9 und 19 Jahren identifiziert [75].

Darüber hinaus hat Bewegungstraining positive Effekte auf die Gesundheit, die unabhängig von einer Gewichtsreduktion sind, wie auch die vorliegende Studie für den arteriellen Blutdruck zeigt. In anderen Altersgruppen wurden auch andere kardiovaskuläre

Risikofaktoren wie Cholesteringehalt und –zusammensetzung, positiv durch körperliche Aktivität beeinflusst [30,86].

Zudem hat Bewegungstraining im Kindergarten oder in der Schule keine negativen Nebenwirkungen. Im Gegenteil, positive Auswirkungen auf Selbstwertgefühl [86], sowie schulische Leistungen [38,86] sind gut untersucht. Eine Prägung des Bewegungsverhaltens im Erwachsenenalter durch den Bewegungsumfang in Kindheit und Jugend ist ebenfalls nicht zu vernachlässigen [87]. In der European Youth Heart Study wurde das Tracking von kardiorespiratorischer Fitness (CRF) zwischen dem Alter von 9 Jahren und 16 Jahren in einer Kohortenstudie untersucht: es betrug 0,5 (95%-KI: 0,38; 0,61), d.h. dass 50% der CRF im Alter von 16 Jahren konnte durch die CRF im Alter von 9 Jahren vorausgesagt werden kann [88].

Viele der Veränderungen im täglichen Leben der post-industriellen Gesellschaft, wie die Abnahme an körperlich anstrengender Arbeit, motorisierter Transport, Urbanisierung, Städteplanung, die vornehmlich den Autoverkehr und nicht Fußgänger und Fahrradfahrer im Auge hat, zunehmender Umfang der Betreuung von Kindern in Institutionen wie Krippen, Kindergärten und Schulen anstatt zuhause, sind nicht, nur schwer oder mit einem langen Zeithorizont zu verändern. Deshalb ist es umso wichtiger, körperliche Aktivität in den modernen Tagesablauf zu integrieren. Für Kinder und Jugendliche bietet sich dabei das Setting Kindergarten oder Schule als ideale Gelegenheit an, da sie dort einen Grossteil ihrer Wachzeit verbringen und diese für systematische, die ganze Bevölkerung erreichende Interventionen leicht erreichbar sind.

Einführung von regelmäßigem Sportunterricht in Kindergärten mit einem hohen Anteil von aerobem Training und einer Frequenz von mindestens drei mal 45 Minuten pro Woche, der durch die Erzieherinnen durchgeführt wird, ist leicht und ohne hohen Kostenaufwand zu bewerkstelligen.

Eine analoge Anpassung der Curricula für die Anforderungen an den Sportunterricht in allen Schulstufen ist, bei entsprechendem politischen Willen, ebenfalls relativ leicht umzusetzen. Der derzeitige Trend in vielen Ländern den Sportunterricht zu reduzieren ist alarmierend und widerspricht den schon dargestellten, gut belegten Zusammenhängen zwischen körperlicher Aktivität und kognitiver Leistungsfähigkeit von Kindern.

Bewegungsfördernde Maßnahmen im Kindergarten und in der Schule sollten in ein breites, gesundheitsförderndes Gesamtkonzept integriert werden, das sowohl Bewegungsmangel als auch Über- und Fehlernährung bekämpft. Maßnahmen zur Verbesserung der Infrastruktur für

Fußgänger und Radfahrer, wie z.B. die Verkehrsberuhigung in der Nähe von Schulen und Kindergärten, der Bau von Radwegen, Spielplätzen und Sportfeldern sind dabei ebenso wichtig wie das Angebot von anderen sportlichen Aktivitäten in der Schule wie Tanzen, Aerobics oder Kampfsport, öffentliche Subventionen für Schwimmbad- oder Sportvereinbesuch für Kinder, um nur einige Beispiele zu nennen [89]. Der Kostenaufwand für viele der genannten Maßnahmen übersteigt aber bei weitem den, der für zusätzliches Bewegungstraining in Kindergarten und Schule nötig ist. Dies sollte eine breite und schnelle Einführung von regelmäßigem Bewegungstraining in den Curricula für Kindergärten und Schulen auf lokaler, Landes- und Bundesebene deutlich erleichtern.

Offene Fragen und zukünftige Forschungsfelder

Aus wissenschaftlicher Sicht ist vor allem die Frage interessant, ob die beobachtete Reduktion des arteriellen Blutdrucks in der frühen Kindheit eine Auswirkung auf die kardiovaskuläre und Gesamtmorbidität und -mortalität hat und in welchem Alter diese eintritt. Darüber hinaus wäre interessant zu wissen, welche anderen Faktoren gewährleistet sein müssen damit dieser Effekt eintritt, z.B. mit welcher Frequenz und Intensität über welchen Zeitraum das Bewegungstraining stattfinden muss. Diese Fragen können zuverlässig nur aus Kohortenstudien mit einer Laufzeit von über 50 Jahren beantwortet werden, in denen Kinder schon im frühesten Alter eingeschlossen werden und das Bewegungsverhalten und andere kardiovaskuläre Risikofaktoren sowie intervenierende Variablen individuell regelmäßig gemessen werden. Eine derartige Studie hat wegen des ungeheuren organisatorischen und finanziellen Aufwandes und dem Zeithorizont, der den des individuellen Wissenschaftlers weit übersteigt, noch nicht stattgefunden und es wird auch in Zukunft schwer sein für eine solche Studie eine Finanzierung zu finden.

Aus einer gesundheitswissenschaftlichen Aktionsperspektive mit dem Ziel den größtmöglichen Gesundheitseffekt auf Bevölkerungsebene zu erzielen, ist die wichtigste Schlussfolgerung, dass wir heute genug wissen, um jetzt damit anzufangen schon im Kindergartenalter den zunehmenden Bewegungsmangel aktiv auszugleichen.

Körperliche Bewegung macht Spaß, hat vielfältige positive Auswirkungen auf die Gesundheit, keine negativen Nebenwirkungen und ist leicht und kostengünstig im Kindergarten- und Schulsetting umzusetzen. Die internationalen Empfehlungen, die allerdings

ausschließlich auf Expertenmeinung beruhen, empfehlen mindestens 60 Minuten moderate bis intensive Bewegung pro Tag [86]. Unsere Untersuchung zeigt, dass schon dreimal wöchentlich 45 Minuten zusätzliches Bewegungstraining einen messbaren Effekt auf den arteriellen Blutdruck hat. Aber im Gegensatz zu individuell-therapeutischen Ansätzen sollte hier die Empfehlung an die gesundheits- und schulpolitischen Entscheidungsträger lauten: „Even little is good, more is better“ [90].

5. Schlussfolgerungen

Dreimal wöchentliches Bewegungstraining von 45 Minuten Dauer hat schon im Kindergartenalter einen blutdrucksenkenden Effekt, sowohl in Ruhe als auch unter ergometrischer Belastung. Dieser Effekt ist stärker für den diastolischen Blutdruck als für den systolischen und unabhängig von Alter, Geschlecht, BMI, Körperfettgehalt, sozioökonomischem Status oder Ethnizität. Das Bewegungstraining hatte keinen Einfluss auf den BMI oder den Körperfettgehalt. Kinder mit deutschen Namen hatten signifikant niedrigere Ruheblutdruckwerte als Kinder mit türkischen oder arabischen Namen. Das Bewegungstraining war aber in beiden Gruppen gleich wirksam.

Bewegungsmangel als wichtiger Risikofaktor für Übergewicht und Adipositas und als unabhängiger Risikofaktor für Bluthochdruck und andere kardiovaskuläre Erkrankungen muss schon in frühester Kindheit begegnet werden. Regelmäßiges Bewegungstraining im Kindergarten und in der Schule ist im Vergleich zu vielen anderen Interventionen relativ leicht und kostengünstig zu implementieren.

6. Zusammenfassung

Hintergrund

Neuere Untersuchungen haben gezeigt, dass das kardiovaskuläre Risikoprofil in der frühen Kindheit ein wichtiger Prädiktor für spätere kardiovaskuläre Morbidität ist. Deshalb müssen wirksame Maßnahmen zur Verringerung des kardiovaskulären Risikos in der frühen Kindheit entwickelt werden. Bei Jugendlichen und Erwachsenen führt regelmäßige Bewegung bekanntermaßen zu einer Reduktion von Übergewicht und arteriellem Blutdruck. Die Wirksamkeit von regelmäßiger Bewegung auf den Blutdruck von gesunden Kindern im Kindergartenalter ist jedoch nicht bekannt. Das Ziel dieser Studie war es, den Effekt eines 2-jährigen, regelmäßigen Bewegungstrainings im Kindergarten auf Ruhe- und Belastungsblutdruck, Herzfrequenz sowie auf den Body-Mass-Index (BMI) und den Körperfettgehalt zu untersuchen.

Material und Methoden

In 12 Berliner Kindergärten wurden 170 Jungen und 136 Mädchen (Alter $3,5 \pm 0,4$ Jahre) in die Studie eingeschlossen. Die Kindergärten wurden als Cluster randomisiert und in sechs Interventionskindergärten wurde über 24 Monate dreimal wöchentlich ein strukturiertes Bewegungstraining von jeweils 45 Minuten Dauer durchgeführt. Sechs Kindergärten dienten als Kontrollen. Zu Beginn der Studie waren die Gruppen hinsichtlich arteriellem Blutdruck, Herzfrequenz, und BMI vergleichbar. Die Kinder im Interventionsarm der Studie waren im Durchschnitt 1,78 Monate älter (42,73 vs. 40,95 Monate; $p=0,001$) und hatten dementsprechend im Mittel 1% weniger Körperfett als die Kontrollen (14% vs. 15%; $p=0,048$). Die Hauptergebnisparameter waren Unterschiede im systolischen Blutdruck, diastolischen Blutdruck und Herzfrequenz in Ruhe, während und nach submaximaler ergometrischer Belastung (2 Minuten, 25 Watt), sowie im BMI und dem über die Hautfaltendicke gemessenen Prozentsatz an Körperfett nach 12 und nach 24 Monaten. Um dem Cluster-Design der Studie gerecht zu werden, wurden die Veränderungen der physiologischen Parameter über die Zeit der Studie mithilfe eines mehrschichtigen, multivariaten Modells untersucht. Die dargestellten Ergebnisse für Blutdruckwerte und Herzfrequenz sind für Alter, Geschlecht, BMI, % Körperfett, sozioökonomischen Status der Kindergartenlage und ethnische Gruppenzugehörigkeit der Kinder adjustiert.

Ergebnisse

Bewegungstraining bei gesunden Kindern im Alter zwischen 3 und 5 Jahren, das regelmäßig durchgeführt wird, hatte bereits nach 12 Monaten einen statistisch signifikanten, senkenden Effekt auf den diastolischen Ruheblutdruck im Sitzen (2,25 mmHg; SE 1,75; $p=0,05$) und im Stehen (2,60 mmHg; SE 1,81; $p=0,04$), sowie einen steigenden Effekt auf die Herzfrequenz im Sitzen (1,49 Schläge pro Minute; SE 1,69; $p=0,001$) und im Stehen (2,96 Schläge pro Minute; SE 1,66; $p=0,006$). Nach 24 Monaten war der diastolische Blutdruck im Stehen in Ruhe (3,69 mmHg; SE 1,99; $p=0,04$), als auch während ergometrischer Belastung (7,17 mmHg; SE 3,26; $p=0,028$) im Vergleich zu Kontrollen weiterhin signifikant niedriger. Der blutdrucksenkende Effekt des Bewegungstrainings war unabhängig von Alter, Geschlecht, BMI, % Körperfett, sozioökonomischem Status der Kindergartenlage und der ethnischen Zugehörigkeit der Kinder. Das Bewegungstraining hatte keinen Einfluss auf den BMI oder den Körperfettgehalt. Einige dieser Kovariablen erwiesen sich aber durchaus als signifikante Einflussgrößen für den systolischen und diastolischen Ruheblutdruck und die Herzfrequenz. Alter, BMI und % Körperfett waren mit höheren Blutdruckwerten assoziiert. Mit steigendem Alter der Kinder sank die Herzfrequenz. Kinder mit deutschen Namen hatten trotz Adjustierung für alle anderen gemessenen Variablen (einschliesslich BMI und % Körperfett) signifikant niedrigere systolische und diastolische Ruheblutdruckwerte als Kinder mit türkischen oder arabischen Namen.

Schlussfolgerungen

Schon bei 3-5 jährigen Kindern führt regelmäßiges Bewegungstraining zu einer statistisch signifikanten Reduktion des diastolischen Blutdrucks in Ruhe und unter Belastung. Regelmäßiges Bewegungstraining im frühesten Lebensalter hat über diesen und andere Mechanismen höchstwahrscheinlich einen präventiven Effekt auf die spätere kardiovaskuläre Morbidität und sollte deshalb fester Bestandteil der Kindergarten- und Grundschulcurricula sein. Die Durchführung des Bewegungstrainings war leicht von den Erzieherinnen zu erlernen und kann deshalb im Kindergarten-Setting kostengünstig umgesetzt werden.

7. Literatur

- 1 WHO. *World Health Report 2002: Reducing Risks, Promoting Healthy Life*, World Health Organization, Geneva, 2002.
- 2 Muntner, P., He, J., Cutler, J.A., Wildman, R.P. & Whelton, P.K. Trends in blood pressure among children and adolescents. *JAMA* 2004, **291**(17), 2107-2113.
- 3 Whelton, S.P., Chin, A., Xin, X. & He, J. Effect of aerobic exercise on blood pressure: a meta-analysis of randomized, controlled trials. *Ann Intern Med* 2002, **136**(7), 493-503.
- 4 Ketelhut, R.G., Franz, I.W. & Scholze, J. Regular exercise as an effective approach in antihypertensive therapy. *Med Sci Sports Exerc* 2004, **36**(1), 4-8.
- 5 Fagard, R.H. Exercise is good for your blood pressure: effects of endurance training and resistance training. *Clin Exp Pharmacol Physiol* 2006, **33**(9), 853-856.
- 6 Duff, G.L. & McMillan, G.C. Pathology of atherosclerosis. *Am J Med* 1951, **11**(1), 92-108.
- 7 Zieske, A.W., Malcom, G.T. & Strong, J.P. Natural history and risk factors of atherosclerosis in children and youth: the PDAY study. *Pediatr Pathol Mol Med* 2002, **21**(2), 213-237.
- 8 Steinberg, D. & Gotto, A.M., Jr. Preventing coronary artery disease by lowering cholesterol levels: fifty years from bench to bedside. *JAMA* 1999, **282**(21), 2043-2050.
- 9 Critchley, J.A. & Capewell, S. Mortality risk reduction associated with smoking cessation in patients with coronary heart disease: a systematic review. *JAMA* 2003, **290**(1), 86-97.
- 10 Psaty, B.M., Lumley, T., Furberg, C.D. *et al.* Health outcomes associated with various antihypertensive therapies used as first-line agents: a network meta-analysis. *JAMA* 2003, **289**(19), 2534-2544.
- 11 Hunink, M.G., Goldman, L., Tosteson, A.N. *et al.* The recent decline in mortality from coronary heart disease, 1980-1990. The effect of secular trends in risk factors and treatment. *JAMA* 1997, **277**(7), 535-542.
- 12 Unal, B., Critchley, J.A. & Capewell, S. Explaining the decline in coronary heart disease mortality in England and Wales between 1981 and 2000. *Circulation* 2004, **109**(9), 1101-1107.
- 13 Alexander, J.K. Obesity and coronary heart disease. *Am J Med Sci* 2001, **321**(4), 215-224.
- 14 Sesso, H.D., Paffenbarger, R.S., Jr. & Lee, I.M. Physical activity and coronary heart disease in men: The Harvard Alumni Health Study. *Circulation* 2000, **102**(9), 975-980.
- 15 Carnethon, M.R., Gidding, S.S., Nehgme, R., Sidney, S., Jacobs, D.R., Jr. & Liu, K. Cardiorespiratory fitness in young adulthood and the development of cardiovascular disease risk factors. *JAMA* 2003, **290**(23), 3092-3100.
- 16 Hodis, H.N., Mack, W.J., LaBree, L. *et al.* The role of carotid arterial intima-media thickness in predicting clinical coronary events. *Ann Intern Med* 1998, **128**(4), 262-269.
- 17 Berenson, G.S. Childhood risk factors predict adult risk associated with subclinical cardiovascular disease. The Bogalusa Heart Study. *Am J Cardiol* 2002, **90**(10C), 3L-7L.
- 18 Poli, A., Tremoli, E., Colombo, A., Sirtori, M., Pignoli, P. & Paoletti, R. Ultrasonographic measurement of the common carotid artery wall thickness in hypercholesterolemic patients. A new model for the quantification and follow-up of

- preclinical atherosclerosis in living human subjects. *Atherosclerosis* 1988, **70**(3), 253-261.
- 19 Wada, T., Kodaira, K., Fujishiro, K. *et al.* Correlation of ultrasound-measured common carotid artery stiffness with pathological findings. *Arterioscler Thromb* 1994, **14**(3), 479-482.
- 20 Li, S., Chen, W., Srinivasan, S.R. *et al.* Childhood cardiovascular risk factors and carotid vascular changes in adulthood: the Bogalusa Heart Study. *JAMA* 2003, **290**(17), 2271-2276.
- 21 Li, S., Chen, W., Srinivasan, S.R. & Berenson, G.S. Childhood blood pressure as a predictor of arterial stiffness in young adults: the bogalusa heart study. *Hypertension* 2004, **43**(3), 541-546.
- 22 Davis, P.H., Dawson, J.D., Riley, W.A. & Lauer, R.M. Carotid intimal-medial thickness is related to cardiovascular risk factors measured from childhood through middle age: The Muscatine Study. *Circulation* 2001, **104**(23), 2815-2819.
- 23 Raitakari, O.T., Juonala, M., Kahonen, M. *et al.* Cardiovascular risk factors in childhood and carotid artery intima-media thickness in adulthood: the Cardiovascular Risk in Young Finns Study. *JAMA* 2003, **290**(17), 2277-2283.
- 24 Janssen, I., Katzmarzyk, P.T., Boyce, W.F. *et al.* Comparison of overweight and obesity prevalence in school-aged youth from 34 countries and their relationships with physical activity and dietary patterns. *Obes Rev* 2005, **6**(2), 123-132.
- 25 Campbell, K., Waters, E., O'Meara, S. & Summerbell, C. Interventions for preventing obesity in childhood. A systematic review. *Obes Rev* 2001, **2**(3), 149-157.
- 26 Kurth, B.M. & Schaffrath Rosario, A. Die Verbreitung von Übergewicht und Adipositas bei Kindern und Jugendlichen in Deutschland. Ergebnisse des bundesweiten Kinder- und Jugendgesundheits surveys (KiGGS). *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz* 2007, **50**(5-6), 736-743.
- 27 Ministerium für Arbeit, S., Gesundheit und Frauen des Landes Brandenburg. Einschüler in Brandenburg: Soziale Lage und Gesundheit 1999. Ministerium für Arbeit, Soziales, Gesundheit und Frauen des Landes Brandenburg, Potsdam, 2000.
- 28 Weiss, R., Dziura, J., Burgert, T.S. *et al.* Obesity and the metabolic syndrome in children and adolescents. *N Engl J Med* 2004, **350**(23), 2362-2374.
- 29 Valente, A.M., Strong, W. & Sinaiko, A.R. Obesity and insulin resistance in young people. *Am Heart J* 2001, **142**(3), 440-444.
- 30 Blair, S.N. & Church, T.S. The fitness, obesity, and health equation: is physical activity the common denominator? *JAMA* 2004, **292**(10), 1232-1234.
- 31 Blair, S.N. & Brodney, S. Effects of physical inactivity and obesity on morbidity and mortality: current evidence and research issues. *Med Sci Sports Exerc* 1999, **31**(11 Suppl), S646-S662.
- 32 Wei, M., Kampert, J.B., Barlow, C.E. *et al.* Relationship between low cardiorespiratory fitness and mortality in normal-weight, overweight, and obese men. *JAMA* 1999, **282**(16), 1547-1553.
- 33 Church, T.S., Earnest, C.P., Skinner, J.S. & Blair, S.N. Effects of different doses of physical activity on cardiorespiratory fitness among sedentary, overweight or obese postmenopausal women with elevated blood pressure: a randomized controlled trial. *JAMA* 2007, **297**(19), 2081-2091.
- 34 Ketelhut, K. & Bittmann, F. Die Sieger von morgen - wo sind sie? *Leichtathletiktraining* 2000, (11), 24-26.
- 35 Duke, J., Huhmann, M. & Heitzler, C. Physical activity levels among children aged 9-13 years--United States, 2002. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* 2003, **52**(33), 785-788.

- 36 Hussey, J., Gormley, J. & Bell, C. Physical activity in Dublin children aged 7-9 years. *Br J Sports Med* 2001, **35**(4), 268-272.
- 37 Telama, R., Leskinen, E. & Yang, X. Stability of habitual physical activity and sport participation: a longitudinal tracking study. *Scand J Med Sci Sports* 1996, **6**(6), 371-378.
- 38 Dwyer, T., Blizzard, L. & Dean, K. Physical activity and performance in children. *Nutr Rev* 1996, **54**(4 Pt 2), S27-S31.
- 39 Dwyer, T. & Gibbons, L.E. The Australian Schools Health and Fitness Survey. Physical fitness related to blood pressure but not lipoproteins. *Circulation* 1994, **89**(4), 1539-1544.
- 40 Dwyer, T., Coonan, W.E., Worsley, A. & Leitch, D.R. An assessment of the effects of two physical activity programs on coronary heart disease factors in primary school children. *Comm Health Studies* 1979, **3**, 196-202.
- 41 Montoye, H.J., Metzner, H.L., Keller, J.B., Johnson, B.C. & Epstein, F.H. Habitual physical activity and blood pressure. *Med Sci Sports* 1972, **4**(4), 175-181.
- 42 Lewington, S., Clarke, R., Qizilbash, N., Peto, R. & Collins, R. Age-specific relevance of usual blood pressure to vascular mortality: a meta-analysis of individual data for one million adults in 61 prospective studies. *Lancet* 2002, **360**(9349), 1903-1913.
- 43 Haskell, W.L., Leon, A.S., Caspersen, C.J. *et al.* Cardiovascular benefits and assessment of physical activity and physical fitness in adults. *Med Sci Sports Exerc* 1992, **24**(6 Suppl), S201-S220.
- 44 Blair, S.N., Goodyear, N.N., Gibbons, L.W. & Cooper, K.H. Physical fitness and incidence of hypertension in healthy normotensive men and women. *JAMA* 1984, **252**(4), 487-490.
- 45 Paffenbarger, R.S., Jr., Jung, D.L., Leung, R.W. & Hyde, R.T. Physical activity and hypertension: an epidemiological view. *Ann Med* 1991, **23**(3), 319-327.
- 46 Paffenbarger, R.S., Jr., Wing, A.L., Hyde, R.T. & Jung, D.L. Physical activity and incidence of hypertension in college alumni. *Am J Epidemiol* 1983, **117**(3), 245-257.
- 47 Goto, C., Higashi, Y., Kimura, M. *et al.* Effect of different intensities of exercise on endothelium-dependent vasodilation in humans: role of endothelium-dependent nitric oxide and oxidative stress. *Circulation* 2003, **108**(5), 530-535.
- 48 Higashi, Y., Sasaki, S., Kurisu, S. *et al.* Regular aerobic exercise augments endothelium-dependent vascular relaxation in normotensive as well as hypertensive subjects: role of endothelium-derived nitric oxide. *Circulation* 1999, **100**(11), 1194-1202.
- 49 Paffenbarger, R.S., Jr., Hyde, R.T., Wing, A.L., Lee, I.M., Jung, D.L. & Kampert, J.B. The association of changes in physical-activity level and other lifestyle characteristics with mortality among men. *N Engl J Med* 1993, **328**(8), 538-545.
- 50 Thomas, N.E. & Williams, D.R. Inflammatory factors, physical activity, and physical fitness in young people. *Scand J Med Sci Sports* 2008.
- 51 Campbell, M.K., Elbourne, D.R. & Altman, D.G. CONSORT statement: extension to cluster randomised trials. *BMJ* 2004, **328**(7441), 702-708.
- 52 Meinlschmidt, G. & Brenner, M.H. Sozialstrukturatlas Berlin 1999. Senatsverwaltung für Arbeit, Soziales und Forschung, Berlin, 1999.
- 53 Ketelhut, K. & Hoppe, J. Fitness für Kids - Frühprävention im Kindergartenalter. *Sport-Praxis* 2004, **1**, 39-42.
- 54 Pickering, T.G., Hall, J.E., Appel, L.J. *et al.* Recommendations for blood pressure measurement in humans and experimental animals: part 1: blood pressure measurement in humans: a statement for professionals from the Subcommittee of Professional and Public Education of the American Heart Association Council on High Blood Pressure Research. *Circulation* 2005, **111**(5), 697-716.

- 55 Ketelhut, R.G. Blutdruckmessung während Ergometrie. Manche Hypertonie demaskiert sich erst unter Belastung. *MMW Fortschr Med* 2006, **148**(37), 42-44.
- 56 Devereux, R.B. & Pickering, T.G. Relationship between ambulatory and exercise blood pressure and cardiac structure. *Am Heart J* 1988, **116**(4), 1124-1133.
- 57 Bös, K.O., E.; Woll, A. Fitness in der Grundschule. BAG für Haltungs- und Bewegungsförderung e.V., Wiesbaden, 2002. 116-153.
- 58 Schilling, F. Körperkoordinationstest für Kinder, KTK. Manual. Weinheim, 1974. 9-23.
- 59 Zimmer, R.V., M. Motoriktest für vier- bis sechsjährige Kinder. MOT 4-6. Manual., Weinheim, 1987.
- 60 Vogt, U. *Die Entwicklung der Motorik 3-6jähriger Kinder*, Hofmann, Schorndorf, 1978.
- 61 Ketelhut, K., Mohasseb, I., Gericke, C.A., Scheffler, C. & Ketelhut, R. Verbesserung der Motorik und des kardiovaskulären Risikoprofils durch Sport im frühen Kindesalter. *Dtsch Ärztebl* 2005, **102**, A1128-A1136.
- 62 Scheffler, C., Ketelhut, K. & Mohasseb, I. Does physical education modify the body composition?--results of a longitudinal study of pre-school children. *Anthropol Anz* 2007, **65**(2), 193-201.
- 63 Chalmers, J., MacMahon, S., Mancina, G. *et al.* 1999 World Health Organization-International Society of Hypertension Guidelines for the management of hypertension. Guidelines sub-committee of the World Health Organization. *Clin Exp Hypertens* 1999, **21**(5-6), 1009-1060.
- 64 Bryk, A. & Raudenbusch, S. *Hierarchical linear models*, Sage, Newbury Park, 1992.
- 65 Shea, S., Basch, C.E., Gutin, B. *et al.* The rate of increase in blood pressure in children 5 years of age is related to changes in aerobic fitness and body mass index. *Pediatrics* 1994, **94**(4 Pt 1), 465-470.
- 66 Dwyer, T., Coonan, W.E., Leitch, D.R., Hetzel, B.S. & Baghurst, R.A. An investigation of the effects of daily physical activity on the health of primary school students in South Australia. *Int J Epidemiol* 1983, **12**(3), 308-313.
- 67 Wears, R.L. Advanced statistics: statistical methods for analyzing cluster and cluster-randomized data. *Acad Emerg Med* 2002, **9**(4), 330-341.
- 68 Kelley, G.A., Kelley, K.S. & Tran, Z.V. The effects of exercise on resting blood pressure in children and adolescents: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Prev Cardiol* 2003, **6**(1), 8-16.
- 69 Zahner, L., Puder, J.J., Roth, R. *et al.* A school-based physical activity program to improve health and fitness in children aged 6-13 years ("Kinder-Sportstudie KISS"): study design of a randomized controlled trial [ISRCTN15360785]. *BMC Public Health* 2006, **6**, 147.
- 70 Hansen, H.S., Froberg, K., Hyldebrandt, N. & Nielsen, J.R. A controlled study of eight months of physical training and reduction of blood pressure in children: the Odense schoolchild study. *BMJ* 1991, **303**(6804), 682-685.
- 71 Ewart, C.K., Young, D.R. & Hagberg, J.M. Effects of school-based aerobic exercise on blood pressure in adolescent girls at risk for hypertension. *Am J Public Health* 1998, **88**(6), 949-951.
- 72 McMurray, R.G., Harrell, J.S., Bangdiwala, S.I., Bradley, C.B., Deng, S. & Levine, A. A school-based intervention can reduce body fat and blood pressure in young adolescents. *J Adolesc Health* 2002, **31**(2), 125-132.
- 73 Donnelly, J.E., Jacobsen, D.J., Whatley, J.E. *et al.* Nutrition and physical activity program to attenuate obesity and promote physical and metabolic fitness in elementary school children. *Obes Res* 1996, **4**(3), 229-243.

- 74 Reilly, J.J., Kelly, L., Montgomery, C. *et al.* Physical activity to prevent obesity in young children: cluster randomised controlled trial. *BMJ* 2006, **333**(7577), 1041.
- 75 Kimm, S.Y., Glynn, N.W., Obarzanek, E. *et al.* Relation between the changes in physical activity and body-mass index during adolescence: a multicentre longitudinal study. *Lancet* 2005, **366**(9482), 301-307.
- 76 Will, B., Zeeb, H. & Baune, B.T. Overweight and obesity at school entry among migrant and German children: a cross-sectional study. *BMC Public Health* 2005, **5**(1), 45.
- 77 Kalies, H., Lenz, J. & von Kries, R. Prevalence of overweight and obesity and trends in body mass index in German pre-school children, 1982-1997. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2002, **26**(9), 1211-1217.
- 78 Wang, X., Poole, J.C., Treiber, F.A., Harshfield, G.A., Hanevold, C.D. & Snieder, H. Ethnic and gender differences in ambulatory blood pressure trajectories: results from a 15-year longitudinal study in youth and young adults. *Circulation* 2006, **114**(25), 2780-2787.
- 79 Harshfield, G.A., Treiber, F.A., Wilson, M.E., Kapuku, G.K. & Davis, H.C. A longitudinal study of ethnic differences in ambulatory blood pressure patterns in youth. *Am J Hypertens* 2002, **15**(6), 525-530.
- 80 Dekkers, J.C., Snieder, H., Van Den Oord, E.J. & Treiber, F.A. Moderators of blood pressure development from childhood to adulthood: a 10-year longitudinal study. *J Pediatr* 2002, **141**(6), 770-779.
- 81 Profant, J. & Dimsdale, J.E. Race and diurnal blood pressure patterns. A review and meta-analysis. *Hypertension* 1999, **33**(5), 1099-1104.
- 82 Cleland, V., Venn, A., Fryer, J., Dwyer, T. & Blizzard, L. Parental exercise is associated with Australian children's extracurricular sports participation and cardiorespiratory fitness: A cross-sectional study. *Int J Behav Nutr Phys Act* 2005, **2**(1), 3.
- 83 Rabin, B.A., Boehmer, T.K. & Brownson, R.C. Cross-national comparison of environmental and policy correlates of obesity in Europe. *Eur J Public Health* 2007, **17**(1), 53-61.
- 84 Künast, R. & Schumacher von Riemann, H. *Die Dickmacher. Warum die Deutschen immer fatter werden und was wir dagegen tun müssen*, Riemann Verlag, München, 2004.
- 85 Stephen, A.M. & Wald, N.J. Trends in individual consumption of dietary fat in the United States, 1920-1984. *Am J Clin Nutr* 1990, **52**(3), 457-469.
- 86 Strong, W.B., Malina, R.M., Blimkie, C.J. *et al.* Evidence based physical activity for school-age youth. *J Pediatr* 2005, **146**(6), 732-737.
- 87 Froberg, K. & Andersen, L.B. Mini review: physical activity and fitness and its relations to cardiovascular disease risk factors in children. *Int J Obes (Lond)* 2005, **29 Suppl 2**, S34-39.
- 88 Kristensen, P.L., Wedderkopp, N., Moller, N.C., Andersen, L.B., Bai, C.N. & Froberg, K. Tracking and prevalence of cardiovascular disease risk factors across socio-economic classes: a longitudinal substudy of the European Youth Heart Study. *BMC Public Health* 2006, **6**, 20.
- 89 Lobstein, T. & Baur, L.A. Policies to prevent childhood obesity in the European Union. *Eur J Public Health* 2005, **15**(6), 576-579.
- 90 Lee, I.M. Dose-response relation between physical activity and fitness: even a little is good; more is better. *JAMA* 2007, **297**(19), 2137-2139.

8. Lebenslauf

Mein Lebenslauf wird aus datenschutzrechtlichen Gründen in der elektronischen Version meiner Arbeit nicht veröffentlicht.

9. Publikationsliste

Beiträge in Fachzeitschriften mit externem Reviewverfahren

1. Brocke S, Chakraborty T, *Mohasseb I*, Reichert H, Lombardi O, Hahn H, Mielke M. Protective immunity and granulomatous inflammation is mediated in vivo by T cells reactive to epitopes common to avirulent and listeriolysin-negative mutants of *Listeria monocytogenes*. *Cell Immunol* 1992; **140**: 42-53.
2. Ketelhut K, *Mohasseb I*, Gericke CA, Scheffler C, Ketelhut R. Verbesserung der Motorik und des kardiovaskulären Risikoprofils durch Sport im frühen Kindesalter. *Dtsch Ärztebl* 2005; **102**: A1128-1136.
3. Scheffler C, Ketelhut K, *Mohasseb I*. Does physical education modify the body composition? - results of a longitudinal study of pre-school children. *Anthropol Anz* 2007 Jun; **65**(2):193-201.

Abstracts in Fachzeitschriften mit externem Reviewverfahren

1. Ketelhut K, Bittmann F, Scheffler C, *Mohasseb I*, Ketelhut R. Blutdruck, Body Mass Index und motorische Fähigkeiten bei Kindern in Abhängigkeit vom sozialen Status in der frühen Kindheit. *Dtsch Z Sportmed* 2003; **7/8**: S31.
2. Ketelhut R, Ketelhut K, *Mohasseb I*, Scheffler C. Regular exercise improves cardiovascular risk and motor development in preschool-aged children. *J Hypertens* 2004; **22** (Suppl I): 207.
3. Ketelhut K, *Mohasseb I*, Scheffler C, Ketelhut R. Regular exercise improves risk profile and motor development in early childhood. *J Am Coll Cardiol* 2004; **3**: 523.
4. *Mohasseb I*, Ketelhut KS, Gericke CA, Ketelhut RG. Regular exercise reduces arterial blood pressure at rest and during exercise in pre-school children: A 2-year cluster-randomised controlled trial. *Circulation* 2004; **110** (Suppl III): 773.
5. Ketelhut K, *Mohasseb I*, Scheffler C, Gericke CA, Scholze J, Ketelhut RG. Einfluss sportlicher Aktivität auf Risikofaktoren und Motorik im frühesten Kindesalter. *Dtsch Med Wochenschr* 2004; **129** (Suppl 3): S141-S172.
6. Ketelhut K, *Mohasseb I*, Gericke C, Ketelhut R (2005) Auswirkungen einer regelmäßigen Bewegungserziehung bei Kindern. *Herzmedizin* 2005; **22**: 92
7. Ketelhut KS, *Mohasseb I*, Gericke CA, Scholze J, Ketelhut R. Efficacy of regular exercise on cardiovascular risk factors and motor development in pre-school-age children: a two-year controlled intervention. *J Am Coll Cardiol* 2005; **45** (Suppl A): 405A
8. *Mohasseb I*, Ketelhut K, Gericke C, Scheffler C, Ketelhut R. Regelmässiges Bewegungstraining führt schon im Vorschulalter zu einer Senkung des diastolischen Blutdrucks. *Gesundheitswesen* 2005; **67**: 520.

9. Ketelhut K, *Mohasseb I*, Gericke CA, Strang H, Ketelhut RG. Cardiovascular Risk And Motor Development Due to a 2-Year Controlled Intervention in Children. *Med Sci Sports Exerc* 2006; **38**(5): S209-S210.

Verhandlungsbandbeiträge/Andere Beiträge

1. Kölmel HW, Gericke C, *Mohasseb I*, Thiele B. T cell activation in inflammatory diseases of the central nervous system. In: Wiethölter H, Dichgans J, Mertin J, editors. *Current Concepts in Multiple Sclerosis*. Amsterdam: Elsevier, 1991: 139-144.
2. Ketelhut K, *Mohasseb I*. 111.Kongress der DGIM 2005: Präventionspreis. *Dtsch Med Wochenschr* 2005; **28/29**: 1720

Vorträge

1. Kölmel HW, Gericke C, *Mohasseb I*, Thiele B. T cell activation in inflammatory diseases of the central nervous system. 6th Congress of the European Committee for Treatment and Research in Multiple Sclerosis, Tübingen, 1990
2. Ketelhut K, *Mohasseb I*, Scheffler C, Ketelhut R. Regular exercise improves risk profile and motor development in early childhood. American College of Cardiology Annual Scientific Session, New Orleans, USA, 8.-11.3.2004
3. *Mohasseb I*, Ketelhut K, Gericke CA, Ketelhut RG. Regular exercise reduces arterial blood pressure at rest and during exercise in pre-school children: A 2-year cluster-randomized controlled trial. American Heart Association Scientific Sessions, New Orleans, USA, 7.-10.11.2004
4. Ketelhut K, *Mohasseb I*, Scheffler C, Gericke C, Scholze J, Ketelhut RG. Einfluss sportlicher Aktivität auf Risikofaktoren und Motorik im frühesten Kindesalter. Jahrestagung der Deutschen Hochdruckliga, Hannover, 25.-26.11.2004
5. Ketelhut KS, *Mohasseb I*, Gericke CA, Scholze J, Ketelhut R. Efficacy of regular exercise on cardiovascular risk factors and motor development in pre-school-age children: a two-year controlled intervention. American College of Cardiology Annual Scientific Session, Orlando, Florida, USA, 6.-9.3.2005
6. Ketelhut K, *Mohasseb I*, Gericke C, Ketelhut R. Auswirkungen einer regelmäßigen Bewegungserziehung bei Kindern. 32. Jahrestagung Berlin der Deutschen Gesellschaft für Prävention und Rehabilitation von Kreislauferkrankungen, Berlin, 20.-21.5.2005
7. *Mohasseb I*, Ketelhut K, Gericke C, Scheffler C, Ketelhut R. Regelmässiges Bewegungstraining führt schon im Vorschulalter zu einer Senkung des diastolischen Blutdrucks. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Sozialmedizin und Prävention, Berlin, 21.-22.9.2005
8. *Mohasseb I*. Prinzmetal angina and the role of vasospasm in myocardial ischaemia. Cardiology State Talk, Adelaide, Australien, 24.3.2009

10. Selbständigkeitserklärung

„Ich, Iman Mohasseb, erkläre, dass ich die vorgelegte Dissertation mit dem Thema: „Einfluss regelmäßiger körperlicher Bewegung auf den arteriellen Blutdruck im Kindergartenalter: eine Cluster-randomisierte, kontrollierte Studie“ selbst verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt, ohne die (unzulässige) Hilfe Dritter verfasst und auch in Teilen keine Kopien anderer Arbeiten dargestellt habe.“

20. Juni 2009

Iman Mohasseb

11. Danksagung

Herrn Prof. Dr. Dr. Reinhard Ketelhut, Medizinische Poliklinik der Charité und Institut für Sportwissenschaft, Abteilung Sportmedizin der Humboldt-Universität zu Berlin, und Frau Dr. Kerstin Ketelhut, Institut für Sportwissenschaft, Abteilung Sportpsychologie der Humboldt-Universität zu Berlin, möchte ich für die Konzeption der Arbeit und die kontinuierliche Unterstützung während der Datenerhebung danken.

Herrn Prof. Dr. Christian Gericke, Frau Dr. Amy Salter und Frau Dr. Nancy Briggs, School of Population Health and Clinical Practice der University of Adelaide/Australien, danke ich für die Durchführung der biostatistischen Analysen und die hilfreichen Kommentare zu gesundheitswissenschaftlichen Aspekten der Arbeit.

Frau Dr. Christiane Scheffler, Institut für Humanbiologie der Universität Potsdam, danke ich für die zuverlässigen Messungen und Daten zu Körpergewicht, -größe, und Hautfaldendicke der untersuchten Kinder.

Der Unfallkasse Berlin und der Berliner Gesellschaft für Prävention und Rehabilitation von Herz-Kreislaufkrankungen möchte ich für die finanzielle Unterstützung des Projektes danken.

Letztlich möchte ich allen Übungsleitern, Erzieherinnen und Kindern der „Fitness für Kids“ Studie danken und hoffe, dass diese durch die aktive Teilnahme aller Beteiligten entstandene Arbeit hilft, in Zukunft auch anderen Kindern ein bewegungsintensiveres und gesünderes Leben zu ermöglichen.