

Aus dem Institut und Poliklinik für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin
der Ludwig-Maximilians-Universität München

Direktor: Prof. Dr. med. Dennis Nowak

Arbeitsgruppe Arbeits- und Umweltepidemiologie & Net-Teaching

Leitung: Prof. Dr. rer. biol. hum. Katja Radon, MSc

**Neuromotorik bei chilenischen Schulkindern - Prävalenz und
Risikofaktoren pathologischer Testergebnisse in der Zürcher
Neuromotorik**

Dissertation

zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin

an der Medizinischen Fakultät der

Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Elisabeth Meumann

aus Garmisch-Partenkirchen

2019

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. Katja Radon, MSc

Mitberichterstatter: Prof. Dr. Florian Heinen

Prof. Dr. Kai Bötzel

Dekan: Prof. Dr. med. dent. Reinhard Hickel

Tag der mündlichen Prüfung: 23.05.2019

INHALTSVERZEICHNIS

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	VI
1 EINLEITUNG	7
1.1 DIE NEUROMOTORISCHE ENTWICKLUNG	7
1.1.1 BEGRIFFSKLÄRUNG UND ALLGEMEINE ASPEKTE ZUR UNTERSUCHUNG DER NEUROMOTORISCHEN ENTWICKLUNG	7
1.1.2 DIE ZÜRCHER NEUROMOTORIK (ZNM) NACH LARGO	8
1.2 CARACOLITO I UND II – UNTERSUCHUNG BESONDERER GESUNDHEITLICHER RISIKEN IN ANDACOLLO, CHILE	9
1.3 MÖGLICHE RISIKOFAKTOREN FÜR EINE PATHOLOGISCHE NEUROMOTORISCHE ENTWICKLUNG	10
1.3.1 ÜBERGEWICHT UND ADIPOSITAS	10
1.3.2 KÖRPERLICHE INAKTIVITÄT BEI KINDERN	12
1.3.3 ASSOZIATION ZWISCHEN SOZIALSTATUS UND ÜBERGEWICHT, ADIPOSITAS SOWIE KÖRPERLICHER INAKTIVITÄT	14
1.4 GESUNDHEITLICHE SITUATION DER CHILENISCHEN BEVÖLKERUNG	15
1.4.1 ÜBERGEWICHT UND ADIPOSITAS IN CHILE	15
1.4.2 HOHE PRÄVALENZ KÖRPERLICHER INAKTIVITÄT IN CHILE	16
1.4.3 EPIDEMIOLOGISCHES PROFIL CHILE	16
1.5 DIE ORTE DER STUDIENDURCHFÜHRUNG: COQUIMBO UND LA SERENA, CHILE	18
2 ZIELSETZUNG	20
3 PROBANDEN UND METHODEN	21
3.1 DURCHFÜHRUNG DER STUDIE	21
3.2 UNTERSUCHUNGSKOLLEKTIV	21
3.2.1 REKRUTIERUNG DER SCHULEN	21
3.2.2 INFORMATION UND EINWILLIGUNGSERKLÄRUNG	22
3.2.3 PROBANDEN	22
3.3 ZEITLICHER ABLAUF DER STUDIE	23
3.4 BODY MASS INDEX	24
3.5 FRAGEBOGEN ZUR KÖRPERLICHEN AKTIVITÄT	24
3.5.1 FRAGEBOGENINHALT	24
3.6 SOZIOÖKONOMISCHER STATUS	25
3.7 ZÜRCHER NEUROMOTORIK (ZNM) NACH LARGO	26
3.7.1 TESTAUFBAU	26
3.7.2 TESTDURCHFÜHRUNG UND –AUFGABEN	27

3.7.3	TESTAUSWERTUNG	32
3.8	STATISTISCHE ANALYSEN	32
4	<u>ERGEBNISSE</u>	<u>34</u>
4.1	DESKRIPTIVE PARAMETER DER STUDIENPOPULATION	34
4.1.1	SOZIODEMOGRAPHISCHE DATEN	34
4.1.2	ÜBERGEWICHT UND ADIPOSITAS	34
4.1.3	ERGEBNISSE DES FRAGEBOGENS ZUR KÖRPERLICHEN AKTIVITÄT	35
4.1.4	ERGEBNISSE DER ZÜRCHER NEUROMOTORIK	39
4.2	UNTERSCHIEDE ZWISCHEN STAATLICHER UND PRIVATER SCHULE BEZÜGLICH DER POTENTIELLEN RISIKOFAKTOREN FÜR EINE PATHOLOGISCHE NEUROMOTORIK	48
4.2.1	UNTERSCHIEDE ZWISCHEN DEN SCHÜLERN DER STAATLICHEN UND PRIVATEN SCHULE BEZÜGLICH DES BMI	48
4.2.2	UNTERSCHIEDE ZWISCHEN DEN SCHÜLERN DER STAATLICHEN UND PRIVATEN SCHULE BEZÜGLICH DER GEWOHNHEITEN KÖRPERLICHER AKTIVITÄT	48
4.3	VERGLEICH DER CHILENISCHEN TESTERGEBNISSE MIT DER SCHWEIZER NORMPOPULATION	52
4.4	BIVARIATE ANALYSEN DER MÖGLICHEN EINFLUSSFAKTOREN AUF DAS NEUROMOTORISCHE TESTERGEBNIS	53
4.4.1	BIVARIATE ASSOZIATION ZWISCHEN ZUSÄTZLICHEN ALTERS- UND GESCHLECHTSEFFEKTEN UND TESTERGEBNIS DER ZNM	53
4.4.2	BIVARIATE ASSOZIATION ZWISCHEN BMI UND TESTERGEBNIS DER ZNM	54
4.4.3	BIVARIATE ASSOZIATION ZWISCHEN KÖRPERLICHER AKTIVITÄT UND TESTERGEBNIS DER ZNM	54
4.4.4	BIVARIATE ASSOZIATION ZWISCHEN SCHULTYP UND TESTERGEBNIS DER ZNM	55
4.5	ERGEBNISSE DER MULTIPLLEN LINEAREN REGRESSIONSANALYSEN	56
4.5.1	REINE FEINMOTORIK	56
4.5.2	ADAPTIVE FEINMOTORIK	57
4.5.3	STATISCHE BALANCE	58
4.5.4	DYNAMISCHE BALANCE	59
4.5.5	KONTRALATERALE MITBEWEGUNGEN	60
5	<u>DISKUSSION</u>	<u>62</u>
5.1	DISKUSSION DER METHODEN	62
5.1.1	STUDIENDESIGN UND UNTERSUCHUNGSKOLLEKTIV	62
5.1.2	TEILNAHMEBEREITSCHAFT	63
5.1.3	ERHEBUNG DER BMI-WERTE	63
5.1.4	ERHEBUNG DER KÖRPERLICHEN AKTIVITÄT	63

5.1.5	ERHEBUNG DES SOZIOÖKONOMISCHEN STATUS	64
5.1.6	ZÜRCHER NEUROMOTORIK	64
5.1.7	VERGLEICH DER TESTERGEBNISSE DER CHILENISCHEN UNTERSUCHUNGSPOPULATION MIT DEN ERGEBNISSEN DER SCHWEIZER NORMPOPULATION	65
5.2	DISKUSSION DER ERGEBNISSE	65
5.2.1	AUSPRÄGUNG DER RISIKOFAKTOREN IN DER STUDIENPOPULATION	65
5.2.2	UNTERSCHIEDE IN DER AUSPRÄGUNG DER RISIKOFAKTOREN BEI SCHÜLERN DER STAATLICHEN UND PRIVATEN SCHULE	67
5.2.3	DISKUSSION DER ERGEBNISSE DER ZÜRCHER NEUROMOTORIK	69
6	<u>AUSBLICK</u>	<u>80</u>
7	<u>ZUSAMMENFASSUNG</u>	<u>81</u>
8	<u>LITERATURVERZEICHNIS</u>	<u>82</u>
9	<u>ANHANG</u>	<u>96</u>
10	<u>EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG</u>	<u>122</u>
11	<u>DANKSAGUNG</u>	<u>123</u>

Abkürzungsverzeichnis

BMI Body-Mass-Index

CLP Chilenische Pesos

MW Mittelwert

PZ Perzentil

R^2 Quadratierter Korrelationskoeffizient oder Bestimmtheitsmaß

SD Standardabweichung

SES Sozioökonomischer Status

SDS Standard Deviation Score

WHO World Health Organization

ZNM Zürcher Neuromotorik nach Largo

1 Einleitung

1.1 Die neuromotorische Entwicklung

1.1.1 Begriffsklärung und allgemeine Aspekte zur Untersuchung der neuromotorischen Entwicklung

Unter der motorischen Entwicklung versteht man die Veränderung des motorischen Verhaltens im Laufe des Lebens, welche durch individuelle biologische Voraussetzungen, verschiedene Umweltbedingungen, sowie unterschiedlich hohe Anforderungen einer Aufgabe beeinflusst wird (1). Der Begriff Neuromotorik beschreibt die den Bewegungen zu Grunde liegenden neurologischen Funktionsabläufe und unterscheidet vor allem den Bereich der rein motorischen und der adaptiven Leistungen. Während erstere als von äußeren Faktoren unbeeinflusst gelten, sind letztere Ausdruck der bisherigen Erfahrungen des Kindes (2).

Die neuromotorische Entwicklung von Kindern ist durch große interindividuelle Variabilität und bis ins Jugendalter andauernde Veränderungen gekennzeichnet (2), (3). So kann der motorische Entwicklungsstand eines 7-Jährigen dem Stand eines 5-Jährigen oder bereits dem eines 9-Jährigen entsprechen, ohne dass dies als pathologisch einzustufen ist (2).

Zu erkennen, ob die motorischen Leistungen eines Kindes noch innerhalb der Norm liegen oder als pathologisch zu werten sind, stellt deshalb eine große Herausforderung an Kinderärzte und Neurologen dar. Zwar werden größere motorische Beeinträchtigungen, z.B. die infantile Zerebralparese¹, oft auch von Laien erkannt. Geringere motorische Störungen, die weitaus häufiger vorkommen und oft nur von leichteren neurologischen Auffälligkeiten begleitet sind, sind jedoch meist schwer zu diagnostizieren (4), (5). Da sie Selbstbewusstsein und Wohlbefinden des Kindes stark beeinträchtigen können und ohne Therapie zur Manifestation neigen, ist es wichtig, früh die richtige Diagnose zu finden (6).

Genauere Kenntnisse über die normale motorische Entwicklung und zuverlässige Testinstrumente sind deshalb unerlässlich (2), (4). Largo, Autor und ehemaliger Leiter der Poliklinik der Universitäts-Kinderklinik Zürich, und Kollegen kritisierten, dass

¹ Infantile Zerebralparese: Mischbild einer primär neurologischen Störung bei Kindern, die neben der motorischen Entwicklung häufig auch die allgemeine und neurophysiologische (z.B. verbale und kognitive) Entwicklung betrifft. Ausdruck der Störung ist ein spastisches Bewegungsmuster, durch das die motorischen Möglichkeiten erheblich eingeschränkt sind (Doll, 2007) (129).

bisherige neuromotorische Tests vor allem aus adaptiven Aufgaben, z.B. Hüpfen und Fangen, bestünden. Da diese stark von Übung und Erfahrungen des Kindes abhängig seien, hätten sie nur eine geringe Aussagekraft für die Beurteilung des neuromotorischen Status (7). Hinzu kommt, dass für vorhandene Tests kaum Normwerte vorliegen (2), (8).

1.1.2 Die Zürcher Neuromotorik (ZNM) nach Largo

Prof. Largo und sein Team entwickelten deshalb den Test „Zürcher Neuromotorik“ (ZNM), der die standardisierte Untersuchung des neuromotorischen Status von Kindern im Alter von 5 bis 18 Jahren ermöglicht (7). Ziel der ZNM ist, abhängig von Alter und Geschlecht zuverlässig die Variabilität und Dynamik der motorischen Entwicklung zu erfassen (7). Neben adaptiven Aufgaben, die fein- und grobmotorische Leistungen (Seit- und Vorwärtsspringen, Steckbrettaufgabe) untersuchen, sind rein motorische Aufgaben ein wichtiger Bestandteil des Tests. Anhand von unterschiedlich komplexen repetitiven, alternierenden und sequentiellen Aufgaben für Finger, Hände und Füße wird die motorische Leistungsfähigkeit beurteilt. Diese ergibt sich aus der Zeit, welche ein Kind benötigt, um eine bestimmte Anzahl von Bewegungen auszuführen und beurteilt die motorische Entwicklung unabhängig von den Erfahrungen des Kindes. Die Ergebnisse dieser Aufgaben können somit direkt auf den neurobiologischen und neuromotorischen Entwicklungsstand zurückgeführt werden (9).

Die Evaluation von Mitbewegungen trägt zur Einschätzung der körperlichen und biologischen Reife bei. Mitbewegungen sind unwillkürliche Bewegungen der inaktiven Körperseite, die bei 5- oder 6-jährigen Kindern als physiologisch gelten und auf das Vorliegen einer Pathologie hindeuten können, wenn sie bis über das Pubertätsalter hinaus persistieren (7), (10). Sie gelten als klassisches diagnostisches Mittel zur Erkennung neurologischer Dysfunktionen (2), (11).

Die Normwerte für den neuromotorischen Test wurden in drei Schweizer Studien innerhalb der letzten zwanzig Jahre erhoben (4), (8), (11). Dafür wurden Kinder aus dem Kindergarten, aus erster, dritter, sechster Klasse und Jugendliche untersucht. Die Probanden stammten überwiegend aus der Region Zürich und fast alle gehörten Familien der Mittelschicht an (8), (11). Normwerte anderer Populationen wurden bisher nicht erhoben.

In den vergangenen Jahren wurde der Test bei speziellen Fragestellungen, z.B. dem Zusammenhang zwischen Sprachentwicklungsstörungen und der motorischen

Entwicklung, vor allem in der Schweiz und in Europa angewandt. Da der neuromotorische Test zu einem großen Teil aus rein motorischen Aufgaben und der Evaluation von Mitbewegungen besteht, welche von „Wahrnehmungsfunktionen und Alltagserfahrungen“ unabhängig sind, wird er von den Autoren als kulturunabhängig beschrieben (7).

1.2 Caracolito I und II – Untersuchung besonderer gesundheitlicher Risiken in Andacollo, Chile

Im Rahmen der Caracolito-Studien I und II² wurden Schulkinder aus Andacollo, einer kleinen Gemeinde in der 4. Region Chiles, anhand der Zürcher Neuromotorik untersucht.

Aufgefallen war diese Region durch eine hohe Inzidenz neurologischer Defizite, die bislang nicht systematisch untersucht worden waren. So besuchten beispielsweise 5% der Kinder aus Andacollo eine Schule für Kinder mit Sprachentwicklungsstörungen, während im restlichen Chile nur ca. 1% der Kinder eine solche Schule besuchte. Man vermutete, dass die unmittelbar in der Gemeinde betriebene industrielle Minenwirtschaft und Goldproduktion, bei der neurotoxisches Quecksilber entsteht, der Gesundheit der Anwohner und ihrer Kinder schaden könnte (12).

Ziel der Pilotstudie Caracolito I (2008) war es, erste Hinweise auf einen Zusammenhang zwischen der in Andacollo vorhandenen Umweltbelastung und neurologischen- sowie Atemwegssymptomen bei den Kindern in Andacollo zu erhalten. Zur Untersuchung möglicher durch das Quecksilber verursachter Schäden wurden die Schulkinder Andacollos anhand der Zürcher Neuromotorik-Tests nach Largo untersucht (7).

Die Ergebnisse zeigten eine hohe Prävalenz pathologischer Werte, was man unter anderem auf die teilweise erhöhte Quecksilberbelastung zurückführte. Da die Prävalenz der pathologischen Werte mit 20% so auffallend hoch war, was sich nur teilweise durch die Exposition erklären ließ, vermutete man, dass neben dem Quecksilber noch andere Faktoren zu ihrer Entstehung beigetragen hatten.

Im Jahr 2010 fand die Interventionsstudie Caracolito II in Andacollo statt, um zu überprüfen, ob eine physiotherapeutische Intervention die hohe Prävalenz pathologischer Ergebnisse in der Neuromotorik senken könnte. Erneut wurde die Quecksilberbelastung gemessen. Die Kinder wurden nochmals neurologisch getestet,

² **CARACOLito**: „CARgas Ambientales y Bienestar de los Niños de AndaCOLlo“, deutsch: Umweltbelastung und Wohlbefinden der Kinder aus Andacollo.

bevor und nachdem sie physiotherapeutische Übungen erlernt und während eines Schulhalbjahres regelmäßig durchgeführt hatten. Die Ergebnisse wurden mit einer Kontrollschule verglichen. Da aufgefallen war, dass eine große Anzahl der Kinder augenscheinlich übergewichtig war, wurde der Body-Mass-Index (BMI) aller der Kinder bestimmt und in den Auswertungen berücksichtigt. Die Kenntnis der Risikofaktoren für neurologische Erkrankungen der Kinder sollte es in der Zukunft ermöglichen, präventive Maßnahmen zu ergreifen und Therapiekonzepte für die betroffenen Kinder zu entwickeln. Die Resultate der Studie Caracolito II bestätigten eine hohe Prävalenz von Übergewicht und Adipositas³ (insgesamt etwa 52%) und zudem einen Zusammenhang mit dem Testergebnis der ZNM. Außerdem zeigte sich vor allem bei den grobmotorischen Testergebnissen (Dynamische Balance) eine Verbesserung durch physiotherapeutische Übung. Dies deutete darauf hin, dass ein Mangel an angeleiteter körperlicher Bewegung zu der hohen Prävalenz pathologischer Testergebnisse beigetragen haben könnte und körperliche Übung zu einem besseren Testergebnis führen kann. Hierzu ist wichtig zu erwähnen, dass angeleiteter, strukturierter Sportunterricht in den beiden untersuchten öffentlichen Schulen so gut wie nicht stattfand. Darüber hinaus ist der niedrige sozioökonomische Status (SES) der eingeschlossenen Familien zu berücksichtigen.

1.3 Mögliche Risikofaktoren für eine pathologische neuromotorische Entwicklung

Aufgrund der vorher beschriebenen Zusammenhänge wird im Folgenden die epidemiologische und klinische Relevanz von BMI, niedrigem SES und körperlicher Inaktivität auf die neuromotorische Entwicklung dargestellt.

1.3.1 Übergewicht und Adipositas

1.3.1.1 Prävalenz von Übergewicht und Adipositas bei Kindern

Die Prävalenz von Übergewicht und Adipositas bei Kindern nimmt in den letzten Jahren weltweit stark zu (13). 2010 wurde die Zahl der übergewichtigen und adipösen Kinder auf 43 Millionen geschätzt, weitere 92 Millionen Kinder galten als gefährdet.

³ Die Arbeitsgemeinschaft Adipositas im Kindes- und Jugendalter A) empfiehlt für die Definition von Übergewicht im Kindes- und Jugendalter geschlechtsspezifische Altersperzentilen. Als Referenzwerte für Übergewicht und Adipositas gelten das 90. Perzentil (ca. + 1 SD) und das 97. Perzentil (+2 SD) (AGA, 2012) (130).

Die Trends der letzten Jahrzehnte lassen eine Zunahme der weltweiten Prävalenz auf 9% bis 2020 vermuten (14). Besonders Lateinamerika ist hiervon betroffen: mit einer Prävalenz von knapp 47% übergewichtigen und adipösen Kindern in den Jahren 2011 und 2012 nimmt Mexiko einen führenden Platz ein (15). Wie Liberona et al. 2011 zeigten, war der Anteil an Kindern mit Übergewicht und Adipositas auch in Chile mit 40% sehr hoch (16). Eine Untersuchung brasilianischer Schulkinder von 2010 zeigte, dass 36% der 5 bis 17-Jährigen übergewichtig oder adipös waren (17). In den USA lag die Prävalenz von Übergewicht und Adipositas bei Schulkindern 2005 bei 32% (18). Auch in Europa nimmt die Prävalenz von Übergewicht und Adipositas zu, ist bislang aber noch weit niedriger als in Amerika. Nach Angaben einer Studie des Robert-Koch-Instituts (RKI) von 2008 waren etwa 15% der Kinder in Deutschland übergewichtig und adipös (19). 2010 durch das RKI veröffentlichte Daten zeigen einen Anstieg der Prävalenz von Übergewicht und Adipositas unter 2 bis 17-Jährigen auf ca. 21% (20). Einer Schweizer Studie von 2004 zufolge waren etwa 22% der 6 bis 12-jährigen Mädchen und Jungen übergewichtig und adipös (21).

1.3.1.2 Ursachen von Übergewicht und Adipositas bei Kindern

Neben der hohen Prävalenz körperlicher Inaktivität, die aufgrund ihrer Bedeutung als Risikofaktor für die neuromotorische Entwicklung im Folgenden beschrieben wird, wurde vor allem die Änderung der Ernährungsgewohnheiten als mögliche Ursache für die steigende Prävalenz von Übergewicht und Adipositas bei Kindern genannt (4), (22). So wurde nach Einschätzung der WHO in den letzten Jahrzehnten die Herstellung von Zucker, Fetten, Ölen und Fleisch begünstigt und die Versorgung der Bevölkerung mit Obst und Gemüse eher vernachlässigt (5), (23). Insgesamt ist der sogenannte westliche Lebensstil durch eine hohe Aufnahme energiereicher Nahrung, die oft aus industriell hergestellten Lebensmitteln besteht, sowie die Zunahme des Konsums von Fast-Food und die häufigere Einnahme von Mahlzeiten außer Haus charakterisiert (5, 6) (24), (25). Fast-Food, das eine hohe Energiedichte aufweist, gilt als Hauptursache für das Phänomen des „passiven Über-Konsums“. Studien zeigten, dass Menschen kaum fähig sind, Nahrungsmittel mit hoher Energiedichte zu erkennen und entsprechend weniger davon zu konsumieren (7), (26). Uauy et al. zufolge nimmt ein signifikanter Anteil der lateinamerikanischen Bevölkerung über 30% der täglich aufgenommenen Kalorien durch Fett zu sich (8), (27).

Während Fast-Food und fetthaltige Lebensmittel mit steigendem Ausmaß konsumiert wurden, ernährten sich vor allem Kinder immer weniger von ausreichend Obst und

Gemüse (9-11) (24), (28), (29). Stattdessen nahm bei Kindern der Konsum von Softdrinks stark zu, der statistisch signifikant mit der Höhe der BMI-Werten korrelierte (12), (30). Eine 2011 in Chile durchgeführte Studie zeigte, dass die von Schulkindern bevorzugt gekauften Lebensmittel Kekse, Süßigkeiten, süße Getränke, Eiscreme und Hotdogs waren (13), (31). Olivares et al. zufolge konsumierten chilenische Kinder außerdem viel Brot, während die Aufnahme von Gemüse und Fisch sehr gering war (14), (32).

Wenn die Änderung der Ernährungsgewohnheiten von einem inaktiven Lebensstil begleitet ist, fördert dies die Entstehung von Übergewicht und Adipositas sowie das Auftreten ernährungsbedingter Erkrankungen zusätzlich (15), (33).

1.3.1.3 Folgen von Übergewicht und Adipositas bei Kindern

Zahlreiche Folgeerkrankungen des Übergewichts, die man früher fast nur an Erwachsenen beobachten konnte, treten nun immer häufiger auch bei Kindern auf (16), (34). Beispiele dafür sind Diabetes mellitus Typ 2, Bluthochdruck, respiratorische Probleme und orthopädische Komplikationen (17), (35). Im Jahr 2006 litten 20.000 Kinder in Europa an Diabetes mellitus Typ 2. Bei einer weitaus größeren Zahl bestand eine verminderte Glukosetoleranz (18), (36). Einer Studie in Chile zufolge lag die Prävalenz des metabolischen Syndroms⁴ bei adipösen Kindern und Jugendlichen 2011 bei knapp 23% (20), (37), in Brasilien im Jahr 2008 sogar bei knapp 26% (21), (38).

1.3.2 Körperliche Inaktivität bei Kindern

1.3.2.1 Prävalenz körperlicher Inaktivität bei Kindern

Die Abnahme körperlicher Aktivität von Kindern rückte in den letzten Jahren zunehmend in das Interesse wissenschaftlicher Untersuchungen (39). Die WHO identifizierte körperliche Inaktivität als einen der bedeutendsten Risikofaktoren für weltweite Mortalität. Sie empfahl allen 5 bis 17-Jährigen mindestens 60 Minuten lang moderate bis intensive körperliche Betätigung pro Tag. Diese kann aus Spielen in Pause und Freizeit, Fortbewegung, Sportunterricht und regelmäßigem Training in Sportgruppen bestehen (40).

⁴ Metabolisches Syndrom: Zusammentreffen von abdomineller Adipositas und ≥ 2 der folgenden Faktoren: Störungen des Fettstoffwechsels, arterielle Hypertonie, Störungen des Glukosestoffwechsels (erhöhte Nüchtern-Plasmaglukose oder Typ 2-Diabetes) (Herold, 2013) (133).

Diesen Empfehlungen folgen weltweit immer weniger Kinder. Vor allem Untersuchungen in Südamerika lieferten besorgniserregende Ergebnisse: Wie Liberona und Kollegen 2010 darstellten, hatten 64% der chilenischen Schulkinder einen niedrigen Aktivitätslevel und Rivera et al. zufolge beschrieben in Brasilien 94% der Kinder eine primär sitzende Lebensweise (16), (41). In Deutschland erfüllten einer 2003–2006 durchgeführten Studie zufolge nur etwa 15% der Kinder zwischen 4 und 17 Jahren die Empfehlungen, sich pro Tag mindestens 60 Minuten lang mäßig bis intensiv körperlich zu betätigen (42).

1.3.2.2 Ursachen körperlicher Inaktivität bei Kindern

Kinder wachsen heutzutage zunehmend in einer Umgebung auf, die einen passiven Lebensstil begünstigt. Einer 2011 in den USA veröffentlichten Studie zufolge verbringen Kinder im Durchschnitt ca. 7 h pro Tag körperlich inaktiv (43). Das Aufwachsen in großen Städten und Wohnblocks behindert das motorische Lernen. Der Ausbau öffentlicher Verkehrsmittel und die zunehmende Benutzung des Autos leisten einen wichtigen Beitrag zur körperlichen Inaktivität: Während 1969 in der USA noch 48% der Schulkinder zu Fuß oder mit dem Fahrrad in die Schule kamen, waren es 2009 nur noch 13% (44). Auch in den Schulen findet häufig keine ausreichende Bewegungsförderung mehr statt (45). Die Zunahme des Bewegungsmangels wird außerdem als eine Folge des steigenden Medienkonsums betrachtet. Es wurde gezeigt, dass die starke Nutzung elektronischer Medien mit steigender Inaktivität korreliert (46). Wie Rivera et al. 2010 zeigten, verbringen chilenische Kinder durchschnittlich $3,7 \pm 2,2$ h pro Tag mit Tätigkeiten wie Computerspielen oder Fernsehen (41). Eaton et al. veröffentlichten 2011 eine amerikanische Studie, die zeigte, dass fast ein Drittel der befragten Kinder und Jugendlichen durchschnittlich 3 oder mehr Stunden eines Schultages mit Video- oder Computerspielen verbringt und 32% der Schüler an 3 oder mehr Stunden pro Tag regelmäßig fernsehen (47).

1.3.2.3 Folgen körperlicher Inaktivität bei Kindern

Körperliche Inaktivität gilt als einer der wichtigsten Risikofaktoren für Übergewicht und Adipositas bei Kindern (48). Es gilt als erwiesen, dass sportlich aktive Menschen größere Mengen Nahrung zu sich nehmen können, um ein Gleichgewicht zwischen Energieaufnahme und -verbrauch zu erreichen (49). Bei regelmäßig aktiven Individuen findet eine Anpassungsreaktion statt, die zu einem höheren Fettverbrauch führt (50).

Durch die Zunahme der täglich mit Tätigkeiten im Sitzen verbrachten Stunden sank allerdings in den letzten Jahrzehnten der durchschnittliche Energieverbrauch. Paradoxerweise stieg die Gesamtmenge der aufgenommenen Nahrung jedoch stark an (25).

Giugliano und Carneiro zeigten 2004 eine direkte Korrelation der Anzahl der pro Tag im Sitzen verbrachten Stunden mit dem Körpergewicht (51). Einer 2012 in Spanien veröffentlichten Studie zufolge sahen 90% der adipösen, aber nur 53% der normalgewichtigen Kinder mehr als zwei Stunden pro Tag fern oder spielten Computer (52). Dieser Zusammenhang legt die Bedeutung eines aktiven Lebensstils zur Prophylaxe von Übergewicht und Adipositas nahe.

Körperliche Aktivität ist im Kindesalter auch wichtig für die emotionale, psychosoziale und kognitive Entwicklung und fördert die Gesundheit im Erwachsenenalter (53). Sie vermindert das Risiko für koronare Herzerkrankungen, Schlaganfall, Diabetes, Bluthochdruck und Depression (41). Außerdem fördert körperliche Aktivität die motorische Entwicklung. Das motorische Potenzial körperlich inaktiver Kinder wird im Vergleich zu aktiven Gleichaltrigen weniger geschult. Das Erlernen grundlegender motorischer Fähigkeiten kann dadurch beeinträchtigt sein (54).

1.3.3 Assoziation zwischen Sozialstatus und Übergewicht, Adipositas sowie körperlicher Inaktivität

Es wurde mehrfach gezeigt, dass ein niedriger Sozialstatus mit Übergewicht und Adipositas sowie hoher Prävalenz körperlicher Inaktivität assoziiert sind (41). So geht aus 2008 vom Robert-Koch-Institut veröffentlichten Daten hervor, dass Kinder aus sozial benachteiligten Familien in Deutschland dreimal so häufig adipös sind wie Kinder aus Familien mit hohem sozioökonomischem Status. Auch zeigten die Daten des Robert-Koch-Instituts, dass sich Kinder aus Familien mit hohem sozioökonomischem Status ausgewogener ernähren (55). Ein möglicher Grund hierfür sind die höheren Preise frischer und gesunder Lebensmittel wie Obst und Gemüse. In Chile zeigten Daten aus dem Jahr 2002, dass Familien mit niedrigem Einkommen eher fett- und kohlenhydratreiche Produkte mit hoher Energiedichte kauften als Familien mit höherem Einkommen (29).

Die besonders hohe Prävalenz von Übergewicht bei Kindern aus Familien mit geringem sozioökonomischem Status, bei denen ungesunde Ernährungsweisen und körperliche Inaktivität häufiger beobachtet werden, lassen einen überadditiven Effekt bei

Kombination dieser Risikofaktoren vermuten. Dieser lässt sich dadurch erklären, dass es Risikofaktoren gibt, die sowohl in Zusammenhang mit Übergewicht als auch mit dem sozioökonomischen Status stehen, beispielsweise das Rauchen. Eltern von Kindern aus sozial benachteiligten Familien rauchen häufiger, was das Risiko für deren Kinder, Übergewicht zu entwickeln, weiter erhöht (56).

1.4 Gesundheitliche Situation der chilenischen Bevölkerung

Wie oben beschrieben, sind Übergewicht und Adipositas sowie körperliche Inaktivität vor allem in südamerikanischen Schwellenländern ein Problem. In Chile, das in den vergangenen 30 Jahren ein sehr rasches wirtschaftliches Wachstum erlebte, waren die mit den Änderungen der Ernährungs- und Lebensgewohnheiten verbundenen gesundheitlichen Auswirkungen besonders gravierend (29). Die WHO zählte 2011 steigende BMI-Werte und körperliche Inaktivität zu den bedeutendsten Risikofaktoren für nicht übertragbare Erkrankungen in Chile (57).

1.4.1 Übergewicht und Adipositas in Chile

Fetteiche Ernährung, hoher Fast-Food-Konsum und zunehmender Bewegungsmangel führten zu einem starken Anstieg der Prävalenz von Übergewicht und Adipositas in Chile (29). Der durchschnittliche BMI-Wert⁵ der Bevölkerung nahm in den letzten Jahren kontinuierlich und im Vergleich zu Deutschland steiler zu (Abb. 1 und 2) (57).

Von dieser Entwicklung waren besonders Kinder betroffen. Die Ergebnisse einer WHO-Studie von 2008, die die BMI-Werte für die Altersgruppe der 0 bis 6-Jährigen in einzelnen Regionen Chiles bestimmte, verdeutlichten dies. Die höchsten Prävalenzen wurden in der Region Aysén, einem Teil von Patagonien im Süden Chiles, festgestellt. Dort waren 2008 etwa 56% der 0 bis 6-Jährigen übergewichtig oder adipös. In der Region von Coquimbo im kleinen Norden Chiles waren 40% der 0 bis 6-Jährigen übergewichtig oder adipös (58). In der Hauptstadt Santiago waren 2007 51% der untersuchten Schulkinder übergewichtig und adipös (59). Im Vergleich dazu waren 2004 in der Schweiz unter 6 bis 12-jährigen Schulkindern etwa 22% übergewichtig und adipös (21).

⁵ Laut WHO-Definition spricht man bei Erwachsenen ab einem BMI-Wert $\geq 25\text{kg/m}^2$ von Übergewicht, ab einem BMI-Wert $\geq 30\text{kg/m}^2$ von Adipositas (142).

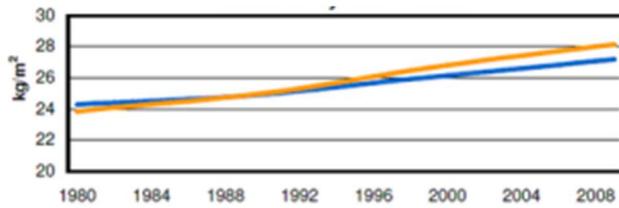


Abb. 1: Chile - Entwicklung des mittleren BMI-Wertes 1980-2008 (57).

--- Frauen
 --- Männer

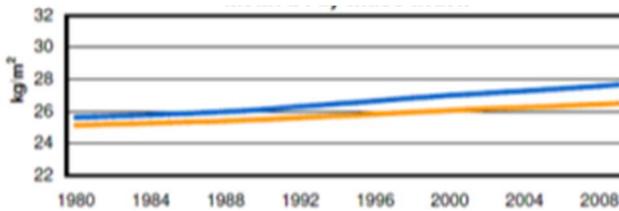


Abb. 2: Deutschland - Entwicklung des mittleren BMI-Wertes 1980-2008 (57).

--- Frauen
 --- Männer

1.4.2 Hohe Prävalenz körperlicher Inaktivität in Chile

Auch die Prävalenz von körperlicher Inaktivität steigt in Chile stark an. 2015 beschrieben 80% der über 18-jährigen Chilenen einen inaktiven Lebensstil, das heißt, sie betätigten sich seltener als drei Mal pro Woche 30 Minuten lang körperlich. Mehr als drei Mal pro Woche mindestens 30 Minuten lang aktiv waren nur knapp 20% der Bevölkerung (60).

Im Vergleich dazu lag der Anteil der über 18-Jährigen in Deutschland, der bei einer Umfrage aus dem Jahr 2012 angab, sich seltener als 2,5 Stunden pro Woche körperlich zu betätigen, bei etwa 60% (61).

Besorgniserregend ist vor allem die hohe Prävalenz körperlicher Inaktivität unter chilenischen Kindern. 65% der 9 bis 12-Jährigen beschrieben einen primär sitzenden Lebensstil (16). In Deutschland waren 2008 immerhin knapp 76% der 3 bis 10-jährigen Jungen und Mädchen regelmäßig, d.h. mindestens einmal pro Woche, körperlich aktiv (62).

1.4.3 Epidemiologisches Profil Chile

Die steigende Prävalenz von Stoffwechsel- und kardiovaskulären Erkrankungen, zu deren Hauptursachen Übergewicht und Mangel an körperlicher Betätigung gezählt werden, stellt ein großes Problem für die öffentliche Gesundheit in Chile dar (63). Die chronischen Stoffwechselerkrankungen Diabetes mellitus Typ II und Hypercholesterinämie⁶ nehmen deutlich zu (29). Wie bereits erwähnt steigt vor allem bei Kindern und Jugendlichen die Prävalenz des metabolischen Syndroms (37). Die

⁶ Erhöhung des Gesamt-Cholesterins im Blut, Referenzbereich 130-225mg/dl (134).

genannten Erkrankungen erhöhen das Risiko für kardiovaskuläre Erkrankungen, die mit 27% den größten Anteil an den nicht-übertragbaren Krankheiten in Chile haben. Die nicht-übertragbaren Krankheiten sind in Chile für 84% aller Todesfälle verantwortlich (64).

Trotz umfangreicher Bemühungen in den letzten Jahren verfügt das Gesundheitssystem Chiles weiterhin über deutlich geringere finanzielle und personelle Ressourcen als Deutschland (65). Während die Gesamtausgaben pro Kopf im Bereich Gesundheit in Deutschland 2014 bei 5.182 Int. \$ und in der Schweiz bei 6.468 Int. \$ lagen, betragen sie 2014 in Chile nur 1.749 Int. \$ (66), (67), (65). Nach Angaben der WHO kam in Chile 2009 etwa ein Arzt auf 1000 Einwohner. In Deutschland ist die Anzahl der Ärzte pro 1000 Einwohner etwa viermal so hoch (68).

Im Rahmen einer Initiative der Regierung wird in Chile seit 2010 jährlich eine Studie zur Untersuchung der körperlichen Fitness von Schulkindern durchgeführt. Aktuelle Ergebnisse aus dem Jahr 2014 zeigten, dass etwa 60% der Schüler in der Kategorie „Muskelkraft“ und etwa 72% in der Kategorie „kardiorespiratorische Fitness“ unzureichend abschneiden (69).

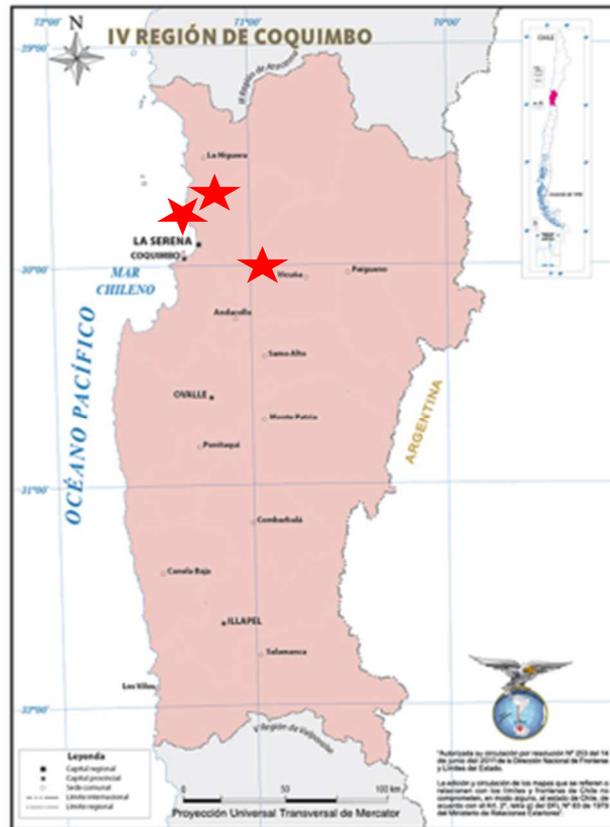
Das chilenische Schulsystem gliedert sich in einen staatlichen und einen privaten Sektor. Einem Bericht der OECD zufolge waren 2014 37% der Schüler in staatlichen Schulen eingeschrieben, 48% besuchten staatlich unterstützte private Schulen, 14% rein private Schulen. Schüler der privaten Schulen stammten eher aus Familien mit höherem sozioökonomischem Hintergrund und erzielten im nationalen Vergleich bessere schulische Leistungen (70). Die oben erwähnte chilenische Studie zum Sportunterricht und sportlichen Leistungen zeigte, dass im Jahr 2013 an den rein privaten Schulen 41% der Schüler zufriedenstellende Ergebnisse erzielten, an den staatlichen Schulen und staatlich unterstützten privaten Schulen waren es 31 und 26% (71). Ein möglicher Grund hierfür ist, dass an den staatlichen Schulen, die über geringere finanzielle Möglichkeiten verfügen, die Möglichkeiten des Schulsports durch Mangel an Räumlichkeiten oder Sportgeräten oft stark eingeschränkt sind. Viele staatliche Schulen verfügen über keine eigene Sporthalle, sodass der Sportunterricht dort im asphaltierten Schulhof oder bei Kälte oder Regen sogar im Klassenzimmer stattfindet.

Aktuelle Bemühungen in Chile haben vor allem die Prävention und Behandlung von kardiovaskulären Erkrankungen, Diabetes mellitus II, Übergewicht und Adipositas zum Ziel (64). Zahlreiche Autoren fordern, die Programme zur Förderung von Gesundheit in Chile weiter auszubauen und vor allem Kindern Strategien für eine gesunde Lebensweise zu vermitteln (29), (32).

1.5 Die Orte der Studiendurchführung: Coquimbo und La Serena, Chile

In der vorliegenden Studie wurden anhand der Zürcher Neuromotorik Kinder in Coquimbo und La Serena, den zu Andacollo, dem Durchführungsort der Caracolito-Studien I und II, nächstgelegenen Kreisstädten, untersucht (Abb. 3). Die beiden Städte liegen im kleinen Norden Chiles, etwa 50 km von Andacollo entfernt. Coquimbo hat circa 174.000 Einwohner, in La Serena leben etwa 201.000 Menschen (72), (73). Als bedeutender Risikofaktor für die Gesundheit der Bevölkerung gilt wie in den übrigen Regionen Chiles vor allem der hohe BMI. 2013 waren 31% der Kinder in Coquimbo übergewichtig und 9% adipös (58). Die Prävalenz von Armut in der Region von Coquimbo lag 2009 mit 17% etwas über dem Landesdurchschnitt von 15% (74). Unter den nach Mittellosigkeit in der Bevölkerung aufgelisteten Regionen nimmt die Region von Coquimbo dementsprechend einen mittleren Platz ein (74). Es ist damit davon auszugehen, dass die Bewohner von Coquimbo und La Serena die chilenische Bevölkerung außerhalb Santiagos gut repräsentieren. Schädliche Umweltfaktoren wie die Quecksilberbelastung in Andacollo, sind in Coquimbo und La Serena in sehr viel geringerem Maße vorhanden. Hinsichtlich des sozioökonomischen Niveaus repräsentieren die Bewohner den Landesdurchschnitt (74). Weiter nimmt die Region von Coquimbo einem nationalen Entwicklungsindex zufolge, der aus Lebenserwartung bei Geburt, Zugang zu Schulbildung, Alphabetismus und Pro-Kopf-Einkommen errechnet wird, einen mittleren Platz ein (75).

Abb. 3: Chile, Übersicht (links) (131). Region von Coquimbo, Chile (rechts) (132). Die Sterne markieren die Städte La Serena, Coquimbo (Caracolito III) und Andacollo (Caracolito I und II).



2 Zielsetzung

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, an einem Kollektiv chilenischer Schulkinder aus einer öffentlichen und einer privaten Schule aus den Kreisstädten Coquimbo und La Serena die Gültigkeit der Schweizer Normwerte zu überprüfen und Risikofaktoren (Schultyp, BMI, körperliche Aktivität) für ein pathologisches Testergebnis zu untersuchen.

Hierzu wurde eine Querschnittsstudie durchgeführt. Die Kinder beider Schulen wurden anhand des neuromotorischen Tests Zürcher Neuromotorik nach Largo untersucht. Zusätzlich wurden die BMI-Werte bestimmt und von Kindern und Eltern gemeinsam ein Fragebogen zur körperlichen Aktivität ausgefüllt.

Durch den Vergleich der Ergebnisse des neuromotorischen Tests aus Coquimbo und La Serena mit den Befunden aus Andacollo sollte überprüft werden, inwieweit die dort erhobenen Befunde tatsächlich auf die Umweltbelastung zurückzuführen waren oder ob die abweichenden Ergebnisse durch andere Normwerte für die chilenische Bevölkerung mitbedingt wurden.

Die Testergebnisse der chilenischen Schulkinder sollten als Vergleichswerte für die ZNM in Chile dienen. So könnte die ZNM in der Zukunft in ganz Chile angewandt werden und einen wichtigen Beitrag in der Diagnostik gesundheitlicher Probleme der Kinder Lateinamerikas leisten.

3 Probanden und Methoden

3.1 Durchführung der Studie

Die vorliegende Arbeit stellt das dritte Projekt der Caracolito-Studie, die 2008 begonnen wurde und sich mit dem Wohlbefinden und gesundheitlichen Risikofaktoren chilenischer Schulkinder befasst, dar. Sie wurde von Prof. Dr. Katja Radon, Leiterin der Arbeitsgruppe für Arbeits- und Umweltepidemiologie und Net-Teaching, vom Institut für Arbeits-, Sozial-, und Umweltmedizin des Klinikums Ludwig-Maximilians-Universität München (LMU) in Zusammenarbeit mit dem chilenischen Projektpartner Prof. Dr. Daniel Moraga, Leiter des Physiologischen Instituts der medizinischen Fakultät der Universität Católica del Norte, Coquimbo, Chile, durchgeführt.

Die Ethikkommission der Ludwig-Maximilians-Universität München gab ihre Zustimmung zur Durchführung der Studie. Die Ethikkommission der Universität Católica del Norte (Comisión Bioética, Universidad Católica del Norte), Coquimbo, Chile, schloss sich diesem Votum am 07.09.2011 an.

3.2 Untersuchungskollektiv

3.2.1 Rekrutierung der Schulen

Die Studie wurde an zwei Schulen in Chile durchgeführt, die nach folgenden Kriterien ausgewählt wurden:

- Lage in der 4. Region (Region von Coquimbo, Hauptstadt La Serena)
- Lage in einem Gebiet, das hinsichtlich seiner Population und seiner Umweltfaktoren die Bevölkerung Chiles repräsentiert
- unterschiedlicher sozioökonomischer Status der Schüler beider Schulen

Um das zuletzt genannte Kriterium zu erfüllen, wurden eine staatliche und eine private Schule ausgewählt.

Zunächst wurden die Schulleiter zweier geeigneter Schulen telefonisch kontaktiert und in einem persönlichen Gespräch über Hintergründe, Ziele und Durchführung der Studie informiert. Die staatliche Schule „Escuela Cardenal José María Caro“ in Coquimbo bestätigte ihre Teilnahme. Aufgrund mangelnder Teilnahmebereitschaft von Eltern und

Schülern⁷ an zwei zunächst eingeladenen privaten Schulen wurde die private Schule „Colegio Gerónimo Rendic“ in La Serena, in die Studie eingeschlossen.

3.2.2 Information und Einwilligungserklärung

Nachdem die Schulleiter eingewilligt hatten, erfolgte die Kontaktaufnahme zu den Probanden und ihren Eltern. An der staatlichen Schule „Escuela Cardenal José María Caro“⁸ in Coquimbo wurden die Schüler aller Klassen der Jahrgangsstufen 1-8 (entspricht der gemeinsamen Grundausbildung aller Schüler) eingeladen. An der privaten Schule „Colegio Gerónimo Rendic“⁹ wurden wegen größerer Schülerzahlen nur jeweils die Schüler einer Klasse der Jahrgangsstufen 1 bis 8 und in der Jahrgangsstufe 3 zwei Klassen eingeladen. So wurde erreicht, dass pro Jahrgangsstufe an beiden Schulen annähernd gleich viele Schüler teilnahmen.

Anhand eines Informationsschreibens (Anhang A), das ihnen in der Schule von den Lehrern ausgehändigt wurde, wurden Schüler und Eltern über den Inhalt der Studie, das Studienziel, die Durchführung sowie Nutzen und Risiken der Studie aufgeklärt. Es wurde darauf hingewiesen, dass die Teilnahme freiwillig ist. Das Informationsschreiben beinhaltete auch eine Einwilligungserklärung (Anhang A). Durch Markieren des jeweiligen Feldes („ja“/ „nein“) erklärten Schüler und Eltern, ob der neuromotorische Test nach Largo durchgeführt und Körpergröße und –gewicht erhoben werden durften. Außerdem sollte angegeben werden, ob das Kind während der Durchführung des Tests gefilmt werden durfte. Dies diente der nachträglichen Beurteilung von Ausmaß und Anzahl kontralateraler Mitbewegungen. Die Dokumente wurden auf freiwilliger Basis ausgefüllt und an die Autorin dieser Arbeit zurückgegeben.

3.2.3 Probanden

Alle Schüler, deren Eltern beide Einwilligungserklärungen unterschrieben an die Autorin dieser Arbeit zurückgaben und darin zugestimmt hatten, am neuromotorischen Test teilzunehmen, wurden in die Studie aufgenommen. Von 972 Schülern bestätigten 407 Schüler (41,9%) ihre Teilnahme (Tab. 1). Sie teilten sich nahezu gleichmäßig auf die beiden Schulen auf. Wegen Schulwechsel oder Abwesenheit zum Zeitpunkt der

⁷ Zur besseren Lesbarkeit bezieht sich der Begriff „Schüler“ im folgenden Text stets auf Jungen und Mädchen.

⁸ im weiteren Text als „Cardenal Caro“ abgekürzt

⁹ im weiteren Text als „Gerónimo Rendic“ abgekürzt

Untersuchung wurden 4 Schüler von der Studie ausgeschlossen. Basierend auf den Einschätzungen der Untersucherin wurden 8 Schüler ausgeschlossen, weil bei ihnen der Verdacht auf das Vorliegen einer motorischen Störung bestand. Das Untersuchungskollektiv bestand schließlich aus 395 Schulkindern.

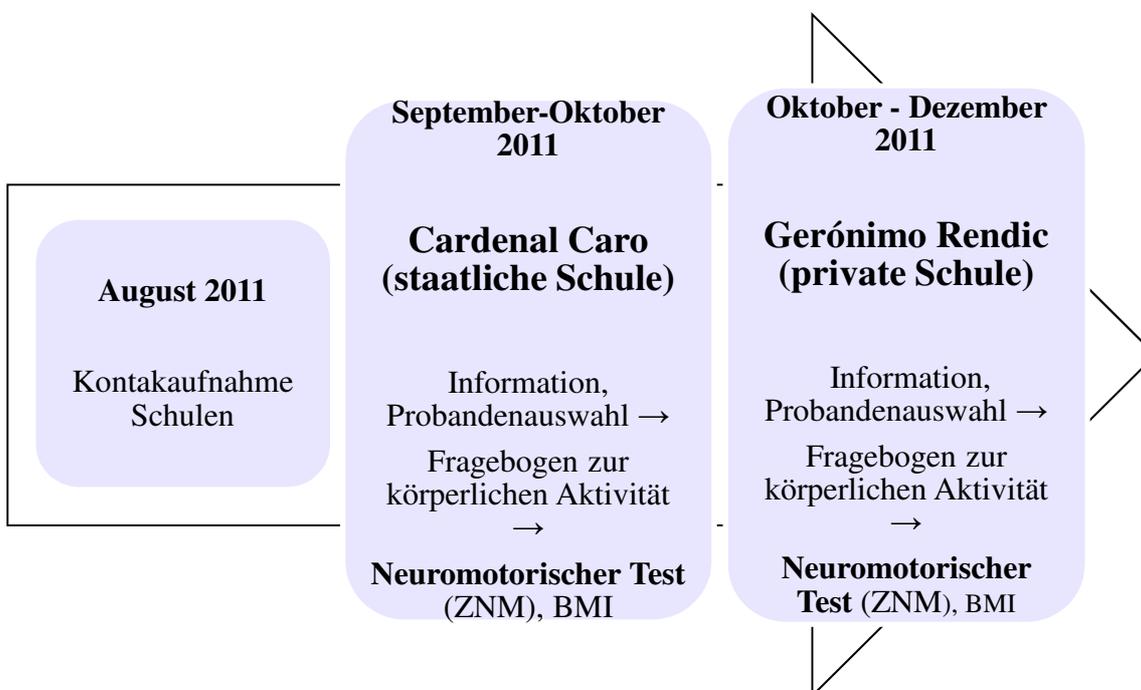
Tab. 1: Probandenübersicht.

Häufigkeit n (%)	Gesamt	Staatliche Schule (Cardenal Caro)	Private Schule (Gerónimo Rendic)
Eingeladen	972 (100)	592 (100)	380 (100)
Teilnahme verweigert	565 (58,1)	391 (66,0)	174 (45,7)
Teilnahme bestätigt	407 (41,9)	201 (34,0)	206 (54,2)
Ausgeschlossen	12 (1,2)	8 (1,3)	4 (1,1)
Teilnehmer gesamt (Response)	395 (41,1)	193 (33,1)	202 (53,7)

3.3 Zeitlicher Ablauf der Studie

Die Querschnittsstudie wurde von August – Dezember 2011 durchgeführt (Abb. 4) Zunächst erhielten alle Teilnehmer der staatlichen Schule einen Fragebogen, der bis zu einem festgelegten Termin wieder in der Schule abgegeben werden sollte. Anschließend

Abb. 4: Zeitlicher Ablauf der Studie.



wurde ihnen ein Zeitraum für den Untersuchungstermin mitgeteilt. Die teilnehmenden Schüler wurden während des regulären Schulunterrichts einzeln aus dem Klassenverband geholt und anhand des neuromotorischen Tests von der Autorin dieser

Arbeit untersucht. Außerdem wurden Körpergröße und –gewicht durch sie bestimmt. Von Ende Oktober bis Dezember 2011 erfolgte die Datenerhebung an der privaten Schule „Gerónimo Rendic“ in La Serena. Die Vorgehensweise entsprach der der staatlichen Schule.

3.4 Body Mass Index

Das Körpergewicht wurde mit einer analogen Personenwaage auf 0,1 kg genau bestimmt. Dabei waren die Kinder barfuß und trugen leichte Kleidung. Die Körpergröße wurde mit Hilfe eines Stadiometers (staatliche Schule) oder eines Maßbandes (private Schule) auf 0,1cm genau gemessen. Aus beiden Größen wurde der Body Mass Index ($BMI=kg/m^2$) in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht berechnet und der Standard Deviation Score (BMI-SDS)¹⁰ im Vergleich zur europäischen Referenzpopulation angegeben. Es wurden die Prävalenzen von Normalgewicht (Perzentil 10-85), Übergewicht (Perzentile 85-95) und Adipositas (> Perzentil 95)¹¹ bestimmt.

3.5 Fragebogen zur körperlichen Aktivität

Alle Schüler, deren Eltern ihre Einwilligung zur Teilnahme am neuromotorischen Test in der Schule abgegeben hatten, erhielten einen Fragebogen mit 9 Fragen (Anhang B). Sie wurden gebeten, ihn gemeinsam mit ihren Eltern zu Hause zu bearbeiten und wieder in der Schule abzugeben. Die geschätzte Bearbeitungsdauer betrug 15 Minuten. Für die Fragen, gab es zwischen 3 und 7 Antwortmöglichkeiten. Die Daten wurden pseudonymisiert in eine dafür angefertigte Excel-Tabelle eingetragen. Dies erfolgte zur Vermeidung von Fehlern als Doppeleingabe.

3.5.1 Fragebogeninhalt

Der Fragebogen diente der Beurteilung der körperlichen Aktivität, des allgemeinen Gesundheitszustandes und möglicher Quecksilberexpositionsquellen.

Der Fragenpool bestand aus Items, die verschiedenen, für Chile validierten und bereits auf Spanisch vorhandenen Fragebögen entnommen worden waren: „Encuesta mundial

¹⁰ SDS: Standard Deviation Score (z-Score) = (Beobachteter Messwert – Mittelwert der Referenzpopulation/ Standardabweichung der Referenzpopulation). Der BMI-SDS-Wert verdeutlicht, wieviel ein individueller BMI-Wert über (positiver Wert) bzw. unter (negativer Wert) dem alters-/geschlechtsspezifischen BMI-Median der Referenzpopulation liegt.

¹¹ Normalgewicht, Übergewicht und Adipositas definiert nach: „2014 - Norma tecnica para la supervisión de niños y niñas de 0 a 9 en APS“ (2014- Technische Normen für die Supervision von Jungen und Mädchen im Alter von 0-9 Jahren in der Primärversorgung). Minsal.cl.

de salud escolar, Chile 2004“ (Befragung zu gesundheitlichem Verhalten von Schulkindern) (76), „Encuesta nacional de hábitos en actividad física y deportes“ (Befragung zur sportlichen Aktivität) (77) und “Global Mercury Project – Environmental and Health Assessment” (78). Die Verwendung von Fragen aus diesen Fragebögen eignete sich gut für die vorliegende Studie, da sie für die chilenische Bevölkerung konzipiert waren. Die Ergebnisse aus vorausgegangenen Befragungen und die Ergebnisse des hier untersuchten Kollektivs waren somit vergleichbar. Die Fragen umfassten folgende Aspekte:

Demographische und biometrische Daten

- Alter
- Geschlecht
- Geburtsort

Sportliche Aktivität

- Ausmaß der sportlichen Aktivität
- Art und Ort der Ausführung sportlicher Aktivität
- Gründe für sportliche Inaktivität
- Dauer der im Sitzen verbrachten Tätigkeiten
- Kosten der praktizierten Sportart pro Monat (Diese Frage diente der Einschätzung, ob die Höhe der finanziellen Ausgaben und die Ergebnisse im neuromotorischen Test korrelieren.)

Mögliche Quecksilberexpositionsquelle

- Häufigkeit des Fischkonsums pro Monat (Fisch gilt als eine der Hauptquecksilberquellen für den Menschen. Es hat eine neurotoxische Wirkung und könnte deshalb die Ergebnisse der neuromotorischen Untersuchung beeinflusst haben (23).

3.6 Sozioökonomischer Status

Die Teilnehmer wurden anhand der Parameter „staatliche Schule“ und „private Schule“ in zwei Gruppen eingeteilt. Da für den Besuch der privaten Schule ein monatlicher Beitrag von etwa 360000 chilenischen Pesos (umgerechnet 477 Euro, Stand 05/2011) an die Eltern erhoben wird, während die Eltern für die Ausbildung ihrer Kinder an der staatlichen Schule nicht zahlen müssen, wurde angenommen, dass Kinder der privaten Schule aus Familien mit einem höheren sozioökonomischen Status stammten.

3.7 Zürcher Neuromotorik (ZNM) nach Largo

Anhand der Zürcher Neuromotorik wurde der neuromotorische Status aller Teilnehmer erhoben. Sie ist für den Altersbereich der Population konzipiert und aufgrund des geringen Zeit- und Materialaufwands praktisch gut durchführbar. Für vorliegende epidemiologische Untersuchung war die klinische Version des Tests, bei der die Leistung durch Zeitmessung und die Qualität von Bewegungen anhand kontralateraler Mitbewegungen erfasst werden, ausreichend (7). Die Kurzanleitung der klinischen Version und das Untersuchungsblatt befinden sich im Anhang (Anhang C).

3.7.1 Testaufbau

Für die Untersuchung stellten die Schulen jeweils einen Klassenraum zur Verfügung, der ausreichend Platz bot, damit die Kinder Seilspringen und eine Distanz von mindestens 3 m hin- und zurückgehen konnten.

Es wurde das Untersuchungsset der Zürcher Neuromotorik (bestehend aus Steckbrett, Steckern, Stiften, Gummiseil, 2 Ständern, Standbrett mit Streifen, Stab, Untersuchungsblatt), zwei Stühle (einer davon in der Höhe verstellbar), ein Tisch, eine Stoppuhr und eine Videokamera verwendet (Abb. 5).

Abb. 5: Untersuchungsset der ZNM. Von oben nach unten: Seil zum Seilspringen, gestreiftes Brett mit Stab für den Gleichgewichtsversuch im Stehen, Steckbrett mit Steckern und Handbuch (79).



3.7.2 Testdurchführung und –aufgaben

Nach der Aufnahme in die Studie wurde den Kindern ein voraussichtlicher Untersuchungstermin während der regulären Unterrichtszeiten mitgeteilt. Sie wurden gebeten, am Tag der Untersuchung im Trainingsanzug zu erscheinen. Die Durchführung des Tests nahm pro Kind etwa 30 - 40 Minuten Zeit in Anspruch. Alle Kinder wurden einzeln und stets von derselben Untersucherin getestet. Standardisierte Bedingungen wurden durch genaue Befolgung der Anleitung (elektronisches Manual (80)) erreicht. Falls Eltern und Kind in der Einwilligungserklärung zugestimmt hatten, wurde das Kind mit einer Videokamera während der Durchführung der Testaufgaben gefilmt. Dies ermöglichte eine nachträgliche Beurteilung der kontralateralen Mitbewegungen.

Zunächst wurde die Händigkeit des Kindes bestimmt. Dazu wurde das Kind gebeten, seinen Namen auf ein Blatt Papier zu schreiben. Die Hand, mit der das Kind schrieb, wurde als dominante Hand bezeichnet. Für jede Aufgabe wurde zunächst die dominante, dann die nichtdominante Extremität getestet.

Feinmotorik

Rein feinmotorische Aufgaben unterschiedlicher Komplexität

Bei diesen Aufgaben saßen die Kinder der Untersucherin auf einem Stuhl in etwa 1 m Entfernung gegenüber (Abb. 6). Es wurde darauf geachtet, dass die Winkel der Ellenbogen-, Knie- und Fußgelenke 90° betragen. Jede Aufgabe wurde von der Untersucherin vorgemacht und dann kurz vom Kind geübt. Dann wurden die Kinder aufgefordert, auf das Startsignal hin („Fertig, los!“) die Bewegungen so schnell wie möglich durchzuführen. Bei den repetitiven Aufgaben wurde jeweils die Dauer von 20 Bewegungssequenzen, bei den alternativen Aufgaben die Dauer von 10 Bewegungssequenzen registriert.

Abb. 6: Übungen im Sitzen. Links: Repetitive Fingerbewegungen. Rechts: Alternierende Handbewegungen. Quelle: eigene Fotos.



Repetitive Fuß-, Hand- und Fingerbewegungen: Bei den repetitiven Fußbewegungen klopften die Kinder so schnell wie möglich jeweils mit nur einem Vorfuß aus dem Sprunggelenk heraus auf den Boden. Die repetitiven Handbewegungen bestanden darin, mit einer Hand so schnell wie möglich auf den Oberschenkel zu klopfen, wobei die Volarseite des Handgelenks immer auf dem Oberschenkel liegen blieb. Die Durchführung der repetitiven Fingerbewegung sah vor, mit seitlich angehobenen und im Schulter- sowie Ellbogengelenk um 90° abgewinkelten Armen mit der einen Hand so schnell wie möglich Oppositionsbewegungen zwischen Daumen und Zeigefinger durchzuführen.

Alternierende Bewegungen: Die alternierenden Bewegungen bestanden aus Zehen-Hacken-Klopfen und Pro- und Supination des Unterarms. Beim Zehen-Hacken-Klopfen wurde mit einem Fuß in einer wiegenden Bewegung so schnell wie möglich abwechselnd mit Zehen und Ferse auf den Boden geklopft. Bei der alternierenden Pronation und Supination des Unterarmes wurde möglichst rasch jeweils einseitig der Unterarm proniert und supiniert, sodass ein hörbares Klatschen auf den Oberschenkel entstand.

Sequentielle Fingerbewegungen: Die Grundstellung der Arme erfolgte wie bei den repetitiven Fingerbewegungen. Der Daumen der einen Hand berührte so schnell wie möglich die Fingerkuppe des Zeige-, Mittel- Ring- und Kleinfingers (Handbewegung ähnlich wie beim Klavierspielen). Es sollte dabei deutlich opponiert, nicht über die Fingerkuppen gewischt werden. Jede weitere Sequenz begann wieder mit dem

Zeigefinger. Bei Kindern unter 6,5 Jahren wurde die Dauer von 3 Bewegungssequenzen, bei Kindern älter als 6,5 Jahre die Dauer von 5 Sequenzen registriert.

Feinmotorisch adaptive Aufgabe

Steckbrett (im Sitzen am Tisch): Die Aufgabe bestand darin, 12 Stecker mit einer Hand so schnell wie möglich in das Steckbrett zu stecken, während die andere Hand auf dem Tisch ruhte (Abb. 7). Kinder älter als 10,5 Jahre verwendeten Stifte, die im Steckbrett steckten und so rasch wie möglich gedreht werden sollten. Die Zeit wurde von der Berührung des ersten Steckers/Stiftes bis zum Loslassen des letzten Steckers/Stiftes gemessen.

Abb. 7: Steckbrettversuch. Quelle: eigene Fotos.



Grobmotorik

Dynamische Balance, seitwärts (im Stehen): 20 cm über dem Boden wurde ein 4 m langes Doppelseil zwischen zwei Stühlen befestigt. Kinder über 6,5 Jahren standen seitlich zum Seil und hüpften so schnell wie möglich auf der Stelle und mit geschlossenen Beinen über das Seil (Abb. 8). Kinder unter 6,5 Jahren hüpften in 5 Doppelsprünge vorwärts über zwei parallel am Boden liegende Gummiseile. Es wurde die Zeit von 10 Sprüngen (6,5-10,5 Jahre) bzw. 15 Sprüngen bei Kindern älter als 10,5 Jahre gemessen.

Dynamische Balance, vorwärts (im Stehen): Anschließend hüpften die Kinder vorwärts so schnell wie möglich vom einen Seilende zum anderen und wieder zurück. Kinder unter 6,5 Jahren sprangen dabei mit geschlossenen Beinen zwischen zwei parallel am Boden liegenden. Kinder älter als 6,5 Jahre hüpften mit geschlossenen Beinen in 6 Zickzack-Sprüngen über das in 20 cm Höhe angebrachte Seil vom einen bis zum anderen Ende. Am Ende drehten sie an Ort und Stelle und hüpften in wiederum 6 Sprüngen zurück. Es erfolgte die Zeitmessung von 2 (6,5-10,5 Jahre) bzw. 3 (älter als 10,5 Jahre) Seillängen.

Abb. 8: Grobmotorik, Dynamische Balance. Quelle: eigene Fotos.



Statische Balance (Einbeinstand; im Stehen): Die Kinder wurden aufgefordert, so lange wie möglich auf einem Bein zu stehen (Abb. 9). Kinder unter 6,5 Jahren ließen dabei die Arme locker neben dem Körper hängen. Kinder älter als 6,5 Jahre hielten einen Stab mit gestreckten Armen über ihren Kopf. Kinder älter als 10,5 Jahre schlossen zusätzlich die Augen. Die Zeitmessung wurde gestartet, wenn die Kinder einen Fuß vom Boden abhoben und gestoppt, wenn der Fuß den Boden wieder berührte oder das Maximum von 60 Sekunden erreicht wurde.

Abb. 9: Einbeinstand mit gestreckten Armen.
Quelle: eigene Fotos.



Haltung (Durchführung im Stehen)

Stressgaits: Das Kind ging über eine Distanz von 3 m jeweils auf den Zehen, auf den Fersen, auf der Außenseite der Füße mit Knien in Varusstellung („O-Beine“) und auf der Innenseite mit Knien in Valgusstellung („X-Beine“, Abb. 10) hin und zurück. Es wurde aufgefordert, die Haltung so ausgeprägt wie möglich einzunehmen. Die Zeitmessung entfiel bei dieser Aufgabe, es wurden nur Ausmaß und Dauer der Mitbewegungen registriert.

Abb. 10: Gehen mit X-Bein-Stellung. Quelle: eigene Fotos.



Diadochokinese (Durchführung im Stehen)

Die Kinder standen mit locker seitlich des Körpers hängenden Armen. Ein Arm wurde im Ellbogengelenk rechtwinklig nach vorne gebeugt. Mit dem gebeugten Unterarm sollten so schnell wie möglich Supinations- und Pronationsbewegungen ausgeführt werden (vgl. Glühbirnen einschrauben). Die Qualität von 10 schnellen Drehbewegungen sowie die kontralateralen Mitbewegungen wurden registriert [4].

3.7.3 Testauswertung

Die Zeitmessung erfolgte auf 100stel Sekunden genau. Dauer und Grad der kontralateralen Mitbewegungen wurden anhand der Videoaufnahmen analysiert. Es wurde die Anzahl der Mitbewegungen (ganze Zahl zwischen 0 - 10) und der Ausprägungsgrad (ganze Zahl zwischen 0 - 3) angegeben. Für die Stressgaits wurden kontralaterale Mitbewegungen ersetzt durch Mitbewegungen der Arme, angegeben in Ausmaß (ganze Zahl zwischen 0 – 3) und Dauer (ganze Zahl zwischen 0 – 10).

Die Ergebnisse der Zeitmessungen und der Mitbewegungen wurden dann getrennt nach dominanter und nicht-dominanter Seite in eine von den Autoren der ZNM zur Verfügung gestellte Excel-Tabelle übertragen. Es wurden die Standard Deviation Scores (SDS) analysiert. Diese sind Differenzen von den geschlechts- und altersstandardisierten Werten der Schweizer Normdaten. Die Einzelwerte wurden in Blockkomponenten (z.B. Komponente 1, Summe rein motorischer Aufgaben) und Differenzkomponenten (z.B. repetitive versus alternierende Bewegungen) zusammengefasst (7). Anhand einer Normtabelle wurde so das Profil des Kindes erstellt.

3.8 Statistische Analysen

Zunächst erfolgte die deskriptive Auswertung der Daten. Die Verteilung der Risikofaktoren und die Ergebnisse des Fragebogens wurden in Kreuztabellen dargestellt. Die BMI-Werte der Probanden wurden als Standard Deviation Scores (SDS) (Differenz vom Mittelwert der europäischen Vergleichspopulation) angegeben. Zum bivariaten Gruppenvergleich (männlich – weiblich, Besucher/in der privaten – staatlichen Schule) wurde der Chi²-Test verwendet.

Die Testergebnisse des neuromotorischen Tests wurden in 5 Blockkomponenten (rein feinmotorische Aufgaben, feinmotorisch adaptive Aufgabe, Dynamische Balance, Statische Balance, kontralaterale Mitbewegungen) eingeteilt und als SDS-Werte (Differenzen gegenüber den Normwerten der Schweizer Population) angegeben. Die Ergebnisse der chilenischen Population im Vergleich zur Schweizer Normpopulation wurden anhand des one-sample t-Tests untersucht.

Es wurden lineare Regressionsanalysen durchgeführt, um den Einfluss von Übergewicht und Adipositas, körperlicher Aktivität und sozioökonomischem Niveau auf die Testergebnisse zu kontrollieren. Bei den multiplen linearen Regressionsanalysen wurde dabei vom Testergebnis eines 10-jährigen Jungen der staatlichen Schule mit einem BMI-SDS-Wert von 0 (Intercept) ausgegangen. Die Befunde der einzelnen Einflussfaktoren wurden jeweils unter Berücksichtigung der anderen Faktoren angegeben, es handelt sich damit um adjustierte Ergebnisse. Bei jeder Aufgabe wurden zunächst alle Altersgruppen gemeinsam betrachtet, dann erfolgte die Auswertung für die Gruppe der $\leq 10,5$ -Jährigen und der $> 10,5$ -Jährigen. Dies liegt daran, dass sich in diesem Alter die Aufgaben der adaptiven Feinmotorik sowie der Statischen und Dynamischen Balance änderten.

4 Ergebnisse

4.1 Deskriptive Parameter der Studienpopulation

4.1.1 Soziodemographische Daten

Die untersuchte Studienpopulation bestand aus n=395 Schulkindern. Es nahmen etwas mehr Mädchen (54,9%) als Jungen an der Untersuchung teil (Tab. 2). Die Teilnehmer waren zwischen 6,3 und 14,9 Jahren alt, der Mittelwert des Alters des Studienkollektivs lag bei 10,6 Jahren. 85% der Teilnehmer waren in der IV. Region (Region von Coquimbo) geboren¹².

Tab. 2: Anzahl der Teilnehmer (n=395) nach Schulart und Geschlecht.

Schulart	Staatlich	Privat
N (%)	193 (100%)	202 (100%)
Jungen	83 (43%)	95 (47%)
Alter in Jahren (MW±SD)	10,9 ± 2	10,2 ± 2,2

N=Anzahl, MW=Mittelwert.

4.1.2 Übergewicht und Adipositas

BMI-Werte lagen für 386 (97,7%) Probanden vor. Die Hälfte der untersuchten Kinder war übergewichtig und adipös (Tab. 3). Der Mittelwert der BMI-SDS-Werte der Studienpopulation gegenüber den Schweizer Vergleichsdaten lag bei +2,2 SDS (Tab. 4).

Tab. 3: Prävalenzen von Übergewicht und Adipositas (n=386).

Gewichtsstatus	Untergewichtig < PZ 10	Normalgewichtig PZ 10-85	Übergewichtig PZ 85-95	Adipös > PZ 95
N (%)	4 (1%)	189 (49%)	98 (25,4%)	95 (24,6%)
Geschlecht				
männlich	1 (0,6%)	83 (47,4%)	47 (26,8%)	44 (25,1%)
weiblich	3 (1,4%)	106 (50,2%)	51 (24,2%)	51 (24,2%)

¹² Angaben aus Fragebogen. N gesamt beantwortet=381, davon n=12 ohne Angabe, n=314 mit Geburtsort in der IV.Region, n=52 mit Geburtsort in anderen Regionen Chiles, n=3 mit Geburtsort im Ausland.

Tab. 4: BMI-SDS-Werte der chilenischen Population (n=386) in MW und SD im Vergleich zur europäischen Normpopulation.

BMI-SDS (MW ± SD)	
gesamt	2,2 ± 1,9
männlich	2,4 ± 2
weiblich	2,1 ± 1,8
Minimum	-2,1
Maximum	+10,6

Interpretation: MW=2,2 bedeutet, dass die Mittelwerte der BMI-SDS-Werte der chilenischen Kinder um +2,2 SD über den Werten der Schweizer Population liegen (24).

4.1.3 Ergebnisse des Fragebogens zur körperlichen Aktivität

Die Fragen zur körperlichen Aktivität beantworteten insgesamt 381 (96,5%) der untersuchten Kinder. Es zeigte sich eine hohe Ausprägung körperlicher Inaktivität, wobei sich die Mädchen statistisch signifikant seltener körperlich betätigten (Abb. 11-13). Knapp 70% der Schüler gab an, täglich zwischen 1 und 4 Stunden ihrer Freizeit sitzend zu verbringen, ein statistisch signifikanter Geschlechtsunterschied bestand hier nicht (Abb. 14).

Abb. 11: Anzahl der Tage, an denen während der vergangenen Woche körperliche Aktivität stattfand, nach Geschlecht. N=381, $p_{\text{Chi}^2}=0,001$.

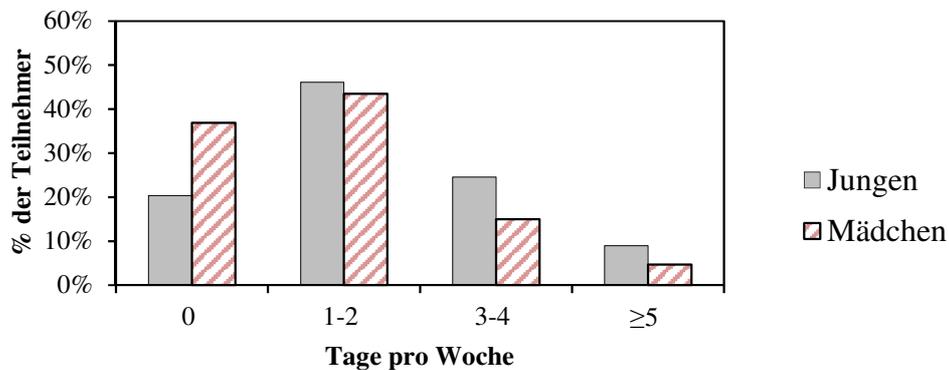


Abb. 12: Anzahl der Tage, an denen während der vergangenen Woche mindestens 60 Minuten lang körperliche Aktivität stattfand, nach Geschlecht. N=380, $p_{\text{Chi}^2}=0,01$.

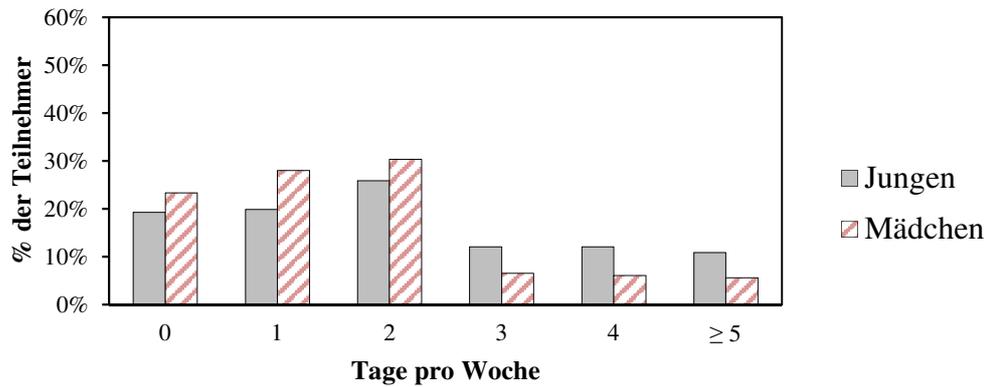


Abb. 13: Anzahl an Tagen einer gewöhnlichen Woche, an denen der Schüler/die Schülerin angab, regelmäßig körperliche Aktivität auszuüben, nach Geschlecht. N=380, $p_{\text{Chi}^2}=0,01$.

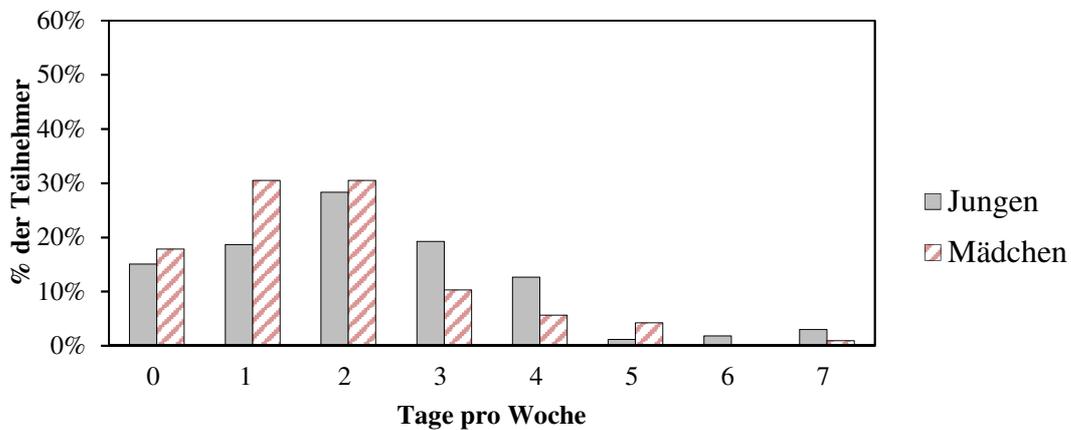
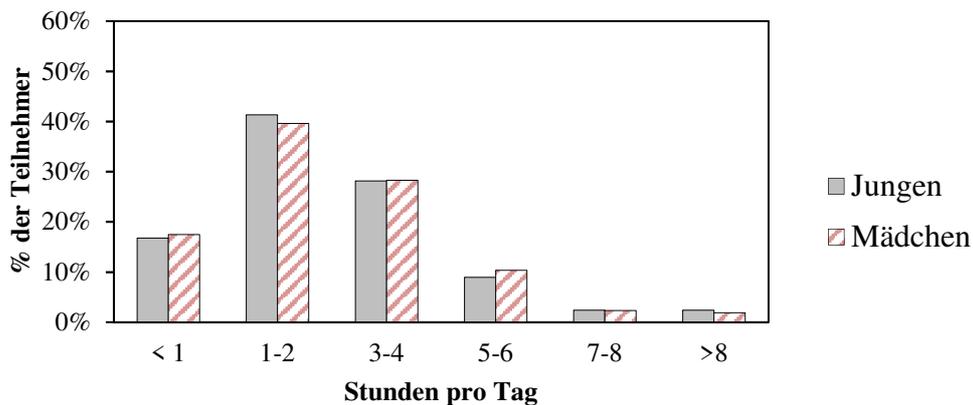


Abb. 14: Anzahl an Stunden pro Tag, die der Schüler/die Schülerin mit Tätigkeiten im Sitzen (z.B. PC, TV) verbringt, nach Geschlecht. N=379, $p_{\text{Chi}^2}=0,99$.



Jungen, die einer regelmäßigen körperlichen Betätigung nachgingen, betrieben am häufigsten Ballspiele, Mädchen nannten häufiger als Jungen Tanzen und Gymnastik

(Abb. 15). Während die Jungen vor allem in Sportclubs oder auf der Straße körperlich aktiv waren, war der von den Mädchen häufiger bevorzugte Ort körperlicher Betätigung das Haus (Abb. 16). Klare Gründe für Inaktivität konnten nicht erkannt werden, da 25% der befragten Kinder bei dieser Frage die Antwortmöglichkeit "anderer Grund", welche nicht genauer definiert wurde, wählten (Abb. 17). Mit 71% tätigte ein Großteil der Familien keine finanziellen Ausgaben für die Ausübung körperlicher Aktivität ihrer Kinder, wobei Familien mit Mädchen statistisch signifikant häufiger kein Geld für sportliche Aktivität ausgaben (Abb. 18).

Abb. 15: Bevorzugt betriebene Sportart pro Kind, nach Geschlecht. N=330, $p_{\text{Chi}^2} < 0,001$.

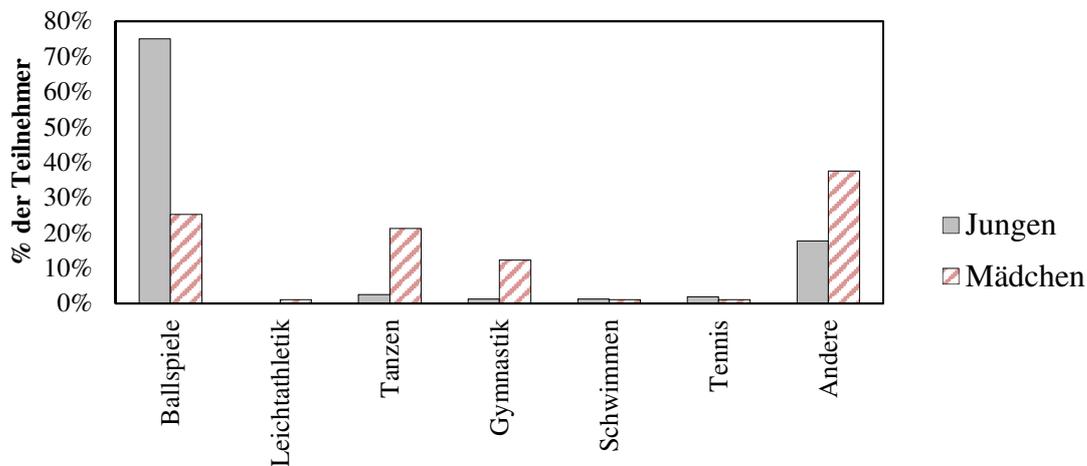


Abb. 16: Orte, an denen der Schüler/die Schülerin angab, außerhalb der Schule die meiste Zeit bei der Ausübung körperlicher Aktivität zu verbringen, nach Geschlecht. N=381, $p_{\text{Chi}^2} < 0,001$.

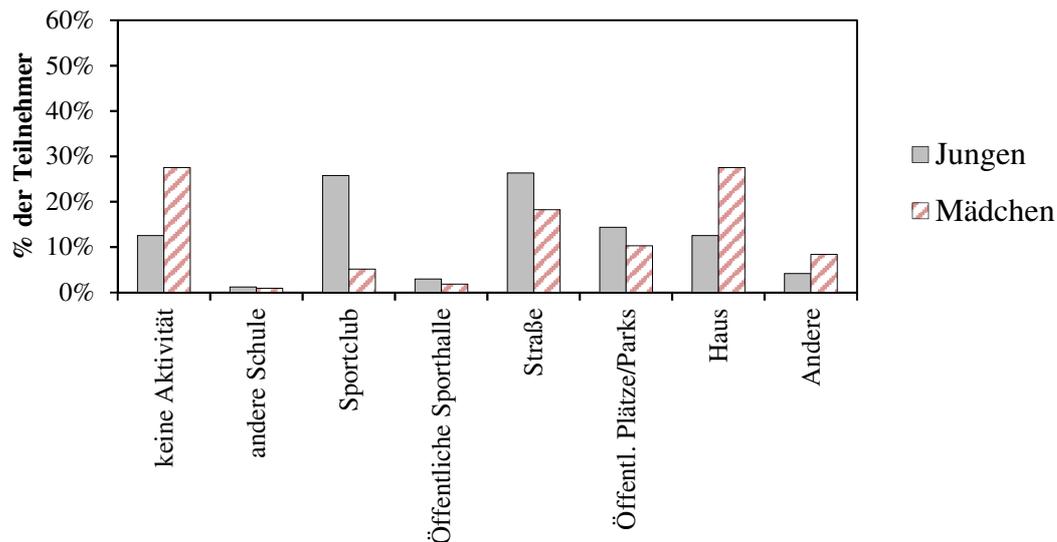


Abb. 17: Hauptgründe für körperliche Inaktivität, nach Geschlecht. N=244, $p_{\text{Chi}^2}=0,03$.

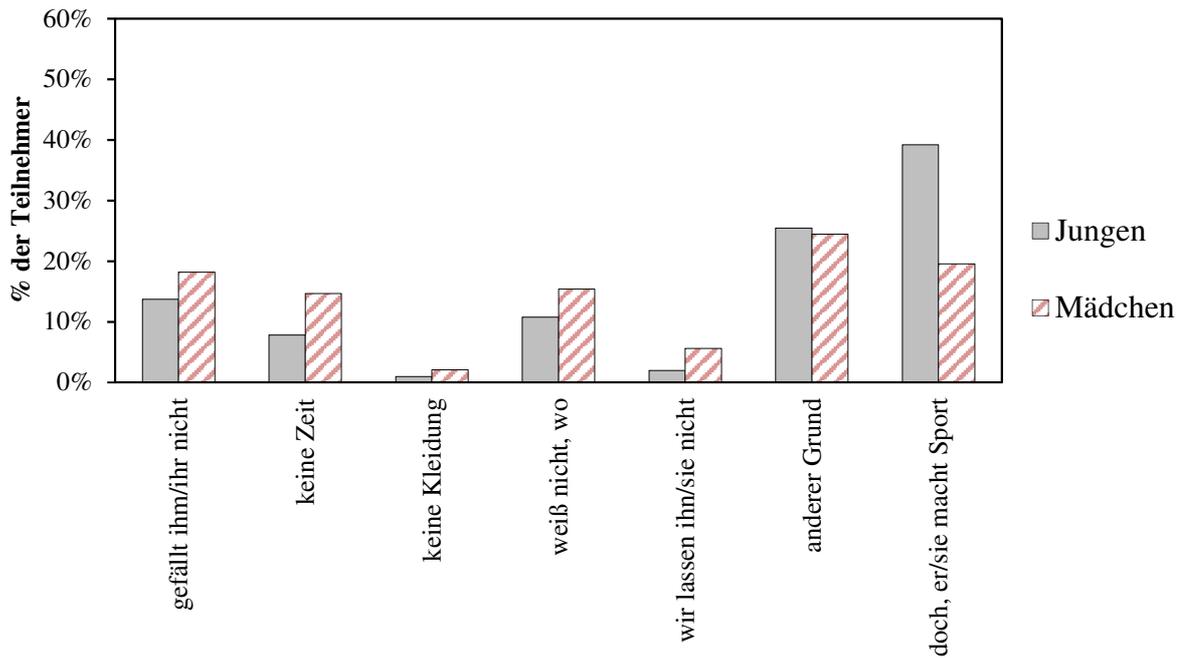
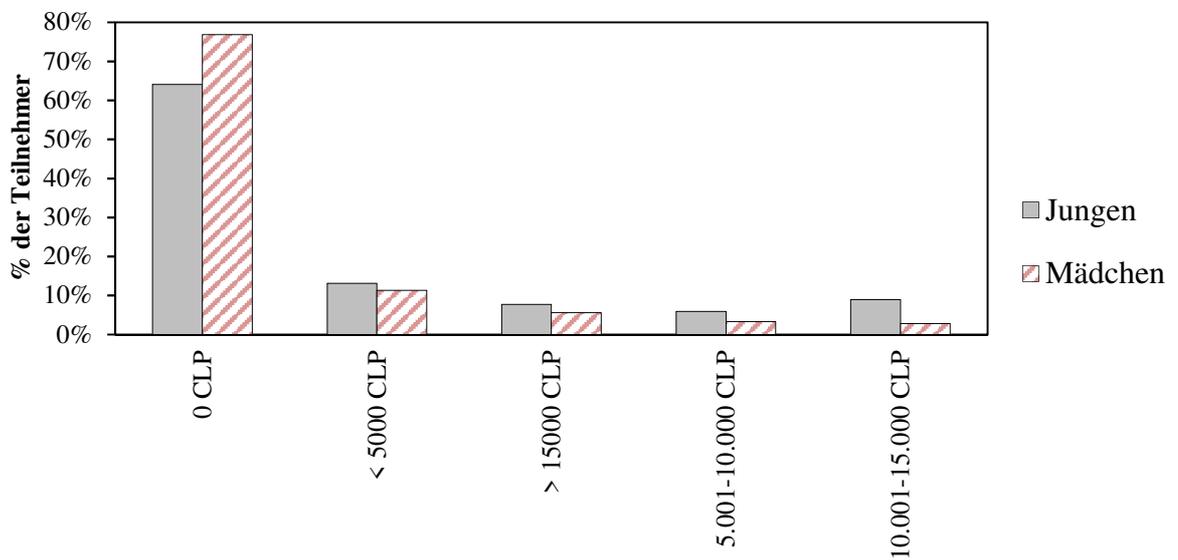


Abb. 18: Monatliche Ausgaben für die Ausübung körperlicher Aktivität und Sport des Sohnes/der Tochter, nach Geschlecht. N=379, $p_{\text{Chi}^2}=0,03$.



1 CLP entspricht 0,0014 Euro, (d.h., 5.000 CLP entsprechen 6,75 Euro, 10.000 CLP entsprechen 13,5 Euro), Stand von 02/2018¹³.

¹³ Quelle: http://www.finanzen.net/waehrungsrechner/chilenischer-peso_euro.

4.1.4 Ergebnisse der Zürcher Neuromotorik

4.1.4.1 Univariate Ergebnisse der zeitlichen Leistungen und kontralateralen Mitbewegungen der Zürcher Neuromotorik

Wie in Tab. 5 dargestellt, wurden von den Teilnehmern repetitive Bewegungen schneller ausgeführt als alternierende, und die Standardabweichungen vom zeitlichen Mittelwert waren bei den alternierenden Aufgaben größer. So wurden zum Beispiel repetitive Fußbewegungen mit einem Mittelwert (MW) von 5,1 Sekunden ausgeführt, die Standardabweichung (SD) lag bei 1,4 Sekunden – der Mittelwert der alternierenden Fußbewegungen lag bei 9,7 Sekunden, bei einer Standardabweichung von 3,4. Grobmotorische Aufgaben wurden jeweils mit der dominanten Extremität besser ausgeführt, bei den Ergebnissen zeigten sich hohe Standardabweichungen.

Die Ergebnisse der kontralateralen Mitbewegungen, die nach Anzahl (Minimum 0, Maximum 10) und Ausmaß (Minimum 0, Maximum 3) angegeben wurden, sind im Anhang dargestellt (Anhang D, Tab. 17). Kontralaterale Mitbewegungen wurden bei den repetitiven Bewegungen seltener beobachtet und waren geringer ausgeprägt als bei den komplexeren alternierenden Aufgaben.

Tab. 5: Zeitliche Leistungen der ZNM für die dominante und nicht-dominante Extremität.

Aufgaben		Zeit in Sekunden			
		MW	SD	Min	Max
Reine Feinmotorik					
Repetitive Fußbewegungen	dominant	5,1	1,4	3,3	12,9
	nicht-dominant	6,5	1,8	3,1	15,4
Alternierende Fußbewegungen	dominant	9,7	3,4	3,6	23,2
	nicht-dominant	10,1	3,6	3,6	29,3
Repetitive Handbewegungen	dominant	4,6	0,9	2,7	7,3
	nicht-dominant	4,9	0,9	2,5	8,1
Alternierende Handbewegungen	dominant	6,9	1,7	4,1	19,7
	nicht-dominant	7,2	1,7	4,3	13,8
Repetitive Fingerbewegungen	dominant	5,3	0,9	3,5	9,0
	nicht-dominant	5,8	1,0	3,4	10,3
Sequentielle Fingerbewegungen	dominant	9,3	2,6	3,4	18,9
	nicht-dominant	9,4	2,6	4,0	20,3
Adaptive Feinmotorik					
Steckbrett (1. Versuch)	dominant	21,2	3,6	12,6	35,2
	nicht-dominant	24,6	5,0	14,4	46,1
Steckbrett (2. Versuch)	dominant	20,4	3,8	12,3	37,9
	nicht-dominant	23,5	4,6	12,9	42,2
Grobmotorik					
Statische Balance					
<6,5 Jahre	dominant	25,7	16,7	5,0	60,0
	nicht-dominant	23,2	16,9	5,0	54,1
6,5-10,5 Jahre	dominant	33,2	3,5	17,9	60,0
	nicht-dominant	30,4	3,6	15,5	60,0
>10,5 Jahre	dominant	16,3	13,0	2,3	60,0
	nicht-dominant	14,1	10,7	2,4	60,0
Dynamische Balance					
	seitwärts	10,4	3,8	4,5	30,0
	vorwärts	15,2	4,6	7,0	33,2

MW=Mittelwert, SD=Standardabweichung, Min=Minimum, Max=Maximum.

4.1.4.2 Bivariate Ergebnisse der zeitlichen Leistungen und kontralateralen Mitbewegungen der Zürcher Neuromotorik – Zusammenhang mit Alter und Geschlecht

Für die Aufgaben, bei denen jeweils zunächst die dominante Extremität und anschließend die nicht-dominante Extremität untersucht wurden, werden nachfolgend jeweils die Ergebnisse der dominanten Extremität dargestellt. Die Abbildungen der nicht-dominanten Extremität befinden sich im Anhang (Anhang D, Abb. 30-34), ebenso die Darstellungen der kontralateralen Mitbewegungen (Anhang D, Abb. 35-46).

Bei Mädchen und Jungen zeigte sich bei fast allen Aufgaben eine Verbesserung der zeitlichen Leistung mit zunehmendem Alter. Im Vergleich zu den einfachen repetitiven Aufgaben (Abb. 19-21, jeweils linke Abbildung) wurde bei den komplexeren alternierenden Aufgaben (Abb. 19-21, jeweils rechte Abbildung) und im Steckbrettversuch (Abb. 22) eine etwas steilere Zunahme der zeitlichen Leistung mit dem Alter beobachtet. Die Einzelwerte unterlagen bei den komplexeren Aufgaben einer größeren Streuung, was besonders am Beispiel der Fußbewegungen deutlich wird (Abb. 19). Bei der Dynamischen Balance schnitten die Mädchen in der Gruppe der >10,5-Jährigen etwas schlechter ab als männlichen Teilnehmer (Abb. 23 und 24). Bei der Statischen Balance erkennt man ein besseres Abschneiden der Mädchen in der Gruppe der <10,5-Jährigen. Bei dieser Aufgabe zeigte sich in der Gruppe der >10,5-Jährigen keine Leistungsverbesserung mit zunehmendem Alter (Abb. 25).

Abb. 19: Zeitliche Leistung bei den repetitiven (oben) und alternierenden (unten) Fußbewegungen, dominanter Fuß, nach Alter und Geschlecht. ○ Einzelwerte der Jungen, + Einzelwerte der Mädchen. -- lineare Trendlinie Jungen, — lineare Trendlinie Mädchen.

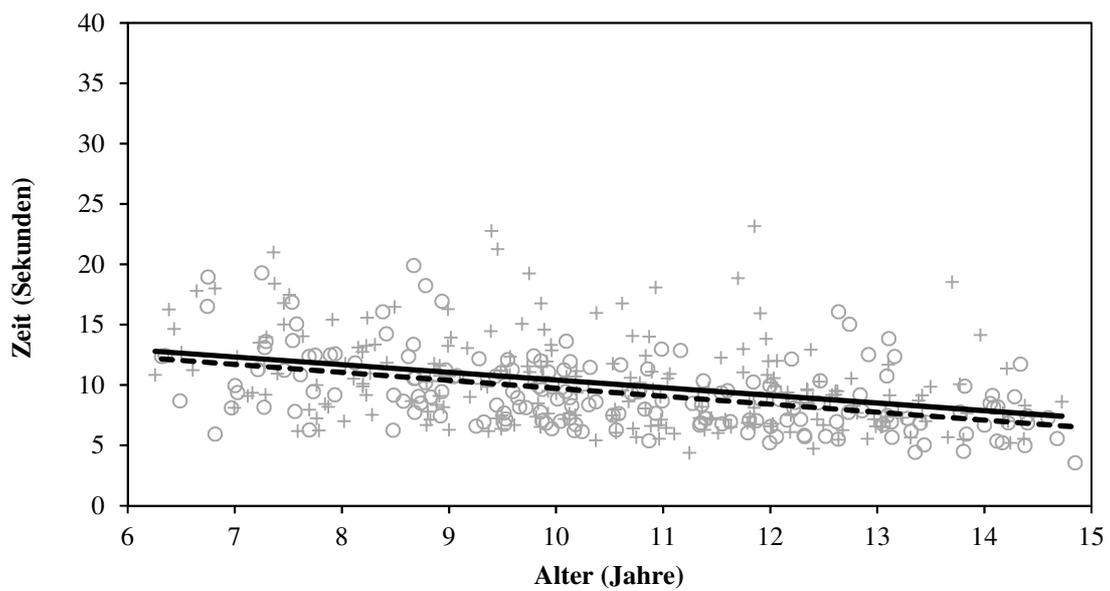
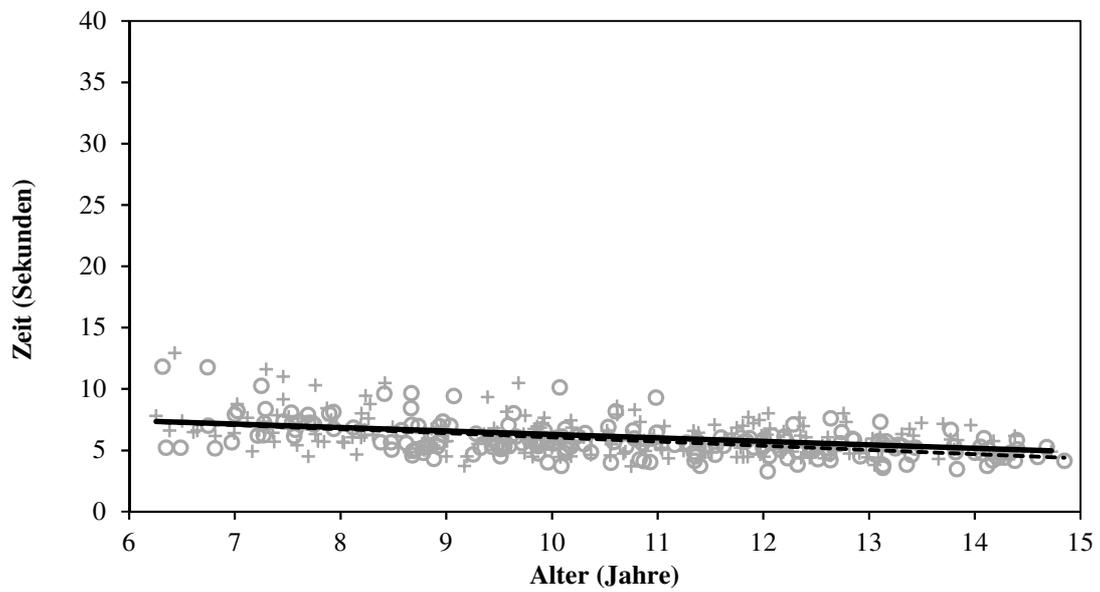


Abb. 20: Zeitliche Leistung bei den repetitiven (oben) und alternierenden (unten) Handbewegungen, dominante Hand, nach Alter und Geschlecht. ○ Einzelwerte der Jungen, + Einzelwerte der Mädchen. ----- lineare Trendlinie Jungen, — lineare Trendlinie Mädchen.

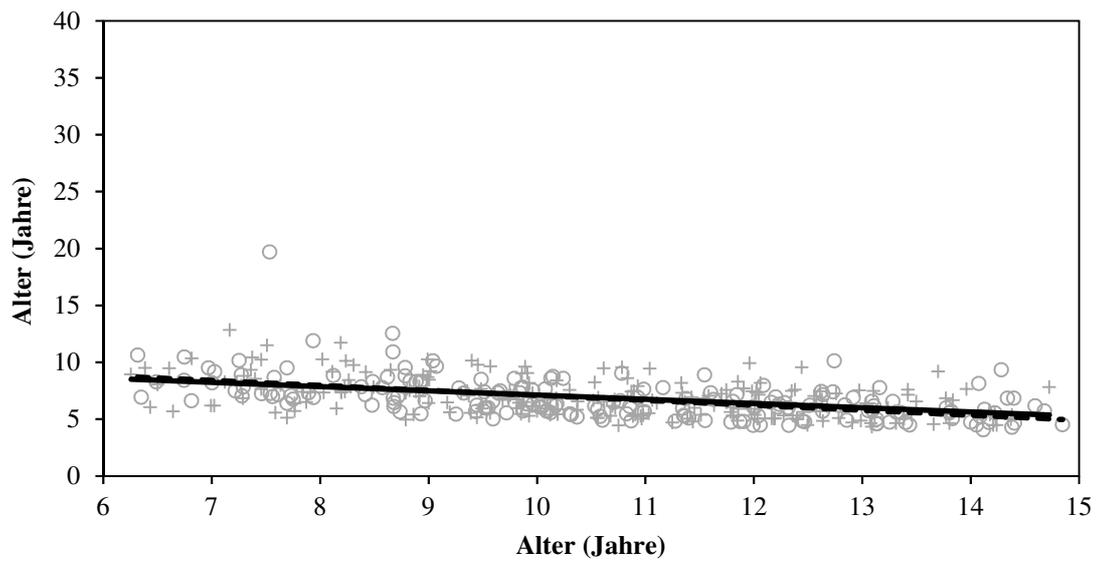
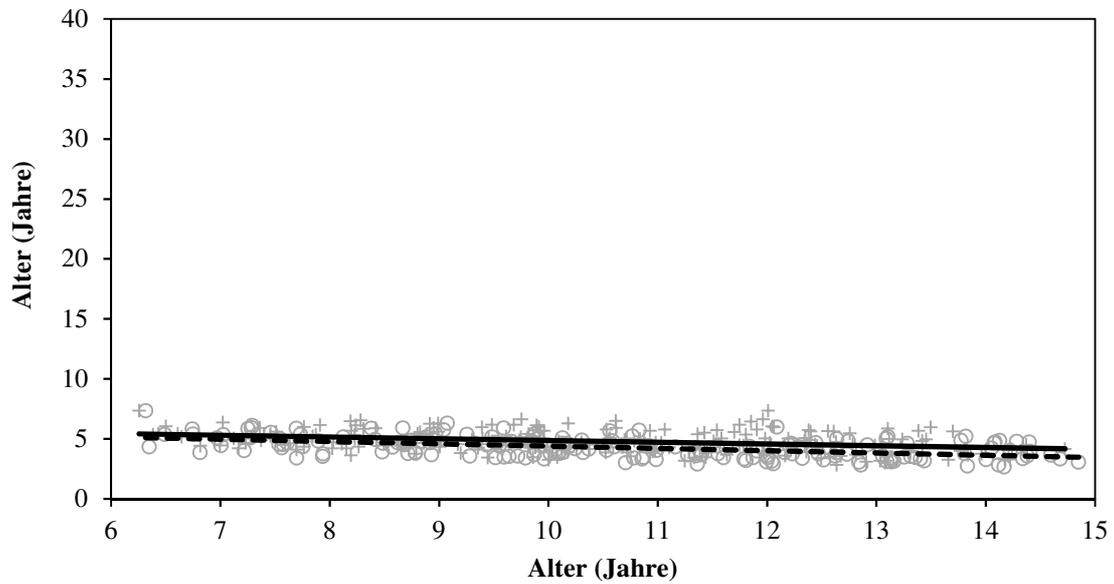


Abb. 21: Zeitliche Leistung bei den repetitiven (oben) und sequentiellen (unten) Fingerbewegungen, dominante Hand, nach Alter und Geschlecht. ○ Einzelwerte der Jungen, + Einzelwerte der Mädchen. - - - - lineare Trendlinie Jungen, — lineare Trendlinie Mädchen.

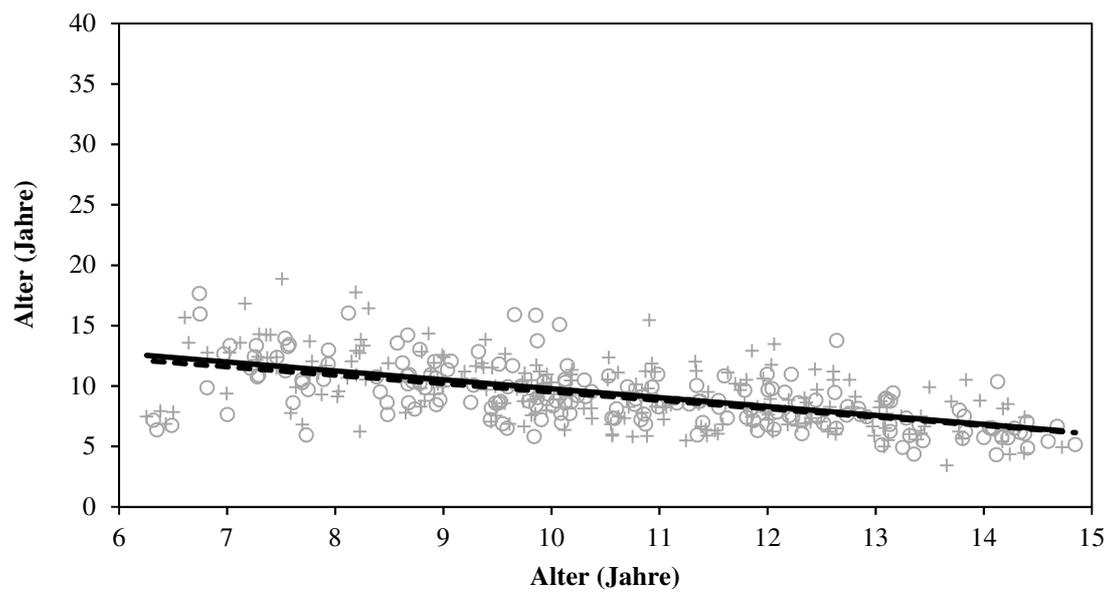
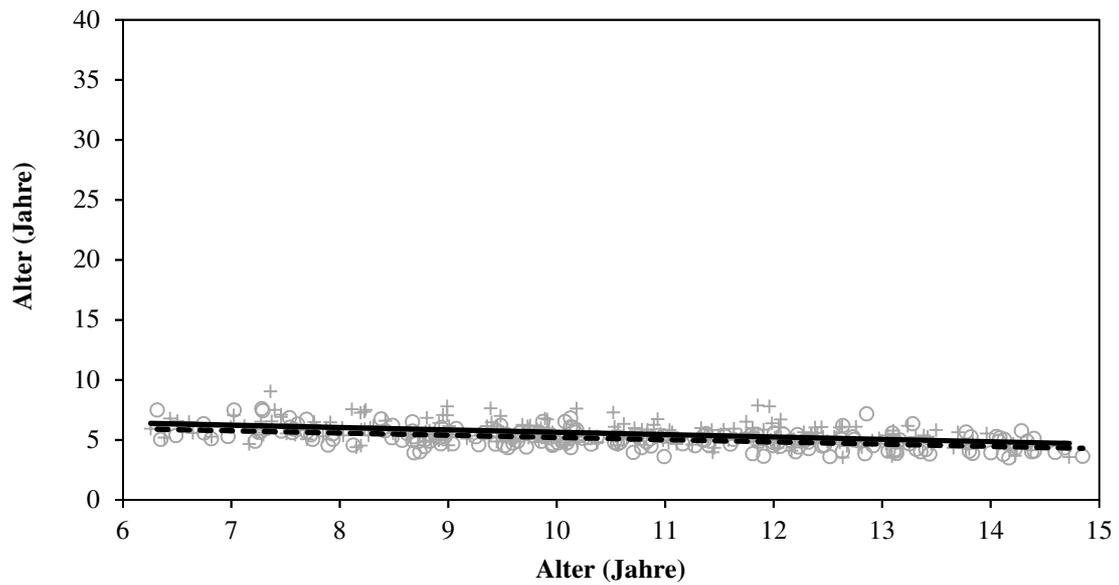


Abb. 22: Zeitliche Leistungen im Steckbrett-Versuch (Versuch 1, oben und Versuch 2, unten, dominante Hand) nach Alter und Geschlecht. \circ Einzelwerte der Jungen, $+$ Einzelwerte der Mädchen. - - - - lineare Trendlinie Jungen, — lineare Trendlinie Mädchen.

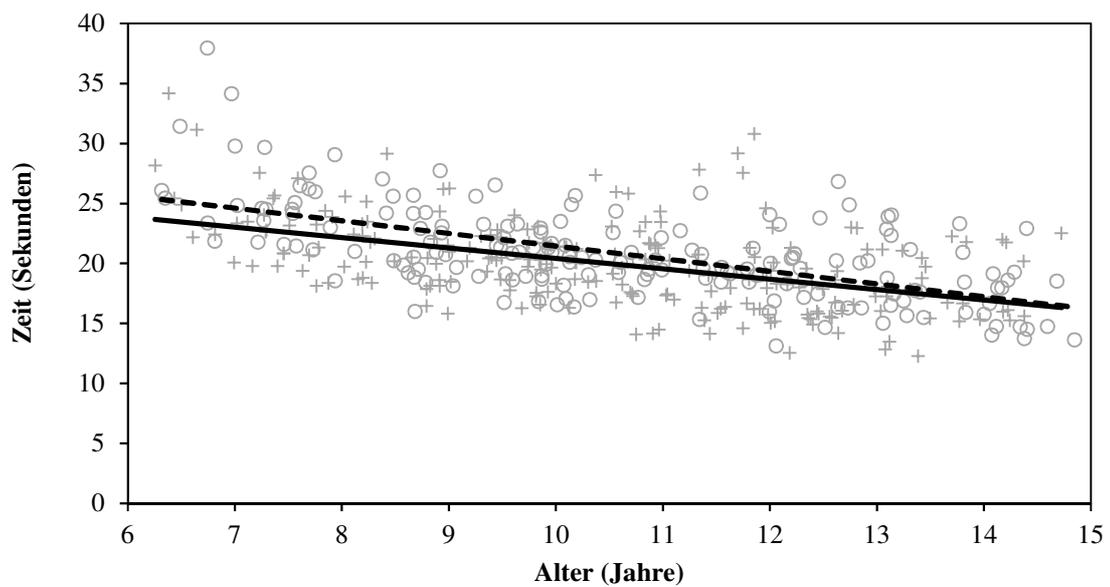
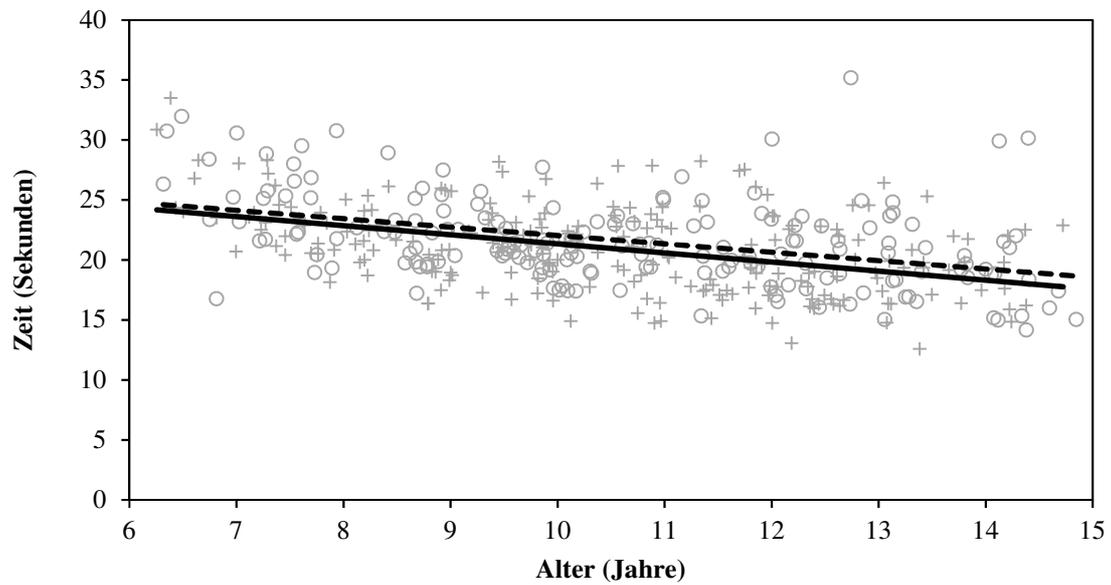


Abb. 23: Zeitliche Leistung bei der Dynamischen Balance, seitwärts, nach Alter und Geschlecht, getrennt dargestellt für die Teilnehmer $\leq 10,5$ und $>10,5$ Jahre (Änderung der Aufgabe). \circ Einzelwerte der Jungen, $+$ Einzelwerte der Mädchen. ----- lineare Trendlinie Jungen, — lineare Trendlinie Mädchen.

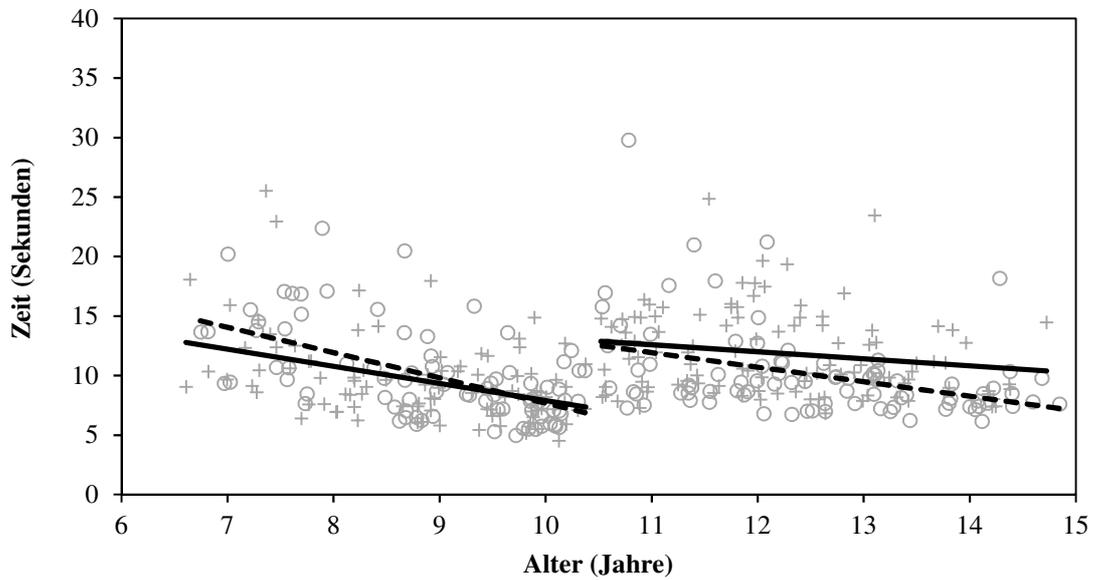


Abb. 24: Zeitliche Leistung bei der Dynamischen Balance, vorwärts, nach Alter und Geschlecht, getrennt dargestellt für die Teilnehmer $\leq 10,5$ und $>10,5$ Jahre (Änderung der Aufgabe). \circ Einzelwerte der Jungen, $+$ Einzelwerte der Mädchen. ----- lineare Trendlinie Jungen, — lineare Trendlinie Mädchen.

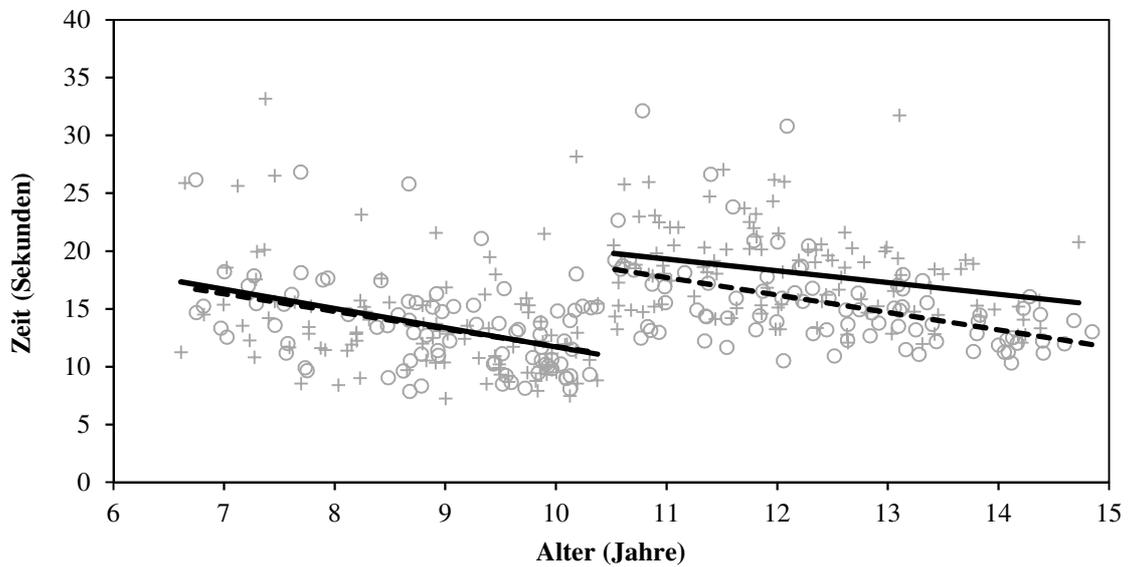
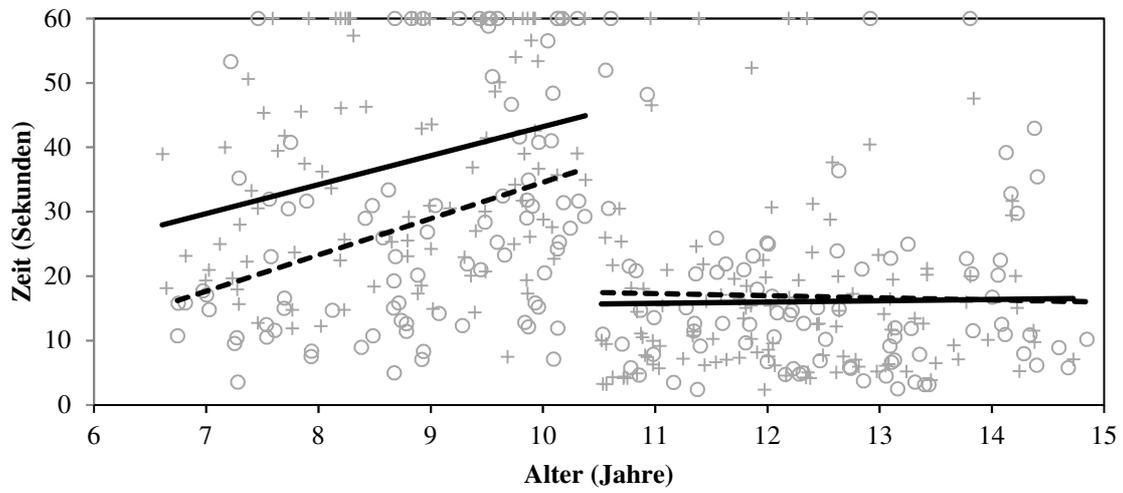


Abb. 25: Zeitliche Leistung bei der Statischen Balance, dominantes Bein, nach Alter und Geschlecht, getrennt dargestellt für die Teilnehmer $\leq 10,5$ und $>10,5$ Jahre (Änderung der Aufgabe). \circ Einzelwerte der Jungen, $+$ Einzelwerte der Mädchen. ----- lineare Trendlinie Jungen, — lineare Trendlinie Mädchen.

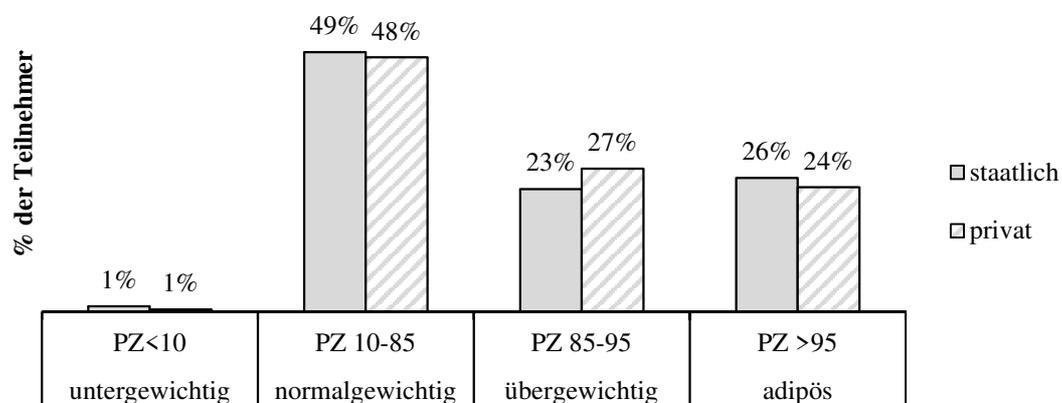


4.2 Unterschiede zwischen staatlicher und privater Schule bezüglich der potentiellen Risikofaktoren für eine pathologische Neuromotorik

4.2.1 Unterschiede zwischen den Schülern der staatlichen und privaten Schule bezüglich des BMI

Zwischen der Schulart bestand kein statistisch signifikanter Unterschied im BMI ($p=0,84$; Abb. 26).

Abb. 26: Prävalenz von Untergewicht, Normgewicht, Übergewicht und Adipositas an der staatlichen und der privaten Schule.



4.2.2 Unterschiede zwischen den Schülern der staatlichen und privaten Schule bezüglich der Gewohnheiten körperlicher Aktivität

Schüler der privaten Schule waren in der vergangenen Woche statistisch signifikant häufiger körperlich aktiv als die Schüler der staatlichen Schule ($p=0,01$, Abb. 28), auch gingen sie statistisch signifikant häufiger regelmäßig mindestens 60 Minuten lang einer körperlichen Aktivität nach ($p=0,01$, Abb. 29). Die Privatschüler tätigten für die Ausübung körperlicher Aktivität statistisch signifikant höhere finanzielle Ausgaben als Kinder der staatlichen Schule ($p<0,001$, Abb. 34). Die beiden Gruppen unterschieden sich außerdem statistisch signifikant bezüglich der Gründe für körperliche Inaktivität. Deutlich mehr Schüler der staatlichen Schule gaben an, keinen Gefallen daran zu finden oder nicht zu wissen, an welchem Ort sie sich körperlich betätigen konnten (Abb. 33). Sie waren statistisch signifikant häufiger auf der Straße oder im Haus aktiv als Schüler der privaten Schule, die sich häufiger in Sportclubs betätigten ($p=0,05$, Abb. 32). Die

anderen Angaben zur körperlichen Aktivität unterschieden sich nicht statistisch signifikant zwischen Schülern der privaten und staatlichen Schule (Abb. 27, 30, 31).

Abb. 27: Anzahl der Tage, an denen während der vergangenen Woche körperliche Aktivität stattfand, nach Schulart. N=381, $p_{\chi^2}=0,25$.

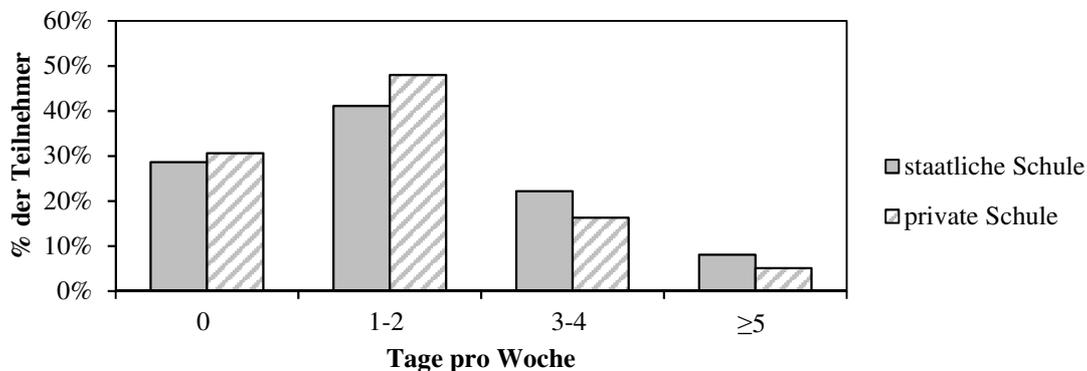


Abb. 28: Anzahl der Tage der vergangenen Woche, an denen körperliche Aktivität mindestens 60 Minuten lang stattfand, nach Schulart. N=380, $p_{\chi^2}=0,01$.

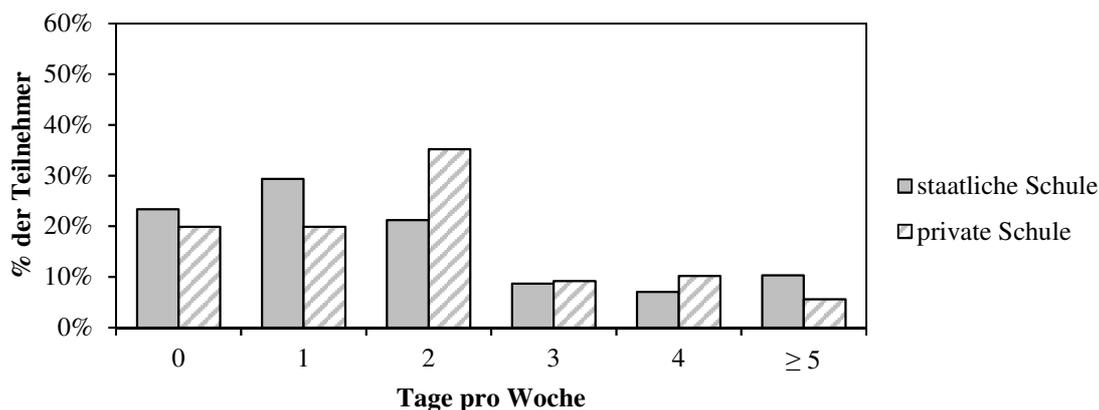


Abb. 29: Anzahl an Tagen pro Woche, an denen regelmäßige körperliche Aktivität stattfindet, nach Schulart. N=381, $p_{\chi^2}=0,01$.

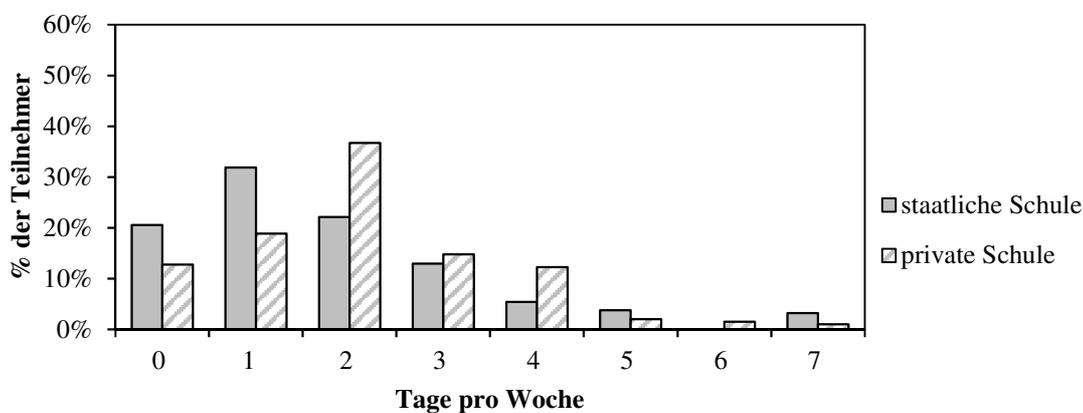


Abb. 30: Am häufigsten betriebene Sportarten, nach Schulart. N=330, $p_{\text{Chi}^2}=0,68$.

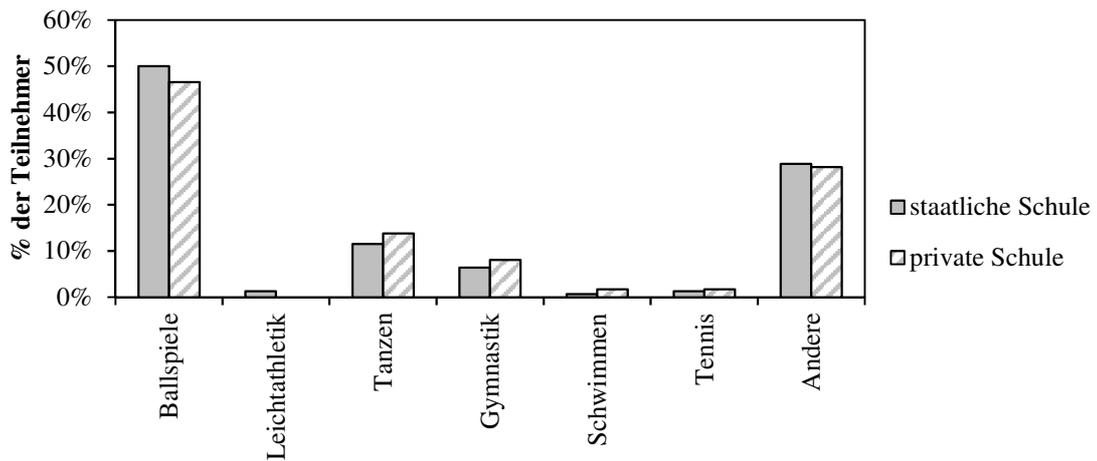


Abb. 31: Anzahl an Stunden pro Tag, die der Schüler/die Schülerin mit Tätigkeiten im Sitzen (z.B. PC, TV) verbrachte, nach Schulart. N=379, $p_{\text{Chi}^2}=0,12$.

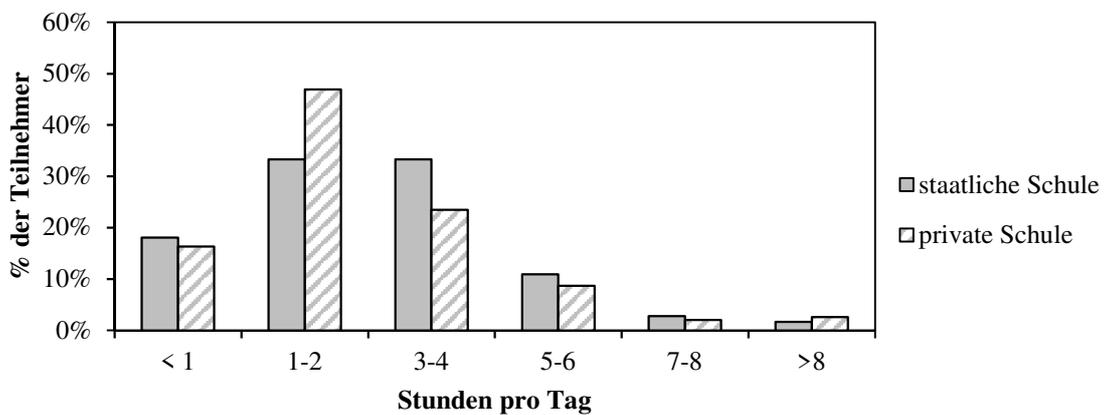


Abb. 32: Orte, an denen der Schüler/die Schülerin außerhalb der Schule die meiste Zeit bei der Ausübung körperlicher Aktivität verbrachte, nach Schulart. N=381, $p_{\text{Chi}^2}=0,05$.

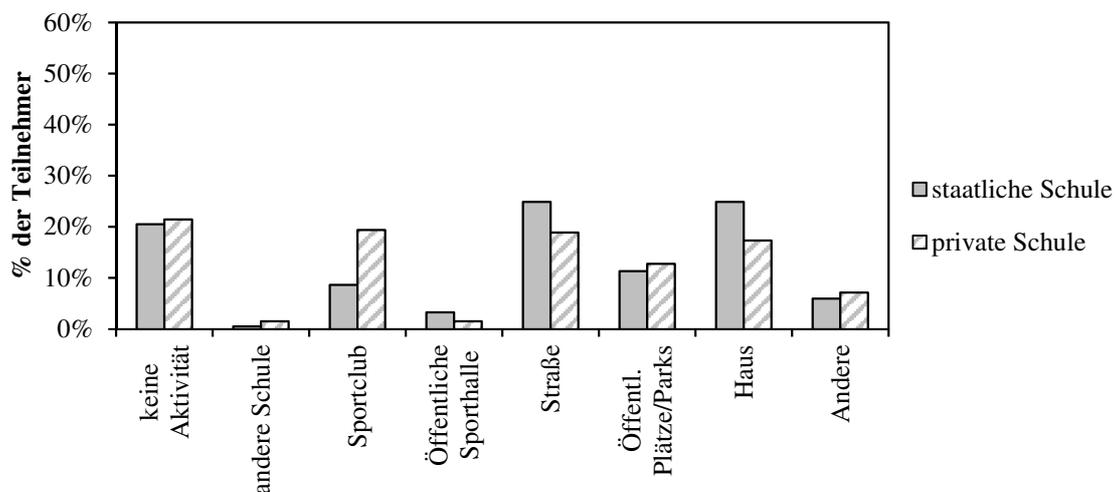


Abb. 33: Hauptgründe für körperliche Inaktivität, nach Schulart. N=244, $p_{\text{Chi}^2} < 0,001$.

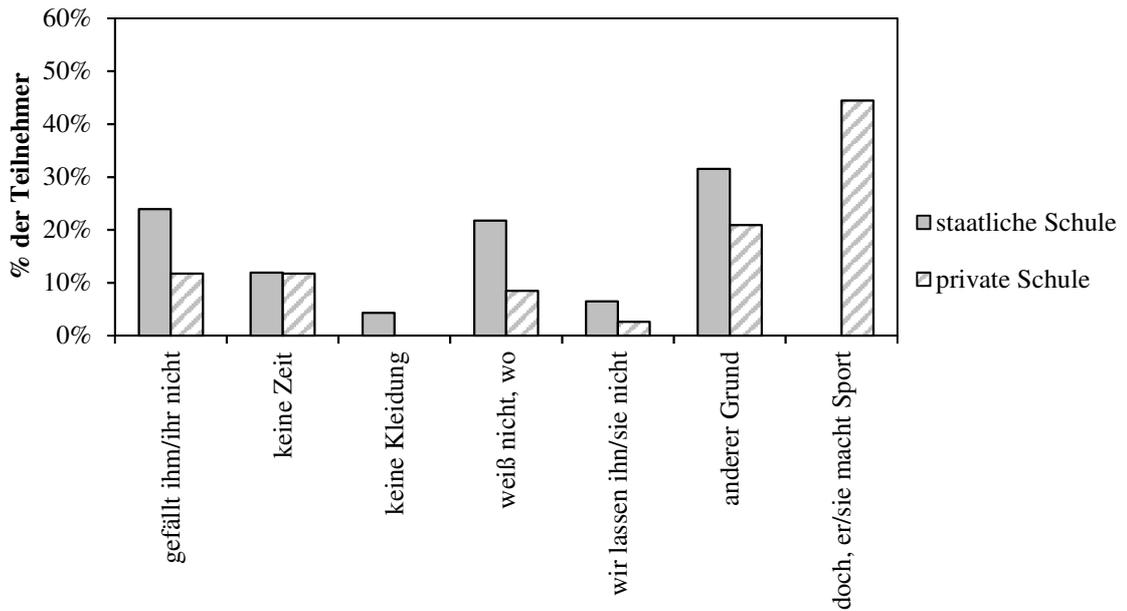
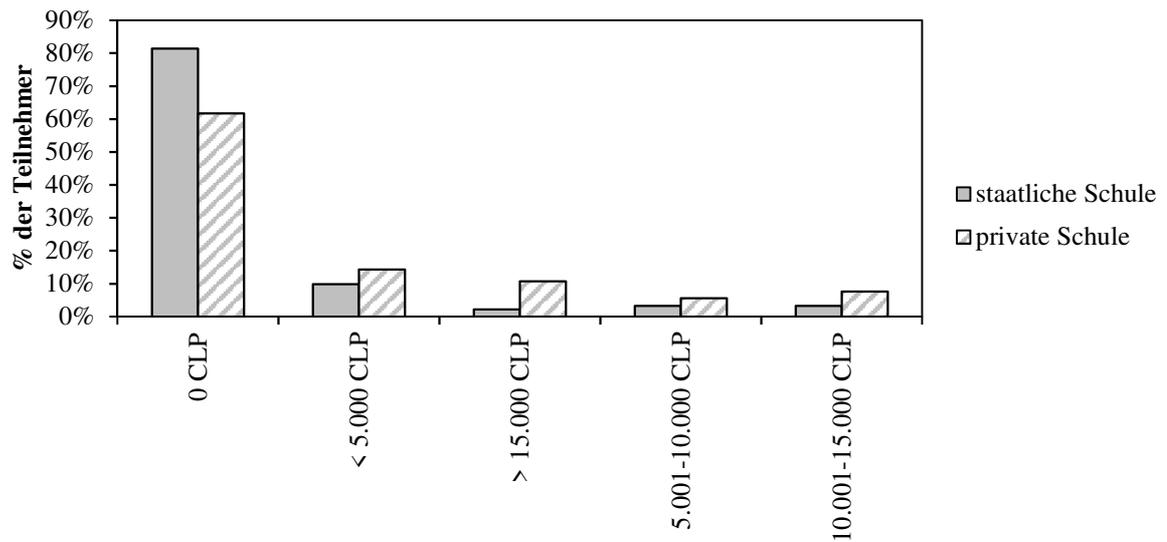


Abb. 34: Monatliche Ausgaben für die Ausübung körperlicher Aktivität und Sport des Sohnes/der Tochter, nach Schulart. N=379. $p_{\text{Chi}^2} < 0,001$.



1 CLP entspricht 0,0014 Euro, (d.h., 5.000 CLP entsprechen 6,75 Euro, 10.000 CLP entsprechen 13,5 Euro), Stand von 02/2018¹⁴.

¹⁴ Quelle: http://www.finanzen.net/waehrungsrechner/chilenischer-peso_euro.

4.3 Vergleich der chilenischen Testergebnisse mit der Schweizer Normpopulation

Die chilenische Population erzielte bei den rein feinmotorischen Aufgaben, bei der feinmotorisch adaptiven Aufgabe, sowie bei der Statischen und Dynamischen Balance statistisch signifikant schlechtere Ergebnisse als die Schweizer Normpopulation. Lediglich bei den kontralateralen Mitbewegungen bestand kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen der chilenischen und der Schweizer Population ($p=0,41$, Tab. 6).

Tab. 6: Ergebnisse des one-sample t-Tests in Mittelwert (MW) und Standardabweichung (SD) der SDS-Werte, T-Wert und p-Wert.

Variable (N)	MW ¹ (SD)	T-Wert	p-Wert ²
Reine Feinmotorik (395)	-0,32 (1,1)	-5,8	<0,001
Adaptive Feinmotorik (395)	-0,24 (1,1)	-4,4	<0,001
Dynamische Balance (382)	-1,63 (2,0)	-15,8	<0,001
Statische Balance (393)	-0,12 (0,8)	-3,0	0,002
Kontralaterale Mitbewegungen (291)	0,04 (0,8)	+0,8	0,41

N=Anzahl, MW=Mittelwert, SD=Standardabweichung.

¹ MW der SDS-Werte (Standard Deviation Score), SDS= (Beobachteter Messerwert - Mittelwert der Referenzpopulation) /Standardabweichung der Referenzpopulation. Ein SDS-Wert=0 bedeutet, dass in der chilenischen Population gleiche Ergebnisse erzielt wurden wie in der Schweizer Normpopulation. Ein negatives Vorzeichen bedeutet eine schlechtere Leistung im Vergleich zur Schweizer Normpopulation.

² Bonferri Korrektur für $i=17$ Tests. Adjusted p-value=0,002941. Daher sind nur Unterschiede $<0,002941$ statistisch signifikant. Dies gilt auch daher, da die große Stichprobengröße ($n=395$) zusätzlich signifikante Unterschiede aufgrund des sehr kleinen Standardfehlers begünstigt.

4.4 Bivariate Analysen der möglichen Einflussfaktoren auf das neuromotorische Testergebnis

4.4.1 Bivariate Assoziation zwischen zusätzlichen Alters- und Geschlechtseffekten und Testergebnis der ZNM

Hier wurde nun eine zusätzliche, über die Schweizer Normpopulation hinausgehende Assoziation zwischen Alter, Geschlecht und Testergebnis in der chilenischen Population untersucht. Ein zusätzlicher Alterseffekt, der über den bei der Erhebung der Normdaten festgestellten und bereits berücksichtigten Effekt hinausgeht, bestand bei der reinen Feinmotorik: Im Vergleich zur Schweizer Normpopulation wurde eine Leistungsabnahme pro Lebensjahr beobachtet ($p < 0,001$, Tab. 7). Bei der Dynamischen Balance bestand gegenüber der Schweizer Normpopulation eine statistisch signifikante Leistungsabnahme um $-0,3$ SD pro zusätzlichem Lebensjahr (Tab. 7). Es ist zu beachten, dass vor allem im Alter zwischen 11 und 13 Jahren Ausreißer in der chilenischen Population vorhanden waren (Abb. 39 links).

Ein deutlicher Geschlechtseffekt bestand bei der reinen Feinmotorik mit signifikant geringeren Leistungen der Mädchen im Vergleich zur Schweizer Normpopulation ($0,4$ SD, $p < 0,001$, Tab. 8). Auch in der Dynamischen Balance wurde ein zusätzlicher Geschlechtseffekt beobachtet, der mit einer statistisch signifikant geringeren Leistung der weiblichen Probanden assoziiert war (Tab. 8).

In der adaptiven Feinmotorik, der Statischen Balance und den kontralateralen Mitbewegungen ergaben sich keine zusätzlichen statistisch signifikanten Alters- und Geschlechtseffekte (Tab. 7, Tab. 8).

Tab. 7: Lineare Regression für die Assoziation zwischen Alter und Testergebnis der ZNM.

	Variable (N)	SDS ¹	R ²	p-Wert
Alter (Jahre)	Reine Feinmotorik (395)	-0,15	0,08	<0,001
	Adaptive Feinmotorik (395)	-0,02	- 0,00	0,36
	Dynamische Balance (382)	-0,29	0,09	<0,001
	Statische Balance (388)	0,001	-0,00	0,76
	Kontralaterale Mitbewegungen (291)	-0,03	0,00	0,12

N=Anzahl, SDS=Standard Deviation Score, R²=Quadratierter Regressionskoeffizient (adjustiert).

¹ Zu-/Abnahme des mittleren SDS-Wertes pro zusätzlichem Lebensjahr ausgehend von einem 10-jährigen Probanden.

Tab. 8: Lineare Regression für die Assoziation zwischen Geschlecht und Testergebnis der ZNM.

	Variable (N)	SDS ¹	R ²	p-Wert
Geschlecht (weiblich)	Reine Feinmotorik (395)	-0,41	0,03	<0,001
	Adaptive Feinmotorik (395)	0,17	0,00	0,10
	Dynamische Balance (382)	-0,75	0,03	<0,001
	Statische Balance (388)	0,11	0,00	0,19
	Kontralaterale Mitbewegungen (291)	0,09	0,00	0,18

N=Anzahl, SDS=Standard Deviation Score, R²=Quadratischer Regressionskoeffizient (adjustiert).

¹ Mittlere Differenz der SDS-Werte von Mädchen im Vergleich zu Jungen.

4.4.2 Bivariate Assoziation zwischen BMI und Testergebnis der ZNM

Ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen BMI und dem Ergebnis der einzelnen motorischen Aufgaben bestand nur für das Ergebnis der Dynamischen Balance, hier war ein höherer BMI-Wert mit einer schlechteren Leistung assoziiert (Tab. 9).

Tab. 9: Lineare Regression zwischen BMI-Wert und Testergebnis der ZNM.

	Variable (N)	SDS ¹	R ²	p-Wert
BMI (kg/m ²)	Reine Feinmotorik (386)	0,02	-0,00	0,54
	Adaptive Feinmotorik (386)	-0,02	-0,00	0,37
	Dynamische Balance (374)	-0,19	0,03	<0,001
	Statische Balance (379)	-0,01	-0,00	0,54
	Kontralaterale Mitbewegungen (288)	-0,02	-0,00	0,36

N=Anzahl, SDS=Standard Deviation Score, R²=Quadratischer Regressionskoeffizient (adjustiert).

¹ Ab-/Zunahme des mittleren SDS-Wertes pro zunehmendem BMI-SDS-Wert.

4.4.3 Bivariate Assoziation zwischen körperlicher Aktivität und Testergebnis der ZNM

Zwischen zunehmender regelmäßiger körperlicher Aktivität (Anzahl der Tage pro Woche, an denen regelmäßig körperliche Aktivität stattfindet) und einem besseren Ergebnis bei der Dynamischen Balance und der Statischen Balance bestand ein statistisch signifikanter Zusammenhang (Tab. 10). Die feinmotorischen Leistungen und die kontralateralen Mitbewegungen waren nicht statistisch signifikant mit dem Ausmaß der körperlichen Aktivität assoziiert.

Tab. 10: Lineare Regression zwischen dem Ausmaß körperlicher Aktivität und dem Testergebnis der ZNM.

	Variable (N)	SDS ¹	R ²	p-Wert
Körperliche Aktivität (Tage pro Woche) ²	Reine Feinmotorik (380)	0,07	0,01	0,05
	Adaptive Feinmotorik (380)	0,02	-0,00	0,56
	Dynamische Balance (368)	0,22	0,02	0,002
	Statische Balance (373)	0,07	0,01	0,01
	Kontralaterale Mitbewegungen (279)	0,04	0,00	0,14

N=Anzahl, SDS=Standard Deviation Score, R²=Quadratischer Regressionskoeffizient (adjustiert).

¹ Zunahme des SDS-Wertes pro Wochentag, an dem zusätzlich regelmäßige körperliche Aktivität stattfand.

² Regelmäßige körperliche Aktivität für mindestens 60 Minuten an 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 oder 7 Tagen pro Woche.

4.4.4 Bivariate Assoziation zwischen Schultyp und Testergebnis der ZNM

Die Kinder der Privatschule schnitten in fast allen Aufgabenbereiche besser ab als die Kinder der staatlichen Schule und erzielten außer in der Dynamischen Balance ähnliche Ergebnisse wie die Schweizer Vergleichspopulation. Im Vergleich zu den Kindern der staatlichen Schule waren die Leistungen der Privatschüler besonders in den rein feinmotorischen Aufgaben besser (+0,8 SDS, $p < 0,001$, Tab. 11). Auch beim Steckbrett schnitten die Kinder der Privatschule statistisch signifikant besser ab (+0,3 SDS, $p = 0,002$), ebenso bei der Dynamischen Balance (+1,3 SDS, $p < 0,001$) und den Kontralateralen Mitbewegungen (+0,3 SDS, $p < 0,001$). Nicht statistisch signifikant mit dem Schultyp assoziiert war das Ergebnis der Statischen Balance (-0,04 SDS, $p = 0,62$, Tab. 11).

Tab. 11: Lineare Regression zwischen Schultyp und Testergebnis der ZNM.

	Variable (N)	SDS ¹	R ²	p-Wert
Schultyp (privat)	Reine Feinmotorik (395)	0,77	0,12	<0,001
	Adaptive Feinmotorik (395)	0,30	0,02	0,005
	Dynamische Balance (382)	1,35	0,11	<0,001
	Statische Balance (388)	-0,04	-0,00	0,62
	Kontralaterale Mitbewegungen (291)	0,3	0,04	<0,001

N=Anzahl, SDS=Standard Deviation Score, R²=Quadratischer Regressionskoeffizient (adjustiert).

¹ Mittlerer SDS-Wert für Schüler der privaten Schule im Vergleich zu Schülern der staatlichen Schule.

4.5 Ergebnisse der multiplen linearen Regressionsanalysen

Im Folgenden werden die Ergebnisse der multiplen linearen Regressionsanalysen, die den gemeinsamen Effekt der verschiedenen Variablen auf die neuromotorische Leistung abschätzen, dargestellt.

4.5.1 Reine Feinmotorik

Bei den rein feinmotorischen Aufgaben erwiesen sich der Besuch der staatlichen Schule, ein zunehmendes Alter und weibliches Geschlecht als statistisch signifikante Risikofaktoren für ein schlechteres Testergebnis. Ein höherer BMI war nur in der Gruppe der $\leq 10,5$ -Jährigen ein grenzwertig statistisch signifikanter Risikofaktor für ein schlechteres Abschneiden in der Feinmotorik ($p=0,05$, Tab. 12). 22% der Varianz der rein feinmotorischen Leistung wurden durch die untersuchten Faktoren (Alter, Geschlecht, Schulart, BMI, körperliche Aktivität) erklärt.

Tab. 12: Multiple lineare Regression zwischen den möglichen Einflussfaktoren und der rein feinmotorischen Leistung der ZNM insgesamt und stratifiziert nach Altersgruppe. ¹⁵

Alle (N=369)	SDS	p-Wert	R²
Intercept ¹⁶	-0,43	0,02	0,22
Alter (Jahre)	-0,15	<0,001	
Geschlecht: weiblich	-0,40	<0,001	
Schulart: privat	0,70	<0,001	
BMI (kg/m ²)	-0,03	0,22	
Körperliche Betätigung (Tage pro Woche)	0,02	0,50	
≤10,5 Jahre (N=183)	SDS	p-Wert	
Intercept	-0,35	0,14	0,20
Alter (Jahre)	-0,19	0,001	
Geschlecht: weiblich	-0,34	0,012	
Schulart: privat	0,65	<0,001	
BMI (kg/m ²)	-0,06	0,05	
Körperliche Betätigung (Tage pro Woche)	-0,03	0,49	
>10,5 Jahre (N=186)	SDS	p-Wert	
Intercept	-0,64	0,05	0,13
Alter (Jahre)	-0,09	0,23	
Geschlecht: weiblich	-0,42	0,01	
Schulart: privat	0,73	<0,001	
BMI (kg/m ²)	0,01	0,88	
Körperliche Betätigung (Tage pro Woche)	0,07	0,16	

N=Anzahl, SDS=Standard Deviation Score, R²= Quadratiertes Korrelationskoeffizient (adjustiert).

4.5.2 Adaptive Feinmotorik

Auch bei der adaptiven Feinmotorik bestätigte sich der Besuch der staatlichen Schule als statistisch signifikanter Risikofaktor für eine schlechtere Leistung (-0,3 SDS) in der Gesamtpopulation. Nach Aufteilung der Untersuchungspopulation auf die Altersgruppen ≤10,5 und >10,5 Jahre war der Besuch der staatlichen Schule nur noch in der Gruppe der ≤10,5-Jährigen mit einem schlechteren Testergebnis assoziiert (Tab. 13). Es ist zu beachten, dass das Bestimmtheitsmaß (R²) mit 2% klein war.

¹⁵ Ein 10-jähriger Junge der staatlichen Schule mit BMI-SDS-Wert von 0 erzielte gegenüber der Schweizer Normpopulation ein um 0,43 SDS schlechteres Ergebnis. Ein zunehmendes Alter und weibliches Geschlecht waren statistisch signifikant mit einer weiteren Abnahme der Leistung assoziiert, der Besuch der privaten Schule mit einer statistisch signifikant besseren Leistung. Für die weiteren untersuchten Variablen zeigte sich kein statistisch signifikanter Zusammenhang (p>0,05).

Tab. 13: Multiple lineare Regression zwischen den möglichen Einflussfaktoren und der adaptiven Feinmotorik der ZNM insgesamt und stratifiziert nach Altersgruppe.

Alle (N=369)	SDS	p-Wert	R²
Intercept ¹⁶	-0,60	0,002	0,02
Alter (Jahre)	-0,01	0,57	
Geschlecht: weiblich	0,11	0,30	
Schulart: privat	0,34	0,002	
BMI (kg/m ²)	-0,02	0,46	
Körperliche Betätigung (Tage pro Woche)	0,01	0,69	
≤10,5 Jahre (N=183)	SDS	p-Wert	
Intercept	-0,11	0,62	0,03
Alter (Jahre)	0,07	0,17	
Geschlecht: weiblich	0,20	0,10	
Schulart: privat	0,29	0,02	
BMI (kg/m ²)	-0,05	0,12	
Körperliche Betätigung (Tage pro Woche)	0,00	0,90	
>10,5 Jahre (N=186)	SDS	p-Wert	
Intercept	-1,19	0,002	0,01
Alter (Jahre)	0,06	0,49	
Geschlecht: weiblich	0,12	0,52	
Schulart: privat	0,31	0,10	
BMI (kg/m ²)	0,02	0,75	
Körperliche Betätigung (Tage pro Woche)	0,02	0,71	

N=Anzahl, SDS=Standard Deviation Score, R²= Quadrierter Korrelationskoeffizient (adjustiert).

4.5.3 Statische Balance

Bei der Statischen Balance bestand zwischen der besuchten Schulart und dem Testergebnis kein statistisch signifikanter Zusammenhang. Ein zunehmendes Alter war mit einem schlechteren Testergebnis assoziiert (Tab. 14). Mädchen schnitten in der Gesamtpopulation besser ab, allerdings fiel nach Aufteilung in die beiden Altersgruppen auf, dass in der Gruppe der >10,5-Jährigen Mädchen eine statistisch signifikant schlechtere Leistung erzielten (p=0,04). Regelmäßige körperliche Betätigung korrelierte statistisch signifikant mit einer Verbesserung, außer in der Gruppe der ≤10,5-Jährigen (+0,08 SDS, Tab. 14). In der Gesamtpopulation wurden nur 2% der Varianz der Testergebnisse durch die untersuchten Faktoren erklärt.

¹⁶ Ein 10-jähriger Junge der staatlichen Schule mit BMI-SDS-Wert von 0 erzielte gegenüber der Schweizer Normpopulation ein um 0,60 SDS schlechteres Ergebnis. Der Besuch der privaten Schule war mit einer statistisch signifikant besseren Leistung assoziiert. Für die weiteren untersuchten Variablen zeigte sich kein statistisch signifikanter Zusammenhang (p>0,05).

Tab. 14: Multiple lineare Regression zwischen den möglichen Einflussfaktoren und der Statischen Balance der ZNM insgesamt und nach Altersgruppe stratifiziert.

Alle (N=362)	SDS	p-Wert	R²
Intercept ¹⁷	-0,34	0,02	0,03
Alter (Jahre)	0,06	0,06	
Geschlecht: weiblich	0,17	0,05	
Schulart: privat	-0,09	0,28	
BMI (kg/m ²)	0,01	0,77	
Körperliche Betätigung (Tage pro Woche)	0,08	0,004	
≤10,5 Jahre (N=176)	SDS	p-Wert	
Intercept	-1,22	<0,001	0,12
Alter (Jahre)	-0,27	<0,001	
Geschlecht: weiblich	0,40	0,002	
Schulart: privat	-0,03	0,83	
BMI (kg/m ²)	0,03	0,32	
Körperliche Betätigung (Tage pro Woche)	0,07	0,10	
>10,5 Jahre (N=186)	SDS	p-Wert	
Intercept	0,66	0,001	0,18
Alter (Jahre)	-0,24	<0,001	
Geschlecht: weiblich	-0,21	0,04	
Schulart: privat	-0,06	0,52	
BMI (kg/m ²)	-0,05	0,12	
Körperliche Betätigung (Tage pro Woche)	0,08	0,01	

N=Anzahl, SDS=Standard Deviation Score, R²= Quadratiertes Korrelationskoeffizient (ajustiert).

4.5.4 Dynamische Balance

Bei der Dynamischen Balance erwiesen sich in der Gesamtpopulation der Besuch der staatlichen Schule, ein höheres Alter, das weibliche Geschlecht, sowie höhere BMI-Werte als signifikante Risikofaktoren für ein schlechteres Testergebnis, regelmäßige körperliche Betätigung war mit einer statistisch signifikanten Leistungszunahme assoziiert (Tab. 15). In den beiden Altersgruppen ≤10,5 Jahre und >10,5 Jahre waren höhere BMI-Werte sowie der Besuch der staatlichen Schule statistisch signifikante Risikofaktoren für eine geringere Leistung¹⁸. Bei den >10,5-Jährigen schnitten Mädchen statistisch signifikant schlechter ab. Regelmäßige körperliche Aktivität war in dieser

¹⁷ Ein 10-jähriger Junge der staatlichen Schule mit BMI-SDS-Wert von 0 erzielte gegenüber der Schweizer Normpopulation ein um 0,34 SDS schlechteres Ergebnis. Ein höheres Ausmaß regelmäßiger körperlicher Betätigung war mit einer statistisch signifikant besseren Leistung assoziiert, eine grenzwertig statistisch signifikante weitere Verbesserung der Leistung bestand für das weibliche Geschlecht. Für die weiteren untersuchten Variablen zeigte sich kein statistisch signifikanter Zusammenhang (p>0,05).

¹⁸ Um die Bedeutung der großen Ausreißer in der Dynamischen Balance zu untersuchen, wurden jeweils für die Altersgruppe ≤10,5 Jahre und >10,5 Jahre separate Modelle für Probanden mit einem BMI-Wert <2 SDS und <3 SDS berechnet (Anhang D, Tab. 18).

Altersgruppe mit einer statistisch signifikanten Leistungsverbesserung assoziiert ($p=0,01$). Das Bestimmtheitsmaß war für das Modell der Gesamtpopulation 28%.

Tab. 15: Multiple lineare Regression zwischen den möglichen Einflussfaktoren und Dynamischer Balance der ZNM insgesamt und nach Altersgruppe stratifiziert.

Alle (N=358)	SDS	p-Wert	R²
Intercept ¹⁹	-1,53	<0,001	0,28
Alter (Jahre)	-0,31	<0,001	
Geschlecht: weiblich	-0,79	<0,001	
Schulart: privat	1,04	<0,001	
BMI (kg/m ²)	-0,29	<0,001	
Körperliche Betätigung (Tage pro Woche)	0,13	0,04	
≤10,5 Jahre (N=176)	SDS	p-Wert	
Intercept	-0,81	0,01	0,20
Alter (Jahre)	0,05	0,51	
Geschlecht: weiblich	-0,06	0,70	
Schulart: privat	0,74	<0,001	
BMI (kg/m ²)	-0,18	<0,001	
Körperliche Betätigung (Tage pro Woche)	0,01	0,79	
>10,5 Jahre (N=182)	SDS	p-Wert	
Intercept	-1,98	0,001	0,26
Alter (Jahre)	-0,07	0,63	
Geschlecht: weiblich	-1,36	<0,001	
Schulart: privat	1,16	0,00	
BMI (kg/m ²)	-0,44	<0,001	
Körperliche Betätigung (Tage pro Woche)	0,25	0,01	

N=Anzahl, SDS=Standard Deviation Score, R²= Quadratischer Korrelationskoeffizient (adjustiert).

4.5.5 Kontralaterale Mitbewegungen

Der Besuch der privaten Schule war in der Gesamtpopulation mit einem statistisch signifikant besseren Ergebnis bei den kontralateralen Mitbewegungen assoziiert (+0,3 SDS, $p=0,002$, Tab. 16). In der Gruppe der ≤10,5-Jährigen bestätigte sich die Schulart nicht als statistisch signifikanter Risikofaktor. Im verwendeten Modell konnten durch die Einflussfaktoren nur 5% der Varianz der Testergebnisse erklärt werden.

¹⁹ Ein 10-jähriger Junge der staatlichen Schule mit BMI-SDS-Wert von 0 erzielte gegenüber der Schweizer Normpopulation ein um 1,5 SDS schlechteres Ergebnis. Höheres Alter, weibliches Geschlecht und höhere BMI-Werte waren mit einer statistisch signifikant schlechteren Leistung, Besuch der privaten Schule und körperliche Betätigung mit einer signifikant besseren Leistung assoziiert.

Tab. 16: Multiple lineare Regression zwischen den möglichen Einflussfaktoren und den Kontralateralen Mitbewegungen der ZNM insgesamt und nach Altersgruppe stratifiziert.

Alle (N=274)	SDS	p-Wert	R²
Intercept ²⁰	0,01	0,97	0,05
Alter (Jahre)	-0,03	0,16	
Geschlecht: weiblich	0,14	0,11	
Schulart: privat	0,28	0,002	
BMI (kg/m ²)	-0,02	0,32	
Körperliche Betätigung (Tage pro Woche)	0,03	0,20	
≤10,5 Jahre (N=131)	SDS	p-Wert	R²
Intercept	0,42	0,07	0,07
Alter (Jahre)	0,02	0,70	
Geschlecht: weiblich	0,08	0,52	
Schulart: privat	0,14	0,28	
BMI (kg/m ²)	-0,03	0,34	
Körperliche Betätigung (Tage pro Woche)	0,06	0,20	
>10,5 Jahre (N=143)	SDS	p-Wert	R²
Intercept	-0,5	0,03	0,06
Alter (Jahre)	0,02	0,74	
Geschlecht: weiblich	0,22	0,07	
Schulart: privat	0,31	0,01	
BMI (kg/m ²)	-0,00	0,94	
Körperliche Betätigung (Tage pro Woche)	0,05	0,18	

N=Anzahl, SDS=Standard Deviation Score, R²= Quadratiertes Korrelationskoeffizient (adjustiert).

²⁰ Ein 10-jähriger Junge der staatlichen Schule mit BMI-SDS-Wert von 0 erzielte gegenüber der Schweizer Normpopulation ein um 0,01 SDS besseres Ergebnis. Der Besuch der privaten Schule war mit einer statistisch signifikanten Leistungsverbesserung assoziiert, für die weiteren untersuchten Variablen zeigte sich kein statistisch signifikanter Zusammenhang (p>0,05).

5 Diskussion

Ziel der vorliegenden Studie war es, die Gültigkeit der Schweizer Normwerte in Chile zu überprüfen und Risikofaktoren (Schultyp, BMI, körperliche Aktivität) für ein pathologisches Testergebnis zu untersuchen. Für die Studie wurden Kinder zweier chilenischer Schulen anhand des neuromotorischen Tests (ZNM) untersucht und die Ergebnisse mit den europäischen Normwerten verglichen. Zudem wurden Fragebogendaten erhoben.

Die chilenische Population erzielte im Vergleich zur Schweizer Normpopulation ein schlechteres Gesamtergebnis im neuromotorischen Test. Schüler der staatlichen Schule erreichten insgesamt statistisch signifikant schlechtere Ergebnisse als Schüler der privaten Schule. Die Risikofaktoren Übergewicht und Adipositas sowie körperliche Inaktivität lagen in der chilenischen Population mit einer hohen Prävalenz vor, konnten jedoch nicht als Risikofaktoren für ein schlechteres Gesamtergebnis identifiziert werden. Bei einzelnen Testaufgaben zeigte sich jedoch auch für diese beiden Risikofaktoren ein Zusammenhang mit einem schlechteren Ergebnis in der Neuromotorik. Die Gruppe der >10,5-Jährigen schnitt bei einzelnen Testaufgaben schlechter ab als die Gruppe der ≤10,5-Jährigen, Mädchen waren häufiger von einem statistisch signifikant schlechteren Ergebnis betroffen als Jungen.

5.1 Diskussion der Methoden

5.1.1 Studiendesign und Untersuchungskollektiv

Für vorliegende Studie wurde das Design einer Querschnittsstudie gewählt. Diese ist besonders geeignet, um eine Momentaufnahme einer Studienpopulation zu erstellen und ermöglichte das Erreichen einer großen Population innerhalb kurzer Zeit. Die Anzahl der Teilnehmer war ausreichend hoch, um statistisch signifikante Unterschiede für Testergebnis und die untersuchten Risikofaktoren zu erkennen. Nachteil einer Querschnittsstudie ist, dass eine Verlaufsbeobachtung der neuromotorischen Entwicklung der untersuchten Kinder nicht möglich war und keine Rückschlüsse auf kausale Zusammenhänge möglich sind.

5.1.2 Teilnahmebereitschaft

Die Teilnahmebereitschaft war mit 42% eher gering, was unter anderem auf die angekündigten Videoaufzeichnungen bei der neuromotorischen Untersuchung zurückzuführen ist. Diese war jedoch für die Untersuchung der kontralateralen Mitbewegungen und eine höhere Qualität der Testauswertung nötig. Die geringe Teilnahmebereitschaft erhöhte die Wahrscheinlichkeit, dass sich nur eine bestimmte Gruppe (z.B. Schüler mit besseren motorischen Fähigkeiten oder Schüler mit höherem Aktivitätslevel) beteiligte. Die Teilnehmerquote war mit 53% an der privaten Schule gegenüber 33% an der staatlichen Schule höher. Es ist möglich, dass dies auf eine höhere Motivation der Privatschüler zurückzuführen ist und zu einer Selektion motivierter Schüler beitrug.

5.1.3 Erhebung der BMI-Werte

Die BMI-Werte wurden anhand der Formel kg/m^2 berechnet. Das Körpergewicht wurde mittels einer einfachen mechanischen Körperwaage bestimmt, die Körperlänge anhand eines Zentimetermaßbandes. Die Validität der Ergebnisse ist so deutlich höher als beispielsweise bei der Erhebung der Körpermaße mittels Fragebogen. Geringe Ungenauigkeiten können durch die Verwendung zweier unterschiedlicher Waagen an staatlicher und privater Schule entstanden sein. Mit 98% erklärte sich ein Großteil der Teilnehmer zur Erhebung der BMI-Werte bereit. Deshalb kann davon ausgegangen werden, dass nicht vor allem Kinder mit normalen BMI-Werten einer Messung zustimmten, sondern extreme BMI-Werte ebenso erhoben wurden.

5.1.4 Erhebung der körperlichen Aktivität

Die körperliche Aktivität wurde anhand eines Fragebogens erhoben. Die Fragebögen wurden aus bereits existierenden und für Chile validierten Fragebögen zusammengesetzt, um die Validität zu sichern. Die Reliabilität eines Selbstreports ist im Vergleich zu anderen Messmethoden eingeschränkt, da die Beantwortung der Fragen von der Auskunftswilligkeit und Bildung abhängt. Da bekannt ist, dass eine geringere körperliche Aktivität mit höheren gesundheitlichen Risiken verbunden ist, führte dieses Bewusstsein möglicherweise zu falschen Angaben. Aus den genannten Gründen gilt als Goldstandard zur Erhebung der körperlichen Betätigung gilt das Akzelerometer (81).

Für die vorliegende Studie war es jedoch ausreichend, das Ausmaß der körperlichen Aktivität orientierend zu untersuchen, was anhand des Fragebogens möglich war. Die Messgenauigkeit wurde erhöht, indem der Fragebogen von den Schülern zusammen mit den Eltern bearbeitet wurde. Es ist hinzuzufügen, dass der Begriff „körperliche Aktivität“ im Fragebogen nicht definiert wurde und so möglicherweise unterschiedlich interpretiert wurde. Dies könnte trotz gleichen Ausmaßes an körperlicher Betätigung zu bildungsabhängigen Antworten im Fragebogen geführt haben.

5.1.5 Erhebung des sozioökonomischen Status

Für die Studie wurden Schüler einer privaten und einer staatlichen Schule ausgewählt, um den Einfluss des sozioökonomischen Status auf die motorische Leistung zu untersuchen. Das sozioökonomische Niveau konnte so relativ einfach anhand nur eines Merkmals erfasst werden. Sicherlich ist jedoch zu bedenken, dass das sozioökonomische Niveau ein komplexes Merkmal ist, welches sich aus mehreren Variablen (z.B. Bildung und Schulabschluss der Eltern, Beruf der Eltern, Einkommen der Eltern) zusammensetzt. Da die Erhebung dieser Parameter jedoch deutlich umfangreicher gewesen wäre, wurde zugunsten einer höheren Teilnahmebereitschaft darauf verzichtet.

5.1.6 Zürcher Neuromotorik

Dieser neuromotorische Test ist gut durchführbar und ermöglicht eine standardisierte Untersuchung von Kindern vom Grundschul- bis zum Jugendalter. Ein besonderer Vorteil sind der geringe Zeit- und Materialaufwand. Um die Standardisierung der Testdurchführung zu gewährleisten und die Zuverlässigkeit der Testergebnisse zu erhöhen, wurde die Untersucherin durch die Autoren der Zürcher Neuromotorik geschult. Eine elektronische Zeitmessung sowie eine elektronische Registrierung und Auswertung der Mitbewegungen wären wünschenswert, sind jedoch technisch schwer möglich.

Nachteil des Testverfahrens ist, dass das Testen motorischer Leistungen durch die Tagesform der Probanden beeinflusst wird und von der momentanen körperlichen Fitness und Stimmung abhängig ist. Die Anleitung sieht vor, dass die motorischen Aufgaben möglichst in kurzer, leichter Bekleidung (T-Shirt, Shorts) und bei Raumtemperatur durchgeführt werden. Da die Studie allerdings während der

Wintermonate realisiert wurde, lag die Raumtemperatur in den nicht beheizten Untersuchungsräumen meist unter 20° C und ein Großteil der untersuchten Schulkinder nahm in langärmliger (Sport-)Kleidung teil. Dies könnte - wenn auch geringfügig - möglicherweise das Abschneiden im neuromotorischen Test beeinflusst haben.

5.1.7 Vergleich der Testergebnisse der chilenischen Untersuchungspopulation mit den Ergebnissen der Schweizer Normpopulation

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie wurden an einer vermutlich repräsentativen Population in Chile erhoben und konnten so direkt mit den Schweizer Normwerten verglichen werden. Neben der Zürcher Neuromotorik gibt es nur wenige Tests, die mit zufriedenstellender Reliabilität vergleichbare Elemente der motorischen Entwicklung untersuchen. So untersucht die ZNM neben übungsabhängigen Kompetenzen die übungsunabhängige Leistungsfähigkeit, welcher innere neurologische und neuromotorische Prozesse zugrunde liegen (9). Einige andere Tests, wie zum Beispiel die Movement Assessment Battery for Children, bestehen hauptsächlich aus komplexen motorischen Aufgaben wie das Aufziehen von Perlen auf eine Schnur, Werfen, Fangen oder Hüpfen (82). Es werden zwar funktionelle Einschränkungen erkannt, Aussagen über zugrunde liegende neurologische Störungen sind aber nur begrenzt möglich, da das Testergebnis auch von zahlreichen anderen Faktoren, beispielsweise der visuellen Wahrnehmung, abhängig ist (8). Das Vorhandensein vieler verschiedenartiger Testkonzepte führt dazu, dass die Ergebnisse neuromotorischer Untersuchungen häufig kaum vergleichbar sind. Ein weiteres Problem ist der Mangel an Normdaten für bisherige Tests. So ist verständlich, weshalb Aussagekraft und Ergebnisse von Tests zur neuromotorischen Entwicklung in der Literatur kontrovers diskutiert werden.

5.2 Diskussion der Ergebnisse

5.2.1 Ausprägung der Risikofaktoren in der Studienpopulation

5.2.1.1 Prävalenz von Übergewicht und Adipositas

Die besonders in Lateinamerika als alarmierend hoch beschriebene Prävalenz von Übergewicht und Adipositas im Kindesalter spiegelte sich in den Daten der vorliegenden Studie wider. Mit einem Anteil von 49% übergewichtiger und adipöser

Kinder wurden in der Region von Coquimbo nahezu gleiche Werte erhoben wie 2007 in Santiago. Dort wogen 51% der Schulkinder zu viel, mehr als die Hälfte von ihnen war adipös (83). Einer Untersuchung von 2013 zufolge waren etwa 57% der Schulkinder aus Chile übergewichtig und adipös (84). Europäische Kinder sind im Vergleich seltener übergewichtig. In einer in mehreren Ländern Europas durchgeführten Studie wurden insgesamt 15% der Kinder als übergewichtig und adipös bezeichnet (85). Graf et al. zufolge waren 2004 12% der deutschen Kinder übergewichtig und adipös (86), laut der von 2009 - 2012 durchgeführten Studie zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen in Deutschland (KiGGS) waren 19% der Jugendlichen übergewichtig und adipös (87). Jungen der aktuellen Studienpopulation waren etwas häufiger übergewichtig und adipös, was die Ergebnisse einer Studie von Liberona et al. bestätigte. Ihrer Studie zufolge waren 2007 in Santiago Jungen signifikant adipöser (16). Andere Studien aus Lateinamerika betonten jedoch eine höhere Prävalenz von Übergewicht bei Mädchen (33). Giraldo et al. zufolge war der Mittelwert der BMI-Werte kolumbianischer Mädchen signifikant höher (88). Andere Studien zeigten nur geringe Geschlechtsunterschiede bei Kindern und Jugendlichen (25), (84).

5.2.1.2 Prävalenz körperlicher Inaktivität

Die Ergebnisse der Studie bestätigten die Annahme, dass die Prävalenz körperlicher Aktivität unter Schulkindern in Lateinamerika sehr gering ist und deutlich unter europäischen Werten liegt. Nur 2% der Kinder der Studienpopulation gaben an, sich täglich 60 Minuten lang körperlich zu betätigen und kamen damit den WHO-Empfehlungen nach. 2004/05 waren es einer Umfrage zur Gesundheit von Schulkindern in Chile zufolge immerhin noch 10-13% (89). In Deutschland kommen aktuellsten Ergebnissen von 2012 zufolge etwa 15% der 4-17-Jährigen den WHO-Empfehlungen nach (90). In einer Umfrage des RKI gaben etwa 11% der 3-10-Jährigen und knapp 23% der 11-17-Jährigen an, fast täglich Sport zu treiben (91).

Als körperlich inaktiv (an keinem Tag der Woche regelmäßig körperlich aktiv) bezeichneten sich knapp 17% der chilenischen Kinder. Die Literatur bietet dazu sehr unterschiedliche Daten, beispielsweise wurden in Kolumbien 19-28% der Kinder als inaktiv identifiziert, in Brasilien waren es sogar ca. 53% (41), (88). Etwa 70% der chilenischen Kinder gaben an, sich an mindestens einem Tag der vergangenen Woche körperlich betätigt zu haben. Ähnliche Ergebnisse zeigte die Untersuchung „Encuesta

Mundial de Salud Escolar Chile 2004²¹ (Umfrage zur Gesundheit von Schulkindern Chile 2004). Ihr zufolge betätigten sich knapp 76% der Kinder an mindestens 1 Tag der vergangenen Woche (89).

Ein sitzender Lebensstil war in der Untersuchungspopulation stark ausgeprägt. Knapp 41% der untersuchten Kinder und damit ein etwa gleich hoher Anteil wie in der EMSE Chile von 2004 verbrachten 3 oder mehr Stunden pro Tag mit Tätigkeiten im Sitzen wie Fernsehen oder PC-Spielen (89). In Brasilien waren es 2010 etwa 65% (41). Der Unterschied zwischen Lateinamerika und Europa ist damit groß: In Europa sah mit 21% der 5-Jährigen und 6% der 9-Jährigen ein deutlich geringerer Anteil mehr als 3 h pro Tag fern (92).

In Übereinstimmung mit zahlreichen Studien waren Mädchen in der chilenischen Untersuchungspopulation häufiger körperliche inaktiv als Jungen (89), (85), (88), (93). Giraldo et al. zufolge gingen 24% der Mädchen und 13% der Jungen in Kolumbien keiner körperlichen Aktivität nach (88).

Als Hauptgrund für körperliche Inaktivität nannten 17% der chilenischen Kinder, dass sie keine Zeit hätte. Der EMSE-Untersuchung zufolge gaben etwa 12% der ≤12-jährigen Chilenen dies ebenfalls als Hauptgrund an (89).

5.2.2 Unterschiede in der Ausprägung der Risikofaktoren bei Schülern der staatlichen und privaten Schule

5.2.2.1 Unterschiede in der Ausprägung der körperlichen Aktivität

In der aktuellen Untersuchungspopulation bestätigte sich der Besuch der staatlichen Schule als Risikofaktor für eine geringere regelmäßige körperliche Aktivität für mindestens 60 Minuten. Eine Assoziation zwischen einem niedrigen SES und geringer körperlicher Aktivität wurde häufig beschrieben. So waren beispielsweise einer 2008 in Kolumbien durchgeführten Studie zufolge Kinder der staatlichen Schule signifikant häufiger inaktiv als Kinder der privaten Schule (88). Auch zeigte sich anhand der 2006/09 in Chile durchgeführten Befragung zu den Gewohnheiten körperlicher Aktivität unter Erwachsenen, dass Personen mit höherem SES mehr Zeit mit sportlichen Aktivitäten verbrachten (94). Das RKI betonte einen niedrigen SES als Risikofaktor für geringe körperliche Aktivität unter deutschen Schulkindern (95). Im deutschlandweit

²¹ Im Folgenden mit EMSE Chile abgekürzt

durchgeführten „Motorik-Modul“ zeigte sich, dass Kinder und Jugendliche mit niedrigem sozioökonomischen Hintergrund weniger körperlich aktiv sind (96). Auch Zavala et al. stellten eine positive Assoziation zwischen SES und körperlicher Aktivität bei chilenischen Erwachsenen fest (25), (97).

In einer brasilianischen Studie identifizierten Rivera et al. hingegen ein niedriges SES nicht als Risikofaktor für körperliche Inaktivität (41). Tandon et al., die von 2007 bis 2009 den Zusammenhang zwischen körperlicher Aktivität und SES bei Schulkindern der USA untersuchten, stellten ebenfalls keine signifikante Assoziation mit dem Aktivitätslevel fest (98). Sie beschrieben jedoch folgenden Zusammenhang zwischen SES und körperlicher Inaktivität: Kinder aus Haushalten mit niedrigem Einkommen hätten häufiger einen Fernseher im Schlafzimmer, verbrächten mehr Zeit mit ihren Eltern beim gemeinsamen Fernsehen und hätten seltener Zugang zu Sportgeräten wie Fahrrädern oder Sprungseilen. Sie stellten weiterhin fest, dass die vor dem Bildschirm verbrachte Zeit bei diesen Kindern höher war und folgerten, dass ein niedrigeres SES mit mehr Gelegenheit zur sitzenden Gestaltung der Freizeit und weniger Möglichkeiten zur körperlichen Betätigung assoziiert war. Die gesamte täglich mit Tätigkeiten im Sitzen verbrachte Anzahl an Stunden unterschied sich jedoch in den verschiedenen SES-Gruppen nicht (98).

5.2.2.2 Unterschiede in der Ausprägung von Übergewicht und Adipositas

Entgegen der Ergebnisse zahlreicher Studien zeigte sich in vorliegender Untersuchung keine Assoziation zwischen SES und Übergewicht oder Adipositas (99). Liberona et al. zeigten 2010 anhand von in Santiago, Chile, erhobenen Daten, dass die Prävalenz von Adipositas bei 9-12 Jährigen aus Familien mit niedrigem SES höher war, Übergewicht war jedoch unter den Kindern aus Familien mit hohem SES verbreiteter (16). Albala et al. begründeten die Assoziation zwischen BMI-Werten und SES dadurch, dass Familien mit höherem sozioökonomischem Status eher gesundheitsförderndes Verhalten zeigen und sich gesunder und ausgewogener ernähren. Familien mit niedrigem Einkommen kauften eher fett- und kohlenhydratreiche Nahrung (29). Die widersprüchlichen Ergebnisse der aktuellen Studie sind möglicherweise unter anderem darauf zurückzuführen, dass das SES anhand der besuchten Schulart erhoben wurde und damit weniger präzise war.

5.2.3 Diskussion der Ergebnisse der Zürcher Neuromotorik

5.2.3.1 Ergebnisse der rein feinmotorischen Aufgaben

Im Vergleich zu den Schweizer Normwerten schnitten die chilenischen Schulkinder in den feinmotorischen Aufgaben statistisch signifikant schlechter ab. Es fielen gegenüber der Schweizer Normpopulation zusätzliche Geschlechts- und Alterseffekte auf, die dazu führten, dass Mädchen schlechter abschnitten als Jungen und ein zunehmendes Alter mit einem schlechteren feinmotorischen Testergebnis assoziiert war. Bezüglich der untersuchten Risikofaktoren zeigten sich in den multiplen linearen Regressionsmodellen eine gute Modellanpassung für die reine Feinmotorik, das Bestimmtheitsmaß lag bei 22%.

Übereinstimmend mit der Literatur konnte auch in unserem im chilenischen Kollektiv eine Zunahme der motorischen Geschwindigkeit vom 6. bis zum Ende des 14. Lebensjahres beobachtet werden (8), (100), (101). Es ist bekannt, dass bei weniger komplexen Bewegungen, z.B. repetitiven Aufgaben, etwa im Alter von 12 Jahren ein Plateau erreicht wird, bei komplexeren Bewegungen, z.B. alternierenden Aufgaben, findet eine Zunahme der zeitlichen Leistung bis zum Alter von etwa 18 Jahren statt. Gasser et al. beschrieben, dass 70-90% der zeitlichen Leistungsverbesserung im Alter von 5-10 Jahren stattfindet, während in der Adoleszenz eine deutlich langsamere Leistungssteigerung erfolgt (102). Insgesamt verdoppelt sich die Geschwindigkeit repetitiver und sequentieller Fingerbewegungen vom 6. Lebensjahr bis ins Erwachsenenalter (101).

Die Ergebnisse der feinmotorischen Leistungen waren in unserer Untersuchung durch große interindividuelle Unterschiede gekennzeichnet. So benötigte ein 7-jähriger Junge etwa 5,6 Sekunden für die Ausführung 20 repetitiver Fußbewegungen, ein gleichaltriger Junge brauchte für dieselbe Aufgabe 8,2 Sekunden. Gallahue et al. betonten, dass die Entwicklung zwar im Zusammenhang mit dem Alter steht, in keinem Fall jedoch linear verläuft. Auch sie berichteten von einer ausgeprägten interindividuellen Variabilität (103). Die Ergebnisse der von Largo et al. untersuchten Schweizer Normpopulation bestätigten das Vorliegen großer interindividueller Unterschiede bei den motorischen Leistungen. Ein 7-jähriges Mädchen benötigte durchschnittlich 10,2 Sekunden für 10 alternative Fußbewegungen. 10% der Mädchen führten dieselben 10 Bewegungen allerdings in >13,8 Sekunden aus, ohne dass dies als pathologisch eingestuft wurde (8).

In unserer Studienpopulation nahm die Differenz in den Ergebnissen der Feinmotorik im Vergleich mit den Schweizer Daten mit zunehmendem Alter zu (8). Die biologische Voraussetzung für eine Steigerung der motorischen Geschwindigkeit ist die Reifung des Gehirns und der motorischen Nervenbahnen. Diese findet besonders bis zum Alter von 10 Jahren statt. Korrelat einer schnelleren Leitungsgeschwindigkeit im kortikospinalen Trakt ist eine Zunahme der motorischen Leistung (104). Bei neurologischen Störungen, die die motorischen Nervenbahnen betreffen, ist somit die Schnelligkeit von Bewegungen beeinträchtigt. Dass die im Vergleich mit der Schweizer Normpopulation schlechteren Ergebnisse der chilenischen Population auf neurologische Störungen zurückzuführen sind, ist jedoch wenig wahrscheinlich. In den multivariaten Analysen bestätigten sich die Alterseffekte für die Altersgruppe der >10,5-Jährigen nicht. Es ist deshalb anzunehmen, dass in der chilenischen Population andere entwicklungsbiologische Voraussetzungen und Umweltfaktoren dazu führen, dass andere Normwerte gelten.

Bei den feinmotorischen Aufgaben schnitten die Mädchen unserer Studienpopulation schlechter ab. Da die Testergebnisse der einzelnen sequentiellen, repetitiven und alternierenden Aufgaben in unserer Population zu einem feinmotorischen Gesamtergebnis zusammengefasst wurden, lassen sich nur Aussagen zur Assoziation zwischen Geschlecht und feinmotorischer Gesamtleistung treffen. Die Ergebnisse aus der vorliegenden Studie widersprechen den Daten zahlreicher Studien, die einen Vorteil der Mädchen bei feinmotorischen Bewegungen betonten (105). Eine breite Übereinstimmung findet die Annahme, dass die zeitliche Leistung von Mädchen schon früher, nämlich im Alter von 13-15 Jahren, ein Plateau erreicht, während die Leistung der Jungen bis zum Alter von 18 Jahren weiter zunimmt (106). Gallahue et al. führten dies auf den entwicklungsbiologischen Vorsprung der Mädchen zurück (107). Es wird auch häufig angenommen, dass Mädchen aufgrund ihres körperlichen und hormonellen Entwicklungsvorsprunges in feinmotorischen Aufgaben besser abschneiden als Jungen, dies konnte aber nur teilweise bestätigt werden (82), (8). Largo et al. zeigten einen Vorteil der Mädchen bei sequentiellen Fingerbewegungen und stimmte darin mit den Ergebnissen von Denckla überein (105). Gallahue et al. zufolge lässt sich die zeitliche Leistung durch Übung von Aufgaben, die das kurzzeitige Erreichen hoher Geschwindigkeiten erfordern, verbessern (108). Obwohl die Autoren der ZNM eine Unabhängigkeit der rein feinmotorischen Aufgaben von Übung und Erfahrung postulierten, könnte angenommen werden, dass in der vorliegenden Population

bezüglich Übung und Erfahrung ein deutlicherer Geschlechtsunterschied besteht, der zu den beschriebenen Resultaten führte. Dieser Überlegung widerspricht, dass sich im Steckbrettversuch, bei dem neben feinmotorischen Fähigkeiten auch Erfahrungen und Übung eine Rolle spielen, kein Nachteil für die Mädchen zeigte.

Der Besuch der staatlichen Schule erwies sich als Risikofaktor für ein schlechteres feinmotorisches Ergebnis. Dies widerspricht den Ergebnissen zahlreicher Studien. Das deutsche Bundesministerium für Familie, Senioren, Frauen und Jugend zeigte im 2009 veröffentlichten Motorik-Modul, dass die Leistung bei den feinmotorischen Aufgaben kaum durch den SES beeinflusst wurde (42). Dies bestätigte Krombholz, der zwar einen Zusammenhang zwischen niedrigem SES und grobmotorischen Leistungen, nicht aber mit dem Abschneiden in der Feinmotorik erkannte (99). Auch die Autoren der ZNM postulierten, dass in der von ihnen untersuchten Normpopulation kein Zusammenhang zwischen SES und Testergebnis besteht. Sie postulierten, dass das Abschneiden in der ZNM den neuromotorischen Status widerspiegelt, ohne dabei vom SES der Probanden beeinflusst zu werden. Die Normkurven der ZNM seien für alle sozialen Schichten gültig (8).

Es ist zu beachten, dass der Großteil der Schweizer Normpopulation aus Mittelstandsfamilien, deren mittlerer SES sogar höher lag als der durchschnittliche SES der Schweizer Bevölkerung, stammte. Kinder aus Familien mit niedrigem SES waren unterrepräsentiert. Allerdings wurde der SES anhand einer 6-Punkte-Skala erhoben, die sich aus Beruf und Bildung der Eltern zusammensetzte, was den SES möglicherweise genauer abbildete als die Aufteilung nach privater und staatlicher Schule (8). Bezüglich des Schultyps ist anzunehmen, dass das sozioökonomische Niveau Schweizer Mittelstandsfamilien noch etwas über dem der chilenischen Familien, deren Kinder die Privatschule besuchen, liegt. Es ist auch denkbar, dass der SES innerhalb eines bestimmten Rahmens die neuromotorische Leistung unbeeinflusst lässt, während ab dem Erreichen eines Schwellenwerts ein Zusammenhang besteht. So könnten Kinder aus Familien mit hohem und mittlerem SES (wie in der Schweizer Population) ähnlich abschneiden, Kinder aus Familien mit deutlich niedrigerem SES (wie die Kinder der staatlichen Schule) jedoch schlechter. Da das SES der chilenischen Studienpopulation nur anhand der Schulart erhoben wurde, war eine genauere Analyse diesbezüglich im Nachhinein jedoch nicht möglich.

Hohe BMI-Werte wurden in den bivariaten Analysen nicht als Risikofaktor für ein schlechteres feinmotorisches Ergebnis erkannt. In den multivariaten Analysen bestand

eine Assoziation zwischen einer schlechteren feinmotorischen Leistung bei Kindern $\leq 10,5$ Jahren und hohen BMI-Werten. Der Effekt war statistisch signifikant, jedoch gering ausgeprägt. Krombholz et al. fanden keinen Zusammenhang zwischen hohen BMI-Werten und der manuellen Geschicklichkeit (99).

Übereinstimmend mit den Ergebnissen bisheriger Studien wurde zwischen körperlicher Inaktivität und einem pathologischen feinmotorischen Testergebnis in der vorliegenden Studie kein Zusammenhang beobachtet. Bonvin et al. ordneten in einer im Jahr 2012 in der Schweiz veröffentlichten Studie dem Merkmal „sitzender Lebensstil“ mit 5% zwar deutlich weniger Kinder zu. Ein signifikanter Zusammenhang mit der motorischen Leistung fand sich nicht. Obwohl Jungen signifikant aktiver waren, war das Gesamtergebnis von Mädchen und Jungen gleich (109).

5.2.3.2 Ergebnisse der feinmotorisch adaptiven Aufgabe

Die chilenische Population schnitt in der feinmotorisch adaptiven Aufgabe statistisch signifikant schlechter ab als die Schweizer Normpopulation. Die Leistung beim Steckbrettversuch zeigt vor allem die Fähigkeit der visuomotorischen Koordination. Die Integration visueller Informationen und die kontrollierte Ausführung präziser Bewegungen sind erforderlich (110).

In der Untersuchungspopulation wurde eine kontinuierliche Leistungszunahme im Laufe der Kindheit bis ins jugendliche Alter beobachtet. Diese wurde auch von Largo et al. beschrieben. Sie berichteten, dass die Leistungszunahme bei der Steckbrettaufgabe bis zum 15. Lebensjahr zunimmt und danach eine leichte Abnahme zeigt (8). Beim Vergleich der linearen Trendlinien $\leq 10,5$ -Jährigen und der $> 10,5$ -Jährigen fiel auf, dass die Leistungszunahme in der Gruppe der Jüngeren nicht deutlich höher war. Dies widerspricht bisherigen Beobachtungen. Wie Gasser et al. erklärten, werde präzises Greifen, das bei der Ausführung der Steckbrett-Aufgabe eine wichtige Rolle spielt, schon in der frühen Kindheit erlernt. Dies erkläre die starke Leistungszunahme im Altersbereich von 3-7 Jahren und die dementsprechend geringe Leistungszunahme im Altersbereich von 5 bis 18 Jahren (102). Auch Gallahue et al. beschrieben eine starke Verbesserung der visuomotorischen Koordination im Alter von 3-7 Jahren, gefolgt von einer geringer ausgeprägten Leistungszunahme bis zum Alter von 9 Jahren und das Erreichen eines Plateaus in der frühen Adoleszenz (110). Neurobiologische Grundlage

sei eine im Gegensatz zur Reifung motorischer Bahnen früher einsetzende Reifung der sensorischen Bahnen (102).

Gallahue et al. zufolge erzielen Jungen ab dem Alter von 6 Jahren bei Aufgaben mit Augen-Hand-Koordination bessere Ergebnisse (110). Die chilenischen Mädchen und Jungen aller Altersgruppen waren jedoch beim Steckbrett-Versuch annähernd gleich schnell und stimmten darin mit der Schweizer Normpopulation überein (8). Zusätzliche Alters- und Geschlechtseffekte wie bei den rein feinmotorischen Leistungen zeigten sich nicht. Die gleichen Leistungen von Mädchen und Jungen unterstützen die Vermutung, dass der bei den rein feinmotorischen Aufgaben erhobene Vorteil der Jungen nicht das Korrelat eines neurobiologischen Nachteils der Mädchen ist, sondern vielmehr auf einen anderen Faktor zurückzuführen ist.

Ein statistisch signifikanter Zusammenhang bestand zwischen dem Besuch der staatlichen Schule und einem schlechteren Testergebnis. Denkbar ist, dass ein Faktor, der nicht explizit untersucht wurde, mit dem Besuch der staatlichen Schule assoziiert war und zu schlechteren Ergebnissen der Besucher dieser Schule führte. Dieser Faktor könnte fehlender Sportunterricht oder fehlende Sportgeräte an der staatlichen Schule sein. Möglicherweise schnitten deshalb Privatschüler bei dieser von Übung und Erfahrung abhängigen Aufgabe besser ab.

Es zeigten sich keine statistisch signifikanten, mit dem Körpergewicht in Zusammenhang stehenden Unterschiede. Diese Daten sind konkordant mit einer Studie von Bonvin et al., die zwar eine Korrelation hoher BMI-Werte mit einem schlechteren Testergebnis beim Rennen und beim Balancieren auf einer Stange bestätigten, jedoch keinen statistisch signifikanten Zusammenhang mit allen anderen motorischen Fähigkeiten fanden. Ein nicht signifikanter Trend zu einer geringeren motorischen Leistung bei übergewichtigen Kindern wurde jedoch beschrieben (109).

Wrotinak et al. fanden einen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen körperlicher Aktivität und visuomotorischen Fähigkeiten im Bruininks-Oseretsky-Test (111). In unserer Population erwies sich körperliche Inaktivität nicht als Risikofaktor für ein schlechteres Abschneiden bei der feinmotorisch adaptiven Aufgabe.

Es ist bei der Interpretation der feinmotorisch adaptiven Leistung zu beachten, dass im multiplen Regressionsmodell nur 2% der Varianz durch die Einflussfaktoren erklärt wurden.

5.2.3.3 Ergebnisse der Dynamischen Balance

Das chilenische Kollektiv schnitt bei der Dynamischen Balance deutlich schlechter ab als die Schweizer Normpopulation. Gallahue et al., die die motorische Entwicklung in verschiedene Phasen einteilten, erklärten, dass die Gleichgewichtskontrolle (Einbeinstand, Hüpfen) in der frühen Kindheit erlernt werde und zu den grundlegenden motorischen Fähigkeiten gehöre. An diese Fähigkeiten anknüpfend werden in der späteren Kindheit komplexere Bewegungsmuster (Seilspringen, Tanzschritte) erlernt. Es sei ein Irrtum anzunehmen, dass die grundlegenden motorischen Fähigkeiten von Anforderungen und Umweltfaktoren unabhängig sind. Sie werden im Gegenteil stark durch Übung, Förderung und Anweisung beeinflusst. Die Autoren betonten, dass die Fähigkeiten, die in der frühen Kindheit erreicht werden, die weitere Entwicklung im Kindes- und Jugendalter bestimmen (112).

Jenni et al., die in einer longitudinalen Studie anhand der ZNM die intraindividuelle Stabilität der neuromotorischen Testergebnisse im Alter von 6 bis 18 Jahren untersuchten, stellten für die Gleichgewichtsaufgaben und für den Steckbrettversuch eine signifikant geringere Stabilität als für rein feinmotorische Aufgaben fest. Sie bezeichneten letztere deshalb als „Hardware motorischer Funktionen“. Aus der deutlich geringeren Stabilität der Leistungen der dynamischen und statischen Balance folgerten auch sie eine größere Abhängigkeit dieser Aufgaben von Erfahrungen und Übung. Sie seien von Muskelkraft, Ausdauer, visuellen und kognitiven Prozesse abhängig (9).

Während die Schweizer Normwerte für die Dynamische Balance eine Verbesserung der Leistung bis zum Alter von 15 Jahren zeigten (102), fanden sich im chilenischen Kollektiv widersprüchliche Ergebnisse: Hier zeigte sich eine Verschlechterung der Leistung mit zunehmendem Alter. Es ist jedoch zu beachten, dass die Ergebnisse der dynamischen Balance vor allem in der Adoleszenz großen Ausreißern unterliegen (SDS < -6). Dies führte möglicherweise zu den statistisch signifikanten Alterseffekten, sodass die Interpretation der Ergebnisse zurückhaltend erfolgen sollte. Als möglicher Einflussfaktor der mit zunehmendem Alter schlechteren Leistungen könnte die mit dem Beginn der Pubertät verbundene geringere Motivation, sich körperlich anzustrengen oder zu schwitzen, in der chilenischen Population eine Rolle gespielt haben (8). Hinzu kommt möglicherweise, dass, begünstigt durch eine geringe körperliche Aktivität und höheren Kalorienkonsum in der chilenischen Population, die Körperfettmasse im Vergleich zur Muskelkraft in der Pubertät höher ansteigt.

Bezüglich des Geschlechts wurden Largo et al. zufolge ab dem Alter von 7 Jahren keine signifikanten Unterschiede in der Dynamischen Balance beobachtet (4). Ähnlich zeigten Gallahue et al., dass Mädchen nur bis zum Alter von 8 Jahren in der Dynamischen Balance überlegen sind. Danach erzielten beide Geschlechter vergleichbare Ergebnisse (113). Die Ergebnisse der vorliegenden Studie lieferten bezüglich der Geschlechtsunterschiede in der Dynamischen Balance widersprüchliche Ergebnisse. Im chilenischen Untersuchungskollektiv waren in den multivariaten Analysen die Leistungen von Jungen und Mädchen $\leq 10,5$ Jahren annähernd gleich, in der Gruppe der $>10,5$ -Jährigen schnitten Mädchen jedoch statistisch signifikant schlechter ab als Jungen. Das bessere Abschneiden der Jungen in grob- und lokomotorischen Aufgaben wurde auch von anderen Autoren mehrfach beschrieben und durch biologische und umweltbedingte Einflussfaktoren erklärt (114), (111). Während Mädchen und Jungen vor der Pubertät vergleichbare Muskelkraft besitzen, erfolgt in der Adoleszenz dann bei Jungen vor allem eine Zunahme der Muskelmasse, bei Mädchen vor allem eine Zunahme der Fettmasse (115). Die Muskelkraft nimmt dann bei Jungen ab dem Alter von 13 Jahren noch stark, bei Mädchen dagegen nur gering zu, wodurch der Geschlechtsunterschied bis zum Erwachsenenalter verstärkt wird (116).

In den multiplen Regressionsmodellen wurden nach Adjustieren für Alter und Geschlecht 28% der Varianz der Ergebnisse der Dynamischen Balance durch die untersuchten Risikofaktoren erklärt. Ein niedriger SES erwies sich als Risikofaktor für ein schlechteres Ergebnis. In Übereinstimmung mit Largo et al. fanden Berger et al., die Schulkinder der 3. Klasse neuromotorisch untersuchten, keinen Zusammenhang zwischen dem sozioökonomischen Hintergrund und einem pathologischen neurologischen Testergebnis (117). Von anderen Autoren wurde ein niedriger SES als negativer Einflussfaktor für die grob- und lokomotorische Leistung erkannt. Hardy et al. beschrieben 2012 eine Korrelation zwischen niedrigem SES und geringen lokomotorischen Fähigkeiten bei Mädchen (118). Okely et al., die Grundschüler in Australien untersuchten, fanden heraus, dass ein niedriger SES in beiden Geschlechtern vor allem ein Risikofaktor für schlechteres Abschneiden beim vertikalen Springen darstellte (114).

Das Abschneiden bei der Dynamischen Balance war statistisch signifikant negativ mit hohen BMI-Werten assoziiert. Gallahue et al. führten die Schwierigkeiten übergewichtiger Kinder beim Hüpfen und Springen darauf zurück, dass diese die größere Kraft, die sie aufbringen müssen, um ihre hohe Körpermasse durch den Raum

zu bewegen, häufig nicht aufbringen können (119). Graf et al. zeigten 2004, dass übergewichtige Kinder signifikant schlechtere Leistungen in Kraft-, Ausdauer- und Gleichgewichts- und Koordinationsübungen erzielen (86). Dass Übergewicht die Kontrolle des Gleichgewichts beeinträchtigt, zeigten auch Bonvin et al. an einer Population aus 2-4-jährigen Schweizer Kindern: Unter den Kindern, die anhand von Aufgaben aus der ZNM für diese Altersgruppe untersucht wurden, schnitten diejenigen mit Übergewicht beim Balancieren auf einer Stange schlechter ab (109).

In der vorliegenden Untersuchung zeigten die Ergebnisse der Dynamischen Balance eine leichte Verbesserung pro Wochentag, an dem regelmäßige körperliche Aktivität stattfand. Der Effekt war jedoch insgesamt gering ausgeprägt. Es wurde mehrfach gezeigt, dass körperlich aktive Kinder vor allem in motorischen Tests, die lokomotorische und grobmotorische Fähigkeiten (Laufen, Fangen, Dribbeln, Hüpfen etc.) untersuchen, besser abschneiden (120). Haga fand 2008 einen signifikanten Zusammenhang zwischen körperlicher Fitness und motorischer Leistung, welche sie anhand der Movement Assessment Battery for Children, einem mit der ZNM vergleichbaren Test, untersuchte (121). Hands et al., die 2008 die motorische Leistung anhand des Test „McCarron Assessment of Neuromuscular Development“, der sich unter anderem aus Kraft-, Hüpf- und Balance-Übungen zusammensetzt, untersuchten, entdeckten keinen signifikanten Zusammenhang zwischen körperlicher Aktivität und motorischer Leistung. Sie führten dies jedoch darauf zurück, dass die körperliche Aktivität anhand eines Pedometers (Schrittzählers) bestimmt wurde, welches weder Intensität, Art oder Frequenz misst (122).

5.2.3.4 Ergebnisse der Statischen Balance

Die chilenische Population schnitt in der Statischen Balance im Vergleich zur Normpopulation geringfügig, jedoch statistisch signifikant schlechter ab.

Gallahue et al. betonten, dass die Balance eine allen Bewegungen zu Grunde liegende Fähigkeit ist, die durch visuelle, taktile und vestibuläre Reize beeinflusst wird. Kinder unter 7 Jahren können das Gleichgewicht nicht halten, wenn sie, auf einem Bein stehend, die Augen schließen. Dies wird erst ab dem Alter von 7 Jahren möglich. Von da an verbessert sich die Gleichgewichtskontrolle mit zunehmendem Alter kontinuierlich (112).

Bezüglich der Verbesserung der Gleichgewichtsfähigkeiten mit zunehmendem Alter wurde in der chilenischen Population ein von der Normpopulation abweichender Trend beobachtet. Bei Betrachtung der Trendlinien der beiden Altersgruppen $\leq 10,5$ Jahre und $>10,5$ Jahre fiel auf, dass bei den $>10,5$ -Jährigen keine eindeutige Leistungszunahme mehr beobachtet wurde. Es ist zu beachten, dass sich die Testaufgabe ab dem Alter von 10,5 Jahren ändert. Hier müssen die Probanden zusätzlich die Augen schließen, was die Aufgabe deutlich erschwert. Dennoch wurde ein ähnlicher Effekt in der Schweizer Vergleichspopulation nicht beobachtet (8).

Bezüglich der Geschlechtsunterschiede stimmten die Ergebnisse der chilenischen und der Schweizer Population teilweise überein. In Chile erzielten Mädchen bis zum Alter von 10,5 Jahren bessere Ergebnisse. Ab dem Alter von 10,5 Jahren schnitten die Mädchen allerdings etwas schlechter ab, in den multivariaten Analysen wurde das weibliche Geschlecht als statistisch signifikanter Risikofaktor für ein schlechteres Testergebnis erkannt. Das in der multiplen Regressionsanalyse verwendete Modell war jedoch nicht gut geeignet, um die Varianz der Ergebnisse der Statischen Balance zu erklären ($R^2=0,03$). Den Ergebnissen von Largo et al. zufolge schnitten Mädchen in der Statischen Balance in allen Altersstufen besser ab, außerdem zeigte sich eine Zunahme der Leistung bis zum Alter von 18 Jahren (4). Holm et al. bestätigten das bessere Abschneiden der Mädchen im Alter von 7- 12 Jahren (123).

Wie schon bei der Dynamischen Balance und den feinmotorischen Aufgaben beschrieben, steht möglicherweise zudem ein mit zunehmendem Alter assoziierter äußerer Faktor, der nicht explizit untersucht wurde, mit einer schlechteren Leistung der Mädchen in Zusammenhang.

Während BMI-Wert und Schultyp nicht als Risikofaktor für ein pathologisches Ergebnis identifiziert wurden, zeigte sich für körperliche Inaktivität und Leistung in der Statischen Balance ein statistisch signifikanter Zusammenhang. Kantomaa et al. stellten eine Assoziation zwischen körperlicher Inaktivität und grobmotorischen Problemen bei Jungen fest (124). Wrotniak et al. fanden 2006 einen klaren Zusammenhang zwischen moderater bis intensiver körperlicher Aktivität und besseren grob-, und visuomotorischen Fähigkeiten, welche sie anhand des Bruininks-Oseretsky-Tests untersuchten. Ein sitzender Lebensstil korrelierte signifikant mit einem schlechteren Test-Score (111).

5.2.3.5 Ergebnisse der Kontralateralen Mitbewegungen

Anhand von Videoaufnahmen wurden Dauer und Ausprägungsgrad von kontralateralen Mitbewegungen bestimmt. Normdaten hierfür fehlen weitgehend. Neben Denckla entwickelten beispielsweise Touwen und Precht standardisierte Tests zur Untersuchung kontralateraler Mitbewegungen (125). Kontralaterale Mitbewegungen sind mit inhibitorischen neurologischen Prozessen assoziiert. Während der Reifung des Gehirns werden Verknüpfungen ausgebildet, die zu einer stärkeren Inhibition und damit zur Abnahme kontralateraler Mitbewegungen führen (126). Die Häufigkeit und Ausprägung kontralateraler Mitbewegungen nehmen deshalb mit zunehmendem Alter ab und es gilt allgemein, dass die Bewegungsqualität umso höher ist, je seltener und weniger ausgeprägt Mitbewegungen sind (127). Das Auftreten von Mitbewegungen kann dementsprechend ein Hinweis auf das Vorliegen neurologischer Dysfunktionen sein (102).

Übereinstimmend zeigten die Autoren der ZNM, dass Mitbewegungen mit zunehmendem Alter seltener und in geringerem Ausmaß auftreten (4). Sie betonten den nichtlinearen Trend der Abnahme der Mitbewegungen, dessen Verlauf von der Komplexität der Aufgaben abhängig sei. Bei einfachen repetitiven Aufgaben wurden kontralaterale Mitbewegungen im Gegensatz zu komplexeren Aufgaben schon ab dem früheren Kindesalter seltener und mit geringerer Ausprägung registriert (26), (102).

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie bestätigten die Abnahme der Mitbewegungen als Korrelat der biologischen Reifung. Beim Vergleich des chilenischen Kollektivs mit den Schweizer Normwerten zeigte sich, dass Mitbewegungen etwa gleich häufig und mit gleichem Ausmaß auftraten. Wie auch in der Schweizer Population wurde eine große interindividuelle Variabilität beobachtet.

Bei den kontralateralen Mitbewegungen wurden keine zusätzlichen Geschlechtseffekte festgestellt. Largo et al. beschrieben, dass bei Mädchen signifikant weniger Mitbewegungen auftreten. Sie lieferten dafür zwei Erklärungsansätze: Entweder sei das weibliche Gehirn fähiger zu inhibitorischen Prozessen, oder die inhibitorische Leistung sei von der körperlichen Reifung abhängig, die bei Mädchen physiologisch früher einsetze (127). Wolff et al. postulierten, dass Mitbewegungen den Entwicklungsstand eher abbilden als das chronologische Alter (128). In einer Studie, in der die Mitbewegungen Erwachsener untersucht wurden, zeigten sich Largo et al. zufolge keine Geschlechtsunterschiede mehr (127). Aufgrund der großen interindividuellen Variabilität

bei den kontralateralen Mitbewegungen beurteilten die Autoren der ZNM den signifikanten Geschlechtsunterschied im Kindes- und Jugendalter als klinisch nicht relevant (4).

Die Schulart erwies sich als statistisch signifikanter Risikofaktor für ein pathologisches Ergebnis bei den kontralateralen Mitbewegungen. BMI-Werte und körperliche Aktivität standen nicht in statistisch signifikantem Zusammenhang mit dem Testergebnis. Bei der Interpretation der Daten ist zu beachten, dass in den multiplen Regressionsmodellen nur 5% der Streuung der Testergebnisse durch die untersuchten Risikofaktoren erklärt werden konnten. Trotzdem unterstützen die Ergebnisse die Annahme der Autoren der ZNM, dass kontralaterale Mitbewegungen die "Hardware" der neurologischen Untersuchung darstellen, indem sie von äußeren Faktoren weitgehend unbeeinflusst bleiben (4). Sie eignen sich deshalb besonders gut für die Untersuchung neurologischer Dysfunktionen.

6 Ausblick

Die vorliegende Arbeit diente dazu, Normdaten für die Zürcher Neurmotorik in Chile zu erheben. In den vorausgegangenen Studien Caracolito I und II war die Zürcher Neurmotorik bereits in Chile angewandt worden, aufgrund von fehlenden Normdaten jedoch konnten die pathologischen Testergebnisse und deren Zusammenhang mit dem untersuchten Risikofaktor Quecksilberexposition nur eingeschränkt beurteilt werden.

Die Normdaten ermöglichen nun zukünftige neuromotorische Untersuchungen in der chilenischen Bevölkerung. Weitere Risikofaktoren für ein pathologisches Testergebnis und der Effekt von Interventionen zu Verbesserung der neuromotorischen Leistung können untersucht werden.

Der Zusammenhang zwischen dem Besuch der staatlichen Schule und einem schlechteren Testergebnis konnte anhand dieser Arbeit nur teilweise erklärt werden. Nachfolgende Studien sind nötig, um diesen Zusammenhang genauer zu untersuchen und weitere Gründe dafür zu identifizieren. Dies ist wichtig, um negative Einflussfaktoren zu beseitigen und benachteiligte Schüler besser zu fördern.

Die hohe Prävalenz der Risikofaktoren körperliche Inaktivität und Übergewicht und Adipositas in der Untersuchungspopulation und deren Zusammenhang mit einem schlechteren Abschneiden bei verschiedenen neuromotorischen Aufgaben sollen auch in Chile publiziert werden. Die Aufmerksamkeit für diese Problematik soll erhöht werden, damit ein aktiver und gesunder Lebensstil auch auf nationaler Ebene vermehrt gefördert wird.

7 Zusammenfassung

Die vorliegende Querschnittsstudie hatte zum Ziel, die Gültigkeit der Schweizer Normdaten der Zürcher Neuromotorik in einer chilenischen Population zu überprüfen und Risikofaktoren für ein pathologisches Testergebnis (Schultyp, BMI, körperliche Aktivität) zu untersuchen.

Dafür wurden im Jahr 2011 395 Schulkinder zwischen 6 und 14 Jahren rekrutiert. 202 Kinder besuchten die private Schule Gerónimo Rendic in La Serena, 193 Kinder die staatliche Schule Cardenal Caro in Coquimbo. Mit Hilfe eines Fragebogens wurde die körperliche Aktivität erhoben, außerdem wurde von jedem Teilnehmer der BMI-Wert bestimmt. Die neuromotorische Untersuchung erfolgte anhand der Zürcher Neuromotorik. Für die statistische Auswertung wurden der Chi²-Test, der t-Test und adjustierte lineare Regressionsmodelle verwendet.

Die Prävalenz von Übergewicht und Adipositas in der chilenischen Population war hoch (50%) und hing nicht mit der Schulart zusammen. Privatschüler waren statistisch signifikant körperlich aktiver als Schüler der staatlichen Schule ($p=0,01$).

Die chilenische Population erzielte in den fein- und grobmotorischen Aufgaben statistisch signifikant schlechtere Ergebnisse als die Schweizer Normpopulation. Die größte Abweichung zeigte sich bei der Dynamischen Balance (MW -1,63, SD 2,0, $p<0,001$). Bei den kontralateralen Mitbewegungen bestand kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den beiden Populationen ($p=0,41$). Die linearen Regressionsmodelle zeigten, dass der Besuch der staatlichen Schule ein statistisch signifikanter Risikofaktor für ein pathologisches Testergebnis in allen Aufgabenbereichen außer der Statischen Balance war. Der BMI-Wert erwies sich als statistisch signifikanter Risikofaktor für ein pathologisches Testergebnis in der Dynamischen Balance (-0,19 SDS, $p<0,001$), körperliche Inaktivität war ein statistisch signifikanter Risikofaktor für ein schlechteres grobmotorisches Ergebnis.

Die Schweizer Normdaten für die ZNM sind in der chilenischen Population nur begrenzt gültig. Bedeutendster Risikofaktor für ein pathologisches Testergebnis war die Schulart. Hohe BMI-Werte und körperliche Inaktivität wurden nur für einzelne Teilaufgaben als Risikofaktoren erkannt, was möglicherweise an ihrer hohen Prävalenz in der gesamten Untersuchungspopulation lag. Die Ergebnisse zeigen die Notwendigkeit zukünftiger Interventionen mit dem Ziel, die Prävalenz von Übergewicht und Adipositas zu senken und körperliche Aktivität zu fördern.

8 Literaturverzeichnis

1. **Gallahue DL, Ozmun JC, Goodway JD.** *Understanding Motor Development: Infants, Children, Adolescents, Adults.* Seventh Edition. New York : McGraw-Hill, 2012. S. 3-5.
2. **Jenni O, Caflisch J, Latal B.** Motorik im Schulalter. *Pädiatrie up2date.* New York : Georg Thieme Verlag KG Stuttgart, 2008, S. 339-356.
3. **Touwen, BC.** How normal is variable, or how variable is normal? *Early Hum Dev.* 1993, Bd. 34, 1-2, S. 1-12.
4. **Largo RH, Fischer JE, Rousson V.** Neuromotor development from kindergarten age to adolescence: developmental course and variability. *Swiss Med Wkly.* 2003, Bd. 133, 13-14, S. 193-9.
5. **Hall DM.** Clumsy Children. *British Medical Journal (Clinical Research Edition).* 1988, Bd. 296, 6619, S. 375-6.
6. **Sigmundsson, H.** Disorders of motor development (clumsy child syndrome). *Journal of Neural Transmission.* 2005, Bd. 69, S. 51-68.
7. **Largo RH, Fischer JE, Caflisch JA, Jenni OG.** *Zürcher Neuromotorik.* Zürich: AWE-Verlag, 2002. S. 305.
8. **Largo RH, Caflisch JA, Hug F, Muggli K, Molnar AA, Molinari L, et al.** Neuromotor development from 5 to 18 years. Part 1: timed performance. *Dev Med Child Neurol.* 2001, Bd. 43, 7, S. 436-43.
9. **Jenni OG, Chaouch A, Locatelli I, Thoeni I, Diezi M, Werner H, et al.** Intra-individual stability of neuromotor tasks from 6 to 18 years: a longitudinal study. *Hum Mov Sci.* 2011, Bd. 30, 6, S. 1272-82.
10. **Kinsbourne M.** Minimal brain dysfunction as a neurodevelopmental lag. *Ann N Y Acad Sci.* 1973, Bd. 205, S. 268-73.

11. **Largo RH, Caflisch JA, Hug F, Muggli K, Molnar AA, Molinari L.** Neuromotor development from 5 to 18 years. Part 2: associated movements. *Dev Med Child Neurol.* 2001, Bd. 43, 7, S. 444-53.
12. **World Health Organization.** *Exposure To Mercury: A Major Public Health Concern.* Genf : WHO Document Production Services, 2007.
13. **World Health Organization.** *Population-based prevention strategies for childhood obesity.* Report of the WHO forum and technical meeting. Genf: WHO Press, 2009. S. 40.
14. **De Onis M, Blössner M, Borghi E.** Global prevalence and trends of overweight and obesity among preschool children. *Am J Clin Nutr.* 2010, Bd. 92, 5, S. 1257-64.
15. **World Health Organization.** *Global Database on Child Growth and Malnutrition - Mexico.* 2013.
16. **Liberona Y, Castillo O, Engler V, Villarroel L, Rozowski J.** Nutritional profile of schoolchildren from different socio-economic levels in Santiago, Chile. *Public Health Nutr.* 2011, Bd. 14, 1, S. 142-9.
17. **Dumith SC, Ramires VV, Souza MA, Moraes DS, Petry FG, Oliveira ES, et al.** Overweight/obesity and physical fitness among children and adolescents. *J Phys Act Health.* 2010, Bd. 7, 5, S. 641-8.
18. **Janssen I, Katzmarzyk PT, Boyce WF, Vereecken C, Mulvihill C, Roberts C, 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, Bd. 6, 2, S. 123-32.
19. **Robert-Koch-Institut, Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung.** *Erkennen-Bewerten-Handeln: Zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen in Deutschland.* 2008. S. 41-49.
20. **Kurth BM, Schaffrath Rosario A.** *Übergewicht und Adipositas bei Kindern und Jugendlichen in Deutschland.* Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz, Robert-Koch-Institut. s.l.: Springer-Verlag, 2010. S. 643-52.

21. **Zimmermann MB, Gübeli C, Püntener C, Molinari L.** Overweight and obesity in 6-12 year old children in Switzerland. *Swiss Med Wkly.* 2004, Bd. 134, 35-36, S. 523-8.
22. **Aeberli I, Kaspar M, Zimmermann MB.** Dietary intake and physical activity of normal weight and overweight 6 to 14 year old Swiss children. *Swiss Med Wkly.* 2007, Bd. 137, 29-30, S. 424-30.
23. **World Health Organization.** *Europäischer Aktionsplan Nahrung und Ernährung der WHO 2007-2012.* 2008.
24. **Robert-Koch-Institut, Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung.** *Erkennen - Bewerten - Handeln: Zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen in Deutschland.* 2008. S. 99-107.
25. **Ford ES, Mokdad AH.** Epidemiology of obesity in the Western Hemisphere. *J Clin Endocrinol Metab.* 2008, Bd. 93, 11, S. 1-8.
26. **Prentice AM, Jebb SA.** Fast foods, energy density and obesity: a possible mechanistic link. *Obes Rev.* 2003, Bd. 4, 4, S. 187-94.
27. **Uauy R, Monteiro CA.** The challenge of improving food and nutrition in Latin America. *Food Nutr Bull.* 2004, Bd. 25, 2, S. 175-82.
28. **Olivares S, Zacarías I, Andrade M, Kain J, Lera L, Vio F, et al.** Nutrition education in Chilean primary schools. *Food Nutr Bull.* 2005, Bd. 26, 2, S. 179-85.
29. **Albala C, Vio F, Kain J, Uauy R.** Nutrition transition in Chile: determinants and consequences. *Public Health Nutr.* 2002, Bd. 5, 1a, S. 123-8.
30. **Giammattei J, Blix G, Marshak HH, Wollitzer AO, Pettitt DJ.** Television watching and soft drink consumption: associations with obesity in 11- to 13-year-old schoolchildren. *Arch Pediatr Adolesc Med.* 2003, Bd. 157, 9, S. 882-6.
31. **Olivares S, Lera L, Mardones MA, Araneda J, Bustos N, Olivares MA, et al.** Food promotion and food preferences in Chilean school age children from different socioeconomic levels. *Arch Latinoam Nutr.* 2011, Bd. 61, 2, S. 163-71.

32. **Olivares S, Kain J, Lera L, Pizarro F, Vio F, Morón C.** Nutritional status, food consumption and physical activity among Chilean school children: a descriptive study. *Eur J Clin Nutr.* 2004, Bd. 58, 9, S. 1278-85.
33. **Uauy R, Albala C, Kain J.** Obesity Trends in Latin America: Transiting from Under- to Overweight. *American Society for Nutritional Sciences.* 2001, Bd. 131, 3, S. 893-9.
34. **SR, Daniels.** The consequences of childhood overweight and obesity. *Future Child.* 2006, Bd. 16, 1, S. 47-67.
35. **Teran-Garcia M, Rankinen T, Bouchard C.** Genes, exercise, growth, and the sedentary, obese child. *J Appl Physiol.* 2008, Bd. 105, 3, S. 988-1001.
36. **Lobstein T, Jackson-Leach R.** Estimated burden of paediatric obesity and comorbidities in Europe. Part 2. Numbers of children with indicators of obesity-related disease. *Int J Pediatr Obes.* 2006, Bd. 1, 1, S. 33-41.
37. **Eyzaguirre F, Silva R, Román R, Palacio A, Cosentino M, Vega V, et al.** Prevalence of metabolic syndrome in children and adolescents who consult with obesity. *Rev Med Chil.* 2011, Bd. 139, 6, S. 732-8.
38. **Strufaldi MW, Silva EM, Puccini RF.** Metabolic syndrome among prepubertal Brazilian schoolchildren. *Diab Vasc Dis Res.* 2008, Bd. 5, 4, S. 291-7.
39. **Kriemler S, Puder J.** Physical activity and obesity in school-age. *Ther Umsch.* 2012, Bd. 69, 8, S. 483-90.
40. **World Health Organization.** *Global Recommendations on Physical Activity for Health.* 2010. S. 19-20.
41. **Rivera IR, Silva MA, Silva RD, Oliveira BA, Carvalho AC.** Physical inactivity, TV-watching hours and body composition in children and adolescents. 2010, Bd. 95, 2, S. 159-65.
42. **Bös K, Worth A, Opper E, Oberger J, Woll A.** *Forschungsreihe Band 5. Motorik-Modul: Eine Studie zur motorischen Leistungsfähigkeit und körperlich-sportlichen*

Aktivität von Kindern und Jugendlichen in Deutschland. Bundesministerium für Familie, Senioren, Frauen und Jugend. Baden-Baden: Nomos-Verlag, 2009. S. 191.

43. **Belcher BR, Berrigan D, Dodd KW, Emken BA, Chou CP, Spruijt-Metz D.** Physical activity in US youth: effect of race/ethnicity, age, gender, and weight status. *Med Sci Sports Exerc.* 2010, Bd. 42, 12, S. 2211-21.

44. **National Center for Safe Routes to School, USA.** *How children get to school: school travel patterns from 1969 to 2009.* 2011. S. 12.
http://saferoutesinfo.org/sites/default/files/resources/NHTS_school_travel_report_2011_0.pdf.

45. **Gallahue DL, Ozmun JC, Goodway JD.** *Understanding Motor Development: Infants, Children, Adolescents, Adults.* 7. New York: McGraw-Hill, 2012. S. 272 ff.

46. **Robert-Koch-Institut, Bundeszentrale für Gesundheitliche Aufklärung.** *Erkennen - Bewerten - Handeln: Zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen in Deutschland.* 2008. S. 68.
http://edoc.rki.de/documents/rki_fv/reIXEvoVYRBk/PDF/25VQivifMG6zQ77.pdf.

47. **Eaton DK, Kann L, Kinchen S, Shanklin S, Flint KH, Hawkins J, et al.** *Youth Risk Behavior Surveillance - United States 2011.* Morbidity and Mortality Weekly Report, 2012, Bd. 61, S. 1.

48. **Gallahue DL, Ozmun JC, Goodway JD.** *Understanding Motor Development: Infants, Children, Adolescents, Adults.* New York: McGraw-Hill, 2012. S. 77.

49. **Miles L.** Physical Activity and Health. *Nutrition Bulletin.* 2007, Bd. 32, 4, S. 314-63.

50. **Blaak EE, Saris WHM.** Substrate oxidation, obesity and exercise training. *Best Practice & Research Clinical Endocrinology & Metabolism.* 2002, Bd. 16, 4, S. 667-78.

51. **Giugliano R, Carneiro EC.** Factors associated with obesity in school children. *J Pediatr (Rio J).* 2004, Bd. 80, 1, S. 17-22.

52. **Caputo E, Talarico V, Mattace F, Giancotti L, Anastasio E, Baserga M.** Diet and lifestyle of a cohort of primary school children. *Pediatr Med Chir.* 2012, Bd. 34, 2, S. 84-8.
53. **Loprinzi PD, Cardinal BJ, Loprinzi KL, Lee H.** Benefits and environmental determinants of physical activity in children and adolescents. *Obes Facts.* 2012, Bd. 5, 4, S. 597-610.
54. **Gallahue DL, Ozmun JC, Goodway JD.** *Understanding Motor Development: Infants, Children, Adolescents, Adults.* 7. New York: McGraw-Hill, 2012. S. 186-190.
55. **Robert-Koch-Institut, Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung.** *Erkennen - Bewerten - Handeln: Zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen in Deutschland.* 2008. S. 99-106.
56. **Robert-Koch-Institut, Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung.** *Erkennen - Bewerten - Handeln: Zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen in Deutschland.* 2008. S. 75-81.
57. **World Health Organization.** Noncommunicable Diseases Country Profiles 2011. http://www.who.int/nmh/publications/ncd_profiles2011/en/.
58. **World Health Organization.** Global Database on Child Growth and Malnutrition. *Chile. Child Malnutrition Estimates by WHO Child Growth Standards.* 2014. <http://www.who.int/nutgrowthdb/database/countries/chl/en/>.
59. **Adjemian D, Bustos P, Amigo H.** Socioeconomic level and nutritional status: a study in schoolchildren. *Arch Latinoam Nutr.* 2007, Bd. 57, 2, S. 125-9.
60. **Ministerio del Deporte, Instituto Nacional de Deportes, Gobierno de Chile.** *Encuesta nacional de hábitos de actividad física y deporte en la población chilena igual o mayor a 18 años - informe final de resultados.* Santiago de Chile, 2016. S. 24.
61. **Robert-Koch-Institut.** *Gesundheitsberichterstattung des Bundes: Gesundheit in Deutschland.* Berlin, 2015. S. 190.

62. **Robert-Koch-Institut, Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung.** *Erkennen - Bewerten - Handeln: Zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen in Deutschland.* 2008. S. 64.
63. **World Health Organization.** 10 facts on physical activity. [Online] 2011.
http://www.who.int/features/factfiles/physical_activity/en/.
64. **World Health Organization.** Noncommunicable Diseases Country Profiles - Chile. 2014. http://www.who.int/nmh/countries/chl_en.pdf?ua=1.
65. **World Health Organization.** Countries: Chile. 2014.
<http://www.who.int/countries/chl/en/>.
66. **World Health Organization.** Countries: Germany. 2014.
<http://www.who.int/countries/deu/en/>.
67. **World Health Organization.** Countries: Switzerland. 2014.
<http://www.who.int/countries/che/en/>.
68. **World Health Organization.** Global Health Observatory (GHO) data. *Density of physicians (total number per 1000 population, latest available year).* 2017.
<http://www.who.int/countries/che/en/>.
69. **Agencia de Calidad de la Educación, Gobierno de Chile.** *Informe de Resultados Estudio Nacional Educación Física 2014.* 2015. S. 18, 26.
http://archivos.agenciaeducacion.cl/Estudio_Nacional_Educacion_Fisica_2014_8basico.pdf.
70. **OECD.** *Education at a Glance 2014: Chile.* S. 1-10.
<http://www.oecd.org/edu/Chile-EAG2014-Country-Note.pdf>.
71. **Agencia de Calidad de la Educación, Gobierno de Chile.** *Informe de Resultados Estudio Nacional de Educación Física 2013.* Santiago de Chile, 2014. S. 26.
http://archivos.agenciaeducacion.cl/biblioteca_digital_historica/resultados/2013/result8b_edfisica_2013.pdf.
72. **Municipalidad de Coquimbo.** Cuenta Publica 2013.
<https://www.municoquimbo.cl/ciudad/>.

73. **Ilustre Municipalidad de La Serena.** Cuenta Publica 2013.
<http://transparencia.laserena.cl/ptransact.php?n=64>.
74. **Ministerio de Planificación, Gobierno de Chile.** *CASEN 2009 - Encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional*. S. 7. http://www.superacionpobreza.cl/wp-content/uploads/2014/01/resultados_casen_2009.pdf.
75. **Gattini C, Alvarez Leiva J.** Salud en Chile 2010 - Panorama de la situación de salud y del sistema de salud en Chile. 2011.
76. **Gobierno de Chile, Ministerio de Salud.** Encuesta Mundial de Salud Escolar. Chile 2004. http://www.who.int/chp/gshs/Chile_questionnaire_spanish_2004.pdf.
77. **Instituto Nacional de Deportes de Chile, Gobierno de Chile.** *Encuesta Nacional De Hábitos En Actividad Física Y Deportes - Principales Resultados*. Santiago de Chile, 2007.
78. **Veiga MM, Baker RF.** Global Mercury Project - Protocols For Environmental and Health Assessment of Mercury Released by Artisanal and Small-Scale Gold Miners. 2004.
79. **Largo RH, Fischer JE, Cafilisch JA, Jenni OG.** *Zürcher Neuromotorik*. Zürich: AWE-Verlag, 2002. S. 27.
80. **Largo RH, Fischer JE, Cafilisch JA, Jenni OG.** *Zürcher Neuromotorik*. Zürich: AWE-Verlag, 2002. S. 25-79.
81. **Tanha T, Wollmer P, Thorsson O, Karlsson MK, Lindén C, Andersen LB, et al.** Lack of physical activity in young children is related to higher composite risk factor score for cardiovascular disease. 2011, Bd. 100, 5, S. 717-21.
82. **Petermann F, Bös K, Kastner J.** *Movement Assessment Battery for Children-2 (Movement ABC-2)*. Pearson Assessment & Information GmbH. Frankfurt am Main, 2011.
83. **Adjemian D, Bustos P, Amigo H.** Socioeconomic level and nutritional status: a study in schoolchildren. *Arch Latinoam Nutr.* 2007, Bd. 57, 2, S. 125-9.

84. **Ministerio de Salud de Chile, Organización Mundial de la Salud, Organización Panamericana de la Salud, Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades.** *Informe de la Encuesta Mundial de Salud Escolar en Chile, 2013.* Santiago de Chile: 2016. S. 22.
85. **Ekelund U, Sardinha LB, Anderssen SA, Harro M, Franks PW, Brage S, et al.** Associations between objectively assessed physical activity and indicators of body fatness in 9- to 10-y-old European children: a population-based study from 4 distinct regions in Europe (the European Youth Heart Study). *Am J Clin Nutr.* 2004, Bd. 80, 3, S. 584-90.
86. **Graf C, Koch B, Dordel S, Schindler-Malow S, Icks A, Schüller A, et al.** Physical activity, leisure habits and obesity in first-grade children. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil.* 2004, Bd. 11, 4, S. 284-90.
87. **Robert-Koch-Institut.** *Gesundheit in Deutschland.* Berlin, 2015. S. 206.
88. **Giraldo D, Poveda E, Yibby F, Mendivil C, Castro L.** Self-reported physical activity in comparison with anthropometric body fat indicators in school children. *Biomedica.* 2008, Bd. 28, 3, S. 386-95.
89. **Ministerio de Salud de Chile, División de Planificación Sanitaria, Departamento de Epidemiología.** *Encuesta Mundial de Salud Escolar Chile 2004 y 2005.* Santiago de Chile, 2007.
90. **Jekauc D, Reimers AK, Wagner MO, Woll A.** Prevalence and socio-demographic correlates of the compliance with the physical activity guidelines in children and adolescents in Germany. *BMC Public Health.* 2012, Bd. 12, 1, S. 714.
91. **Robert-Koch-Institut, Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung.** *Erkennen - Bewerten - Handeln: Zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen in Deutschland.* Berlin, 2008. S. 65ff.
92. **Nilsson A, Andersen LB, Ommundsen Y, Froberg K, Sardinha LB, Piehl-Aulin K, et al.** Correlates of objectively assessed physical activity and sedentary time in children: a cross-sectional study (The European Youth Heart Study). *BMC Public Health.* 2009, Bd. 9, S. 322.

93. **Basterfield L, Adamson AJ, Frary JK, Parkinson KN, Pearce MS, Reilly JJ, et al.** Longitudinal study of physical activity and sedentary behavior in children. *Pediatrics*. 2011, Bd. 127, 1, S. e24-30.
94. **Gobierno De Chile, Chiledeportes.** *Encuesta Nacional De Hábitos De Actividad Física Y Deporte En La Población Chilena Igual O Mayor A 18 Anos - Informe Final de Resultados*. 2007.
95. **Robert-Koch-Institut.** *Erkennen - Bewerten - Handeln: Zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen in Deutschland*. 2008. S. 155.
96. **Lämmle L, Worth A, Bös K.** Socio-demographic correlates of physical activity and physical fitness in German children and adolescents. *Eur J Public Health*. 2012, Bd. 22, 6, S. 880-4.
97. **Zavala JP, Leraç L, Vio F.** Physical activity and healthy diet, weight perception and stress in adult population in Chile: analysis of the second quality of life and health survey 2006. *Arch Latinoam Nutr*. 2010, Bd. 60, 4, S. 319-24.
98. **Tandon PS, Zhou C, Sallis JF, Cain KL, Frank LD, Saelens BE.** Home environment relationships with children's physical activity, sedentary time, and screen time by socioeconomic status. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2012, Bd. 9, S. 88.
99. **Krombolz H.** The motor and cognitive development of overweight preschool children. *Early Years: An International Research Journal*. 2012, Bd. 32, 1, S. 61-70.
100. **Denckla MB.** Development of Motor Co.ordination in Normal Children. *Developmental Medicine & Child Neurology*. 1974, Bd. 16, 6, S. 729-41.
101. **Garvey MA, Ziemann U, Bartko JJ, Denckla MB, Barker CA, Wassermann EM.** Cortical correlates of neuromotor development in healthy children. *Clin Neurophysiol*. 2003, Bd. 114, 9, S. 1662-70.
102. **Gasser T, Rousson V, Cafilisch J, Jenni OG.** Development of motor speed and associated movements from 5 to 18 years. *Dev Med Child Neurol*. 2010, Bd. 52, 3, S. 256-63.

103. **Gallahue DL, Ozmun JA, Goodway JD.** *Understanding Motor Development: Infants, Children, Adolescents, Adults.* Seventh Edition. New York : McGraw-Hill, 2012. S. 3-5.
104. **Fietzek UM, Heinen F, Berweck S, Maute S, Hufschmidt A, Schulte-Mönting J, et al.** Development of the corticospinal system and hand motor function: central conduction times and motor performance tests. *Developmental Medicine & Child Neurology.* 2000, Bd. 42, 4, S. 220-7.
105. **Denckla MB.** Development of Speed in Repetitive and Successive Fingermovements in Normal Children. *Developmental Medicine & Child Neurology.* 1973, Bd. 15, 5, S. 635-45.
106. **Branta C, Haubenstricker J, Seefeldt V.** Age changes in motor skills during childhood and adolescence. *Exerc Sport Sci Rev.* 1984, Bd. 12, S. 467-520.
107. **Gallahue DL, Ozmun JC, Goodway JD.** *Understanding Motor Development: Infants, Children, Adolescents, Adults.* Seventh Edition. New York: McGraw-Hill, 2012. S. 169-178.
108. **Gallahue DL, Ozmun JC, Goodway JD.** *Understanding Motor Development: Infants, Children, Adolescents, Adults.* Seventh Edition. New York: McGraw-Hill, 2012. S. 262-263.
109. **Bonvin A, Barral J, Kakebeeke TH, Kriemler S, Longchamp A, Marques-Vidal P, et al.** Weight status and gender-related differences in motor skills and in child care-based physical activity in young children. *BMC Pediatr.* 2012, Bd. 12, 23.
110. **Gallahue DL, Ozmun JC, Goodway JD.** *Understanding Motor Development: Infants, Children, Adolescents, Adults.* Seventh Edition. New York: McGraw-Hill, 2012. S. 269-71.
111. **Wrotniak BH, Epstein LH, Dorn JM, Jones KE, Kondilis VA.** The relationship between motor proficiency and physical activity in children. *Pediatrics.* 2006, Bd. 118, 6, S. e1758-65.

112. **Gallahue DL, Ozmun JC, Goodway JD.** *Understanding Motor Development: Infants, Children, Adolescents, Adults.* Seventh Edition. New York: McGraw-Hill, 2012. S. 261ff.
113. **Gallahue DL, Ozmun JC, Goodway JD.** *Understanding Motor Development: Infants, Children, Adolescents, Adults.* Seventh Edition. New York: McGraw-Hill, 2012. S. 262, 346.
114. **Okely AD, Booth ML.** Mastery of fundamental movement skills among children in New South Wales: prevalence and sociodemographic distribution. *J Sci Med Sport.* 2004, Bd. 7, 3, S. 358-72.
115. **Gallahue DL, Ozmun JC, Goodway JD.** *Understanding Motor Development: Infants, Children, Adolescents, Adults.* Seventh Edition. New York: McGraw-Hill, 2012. S. 294ff., 334.
116. **Malina RM, Bouchard C, Bar-Or O.** *Growth, Maturation, and Physical Activity.* 2nd ed. s.l.: Human Kinetics Publishers, 2003. S. 150-1.
117. **Berger E, Berger-Margulies J.** Frequency of minor nervous dysfunction in school children. *J Neurol .* 1978, Bd. 219, 3, S. 205-12.
118. **Hard LL, Reinten-Reynolds T, Espinel P, Zask A, Okely AD.** Prevalence and correlates of low fundamental movement skill competency in children. *Pediatrics.* 2012, Bd. 130, 2, S. e390-8.
119. **Gallahue DL, Ozmun JC, Goodway JD.** *Understanding motor development: Infants, Children, Adolescents, Adults.* Seventh Edition. New York: McGraw-Hill, 2012. S. 238.
120. **Barnett LM, Morgan PJ, van Beurden E, Beard JR.** Perceived sports competence mediates the relationship between childhood motor skill proficiency and adolescent physical activity and fitness: a longitudinal assessment. *Int J Behav Nutr Phys Act.* 2008, Bd. 5, 40.
121. **Haga M.** The relationship between physical fitness and motor competence in children. *Child Care Health Dev.* 2008, Bd. 34, 3, S. 329-34.

122. **Hands B, Larkin D, Parker H, Straker L, Perry M.** The relationship among physical activity, motor competence and health-related fitness in 14-year-old adolescents. *Scand J Med Sci Sports*. 2008, Bd. 19, 5, S. 655-63.
123. **Holm I, Vollestad N.** Significant effect of gender on hamstring-to-quadriceps strength ratio and static balance in prepubescent children from 7 to 12 years of age. *Am J Sports Med*. 2008, Bd. 36, 10, S. 2007-13.
124. **Kantomaa MT, Purtsi J, Taanila AM, Remes J, Viholainen H, Rintala P, et al.** Suspected motor problems and low preference for active play in childhood are associated with physical inactivity and low fitness in adolescence. *PLoS One*. 2011, Bd. 6, 1, S. e144554.
125. **Conolly K, Stratton P.** Developmental Changes is Associated Movements. *Dev Med Child Neurol*. 1968, Bd. 10, S. 49-56.
126. **Mayston MJ, Harrison LM, Stephens JA.** A neurophysiological study of mirror movements in adults and children. *Ann Neurol*. 1999, Bd. 45, 5, S. 583-94.
127. **Gasser T, Rousson V, Cafilisch J, Largo R.** Quantitative reference curves for associated movements in children and adolescents. *Dev Med Child Neurol*. 2007, Bd. 49, 8, S. 608-14.
128. **Wolff PH, Gunnoe CE, Cohen C.** Associated movements as a measure of developmental age. *Dev Med Child Neurol*. 1983, Bd. 25, 4, S. 417-29.
129. **Doll B.** Aktuelles Management bei Kindern mit zerebralen Bewegungsstörungen. *Orthopädie und Unfallchirurgie up2date*. s.l. : Georg Thieme Verlag KG Stuttgart - New York, 2007, Bd. 2, S. 477-92.
130. **Arbeitsgemeinschaft Adipositas im Kindes- und Jugendalter (AGA) - Deutsche Adipositas-Gesellschaft.** Leitlinien verabschiedet auf der Konsensus-Konferenz der AGA am 04.10.2012.
http://www.adipositas-gesellschaft.de/fileadmin/PDF/Leitlinien/AGA_S2_Leitlinie.pdf.

131. **United States of America CIA.** South America: Chile 2012.
<https://www.cia.gov/library/publications/resources/the-world-factbook/docs/refmaps.html>.
132. **Instituto Geográfico Militar.** IV Región de Coquimbo.
www.igm.cl/MAPAIGM/CHILE%20REGIONES/DPA/IV.jpg.
133. **Herold.** *Innere Medizin.* Köln, 2013. S. 718.
134. <http://www.flexikon.doccheck.com/de/Hyperlipoproteinämie>.

9 Anhang

- A. Anhang Informationsschreiben und Einwilligungserklärung**
- B. Anhang Fragebogen**
- C. Anhang Neuromotorischer Test**
- D. Anhang Ergebnisteil**

A. Anhang Informationsschreiben und Einverständniserklärung

Spanische Version

INFORMACIÓN Y DECLARACIÓN DE CONSENTIMIENTO Y ASENTIMIENTO

Universidad Católica del Norte

Prof. Dr. Daniel Moraga

Tel: 51-209825

CARACOLITO III - Cargas ambientales y bienestar de los Niños de Chile

Prof. Dr. Daniel Moraga

Unidad de Fisiología, Departamento de Ciencias Biomédicas
Facultad de Medicina, Universidad Católica del Norte
Larrondo 1281, Guayacán, P.O. Box 117 Coquimbo, Chile
Tel: 51-209825; Fax: 51-209853
E-Mail: moraga@ucn.cl



Prof. Dr. Katja Radon

Unidad de Epidemiología Ocupacional y Ambiental &
Net Teaching
Instituto y Policlínica de Salud Ocupacional, Social y
Medio Ambiental
Centro Clínico de la Universidad de Múnich
Tel: +49-89-5160-2485; Fax: +49-89-5160-4954
E-Mail: Katja.Radon@med.lmu.de



INFORMACIÓN PARA LOS PADRES

Estimado padres, el equipo de trabajo del proyecto Caracolito, está invitando a su hijo (a) junto a otros niños, a participar en una investigación sobre la posible vinculación entre el medioambiente, las habitaciones de actividad física y la salud. Para que usted pueda conocer mejor este proyecto hemos preparado la siguiente información.

1. ¿Cuál es el nombre del estudio en el cual mi hijo participará?

El nombre del estudio es "Caracolito III: Cargas ambientales y bienestar de los Niños de Chile".

2. ¿En qué consiste el estudio?

Es un estudio, que permitirá obtener información científica sobre la cualidad de los movimientos de su hijo/a.

En este estudio serán invitados a participar, todos los niños de Primero a Octavo año básico del Colegio Gerónimo Rendic en La Serena y de La Escuela Cardenal José María Caro en Coquimbo. Es importante destacar que el participar en este estudio, no significa necesariamente que su hijo este enfermo ó tenga algún problema de salud. El estudio requiere que usted firme un consentimiento informado y que su hijo firme un asentimiento autorizando la participación en este estudio. Los resultados de este estudio podrán indicar el Índice de masa corporal (IMC) de su hijo y su estado neuromuscular.

3. Propósito del proyecto. ¿Qué es lo que queremos lograr?

Ha sido demostrado que los metales pesados presentes en el ambiente –como el mercurio (por ejemplo en el pescado que comen sus niños)- podrían retrasar el desarrollo de los niños y afectar el funcionamiento del sistema nervioso en las personas. Los coordinadores de éste estudio, somos un grupo de investigación de la Universidad Católica del Norte en Coquimbo (Dr. Daniel Moraga) y de la Universidad Ludwig -

Maximilian en Múnich, Alemania (Dra. Katja Radon) que estamos muy interesados en saber si el estado neuromuscular de sus hijos se distingue del estado neuromuscular de los hijos europeos. Si este es el caso, nos gustaría saber los factores que puedan ser la causa. Como suponemos que la inactividad física resulte en problemas de la motricidad, hemos preparado una encuesta sobre la actividad física de su hijo/a. De ser reconocido ó demostrado algún problema de salud en los niños, el proyecto no propone tratamientos curativos. Los resultados generados por este estudio, serán publicados en revistas científicas y como informes de difusión, guardando el anonimato de los niños. Se espera que esta información pueda ser utilizada a futuro por otras instancias –distintas al equipo Caracolito- para contribuir a mejorar las condiciones ambientales y de salud de los niños y habitantes de Chile.

4. Diseño del proyecto. ¿Qué es lo que se realizará?

Todos los estudiantes de primero a octavo básico del Colegio Gerónimo Rendic y de la Escuela Cardenal José María Caro están cordialmente invitados a ser parte de este estudio:

Fase I

-Autorización para que su hijo participe en este estudio; Usted debe firmar un consentimiento informado que está al final de este documento. Su hijo debe firmar el asentimiento informado.

-Si usted está de acuerdo, puede completar el cuestionario de salud de su hijo (documento adjunto).

Fase II

-Medición de peso y talla de su hijo (IMC)

-Examen neuromotor (Prueba que mide las" habilidades neuromotoras")

5. Procedimiento -¿Cómo será recolectada la información?

A través de los documentos que su hijo le ha llevado, que incluyen:

-La carta de consentimiento (al final este documento) que autoriza la participación de su hijo en el estudio

-Un cuestionario que nos permitirá conocer la exposición de su hijo/a al mercurio y su hábito en actividad física.

Es importante que usted y su hijo firmen la carta de consentimiento y usted complete el cuestionario de su hijo y lo devuelva al colegio lo más pronto posible con plazo final que será explicado en la escuela. Los documentos serán recolectados en el colegio por el equipo del estudio. La copia firmada de la carta de consentimiento será archivada por los encargados del estudio y la otra puede ser guardada por los padres.

Si usted acepta, se les citará para hacer el examen neuromuscular en un día y hora específica que le será dado a conocer en forma oportuna. El tiempo aproximado de duración del examen neuromuscular es media hora. Si usted lo autoriza se podrá filmar a su hijo durante la realización de este examen para posterior análisis en Alemania, manteniendo el anonimato de su hijo.

6. Riesgos y beneficios de este proyecto ¿Cual es la ventaja de ser parte de este estudio?

No hay ningún tipo de riesgo para su hijo. Por lo tanto, ningún seguro escolar extra es necesario para el estudio. Si usted lo desea, los resultados de los estudios, le pueden ser informados. La ventaja personal para usted y su niño será que estos estudios son gratis, y pueden ayudar a confirmar ó conocer algún

problema de salud de su hijo.

El equipo Caracolito no se hace responsable por ningún tipo de tratamiento médico ó intervención en salud que sea necesaria para los problemas de salud que se puedan encontrar. Se espera que los resultados puedan ser utilizados por otras instancias –diferentes al equipo caracolito- para mejorar las condiciones de salud. Si usted tiene dudas, sobre los riesgos para su hijo ó derechos y beneficios que se obtienen en este proyecto, puede contactar directamente a la Unidad de Bioética de la Facultad de Medicina de la Universidad Católica del Norte, quienes han aprobado la realización de este proyecto y cuyos datos de Contacto son:

Dr. Guillermo Valdebenito, Director de la Unidad de Bioética
Facultad de Medicina, Universidad Católica del Norte
Larrondo 1281, Guayacán, Coquimbo
Fono: 209817, E-mail: gvaldebe@ucn.cl.

7. Confidencialidad- ¿Qué pasará con los datos y resultados de mi hijo?

Usted siempre tiene la opción de pedir los resultados de su hijo al equipo del estudio. SOLO usted puede hacer esto! Los datos personales de su hijo serán tratados con confidencialidad y no serán entregados a nadie más que a usted.

Todos los datos serán manejados confidencialmente y analizados sin referencias personales (**seudónimos**) para propósitos científicos. Los datos obtendrán un número al azar. El código para la identificación será almacenado en la Universidad Católica del Norte, Coquimbo (Dr. Daniel Moraga). De esta manera, todos los datos son protegidos de **maltrato**.

Los cuestionarios serán guardados en la Universidad Católica del Norte en Coquimbo (Dr. Daniel Moraga) por cinco años. Usted siempre puede contactar al Dr. Daniel Moraga para solicitar la información sobre los datos de su hijo ó para borrar esta misma. En caso de que los datos del estudio sean publicados, la confidencialidad de los datos personales será garantizada. **Ya que los datos serán solo códigos.**

8. Participación Voluntaria-¿Yo o mi hijo TENEMOS que participar en este estudio?

La participación en este estudio es **VOLUNTARIA**. Sin embargo, mientras más niños formen parte de este proyecto, los resultados serán más significativos. Por lo tanto, estaremos encantados con la mayor cantidad de niños que puedan participar.

9. Clausula de participación - ¿Puedo retirar mi participación?

Sí, Usted o su hijo pueden retirar su participación sin dar ninguna razón. Solo debe contactar al Dr. Daniel Moraga. Usted encontrara su información de contacto en la primera hoja de este documento.

DECLARACIÓN DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA LOS PADRES

CI N° _____

Nombre del niño/a _____

Apellido _____

Dirección _____

Número de teléfono _____

Con esto declaro mi consentimiento con la participación de mi niño/a en este estudio. Fui informado sobre los métodos y los riesgos de la participación. También autorizo a que estos resultados puedan ser publicados con fines de difusión en revistas científicas y como informe ante autoridades universitarias, de salud y gubernamentales siempre y cuando se mantenga la confidencialidad de los participantes. Entiendo que este estudio no ofrece tratamientos curativos en el caso que mi hijo tenga alguna enfermedad. Entiendo también que el presente proyecto no promete mejorar las condiciones ambientales y de salud de los niños y habitantes de Andacollo. Me comprometo a explicar este proyecto a mi hijo, para que pueda firmar el asentimiento informado con información válida y si así lo quiere,

Estoy conforme con la participación en las encuestas y la realización de los siguientes exámenes (clínicos) con mi niño/a:

- | | | | | |
|---|----|---|----|---|
| - Medición de talla e índice de masa corporal | Si | o | No | o |
| - Examen Neuromuscular con el niño | Si | o | No | o |
| - Filmación durante la realización de este examen, manteniendo el anonimato | Si | o | No | o |
| - Queremos que ser informados sobre los resultados del estudio (voluntario) | Si | o | No | o |
| - Estamos conformes con un nuevo contacto en caso necesario | Si | o | No | o |

(Para informaciones adicionales, el equipo del estudio tal vez querrá entrar en contacto otra vez con los participantes del estudio en caso necesario.)

He leído la hoja de información y he tenido suficiente tiempo para considerar esta decisión. Estoy enterado que la participación de mi hijo/a es voluntaria y que puedo retirar mi participación de este proyecto en cualquier momento y sin dar ninguna razón.

He leído la hoja de información sobre la protección de datos y del consentimiento y estoy de acuerdo con el procedimiento.

Estoy de acuerdo de que por la ausencia de riesgo de esta investigación no es necesario ningún seguro escolar extra. Todas mis preguntas sobre el estudio fueron contestadas. He recibido una copia de la hoja de información y de la declaración de consentimiento informado.

Lugar, Fecha

Firma del Padre ó Apoderado

DECLARACIÓN DE ASENTIMIENTO INFORMADO PARA LOS NIÑOS

Si, mis padres ó apoderados me han explicado el proyecto Caracolito y yo estoy de acuerdo en participar

Estoy de acuerdo que se realice conmigo:

- | | | | | |
|--|----|---|----|---|
| - Medir mi talla y peso | Si | o | No | o |
| - un examen de mis movimientos y mi agilidad | Si | o | No | o |
| - poder filmar este examen | Si | o | No | o |

Firma del Niño/a

Deutsche Version

INFORMATION UND EINVERSTÄNDNISERKLÄRUNG

Universität Católica del Norte

Prof. Dr. Daniel Moraga

Tel: 51-209825

CARACOLITO III – Umweltbelastung und Wohlbefinden der Kinder in Chile

Prof. Dr. Daniel Moraga

Abteilung Physiologie, Abteilung für Biomedizinische Wissenschaften

Medizinische Fakultät, Universität Católica del Norte Larrondo 1281, Guayacán, P.O. Box 117 Coquimbo, Chile

Tel: 51-209825; Fax: 51-209853

E-Mail: moraga@ucn.cl



Prof. Dr. Katja Radon

Arbeits- und Umweltmedizin und Net Teaching Institut und Poliklinik für Arbeits-, Sozial – und Umweltmedizin

Klinikum der Universität München

Tel: +49-89-5160-2485; Fax: +49-89-5160-4954

E-Mail: Katja.Radon@med.lmu.de



INFORMATION FÜR DIE ELTERN

1. Wie heißt die Studie an der mein Kind teilnehmen soll?

Der Name der Studie ist „Anwendung der Zürcher Neuromotorik an Schulkindern in Chile“.

2. Stand der Forschung – worum geht es in der Studie?

Die Zürcher Neuromotorik nach Largo wurde bisher vor allem in der Schweiz und benachbarten Ländern angewandt, weshalb nahezu alle vorhandenen Daten aus Europa stammen. Nun möchten wir Schulkindern in Chile testen, von denen wir annehmen, dass sie die Bevölkerung ganz Lateinamerikas für ihre Altersgruppe repräsentieren. So können wir Normdaten für Südamerika erhalten, die wir mit allen Daten, die wir dort schon gewonnen haben und in Zukunft gewinnen werden, vergleichen können.

Der Test nach Largo wurde bereits 2010/11 in Andacollo durchgeführt, wo die Kinder gesundheitsbelastenden Umweltfaktoren ausgesetzt sind. Man weiß nicht, inwieweit die schädliche Belastung die Testergebnisse beeinflusst und ob pathologische Ergebnisse im Test auf diese zurückzuführen sind. Darum ist es wichtig, zu wissen, wie chilenische Kinder abschneiden, die solchen Umweltbelastungen nicht ausgesetzt sind.

Wir, das ist ein Team aus Wissenschaftlern von der Universität Católica del Norte in Coquimbo (Dr. Daniel Moraga) und der Ludwig-Maximilians-Universität in München (Dr. Katja Radon).

3. Ziele des Forschungsvorhabens - was wollen wir bewirken?

Wenn wir Normdaten zur Zürcher Neuromotorik haben, können wir diese mit den Ergebnissen aus Andacollo vergleichen. Uns interessiert, ob und wie stark die Umweltbedingungen in Andacollo mit der Gesundheit der Kinder zusammenhängen. Sollte dies so sein, so möchten wir gerne wissen, welche Umweltfaktoren gut für die Gesundheit der Kinder sind und welche Umweltfaktoren der Gesundheit möglicherweise schaden. Sollten wir solche Zusammenhänge finden, so möchten wir überlegen, was man tun kann, um die Situation der Kinder zu verbessern. Das, was wir von den Kindern in Andacollo lernen,

soll dann auch auf Kinder aus anderen Gemeinden Chiles übertragen werden, um so zur Gesundheit der chilenischen Kinder wirksam beizutragen. Damit wir den Test auch in anderen Gemeinden Südamerikas anwenden können, ist die Erhebung von Normdaten von großer Bedeutung.

4. Studiendesign - wie soll die Studie aussehen?

Alle Schülerinnen und Schüler der Klassen 1 bis 6 der Schulen Escuela Cardenal Caro in Coquimbo und Colegio Gerónimo Rendic in La Serena sind herzlich eingeladen, an der Studie teilzunehmen und bei allen oder nur einzelnen der folgenden Untersuchungsteile mitzumachen:

- Beantwortung des beigefügten Fragebogens

Wir werden dann ca. 400 Kinder bitten, auch an einer zweiten Phase der Untersuchung mitzumachen. Hierbei werden wir

- Tests der Beweglichkeit und Geschicklichkeit Ihres Kindes (Neuromotorischer Test) durchführen.

5. Durchführung - wie werden die nötigen Informationen gewonnen?

Ihr Kind hat in der Schule einen Fragebogen und eine Einverständniserklärung zur Teilnahme an der Studie erhalten. Bitte füllen Sie beides sobald es Ihnen zeitlich möglich ist aus und geben sie beides Ihrem Kind mit in die Schule. Dort werden die Unterlagen wieder eingesammelt.

Haben Sie und Ihr Kind in die Teilnahme an der Studie eingewilligt, werden wir Ihr Kind in den nächsten Wochen während des Schulunterrichts für ca. 20-30 Minuten in einen uns dafür zur Verfügung gestellten Raum im Schulgebäude bitten, wo wir zum Beispiel die Beweglichkeit und Geschicklichkeit Ihres Kindes testen, seine Größe messen und es wiegen.

6. Risiko-Nutzen-Abwägung - was bringt mir die Teilnahme an der Studie?

Die Teilnahme an der Studie ist freiwillig. Es bestehen keinerlei gesundheitliche Risiken für Ihr Kind, daher ist auch kein gesonderter Versicherungsschutz für die Untersuchung erforderlich.

Wenn Sie es wünschen, werden Sie in einigen Wochen die Ergebnisse der Untersuchung erhalten. Ein persönlicher Nutzen für Sie und Ihr Kind ist dann die Möglichkeit einer Behandlung, falls Beschwerden festgestellt werden.

7. Datenschutz – was passiert mit den Daten und Ergebnissen meines Kindes?

Sie können die Ergebnisse Ihres Kindes jederzeit beim Untersucher erfragen. Das können allerdings NUR Sie. Die Daten Ihres Kindes werden vertraulich behandelt und an keine andere Person weitergegeben.

Alle Ihre Angaben werden absolut vertraulich behandelt und nur ohne Personenbezug (pseudo-anonymisiert) für wissenschaftliche Auswertungen verwendet. Die Untersuchungsdaten erhalten hierfür eine zufällige Nummer. Der Code zur Verschlüsselung wird an der Universidad Católica del Norte, Coquimbo (Dr. Daniel Moraga) aufbewahrt. So sind alle Daten vor Missbrauch geschützt.

Die Nagelproben werden am Institut für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin der LMU München (Dr. Katja Radon) analysiert und danach vernichtet. Die Fragebogenangaben und Tests werden bis auf Widerruf für maximal 5 Jahre an der Universidad Católica del Norte in Coquimbo (Dr. Daniel Moraga) aufbewahrt.

Sie können jederzeit Auskunft über die von Ihnen gespeicherten Daten oder die Löschung derselben und Vernichtung der Proben bei Dr. Daniel Moraga anordnen.

Im Falle von Veröffentlichung der Studienergebnisse bleibt die Vertraulichkeit Ihrer persönlichen Daten ebenfalls gewährleistet, wenn überhaupt werden die Daten in verschlüsselter Form weitergegeben.

10. Freiwilligkeit der Teilnahme - MUSS ich bzw. mein Kind an der Studie teilnehmen?

Nein. Die Teilnahme an der Studie ist freiwillig. Je mehr Kinder an der Studie teilnehmen, umso besser ist jedoch die Aussagekraft der Studie. Wir würden uns deshalb sehr freuen, wenn möglichst viele Kinder mitmachen würden.

11. Rücktrittsklausel - kann ich meine Teilnahme einfach zurückziehen?

Ja. Die Teilnahme kann jederzeit und ohne Angabe von Gründen, von Ihnen oder Ihrem Kind beendet werden. Melden Sie sich hierfür einfach bei Dr. Daniel Moraga, die Adresse finden Sie auf der ersten Seite dieses Schreibens.

EINVERSTÄNDNISERKLÄRUNG DER ELTERN

ID-Nr:
Vorname des Kindes:
Familiename:
Anschrift:
.....
Telefon:

Hiermit erkläre ich mein Einverständnis, dass mein Kind an der Studie ‚Anwendung der Zürcher Neuromotorik an Schulkindern in Chile‘ teilnimmt. Ich wurde über Methoden der Teilnahmebedingungen informiert. Ich bin damit einverstanden, dass bei meinem Kind außer der Beantwortung des beigelegten Fragebogens folgende Untersuchungen durchgeführt werden:

- Bestimmung von Körpergröße und Körpergewicht ja o nein o
- Durchführung eines neuromotorischen Tests ja o nein o
- Videoaufnahmen während der Durchführung des neuromotorischen Tests ja o nein o
- Wir möchten gerne über die Ergebnisse der Studie informiert werden ja o nein o

Evtl. würden wir gerne später noch einmal auf Sie zukommen, um zum Beispiel etwas über die weitere Entwicklung ihres Kindes zu erfahren.

- Wir stimmen einer solchen erneuten Kontaktaufnahme zu ja o nein o

Das Informationsblatt habe ich gelesen und ich hatte genügend Zeit, mir diese Entscheidung zu überlegen. Mir ist bewusst, dass die Teilnahme meines Kindes auf freiwilliger Basis erfolgt und dass ich/mein Kind jederzeit und ohne Angabe von Gründen entscheiden kann, die Teilnahme zu beenden.

Ich habe die Erklärungen zum Datenschutz gelesen und erkläre mich mit dem Vorgehen zum Datenschutz einverstanden.

Ich bin damit einverstanden, dass aufgrund der Risikofreiheit der Methoden kein Versicherungsschutz notwendig ist.

Alle meine Fragen zur Studie wurden beantwortet. Eine Kopie des Informationsblattes und der Einverständniserklärung habe ich erhalten.

.....

Ort, Datum

Unterschrift der / des Erziehungsberechtigten

INFORMATION UND EINVERSTÄNDNISERKLÄRUNG DER KINDER

ID-Nr:

Vorname des Kindes:

Familienname:

Mir ist heute erklärt worden, dass bei diesem Forschungsprojekt Ergebnisse gewonnen werden, die dazu dienen Probleme, die mit der Umwelt und der Gesundheit von Kindern zu tun haben, zu erkennen. Ich habe erfahren, dass es wichtig ist, dass möglichst viele Kinder bei den Untersuchungen mitmachen, damit man Kinder, denen es nicht so gut geht, bald helfen kann. Ich bin einverstanden, dass die Untersucherin bei mir folgende Tests macht:

Eine Untersuchung, bei der ich mich ein bisschen bewegen muss und die zeigt, wie gut ich das kann.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen werden dann in einen Computer eingegeben. Später werden die Ergebnisse ausgewertet. Daraus kann man dann erkennen, ob ich ganz gesund bin. Meine Ergebnisse erfahren nur ich und meine Eltern sehen und auch nur, wenn wir das wollen.

Ich weiß, dass die Untersuchungen freiwillig sind. Das heißt, dass ich nicht mitmachen muss, wenn ich nicht mitmachen will. Alle meine Fragen sind beantwortet worden und ich hatte genug Zeit, mit meinen Eltern zusammen darüber nachzudenken, ob ich mitmachen möchte.

Ich bin damit einverstanden, dass

- | | | |
|---|------|--------|
| - meine Körpergröße und mein Körpergewicht bestimmt werden | ja o | nein o |
| - bei mir eine Untersuchung meiner Beweglichkeit und Geschicklichkeit durchgeführt wird | ja o | nein o |
| - Ich bei den Übungsaufgaben gefilmt werde | ja o | nein o |

Ort, Datum

Unterschrift des Kindes

B. Anhang Fragebogen

Spanische Version

Universidad Católica del Norte
Prof. Dr. Daniel Moraga
Tel: 51-209825

CARACOLITO III - Cargas ambientales y bienestar de los Niños de Chile

Prof. Dr. Daniel Moraga

Unidad de Fisiología, Departamento de Ciencias Biomédicas
Facultad de Medicina, Universidad Católica del Norte
Larrondo 1281, Guayacán, P.O. Box 117 Coquimbo, Chile
Tel: 51-209825; Fax: 51-209853
E-Mail: moraga@ucn.cl



Prof. Dr. Katja Radon

Unidad de Epidemiología Ocupacional y Ambiental & Net Teaching
Instituto y Policlínica de Salud Ocupacional, Social y Medio Ambiental
Centro Clínico de la Universidad de Múnich
Tel: +49-89-5160-2485; Fax: +49-89-5160-4954
E-Mail: Katja.Radon@med.lmu.de



ESTIMADOS PADRES,

El equipo del proyecto Caracolito les saluda y los **invita a llenar el siguiente cuestionario**.

Les solicitamos leer cada pregunta atentamente y responderlas lo más exacto posible.

Completar este cuestionario requiere **más o menos 10 minutos**. Una vez completado, devuélvalo al colegio por medio de su hijo/a – lo cual será pedido en la escuela.

La fecha final para recibir los cuestionarios y las cartas de consentimiento informado firmadas es el siguiente **lunes el 12 de Septiembre 2011**.

Instrucciones:

En este cuestionario las palabras "su niño/a" o "hijo/a" se refiere al niño/a que ha traído el cuestionario del colegio a casa. Por favor, responda a las preguntas marcando el recuadro con una cruz o escribiendo en los espacios que se proporcionan.

Ejemplo: 10 años

Si Ud. no entiende una de las palabras técnicas en una de las preguntas, por favor contesta con "No" (no se preocupe con palabras medicas que no conozca. Si Ud. o su hijo/a no tienen ó jamás tuvieron esta enfermedad, no es necesario conocer la palabra.)

Si usted tiene más preguntas favor de contactarnos.

¡Muchas gracias por su colaboración!

Su equipo Caracolito

Número correlativo

Fecha encuesta

____/____/____

A) Características demográficas y datos de su hijo/a

1. Su hijo/a es

- niño
- niña

2. Fecha de nacimiento ____/____/____(mes/año)

3. Lugar de nacimiento _____

B) Preguntas sobre las actividades de su hijo/a

1. Durante los últimos 7 días, ¿Cuántos días realizó actividad física fuera del colegio? No realicé actividad física fuera del colegio

- 1-2 días
- 3-4 días
- 5 ó más días

2. Durante los últimos 7 días, ¿durante cuántos días hice actividad física por un total de al menos 60 minutos diarios?

- Ningún día
- 1 día
- 2 días
- 3 días
- 4 días
- 5 días
- 6 días
- 7 días

3. Durante una semana normal, ¿cuántos días hace una actividad física por un total de al menos 1 hora (60 minutos diarios)?

- 0 día
- 1 día
- 2 días
- 3 días
- 4 días
- 5 días
- 6 días
- 7 días

4. Si hace deporte regularmente, ¿qué practica?

- Juegos a la pelota (fútbol, voleibol, básquetbol)
- Atletismo
- Danza
- Gimnasia
- Natación
- Tenis
- Otros

5. Marque un lugar dónde su hijo/a pasa más tiempo realizando actividad física fuera del colegio (marca solo una alternativa)!

No hace actividad física fuera del colegio

- En otros colegios
- En club deportivo/centro deportivo
- En gimnasio municipal/ público
- En la calle o pasaje
- En parques o plazas
- En la casa
- Otros

(Si hace actividades físicas fuera del colegio, pase a la N°7)

6. ¿Cuál es la razón principal para NO realizar actividad física fuera del colegio? No le gusta o no le interesa

- No tiene tiempo
- No tiene ropa adecuada
- No tiene donde hacerlo
- No lo/la dejamos salir a hacer actividad física fuera de la casa
- Otra razón

7. Durante un día normal, ¿cuánto tiempo pasa sentado viendo televisión, jugando en computador, conversando con amigos o haciendo otras cosas que le exigen permanecer sentado?

- Menos de 1 hora al día
- 1 a 2 horas al día
- 3 a 4 horas al día
- 5 a 6 horas al día
- 7 a 8 horas al día
- Más de 8 horas al día

8. ¿Podría usted decirnos aproximadamente cuánto dinero destina mensualmente a la práctica de actividad física y deporte de su hijo/a?

- Nada, no destina dinero
- Hasta \$5.000
- Más de \$15.000
- Entre \$5.001 y \$10.000
- Entre \$10.001 y \$15.000

9. ¿Cuántas veces por mes su hijo/a come habitualmente pescado?

- 0 a 1 vez por mes
- 1 a 4 veces por mes
- 4 o más veces por mes

Deutsche Version

Universidad Católica del Norte
Prof. Dr. Daniel Moraga
Tel: 51-209825

CARACOLITO - Cargas ambientales y bienestar de los Niños de Andacollo

Prof. Dr. Daniel Moraga

Unidad de Fisiología, Departamento de Ciencias Biomédicas
Facultad de Medicina, Universidad Católica del Norte
Larrondo 1281, Guayacán, P.O. Box 117 Coquimbo, Chile
Tel: 51-209825; Fax: 51-209853

E-Mail: moraga@ucn.cl



Prof. Dr. Katja Radon

Unidad de Epidemiología Ocupacional y Ambiental & Net Teaching
Instituto y Policlínica de Salud Ocupacional, Social y Medio
Ambiental
Centro Clínico de la Universidad de Munich
Tel: +49-89-5160-2485; Fax: +49-89-5160-4954
E-Mail: Katja.Radon@med.lmu.de



SEHR GEEHRTE ELTERN,

Das Team des Caracolito-Projektes möchte Sie einladen, den folgenden Fragebogen auszufüllen. Wir bitten Sie, sich jede Frage aufmerksam durchzulesen und so genau wie möglich zu beantworten. Die Bearbeitung wird insgesamt etwa 10 Minuten Zeit in Anspruch nehmen. Wenn Sie den Fragebogen vollständig ausgefüllt haben, geben Sie ihn bitte Ihrem Sohn/Ihrer Tochter in die Schule mit. Wir werden ihn dort einsammeln.

Hinweise:

Die Bezeichnungen "Ihr Kind" und "Ihr Sohn/Ihre Tochter" beziehen sich auf das Kind, das den Fragebogen in der Schule erhalten und nach Hause gebracht hat.

Bitte markieren Sie Ihre Antworten mit einem Kreuz oder schreiben Sie sie in die dafür vorgesehenen Zeilen.

Beispiel: 10 Jahre

Sollten Sie noch weitere Fragen haben, dürfen Sie sich gerne an uns wenden!

Vielen Dank für Ihre Unterstützung!

Ihr Caracolito-Team

Zugeordnete Nummer

Datum der Beantwortung

____/____/____

A) Demographische Daten Ihres Kindes

1. Ihr Kind ist

- männlich
 weiblich

2. Geburtsdatum ____/____(mm/yyyy)

3. Geburtsort _____

B) Fragen zur sportlichen Aktivität Ihres Sohnes/Ihrer Tochter

1. An wie vielen Tagen hat ihr Sohn/Ihre Tochter innerhalb der letzten sieben Tage Sport außerhalb der Schule gemacht?

- gar nicht
- an 1-2 Tagen
- an 3-4 Tagen
- an 5 oder mehr Tagen

2. An wie vielen Tagen hat er/sie während der letzten sieben Tage für mindestens 60 Minuten täglich Sport gemacht?

- an keinem Tag
- an 1 Tag
- an 2 Tagen
- an 3 Tagen
- an 4 Tagen
- an 5 Tagen
- an 6 Tagen
- an 7 Tagen

3. An wie vielen Tagen macht er in einer ganz gewöhnlichen Woche für mindestens eine Stunde pro Tag Sport?

- an keinem Tag
- an 1 Tag
- an 2 Tagen
- an 3 Tagen
- an 4 Tagen
- an 5 Tagen
- an 6 Tagen
- an 7 Tagen

4. Falls er regelmäßig einer Sportart nachgeht, was macht er/sie?

- Ballspiele (Fußball, Volleyball, Basketball)
- Leichtathletik
- Tanzen
- Gymnastik/Turnen
- Schwimmen
- Tanzen
- andere

5. Wählen Sie einen Ort aus, an dem Ihr Sohn/Ihre Tochter die meiste Zeit verbringt, um sich außerhalb der Schule sportlich zu betätigen (Bitte nur eine Antwort auswählen)!

- Außerhalb der Schule macht er/sie keinen Sport
- An einer anderen Schule
- In einem Sportclub/Sportzentrum
- In einer öffentlichen Sporthalle/Einrichtung
- Auf der Straße
- Im Park
- Im Haus
- Andere (*Wenn Sie Antwort b-h ausgewählt haben, dürfen Sie Frage 6 überspringen!*)

6. Aus welchem Grund macht ihr Sohn/Ihre Tochter außerhalb der Schule keinen Sport?

- Kein Interesse
- Keine Zeit
- Keine passende Kleidung

- Er/sie weiß nicht, wo.
- Wir möchten nicht, dass er/sie außer Haus geht um Sport zu machen.
- Anderer Grund
- Doch, er/sie macht Sport außerhalb der Schule!

7. Wie viel Zeit verbringt Ihr Sohn/Ihre Tochter an einem ganz normalen Tag beim Fernsehen, Computerspielen, mit Freunden oder mit anderen Sachen, bei denen er/sie ständig sitzt?

- Weniger als 1 h am Tag
- 1 - 2 h am Tag
- 3 - 4 h am Tag
- 5 - 6 h am Tag
- 7 - 8 h am Tag
- Mehr als 8 h am Tag

8. Können Sie uns ungefähr sagen, wie viel Geld Sie monatlich für den Sport ihres Kindes ausgeben?

- Gar nichts
- Bis \$5.000
- Mehr als \$15.000
- Zwischen \$5.001 und \$10.000
- Zwischen \$10.001 und \$15.000

9. Wie oft pro Monat isst ihr Kind gewöhnlich Fisch?

- 0 - 1 Mal pro Monat
- 1 - 4 Mal pro Monat
- 4 oder mehr als 4 Mal pro Monat

C. Anhang Neuromotorischer Test

Kurzanleitung neuromotorischer Test (ZNM)

Untersuchung		Zürcher Neuromotorik-Kurzanleitung		Zeitmessung	
Bei jeder Aufgabe: zuerst dominante Seite, dann nicht dominante Seite					
Aufgabe	Ausgangsposition aktive Seite	Hand-/Armstellung passive Seite	Übungsablauf		
Am Tisch					
Steckbrett	Tisch- und Stuhlhöhe einstellen Steckbrett bündig an Tischkante	Hand locker auf Handkante in Vertiefung	2 Versuche pro Hand, abwechselnd jeweils zuerst dominant dann nicht dominant	alle 12 Stecker eingesteckt alle 12 Stifte gedreht	
	A: Stecker 5.0–10.5 J. B: Stifte > 10.5–18.0 J. alle 12 Stifte eingesteckt				
Sitzend					
Repetitive Fussbewegungen	Stuhlhöhe einstellen korrekte Sitzhaltung	Hand locker auf Handkante Mitte Oberschenkel	Vorfluss heben	20 x ab 3. Bewegung	
Alternierende Fussbewegungen	Handfläche nach unten auf Mitte Oberschenkel	Handfläche ruht auf Mitte Oberschenkel	abwechselnd Vorfluss und Ferse anheben Hand auf Oberschenkel schlagen	10 x ab 3. Bewegung 20 x ab 3. Bewegung	
Alternierende Handbewegungen	Handrücken ruht auf Mitte Oberschenkel	Handrücken ruht auf Mitte Oberschenkel	Handfläche abwechselnd nach oben und nach unten auf Oberschenkel schlagen	10 x ab 3. Bewegung	
Repetitive Fingerbewegungen	Arme angehoben rechtwinklig in Schulter- und Ellbogengelenk visuelle Kontrolle erlaubt	Hand locker geöffnet	Daumenendglied gegen Zeigefingerendglied	20 x ab 3. Bewegung	
Sequentielle Fingerbewegungen			Daumenendglied nacheinander gegen 2. bis 5. Fingerendglied	5.0–6.5 J. 3 x ab 2. Durchgang > 6.5 J. 5 x ab 2. Durchgang	
Stehend					
Diadochokinese	aktiver Arm im Ellbogen 90° gebeugt; Bewegungen zuerst langsam, dann rasch ausführen lassen	ruhender Arm, locker hängend	10 rasche Rotationsbewegungen		
Statische Balance	A: 5.0–6.5 J. B: > 6.5–10.5 J. C: >10.5–18.0 J.	auf gestreiftem Steckbrett Fussinnenkanten parallel zu Streifen + Stab über dem Kopf	Arme hängend Arme gestreckt über Kopf	Einbeinstand Wenn 1. Versuch < 20 Sekunden wiederholen	längster Einbeinstand
	A: > 5.0–6.5 J. seitwärts vorwärts B: > 6.5–10.5 J. C: >10.5–18.0 J.	Ständer in 4 m Abstand; Gummiseile parallel am Boden mit geschlossenen Beinen vor dem 1. Seil zwischen den Beinen (vor Ständer); Ständer in 4 m Abstand; Gummiseil 20 cm hoch	Arme locker	1. Sprung über 1. Seil zwischen die Seile, 2. Sprung über 2. Seil, drehen an Ort, zurück Hüpfen zwischen den Seilen bis zum 2. Ständer, drehen an Ort, zurück zum 1. Ständer	5 Doppelsprünge 2 Seillängen
Stressgaits	seitwärts vorwärts	mit geschlossenen Beinen seitlich neben dem Seil (Seilmitte) mit geschlossenen Beinen seitlich neben dem Seil (Seilende)	Arme locker	Hüpfen seitwärts quer über das Seil	B: 10 Sprünge C: 15 Sprünge
	Vorbereitung Zehengang Fersengang O-Beingang X-Beingang	normales Gehen hin und zurück auf Vorfluss stehen, Fersen deutlich angehoben auf Fersen stehen, Vorfluss deutlich angehoben auf Aussenkante der Füße stehen, Knie nach aussen drücken auf Innenkante der Füße gehen, Knie zusammen drücken	Arme locker, am Körper hängend	in 6 Sprüngen vorwärts quer über das Seil bis zum 2. Ständer, drehen am Ort, zurück zum 1. Ständer eine Distanz von ca. 4 m hin- und hergehen	B: 2 Seillängen (12 Sprünge) C: 3 Seillängen (18 Sprünge)

D. Anhang Ergebnisteil

Tabelle 17: Anzahl und Ausmaß der Kontralateralen Mitbewegungen (KM) bei der ZNM; d=dominant, nd=nicht-dominant.

Aufgaben		Anzahl (0-10)				Ausmaß (0-3)			
		MW	SD	Min	Max	MW	SD	Min	Max
Reine Feinmotorik									
Repetitive	d	0,2	0,5	0	3	0,2	0,5	0	2
Fußbewegungen	nd	0,2	0,8	0	9	0,2	0,5	0	2
Alternierende	d	1,9	2,8	0	10	0,8	0,9	0	3
Fußbewegungen	nd	2,3	3	0	10	0,8	0,9	0	3
Repetitive	d	0,2	0,4	0	2	0,2	0,4	0	2
Handbewegungen	nd	0,2	0,4	0	2	0,2	0,5	0	3
Alternierende	d	1,8	2,1	0	10	0,8	0,6	0	3
Handbewegungen	nd	3,8	3,1	0	10	1,3	0,7	0	3
Repetitive	d	0,8	0,9	0	6	0,7	0,7	0	3
Fingerbewegungen	nd	1	0,9	0	4	0,8	0,7	0	3
Sequentielle	d	1,9	1,8	0	8	0,9	0,7	0	3
Fingerbewegungen	nd	1,9	1,7	0	10	1	0,6	0	3
Adaptive Feinmotorik									
Steckbrett (1. Versuch)	d	2,8	2,9	0	10	0,9	0,7	0	3
	nd	3,3	3,1	0	10	1	0,7	0	3
Steckbrett (2. Versuch)	d	2,8	2,9	0	10	0,9	0,7	0	3
	nd	3	3	0	10	0,9	0,7	0	3
Grobmotorik									
Diadochokinese	d	1,6	2	0	10	0,7	0,7	0	3
	nd	2,7	2,8	0	10	0,9	0,7	0	3
Stressgaits ¹	Zehengang	2,6	3,9	0	10	0,4	0,7	0	3
	Fersengang	5,1	4	0	10	1	0,6	0	3
	O-Beingang	7,3	3,4	0	10	1,4	0,7	0	3
	X-Beingang	6,6	3,8	0	10	1,2	0,8	0	3

¹: Bei den Stressgaits bezieht sich die Anzahl der KM auf die Dauer der typischen kontralateralen Armhaltung. Bsp: Ein MW von 5 bei Anzahl bedeutet, dass während der ca. 8 m, die auf Fersen gegangen wurden, die Hälfte der Zeit Mitbewegungen der Arme ausgeführt wurden.

Abb. 30: Zeitliche Leistungen in der reinen Feinmotorik, repetitive und alternierende Handbewegungen, nicht-dominante Hand, nach Alter und Geschlecht. ○ Einzelwerte der Jungen, ○ Einzelwerte der Mädchen. -- lineare Trendlinie Jungen, -- lineare Trendlinie Mädchen.

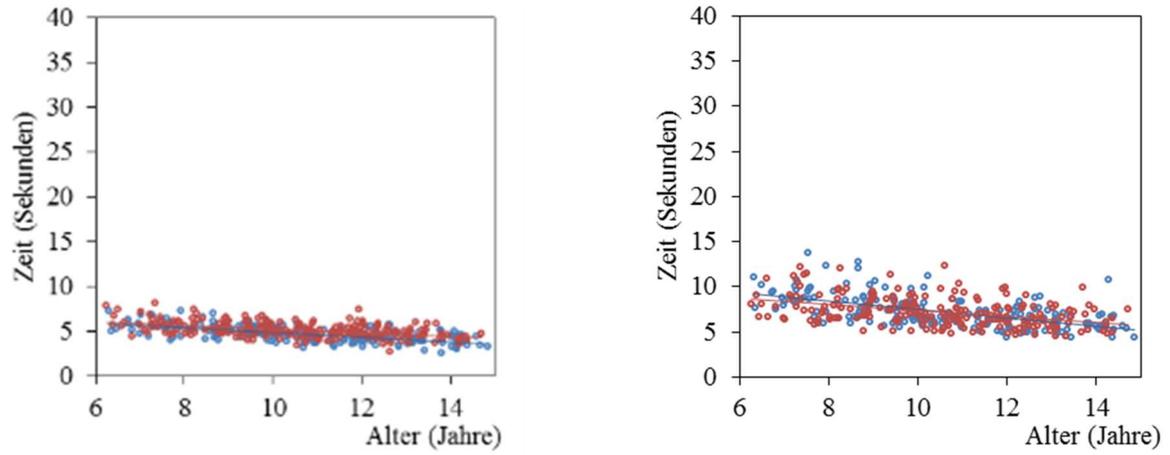


Abb. 31: Zeitliche Leistungen in der reinen Feinmotorik, repetitive und alternierende Fingerbewegungen, nicht-dominante Hand, nach Alter und Geschlecht. ○ Einzelwerte der Jungen, ○ Einzelwerte der Mädchen. -- lineare Trendlinie Jungen, -- lineare Trendlinie Mädchen.

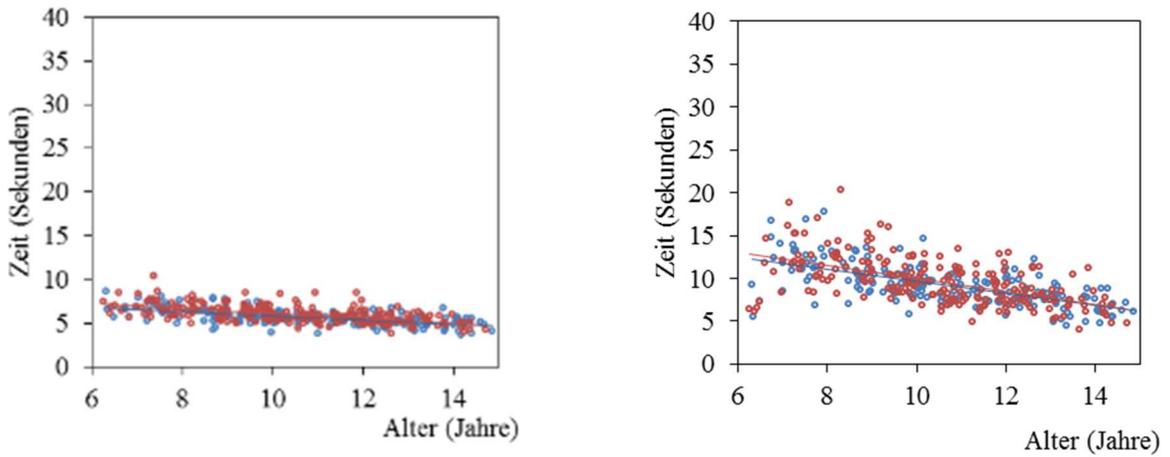


Abb. 32: Zeitliche Leistungen in der reinen Feinmotorik, repetitive und alternierende Fußbewegungen, nicht-dominante Hand, nach Alter und Geschlecht. ○ Einzelwerte der Jungen, ○ Einzelwerte der Mädchen. -- lineare Trendlinie Jungen, -- lineare Trendlinie Mädchen.

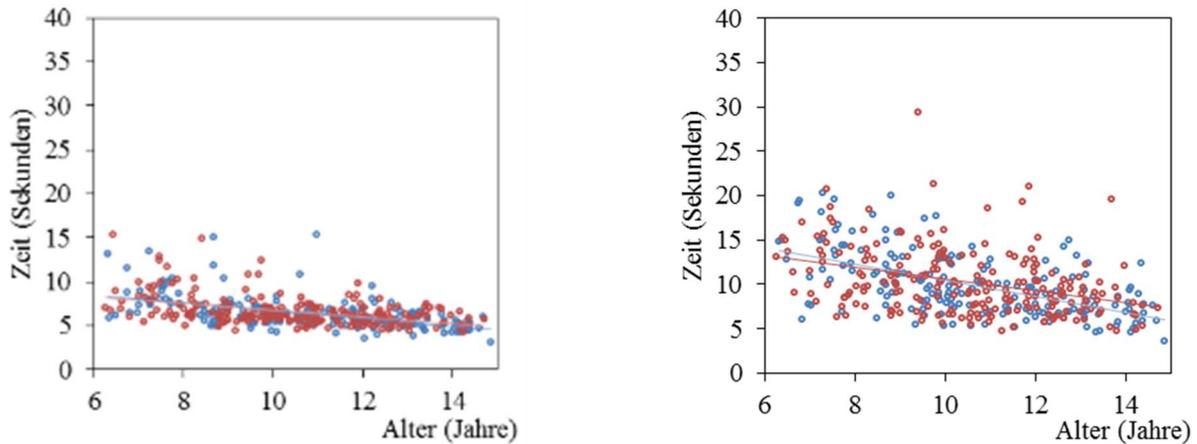


Abb. 33: Zeitliche Leistungen in der adaptiven Feinmotorik, Steckbrett-Versuch, nicht-dominante Hand, nach Alter und Geschlecht. ○ Einzelwerte der Jungen, ○ Einzelwerte der Mädchen. -- lineare Trendlinie Jungen, -- lineare Trendlinie Mädchen.

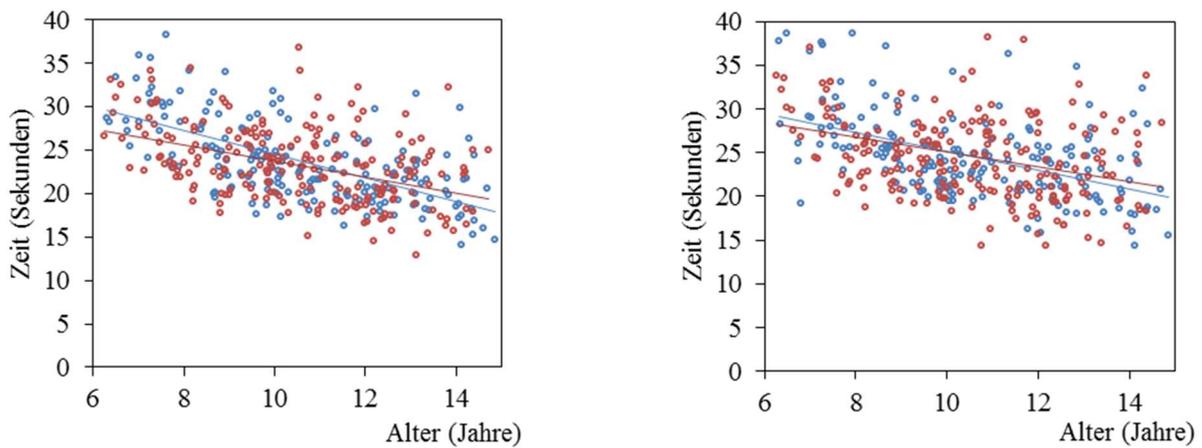


Abb. 34: Zeitliche Leistungen in der Grobmotorik, Statische Balance, nicht-dominantes Bein, nach Alter und Geschlecht. ○ Einzelwerte der Jungen, ○ Einzelwerte der Mädchen. -- lineare Trendlinie Jungen, -- lineare Trendlinie Mädchen.

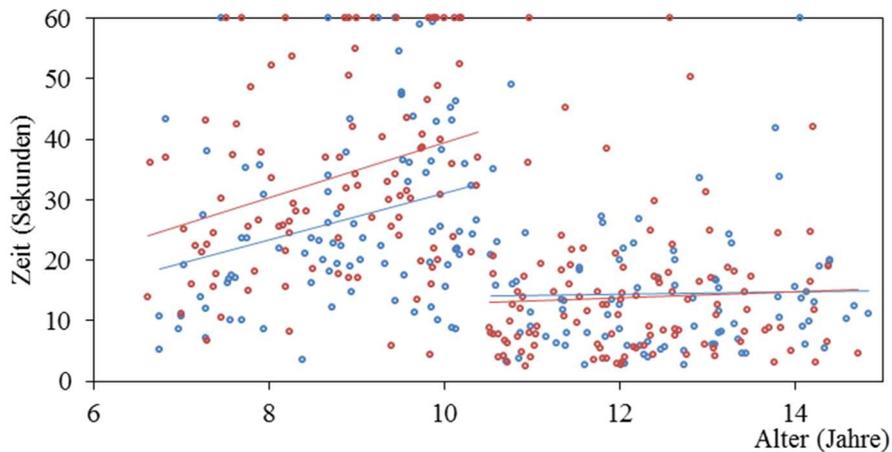


Abb. 35: Anzahl und Ausmaß kontralateraler Mitbewegungen (Skala 0-10 bzw. Skala 0-3) im Steckbrett-Versuch 1, dominante Hand, nach Alter und Geschlecht. ○ Einzelwerte der Jungen, ○ Einzelwerte der Mädchen. -- lineare Trendlinie Jungen, -- lineare Trendlinie Mädchen.

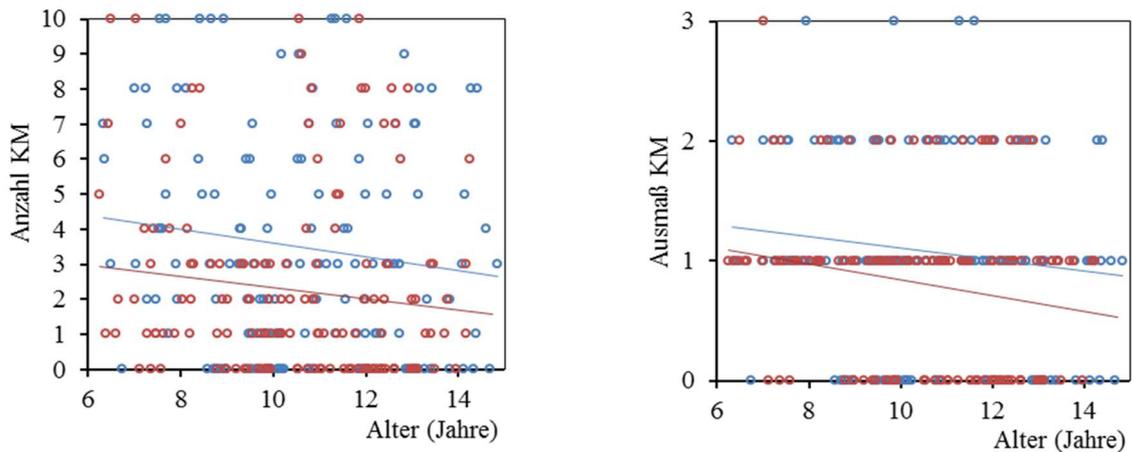


Abb. 36: Anzahl und Ausmaß kontralateraler Mitbewegungen (Skala 0-10 bzw. Skala 0-3) bei den repetitiven Fußbewegungen, dominanter Fuß, nach Alter und Geschlecht. ○ Einzelwerte der Jungen, ○ Einzelwerte der Mädchen. -- lineare Trendlinie Jungen, -- lineare Trendlinie Mädchen.

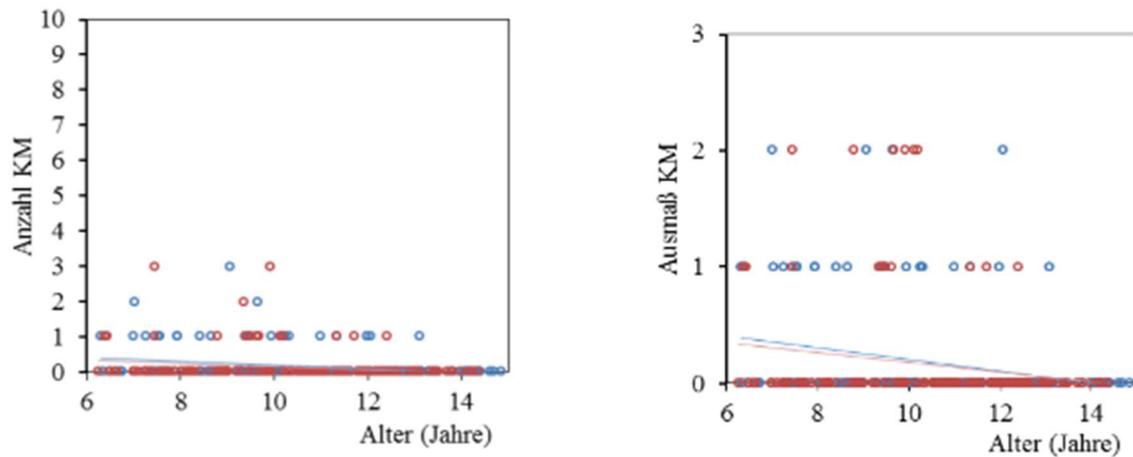


Abb. 37: Anzahl und Ausmaß kontralateraler Mitbewegungen (Skala 0-10 bzw. Skala 0-3) bei den alternierenden Fußbewegungen, dominanter Fuß, nach Geschlecht und Alter. ○ Einzelwerte der Jungen, ○ Einzelwerte der Mädchen. -- lineare Trendlinie Jungen, -- lineare Trendlinie Mädchen.

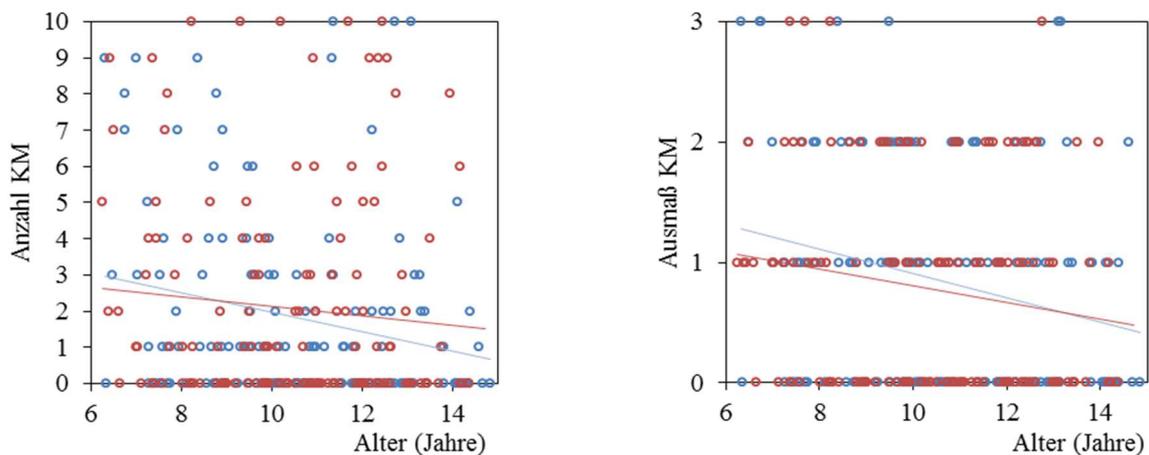


Abb. 38: Anzahl und Ausmaß kontralateraler Mitbewegungen (Skala 0-10 bzw. Skala 0-3) bei den repetitiven Handbewegungen, dominante Hand, nach Geschlecht und Alter. ○ Einzelwerte der Jungen, ○ Einzelwerte der Mädchen. -- lineare Trendlinie Jungen, -- lineare Trendlinie Mädchen.

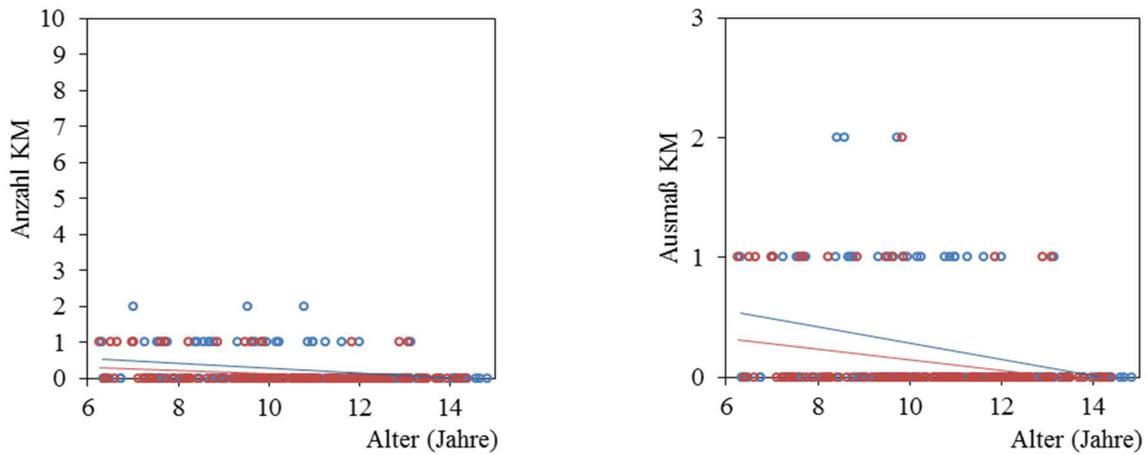


Abb. 39: Anzahl und Ausmaß kontralateraler Mitbewegungen (Skala 0-10 bzw. Skala 0-3) bei den alternierenden Handbewegungen, dominante Hand, nach Geschlecht und Alter. ○ Einzelwerte der Jungen, ○ Einzelwerte der Mädchen. -- lineare Trendlinie Jungen, -- lineare Trendlinie Mädchen.

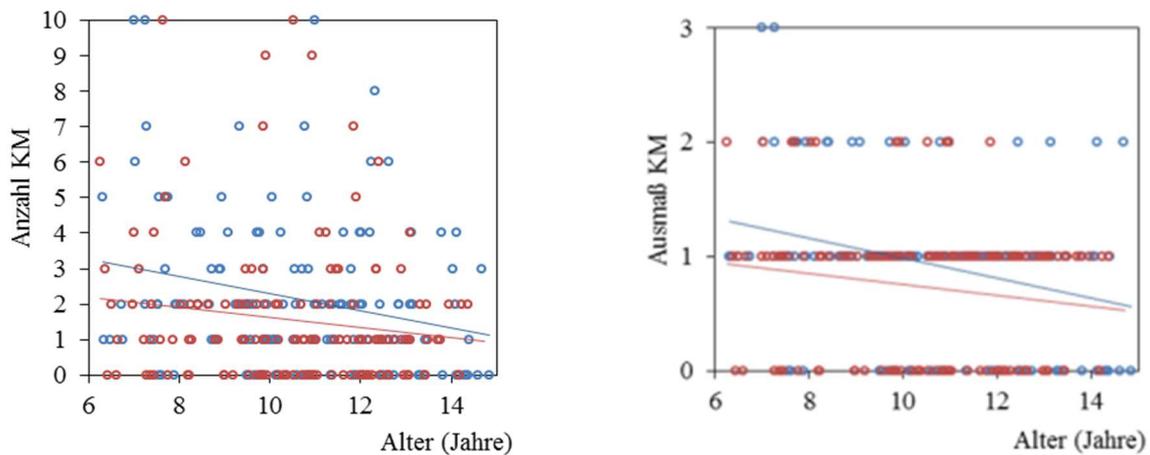


Abb. 40: Anzahl und Ausmaß kontralateraler Mitbewegungen (Skala 0-10 bzw. Skala 0-3) bei den repetitiven Fingerbewegungen, dominante Hand, nach Geschlecht und Alter. ○ Einzelwerte der Jungen, ○ Einzelwerte der Mädchen. -- lineare Trendlinie Jungen, -- lineare Trendlinie Mädchen.

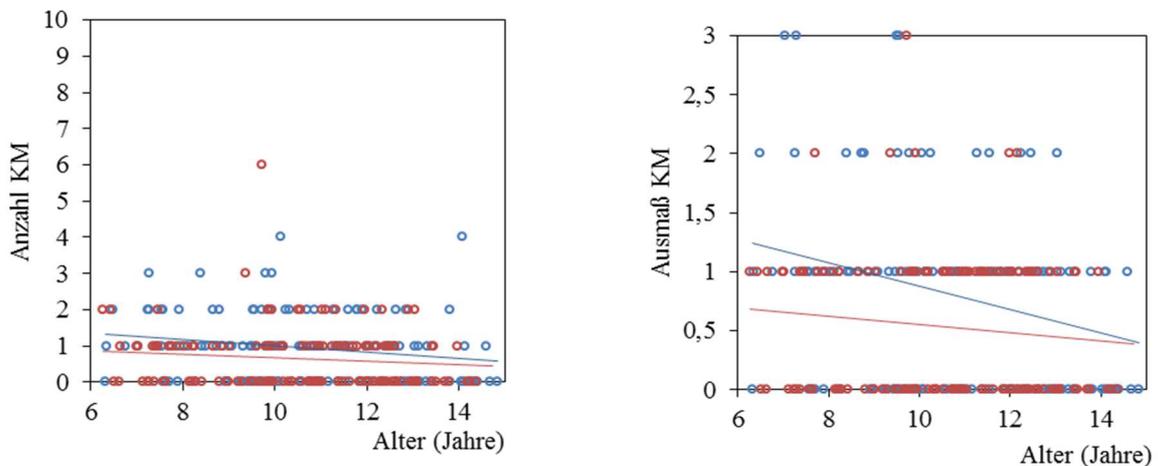


Abb. 41: Anzahl und Ausmaß kontralateraler Mitbewegungen (Skala 0-10 bzw. Skala 0-3) bei den sequentiellen Fingerbewegungen, dominante Hand, nach Geschlecht und Alter. ○ Einzelwerte der Jungen, ○ Einzelwerte der Mädchen. -- lineare Trendlinie Jungen, -- lineare Trendlinie Mädchen.

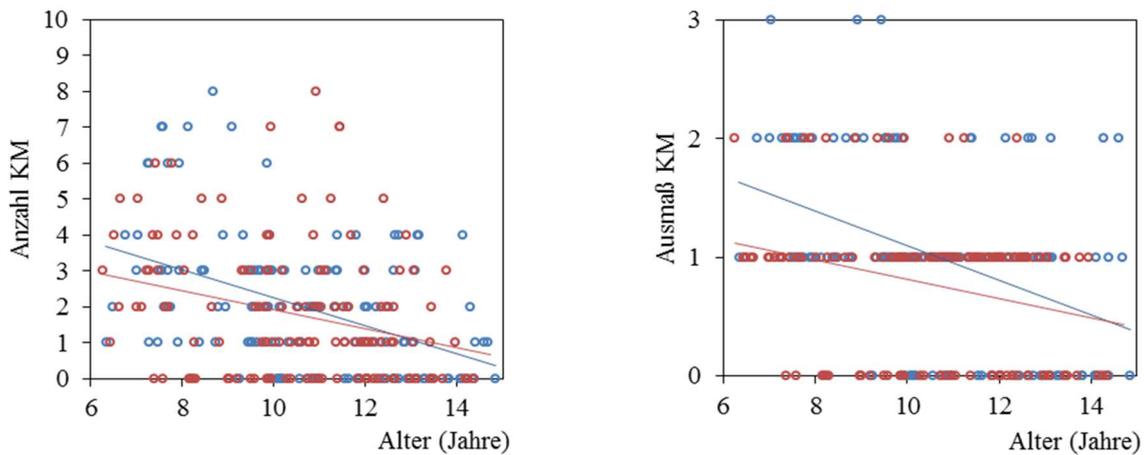


Abb. 42: Anzahl und Ausmaß kontralateraler Mitbewegungen (Skala 0-10 bzw. Skala 0-3) bei der Diadochokinese, dominante Hand, nach Geschlecht und Alter. ○ Einzelwerte der Jungen, ○ Einzelwerte der Mädchen. -- lineare Trendlinie Jungen, -- lineare Trendlinie Mädchen.

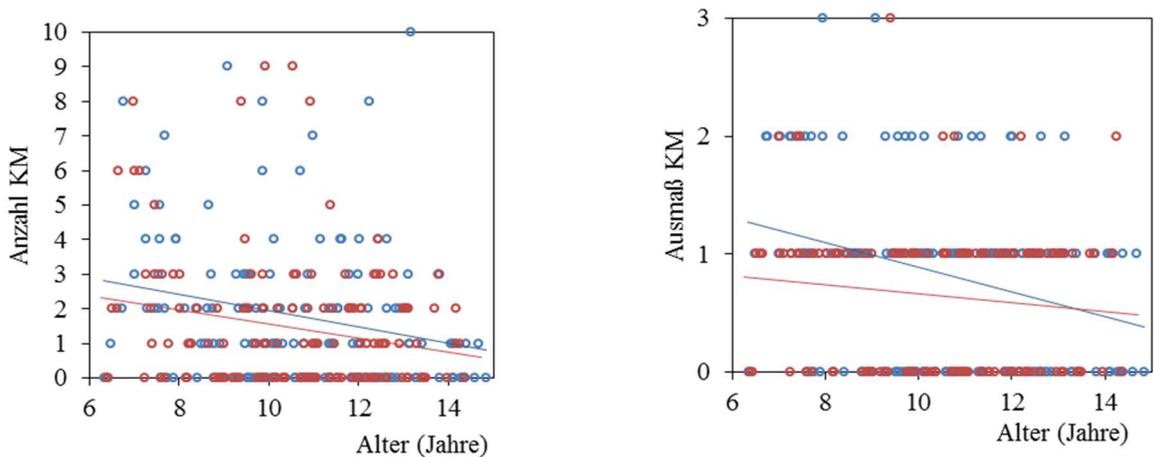


Abb. 43: Dauer und Ausmaß typischer Armhaltung (Skala 0-10 bzw. Skala 0-3) beim Zehengang, nach Geschlecht und Alter. ○ Einzelwerte der Jungen, ○ Einzelwerte der Mädchen. -- lineare Trendlinie Jungen, -- lineare Trendlinie Mädchen.

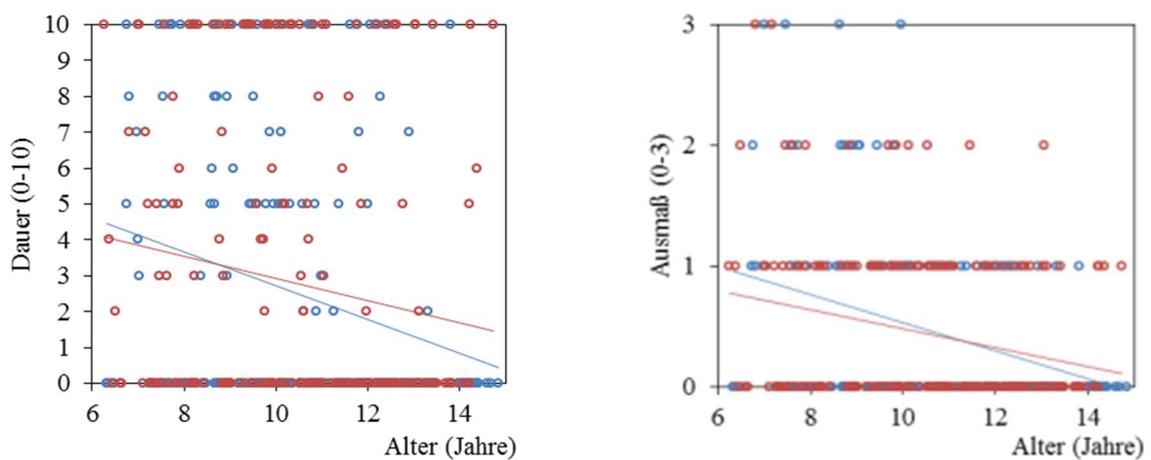


Abb. 44: Dauer und Ausmaß typischer Armhaltung (Skala 0-10 bzw. Skala 0-3) beim Fersengang, nach Geschlecht und Alter. ○ Einzelwerte der Jungen, ○ Einzelwerte der Mädchen. -- lineare Trendlinie Jungen, -- lineare Trendlinie Mädchen.

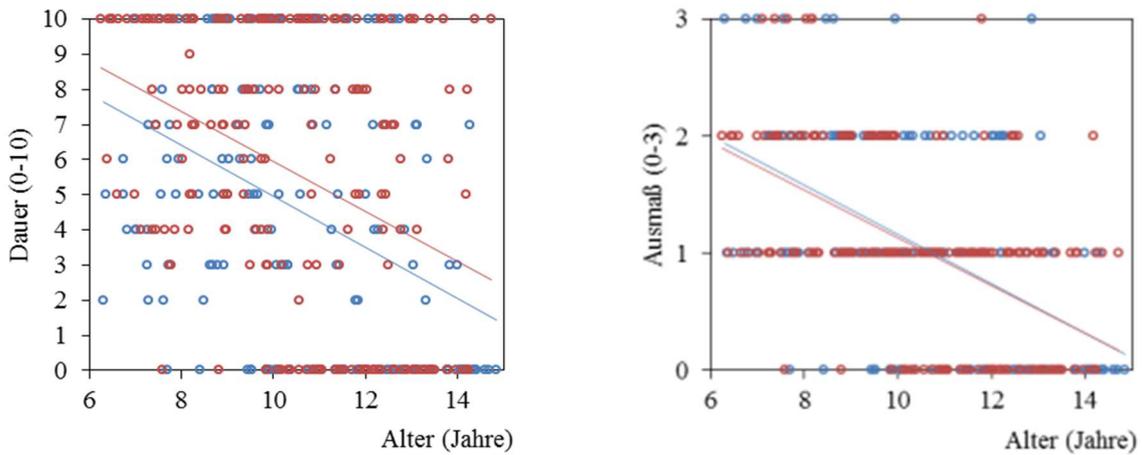


Abb. 45: Dauer und Ausmaß typischer Armhaltung (Skala 0-10 bzw. Skala 0-3) beim O-Beingang, nach Geschlecht und Alter. ○ Einzelwerte der Jungen, ○ Einzelwerte der Mädchen. -- lineare Trendlinie Jungen, -- lineare Trendlinie Mädchen.

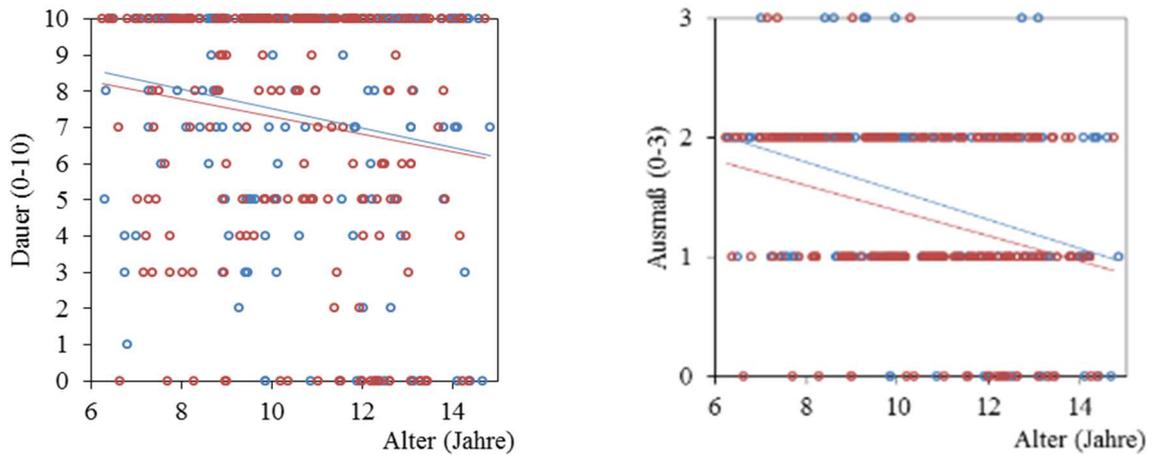


Abb. 46: Dauer und Ausmaß typischer Armhaltung (Skala 0-10 bzw. Skala 0-3) beim X-Beingang, nach Geschlecht und Alter. ○ Einzelwerte der Jungen, ○ Einzelwerte der Mädchen. -- lineare Trendlinie Jungen, -- lineare Trendlinie Mädchen.

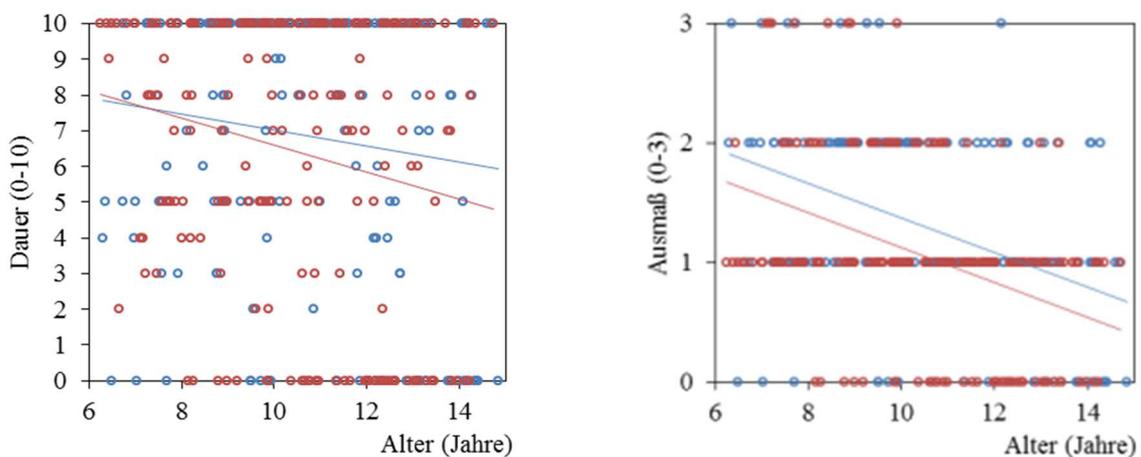


Tabelle 18: Multiple lineare Regression zwischen den Risikofaktoren und Dynamischer Balance, Aufteilung der Altersgruppen nach BMI-SDS.

Alle (N=358)	SDS	p-Wert	R²
Intercept ²²	-1,48	<0,001	0,31
Alter (Jahre)	-0,14	0,03	
Geschlecht: weiblich	-0,77	<0,001	
BMI	-0,29	<0,001	
Schulart: privat	1,02	<0,001	
Körperliche Betätigung	0,12	0,04	
≤10,5 Jahre, BMI<3SDS (N=103)	SDS	p-Wert	R²
Intercept	-0,56	0,14	0,07
Alter (Jahre)	0,03	0,72	
Geschlecht: weiblich	-0,10	0,62	
BMI	-0,08	0,47	
Schulart: privat	0,55	0,01	
Körperliche Betätigung	-0,10	0,18	
≤10,5 Jahre, BMI<2 SDS (N=77)	SDS	p-Wert	R²
Intercept	-0,31	0,44	0,13
Alter (Jahre)	0,16	0,15	
Geschlecht: weiblich	-0,08	0,71	
BMI	-0,18	0,21	
Schulart: privat	0,62	0,01	
Körperliche Betätigung	-0,09	0,21	
>10,5 Jahre, BMI<3SDS (N=140)	SDS	p-Wert	R²
Intercept	-2,10	0,002	0,24
Alter (Jahre)	-0,14	0,39	
Geschlecht: weiblich	-1,54	<0,001	
BMI	-0,33	0,05	
Schulart: privat	1,22	<0,001	
Körperliche Betätigung	0,24	0,03	
>10,5 Jahre, BMI<2SDS (N=102)	SDS	p-Wert	R²
Intercept	-2,05	0,02	0,13
Alter (Jahre)	-0,15	0,44	
Geschlecht: weiblich	-1,36	0,003	
BMI	-0,23	0,43	
Schulart: privat	1,22	0,01	
Körperliche Betätigung	0,21	0,17	

N=Anzahl, SDS=Standard Deviation Score, R²=Quadratischer Korrelationskoeffizient (adjustiert).

²² Ein 10-jähriger Junge der staatlichen Schule mit BMI-SDS-Wert von 0 erzielte gegenüber der Schweizer Normpopulation ein um 1,48 SDS schlechteres Ergebnis. Höheres Alter, weibliches Geschlecht und höhere BMI-Werte waren mit einer statistisch signifikant schlechteren Leistung, Besuch der privaten Schule und körperliche Betätigung mit einer signifikant besseren Leistung assoziiert.

10 Eidesstattliche Erklärung

Meumann, Elisabeth

Name, Vorname

Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Dissertation mit dem Thema

Neuromotorik bei chilenischen Schulkindern - Prävalenz und Risikofaktoren
pathologischer Testergebnisse in der Zürcher Neuromotorik

selbstständig verfasst, mich außer der angegebenen keiner weiteren Hilfsmittel bedient und alle Erkenntnisse, die aus dem Schrifttum ganz oder annähernd übernommen sind, als solche kenntlich gemacht und nach ihrer Herkunft unter Bezeichnung der Fundstelle einzeln nachgewiesen habe.

Ich erkläre des Weiteren, dass die hier vorgelegte Dissertation nicht in gleicher oder in ähnlicher Form bei einer anderen Stelle zur Erlangung eines akademischen Grades eingereicht wurde.

München, 08.08.2018

Ort, Datum

Unterschrift Doktorandin/Doktorand

11 Danksagung

Zuallererst möchte ich mich bei meiner Doktormutter Frau Prof. Katja Radon bedanken, für ihre Geduld und ausgezeichnete Unterstützung bei der Durchführung der Arbeit.

Herrn Prof. Daniel Moraga danke ich für die Unterstützung bei der Erhebung der Daten in Chile, vor allem bei der Auswahl der Schulen und Gesprächen mit den Direktoren.

Dem Team von Herr Prof. Remo Largo, insbesondere Herr Dr. Jon Caflisch, danke ich für die Einführung in die Zürcher Neurmotorik, die Überlassung des Testmanuals und die immer schnellen Antworten auf meine Fragen aus Chile.

Ein besonderer Dank geht auch an Herr Chaouch Aziz für seine Hilfe bei den statistischen Auswertungen.

Meiner Familie danke ich von ganzem Herzen für ihr Verständnis, die vielen aufmunternden Worte und den emotionalen Rückhalt, auf den ich mich immer verlassen kann.