

Aus dem Bereich klinische Medizin
der Medizinischen Fakultät
der Universität des Saarlandes, Homburg/Saar

**Beeinflussen Alter, Haltung und anthropometrische Parameter
die Wirbelsäulenbeweglichkeit in der Flexion
bei Kindern und Jugendlichen?
Gibt es Unterschiede zu den Bewegungsnormwerten der Erwachsenen?**

Dissertation zur Erlangung des Grades eines Doktors der Zahnmedizin

der Medizinischen Fakultät

der UNIVERSITÄT DES SAARLANDES

2022

vorgelegt von Christian Schmitt
geb. 08.09.1982 in Neunkirchen/Saar

Aus der Klinik für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie
Universitätskliniken Homburg/Saar
Direktor: Prof. Dr. Landgraeber

Inhaltsverzeichnis

I.	Abbildungsverzeichnis	S. 4
II.	Tabellenverzeichnis	S. 5
III.	Abkürzungsverzeichnis	S. 6
IV.	Zusammenfassung	S. 7
V.	Summary	S. 9
VI.	Einleitung	S. 11
VII.	Material und Methoden	S. 19
	VII.1 Probanden	S. 19
	VII.2 Untersuchungen	S. 21
	2.1 Vermessung von anthropometrischen Daten	S. 21
	2.2 Orthopädische Untersuchungen	S. 21
	2.2.1 Inspektion	S. 21
	2.2.2 Untersuchung am stehenden Probanden	S. 21
	2.2.3 Untersuchung am liegenden Probanden	S. 22
	2.3 Messtechnische Untersuchungen	S. 22
	2.3.1 Beweglichkeitsprüfung der LWS nach SCHOBER	S. 22
	2.3.2 Beweglichkeitsprüfung der BWS nach OTT	S. 23
	2.3.3 Messung des Finger-Boden-Abstandes (FBA)	S. 23
	2.4 Haltungstest mit apparativen Methoden	S. 24
	2.4.1 Bestimmung des Haltungsindex nach FRÖHNER (1998) (habituell, korrigierte Haltung und Haltung bei geschlossenen Augen)	S. 24
	2.4.2 Haltungstest nach MATTHIASS	S. 27
	VII.3 Statistische Auswertung	S. 29
VIII.	Ergebnisse	S. 30
	VIII.1 Auswertung der Metrischen Daten	S. 30
	1.1 Körpergröße	S. 30
	1.2 Körpergewicht	S. 31
	1.3 Lebensalter	S. 32

VIII.2	Auswertung der Beschwerdeangaben kohorten- und geschlechtsspezifisch	S. 38
VIII.3	Auswertung der Beweglichkeitsprüfung	S. 45
3.1	Ott'sches Maß	S. 45
3.2	Schober-Test	S. 47
3.3	Finger-Boden-Abstand	S. 49
VIII.4	Auswertung des Haltungsindex	S. 52
4.1	Habituellem Haltungsindex (Hab HI)	S. 52
4.2	Haltungsindex bei korrigierter Haltung (Augen auf Aa HI)	S. 54
4.3	Haltungsindex bei geschlossenen Augen (Az HI)	S. 56
VIII.5	Korrelationen des Haltungsindex mit den metrischen Parametern	S. 58
VIII.6	Zusammenfassung der Ergebnisse	S. 60
IX.	Diskussion	S. 61
X.	Schlussfolgerungen	S. 73
XI.	Anhang	S. 75
	1. Untersuchungsbogen	S. 75
	2. Messwerte	S. 77
XII.	Literaturverzeichnis	S. 80
XIII.	Danksagung	S. 88
XIV.	Lebenslauf	S. 89

I. Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1: Phylogenetische Entwicklung der Wirbelsäulenform
- Abb. 2: Schematische Darstellung der Haltungsstabilisatoren
- Abb. 3: Haltungstypen
- Abb. 4: Alters- und Geschlechtsverteilung des Gesamtkollektivs
- Abb. 5: Beweglichkeitstest der Wirbelsäule nach SCHOBER und OTT
- Abb. 6a: Berechnung des Fröhner-Index
- Abb. 6b: Haltungspositionen bei Bestimmung des Haltungsindex
- Abb. 7: Einteilung der Haltungstypen nach dem Haltungsindex nach FRÖHNER
- Abb. 8: Haltungstest nach MATTHIASS
- Abb. 9: Angaben von Beschwerden aufgeschlüsselt nach den einzelnen Altersgruppen und Lokalisationen
- Abb. 10: Geschlechtsspezifische Verteilung der Probanden mit Beschwerdeangaben bezogen auf das Gesamtkollektiv
- Abb. 11: Prozentuale Verteilung der altersspezifischen Beschwerdeangaben nach den einzelnen Lokalisationen
- Abb. 12: Geschlechtsspezifische Verteilung der Beschwerdelokalisationen in Prozent bezogen auf das Gesamtkollektiv
- Abb. 13: Altersspezifische Ergebnisse bei der Beweglichkeitsprüfung nach OTT (Ott'sches Maß)
- Abb. 14: Geschlechtsspezifische Ergebnisse bei der Beweglichkeitsprüfung nach OTT (Ott'sches Maß)
- Abb. 15: Altersspezifische Beweglichkeit der Lendenwirbelsäule (LWS) bei Prüfung des Schober-Maßes
- Abb. 16: Geschlechtsspezifische Beweglichkeit der Lendenwirbelsäule (LWS) bei Prüfung des Schober-Maßes
- Abb. 17: Altersgruppenspezifische Messergebnisse bei Prüfung des FBA (Finger-Boden-Abstandes)
- Abb. 18: Geschlechtsspezifische Messergebnisse bei Prüfung des FBA (Finger-Boden-Abstandes)
- Abb. 19: Altersspezifischer habitueller Haltungsindex (Hab HI)
- Abb. 20: Geschlechtsspezifische Verteilung des habituellen Haltungsindex
- Abb. 21: Altersspezifische Verteilung des Haltungsindex bei korrigiertem Haltungsindex (Aa HI)
- Abb. 22: Geschlechtsspezifischer Haltungsindex bei korrigierter Haltung (Aa HI)

II. Tabellenverzeichnis

- Tab. 1: Gewicht, Größe und Alter des Gesamtkollektivs
- Tab. 2: Geschlechterspezifische Verteilung von Gewicht, Größe und Alter des Gesamtkollektivs
- Tab. 2a: Signifikanzprüfung auf Geschlechtsunterschiede bezüglich Gewicht, Größe und Alter beim Gesamtkollektiv
- Tab. 3: Altersgruppenspezifische Verteilung von Gewicht, Größe und BMI (Body-Mass-Index)
- Tab. 4: Geschlechtsspezifische Verteilung von Gewicht, Größe und Alter in den einzelnen Altersgruppen
- Tab. 5: Geschlechtsspezifischer Body-Mass-Index in Bezug auf das Alter
- Tab. 6: Geschlechtsspezifische Auswertung der BMI-Werte des Gesamtkollektivs
- Tab. 7: Body-Mass-Index geschlechts- und altersgruppenspezifisch bezüglich der Gewichtskategorien
- Tab. 8: Geschlechtsspezifische Auswertung des Gesamtkollektivs bezüglich der Gewichtskategorien
- Tab. 9: Verteilung der angegebenen Beschwerden altersspezifisch und bezogen auf das Gesamtkollektiv
- Tab. 10: Geschlechtsspezifische Verteilung der Beschwerden im Gesamtkollektiv
- Tab. 11: Prozentuale Verteilung der einzelnen Beschwerden bezüglich der Gesamtbeschwerden
- Tab. 12: Signifikanzprüfung bezüglich Schober-Maß, Ott-Maß und Finger-Boden-Abstand
- Tab. 12a: Post-Hoc-Test mit Bonferroni Korrektur für das Ott'sche-Maß
- Tab. 13: Auswertung des Gesamtkollektivs hinsichtlich Beweglichkeitsprüfung nach Schober-Maß und Ott'schem Maß und Messung des FBA
- Tab. 14: Altersspezifische Auswertung der Beweglichkeitsprüfung nach Schober-Maß und Ott'schem Maß und Messung des FBA
- Tab. 15: Geschlechtsspezifische Auswertung der Beweglichkeitsprüfung nach Schober-Maß und Ott'schem Maß und Messung des FBA
- Tab. 16: Statistische Auswertung des Gesamtkollektivs hinsichtlich des Haltungsindex habituell (Hab HI) sowie bei korrigierter Haltung (Aa HI)
- Tab. 17: Altersspezifische Auswertung des habituellen Haltungsindex (Hab HI) sowie bei korrigierter Haltung (Aa HI) und bei geschlossenen Augen (Az HI)
- Tab. 18: Geschlechtsspezifische Auswertung des Haltungsindex habituell (Hab HI) sowie bei korrigierter Haltung (Aa HI) (Gesamtkollektiv) und bei geschlossenen Augen (Az HI)
- Tab. 19: Korrelationen zwischen Funktionswerten und Haltung

III. Abkürzungsverzeichnis

Aa HI:	Haltungsindex bei offenen Augen
Abb.:	Abbildungen
AFG:	Akademie und Forschungszentrum für Gesundheitsmedizin
AGA:	Arbeitsgemeinschaft Adipositas (im Kindes- und Jugendalter)
Az HI:	Haltungsindex bei geschlossenen Augen
BMI:	Body-Mass-Index
BWS:	Brustwirbelsäule
cm:	Zentimeter
FBA:	Finger-Boden-Abstand
Hab HI:	habituellem Haltungsindex
HI:	Haltungsindex
HWS:	Halswirbelsäule
kg:	Kilogramm
KiGGS:	Kinder- und Jugend Gesundheits-Surveys
LWS:	Lendenwirbelsäule
m:	männlich
PC:	Personal Computer
S.:	Seite
SD:	Standardabweichung
Tab.:	Tabelle
UdS:	Universität des Saarlandes
w:	weiblich
WHO:	World Health Organisation
ZNS:	Zentralnervensystem

IV. Zusammenfassung

Das Fach Orthopädie entstand ursprünglich aus der Sorge um eine gesunde Entwicklung der Wirbelsäule im Kindes- und Jugendalter mit dem Ziel, Spätschäden zu vermeiden. Aus diesem Grunde ist die Untersuchung der Wirbelsäule einschließlich Funktionsdiagnostik auch heute noch wesentlicher Bestandteil der Vorsorgeuntersuchung.

In der Praxis werden die Normalwerte der Wirbelsäulenfunktion für Erwachsene auch bei Kindern und Jugendlichen verwendet, wobei dies aber kritisch hinterfragt werden muss, da infolge des entwicklungsbedingten Gestaltwechsels der Wirbelsäule und der morphologischen Änderungen durchaus gegenüber den Erwachsenen, Änderungen in den Bewegungsumfängen auftreten könnten. Untersuchungen hierüber liegen jedoch nicht vor.

Zur Klärung dieser Frage wurden im Rahmen der Kid-Check Studie von 2012 bis 2015 insgesamt 372 Probanden (232 Jungen, 140 Mädchen) im Alter zwischen 6 und 16 Jahren untersucht. Das Gesamtkollektiv wurde entsprechend der drei Entwicklungsphasen (Grundschulalter, Präpubertät, Pubertät) in drei Kohorten eingeteilt und die entsprechenden Ergebnisse zusätzlich geschlechtsspezifisch ausgewertet. Hierbei zeigte sich bezüglich der Funktionsgrößen Schober, Ott und Finger-Boden-Abstand kein signifikanter Unterschied zwischen den drei Altersgruppen, ebenso war auch kein geschlechtsspezifischer Unterschied nachweisbar. Die bei Kindern und Jugendlichen ermittelnden Funktionswerte nach Schober, Ott und Finger-Boden-Abstand (FBA) entsprechen auch den Normalwerten bei Erwachsenen. Somit können diese Tests mit den Erwachsenennormwerten auch bei Kindern und Jugendlichen verwendet werden. Es ergaben sich auch bezüglich der Funktion interessante positive und negative Korrelationen zu Gewicht und Körpergröße, die teilweise erklärbar sind, teilweise auch in ihrer Interpretation auf Vermutungen angewiesen sind.

Auch wurden die angegebenen Beschwerden der Probanden analysiert. Eine statistische Aussage über einen Zusammenhang der am häufigsten angegebenen Rückenschmerzen mit den untersuchten Funktionsparametern konnte infolge der relativ geringen Fallzahl nicht getätigt werden. Ebenso war auch keine statistische Aussage über den Zusammenhang der Rückenschmerzen mit Körpergewicht, dem Alter, dem BMI und der Beweglichkeit der Lendenwirbelsäule möglich.

Im Rahmen der Untersuchung wurde neben der Erfassung der biometrischen Daten der Probanden (Alter, Körpergröße, Gewicht, BMI) ebenso auch der Haltungsindex nach Fröhner bestimmt. Eine Abhängigkeit des Haltungsindex in den verschiedenen Altersstufen und auch geschlechtsspezifisch konnte nicht festgestellt werden. Es ergab sich jedoch ein signifikanter Unterschied zwischen habitueller und korrigierter Haltung sowie zwischen habitueller Haltung und Haltung mit geschlossenen Augen, während zwischen korrigierter Haltung und Haltung

mit geschlossenen Augen kein signifikanter Unterschied erkennbar war. Somit geht die in der Literatur beschriebene Veränderung des Körperneigungswinkels bei geschlossenen Augen nicht mit einer Veränderung der Haltung einher.

Ein Zusammenhang des Haltungsindex mit dem Ausmaß der Wirbelsäulenbeweglichkeit konnte nicht festgestellt werden.

V. Summary

Do age, posture and anthropometric parameters influence spinal flexion mobility in children and adolescents?

Are there any differences to the movement standard values of adults?

The subject of orthopedics originally arose from the concern for a healthy development of the spine in childhood and adolescence with the aim of preventing late damage.

For this reason, the examination of the spinal column including function diagnostics is still an essential part of preventive medical checkups today.

In practice, the normal values of spinal function for adults are also used for children and adolescents. This, however, requires critical reflection because the range of motion between children, adolescents, and adults might change due to growth-related physical and morphological changes of the spine. Unfortunately, there are no studies available about this.

To answer this question, a total of 372 test persons (232 boys, 140 girls) aged between 6 and 16 years were examined as part of the Kid-Check study from 2012 to 2015.

The whole collective was divided into three cohorts according to the three development phases (primary school age, prepubertal age, puberty), and the results were additionally evaluated on a gender-specific basis.

Neither significant differences between the three age groups with regard to the functional parameters Schober, Ott, and fingertip-to-floor distance, nor gender-specific differences were proved.

The functional values Schober, Ott, and fingertip-to-floor distance (FFD) determined in children and adolescents also correspond to the normal values in adults.

Thus, these standard values tests can be used for adults as well as for children and adolescents. With regard to function, interesting positive and negative correlations between weight and height were found, some of which can be explained and some of which are subject to assumptions.

Furthermore, indicated complaints of the test persons were analyzed, but the relatively small number of cases did not allow to make any statistically well founded statements about a correlation between the most prevalent back pain and the examined functional parameters.

It was also impossible to make any statistical statements about the correlation between back pain and body weight, age, BMI, and lumbar spine mobility.

As part of the study, the test persons' biometric data (age, height, weight, BMI) and posture index according to Fröhner were determined.

A relation between the posture index in the different age groups and gender was not noticed, but there was a significant difference between habitual and corrected posture, as well as between habitual posture and posture with closed eyes, while there was no significant difference between corrected posture and posture with closed eyes.

Thus, there is no relation between the change of the body tilt angle with closed eyes described in literature and posture change.

VI. Einleitung

Der Name „Orthopädie“ wurde 1741 von Nicolas Andry geprägt, der sich hauptsächlich mit Problemen der Wirbelsäule bei Kindern und Jugendlichen befasste, insbesondere auch mit der Haltung und prophylaktischen Maßnahmen zur Verhinderung von Haltungsschäden. Er wählte zum Symbol für diese Problemstellung ein krumm wachsendes Bäumchen, das zur Wuchslenkung an einen Pfahl gebunden ist. Das ärztliche Bemühen und die Sorge um eine gesunde Entwicklung der kindlichen Wirbelsäule sind also schon seit der Entstehung des Faches Orthopädie, wichtiger Bestandteil der Kinderorthopädie, die bis heute nicht an Aktualität verloren hat [KEIM 1982, HOLZER 1998, WIRTH 2001, BREITHECKER 2001, NIETHARD u. PFEIL 2003, KRÄMER v. GRIFKA 2007].

So ist heute noch die Untersuchung der kindlichen Wirbelsäule ein wesentlicher Bestandteil der Vorsorgeuntersuchungen mit dem Ziel, Haltungsfehler und Haltungsschäden sowie Formveränderungen und Funktionsstörungen der kindlichen Wirbelsäule frühzeitig zu erkennen und zu therapieren, insbesondere auch im Hinblick auf die sozio-ökonomische Bedeutung der klinischen Manifestation, der sich daraus eventuell entwickelnden Erkrankungen der Wirbelsäule im Erwachsenenalter mit Arbeitsunfähigkeitszeiten und frühzeitiger Berentung.

Während früher noch Mangel- und Fehlernährung, Kinderarbeit, Kleiderordnung (einschnürende Korsette), unzweckmäßige Schulmöbel und schwere Schulranzen für die Entstehung von Haltungsschwächen und Haltungsschäden verantwortlich gemacht wurden, rückt heute immer mehr die verminderte Bewegungsaktivität mit zum Teil extremem Bewegungsmangel und längerfristig eingenommenen Fehlhaltungen als Ursache in den Vordergrund.

Die spezifische körperliche Entwicklung des Menschen hat dazu geführt, dass der Mensch das einzige Lebewesen mit einer aufrechten Körperhaltung ist und er allein in der Lage ist, dauernd auf zwei Beinen aufrecht zu stehen und zu gehen. Die Aufrichtung vom Vierbeiner in den Zweibeinerstand war hauptsächlich durch eine Form- und Funktionsveränderung der Wirbelsäule möglich, mit entsprechender Anpassung der Haltungs- und Bewegungsorgane.

Bei der Ausbildung der Wirbelsäule des Menschen werden in der Zeitspanne in utero bis zum Wachstumsabschluss Millionen Jahre der Evolution in einem Zeitraffer zusammengefasst [NIETHARD 1997]. In utero ist die Wirbelsäule einbogig kyphotisch geformt und erhält dann im Durchgangsstadium des Vierfüßlerganges (Krabbel- und Kriechstadium) eine zweite Krümmung im Sinne einer lordodischen Biegung der Halswirbelsäule, damit der Blick nach vorn gerichtet werden kann. Brustwirbelsäule und Lendenwirbelsäule zeigen in diesem Stadium eine gleichmäßige Kyphose. Erst mit der vollständigen Aufrichtung im

Zweibeinerstand kommt es zur Ausformung der für den Menschen typischen Wirbelsäulenkrümmungen mit Halslordose, Brustkyphose und Lendenlordose (Abb. 1).

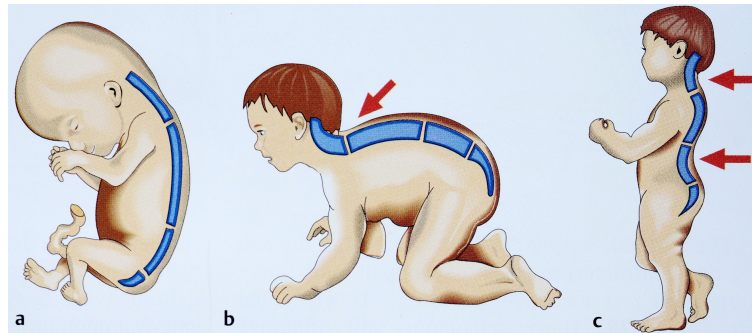


Abb. 1:

Die phylogenetische Entwicklung des Rückens beim Menschen verläuft über eine totale Kyphosierung der Wirbelsäule (Abb. 1a). Im Kriechstadium erfährt die Halswirbelsäule eine lordodische Biegung (Abb. 1 b). Erst im Zweibeinstand kommt es zur Aufrichtung der Wirbelsäule (Abb. 1 c).

Aus: Niethard F. U. (1997) Kinderorthopädie. Thieme Verlag Stuttgart New York

Der Körperschwerpunkt liegt beim aufrecht stehenden Menschen direkt zwischen den Füßen. Eine Fortbewegung ist nur durch Verlagerung des Körperschwerpunktes vor einen Fuß möglich. Um hierbei den Rumpf im Gleichgewicht zu halten war im Laufe der Entwicklung eine wesentliche Umstrukturierung des Skeletts und eine Funktionsänderung der Muskulatur erforderlich. Der *Musculus gluteus maximus*, der beim Primaten relativ unbedeutend ist, hat sich beim Menschen zum größten Muskel entwickelt, da er das Becken mit der Lendenwirbelsäule aufrichtet und die Hüftgelenke vollständig streckt, während der *Musculus gluteus medius* und der *Musculus tensor fasciae latae* die Stabilisierung des Beckens beim Einbeinstand und in der Schwungphase übernehmen [LANZ u. WACHSMUTH 1972, MOLL u. MOLL 2003].

Die Aufrechthaltung des Menschen resultiert aus der Auseinandersetzung der anatomischen Halteinrichtungen und der Muskulatur mit der Schwerkraft [MATZEN 2007]. Man unterscheidet zwischen passiven und aktiven Haltevorrichtungen. Zu den passiven Haltevorrichtungen gehören Knochen und Bänder, aktive Haltevorrichtung sind die Muskulatur und Sehnen. So wird die Form des Skeletts durch genetische Faktoren bestimmt. Wichtig ist hier die Stellung des Sakrums, denn je steiler das Sakrum ist, desto geringer ist die Ausprägung von Lordosen und Kyphose. Wird die Muskulatur nicht aktiviert, so „hängen“ wir in den Bändern [HEFTI 1997], indem die Hüftgelenke überstreckt und der Bauch herausgestreckt wird, während die Lendenwirbelsäule in eine Hyperlordosierung übergeht (Abb. 2).

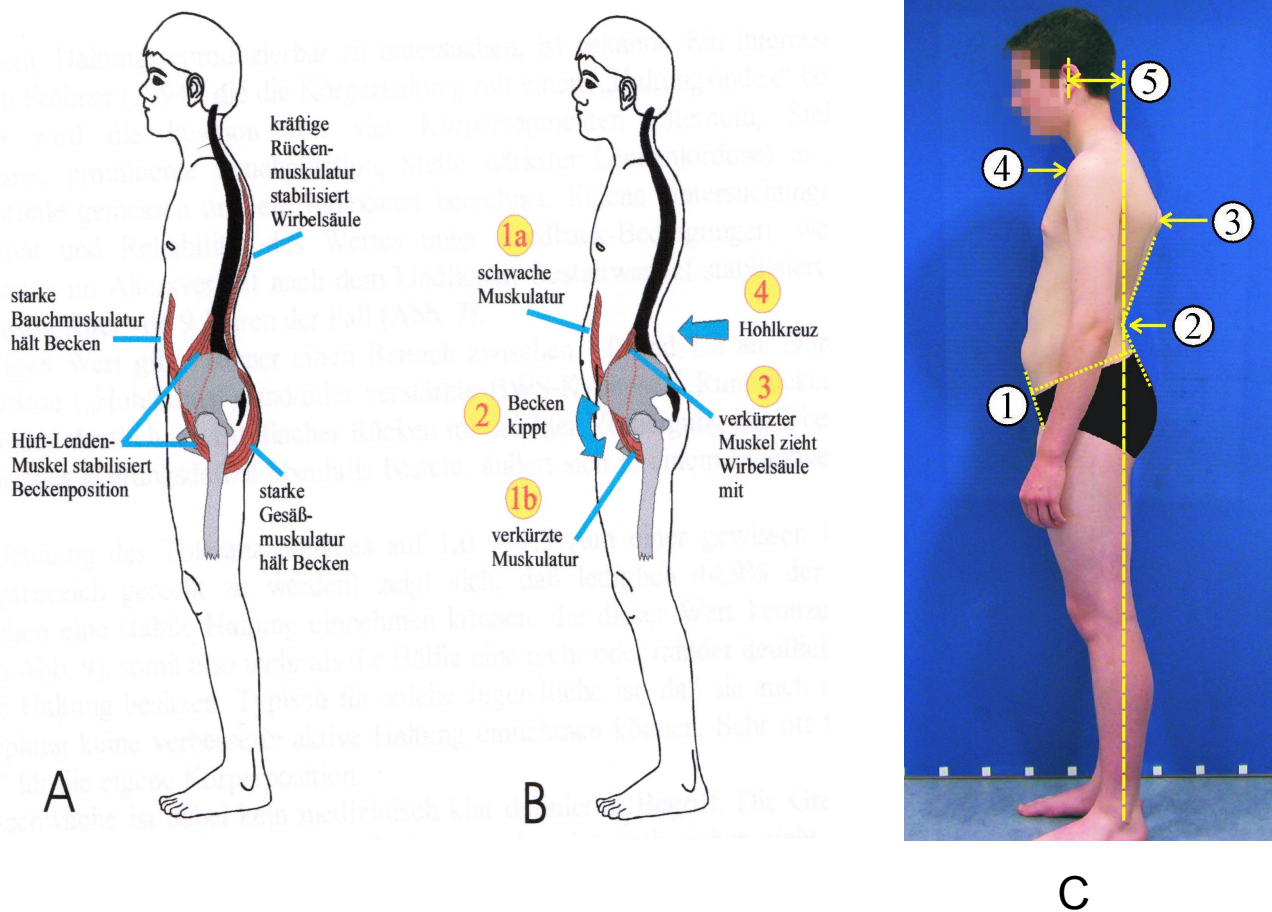


Abb. 2:

Die Haltung ist abhängig von einer stabilen muskulären Beckenpositionierung (A). Bei schwacher Muskulatur kippt das Becken nach vorn mit lordotischer Einstellung der Lendenwirbelsäule (B). Typische Elemente schwache Haltung (C): vorgekipptes Becken (1), Hohlkreuz (2), abstehende Schulterblätter (3), vorgezogener Schultergürtel (4), Kopf voran (5).

Aus: Ludwig O., Mazet D., Schmitt E. (2003) Haltungsschwächen bei Kindern und Jugendlichen, Gesundheitssport und Sporttherapie. 19, 165-170 (Abb. 2 A, B)

Ludwig O., Schmitt E. (2006) Neurokybernetik der Körperhaltung, Haltung und Bewegung 1. 26, 5-14 (Abb. 2 C)

Die Muskulatur hat jedoch einen wesentlichen Einfluss auf die Haltung, erfordert doch die Aufrichtung gegen die Schwerkraft eine Muskelarbeit, die mit Energieverbrauch verbunden ist. Hier spielen die Rücken-, Gesäß- und Bauchmuskulatur sowie die Schultergürtelmuskulatur eine wichtige Rolle. Durch Anspannung derselben wird eine aufrechte Haltung eingenommen, bei Erschlaffung eine entspannte Ruhehaltung oder Erholungshaltung.

Die Muskulatur wird gesteuert durch eine große Zahl von Propriozeptoren in Muskeln, Sehnen und Gelenken und in der Haut, durch reflektorische Vorgänge und optische Kontrolle durch das Auge und die Gleichgewichtsorgane im Innenohr [COLLINS u. DELUCA 1995, PETERKA 2002, GADE u. WILSON 2007, TING 2007, SOUSA et al. 2012, FELDMANN et al. 2014].

Die Beurteilung der Haltung ist von der Beurteilung der Wirbelsäulenform zu trennen.

Es ergibt sich aber die Schwierigkeit, die Begriffe Haltung, normale Haltung bzw. Fehlhaltung zu definieren. Haltung beschreibt das Gesamtbild des frei- und aufrechtstehenden Menschen [RÖSSLER u. RÜTHER 2005]. Sie ist auch Ausdruck der seelisch körperlichen Ganzheit, der Persönlichkeit und ein Ausdruck ihrer Kraft [SCHEDE 1969]. Haltung wird auch definiert als ein Momentbild aus vielen Bewegungsabläufen, sie ist ein dynamisches labiles Gleichgewicht, ein individueller Kompromiss zwischen Statik und Dynamik [KÖNIG 1999]. Eine Haltung wird im Allgemeinen als gut oder schön angesehen, wenn sie auf den Betrachter auch einen „guten und schönen Eindruck“ hinterlässt [MATZEN 2007].

Bei der normalen Haltung steht die Wirbelsäule in der Frontalebene im Lot. In der Sagittalebene richtet sie sich harmonisch in der Hals- und Lendenlordose sowie Brustkyphose auf. Es besteht ein momentaner Gleichgewichtszustand zwischen Schwerkraft und den aktiven (Muskulatur) und passiven (Bänder) Strukturen der Wirbelsäule.

Abweichungen von der „normalen“ Haltung werden als Haltungsfehler bezeichnet. Diese können durch aktive Muskelanspannung ausgeglichen werden. Wenn sich dieser Ausgleich aber nicht längere Zeit aufrechterhalten lässt, liegt eine Haltungsschwäche, also eine muskuläre Insuffizienz des Haltungsapparates mit konstitutioneller Disposition zur Balancestörung vor, die aber therapeutisch korrigierbar, also reversibel sein kann. Ein Haltungsverfall liegt dann vor, wenn das Kind überhaupt nicht in der Lage ist, die Fehlhaltung muskulär auszugleichen, d. h. die muskelmechanisch-orthostatische Körperbalance versagt. Im weiteren Verlauf kann sich hier ein Haltungsschaden einstellen mit sekundärer Deformierung des Achsenorgans und frühzeitigen degenerativen Aufbraucherscheinungen, die später vorzeitig eine klinische Beschwerdesymptomatik auslösen können [DEBRUNNER 1983, JUNGHANNS 1986, WIDHE 2001, NISSINEN et al. 2005, JONES et MACFARLANE 2005].

Wenngleich die Haltung überwiegend durch muskuläre Aktivität aufrechterhalten wird, ist sie aber auch abhängig vom psychischen Zustand. Diese psychische Beeinflussung der Haltung macht sich auch im Sprachgebrauch bemerkbar, wie „er ist geknickt“, „er ist haltlos“, „er ist kramgebeugt“, „jemandem den Rücken stärken“, „dieser Schicksalsschlag brach sein Rückgrat“, „handele aufrecht“, „er ist ein aufrechter Mann“. Körperhaltung wird hierdurch zur Körpersprache. In der Haltung des Menschen spiegelt sich quasi seine Seele. Kummer, Konflikte, Depressionen, Misserfolge und Minderwertigkeitsgefühl fördern schlechte Haltungsmuster, während Freude, Glück, Erfolg und Vertrauen eine aufrechte Haltung nach sich ziehen. Erfolg richtet auf, Misserfolg drückt [SCHMITT 1994]. So kann also die Haltung nicht isoliert nach der Wirbelsäulenform beurteilt werden, sondern auch nach der psychischen Gesamtpersönlichkeit [SCHEDE 1969].

STAFFEL [1889] hat noch vor Beginn der Röntgenära als Erster versucht, aufgrund der äußeren Inspektion eine Normhaltung festzulegen. Er unterschied zwischen Rundrücken, Flachrücken, Hohlrundrücken und normalem Rücken, wobei er die vom normalen Rücken abweichenden Formen als pathologisch ansieht (Abb. 3). Staffel beurteilt die Haltung nach ästhetischen Gesichtspunkten und definiert als Normalhaltung die Haltung, die „der schön gebaute, kräftige Mensch unwillkürlich zur Schau trägt und in welcher sich das spezifisch menschliche am charakteristischsten und typischsten ausprägt“. Nach HEFTI [1994] handelt es sich aber entgegen der Auffassung von Staffel, um physiologische Varianten und er ergänzt die Einteilung durch eine fünfte Form, nämlich den Hohlflachrücken, dem er wegen seines verminderten Federungsvermögens der Wirbelsäule einen Krankheitswert zuordnet. KOLETZKO [2006] unterscheidet sogar sechs verschiedene Haltungsformen (Abb. 3).

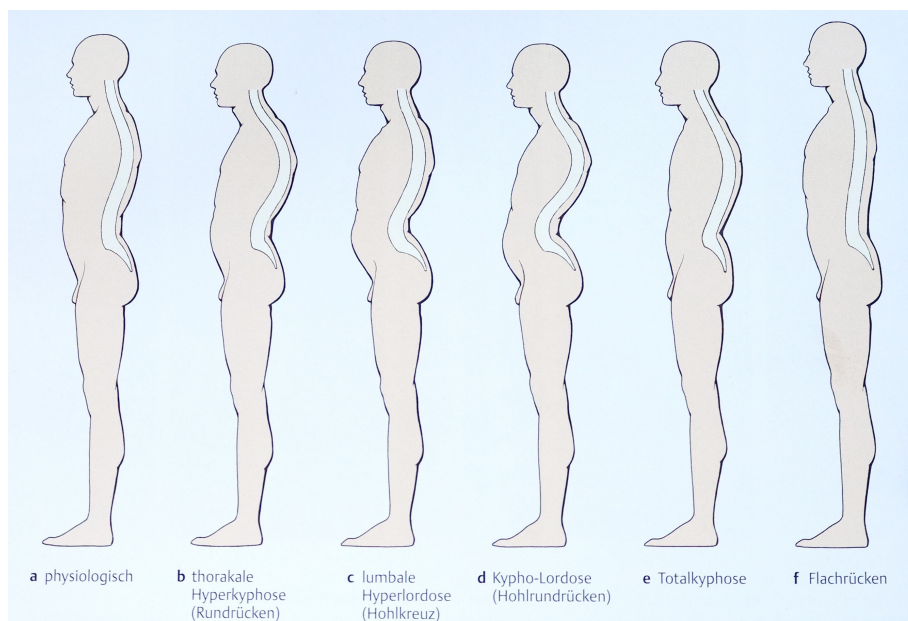


Abb. 3:

Haltungstypen: Physiologisch besteht eine harmonische HWS- und LWS-Lordose sowie Brustkyphose (Abb. 2 a). Beim Rundrücken ist die Kyphose verstärkt (Abb. 2 b). Beim Hohlkreuz zeigt sich eine vertiefte LWS-Lordose (Abb. 2 c). Beim Hohlrundrücken sind sowohl Kyphose als auch Lordose verstärkt (Abb. 2 d), beim Flachrücken abgeflacht (Abb. 2 f). Bei der Totalkyphose ist die Wirbelsäule insgesamt kyphotisch gekrümmt (Abb. 2 e).

Aus: Niethard, F. U., Pfeil, J. (2003) Orthopädie. Duale Reihe. 4. Auflage, Thieme Verlag Stuttgart

Beim Rundrücken ist die thorakale Kyphose verstärkt, beim Hohlkreuz zeigt sich eine Verstärkung der lumbalen Lordose. Beim Hohlrundrücken ist sowohl die thorakale Hyperkyphose als auch die lumbale Hyperlordose vermehrt. Bei der Totalkyphose handelt es sich um eine kyphotische Einstellung der gesamten Wirbelsäule, während beim Flachrücken die thorakale und lumbale Krümmung nur sehr gering ausgeprägt ist.

Nach biomechanischer Vorstellung stehen im Idealfall die einzelnen Körpersegmente lotrecht übereinander: Außenknöchel (Sprunggelenk), Trochanter major, Akromion und äußerer Gehörgang.

Diese anatomischen Punkte liegen auf einer senkrechten Lotlinie [MENGE 1982, ISRAEL 1990, FRÖHNER 1997, HOLZER 1998]. Eine Abweichung von der physiologischen Form der Wirbelsäule führt zu einer verstärkten muskulären und artikulären Belastung, wobei bei einem funktionellen Versagen der Muskulatur es gleichzeitig zu einer Verschlechterung der Rückenform kommt. Die natürliche Haltung des stehenden Menschen ist die Standbein-Spielbeinhaltung, die sich in kurzen Abständen abwechseln, wodurch sich die Ermüdung in physiologischen Grenzen hält [HEPP u. DEBRUNNER 2004].

Je nach Muskeltätigkeit kann man folgende Haltungssituationen unterscheiden:

1. Ruuehaltung: hierbei ist die Muskulatur völlig entspannt (schlaaffe Haltung), Brustkyphose und Lendenlordose sind verstärkt
2. Habituelle Haltung: bei geringem Ruhetonus der Muskulatur und mittlerer Ausprägung der Brustkyphose und Lendenlordose
3. Aufgerichtete Haltung: („Strammstehen“) hierbei ist die Wirbelsäule aktiv gestreckt, durch Anspannung der Rumpfmuskulatur wird die Beckenkipfung nach vorne verringert

Um von der rein subjektiven Beurteilung der Haltung unabhängig zu sein, hat FRÖHNER [1998] einen Haltungsindex angegeben, der durch messtechnische Daten und deren Beziehungen zueinander eine objektivere Aussage über Haltungsgesundheit und Haltungsfehler treffen soll. Dieser Index ist in der täglichen orthopädischen Praxis wenig bekannt. Neuere Untersuchungen, die vor allem aus der Arbeitsgruppe „Kid-Check“ der Universität des Saarlandes hervorgehen, haben die Testgütekriterien des Haltungsindex untersucht und Reliabilität, Validität und Objektivität bestätigen können [LUDWIG u. SCHMITT 2005, LUDWIG et al. 2016a]. Dadurch ist dieser Messwert für wissenschaftliche Studien geeignet.

Der Rheumatologe SCHOBER [1937] hatte aufgrund zahlreicher Messungen bei erwachsenen Patienten mit Spondylosis lumbalis festgestellt, dass die Aufdehnungsfähigkeit der Lendenwirbelsäule (LWS) gegenüber Gesunden deutlich nachlässt und sich den Werten der Brustwirbelsäule (BWS) nähert, angleicht oder sogar hinter ihr bleibt. Diese Bewegungseinschränkung war für ihn so typisch, dass er sie als typisches Merkmal und viertes klinisches Zeichen einer Spondylosis lumbalis ansah. Messungen gesunder Erwachsener ergaben, dass bei aufrechter Haltung die Länge der Dornfortsatzreihe der LWS nur die Hälfte der der Brustwirbelsäule entsprach, dass aber bei maximaler Vorwärtsbeugung des Rumpfes die Längenzunahme dieser Strecke an der LWS mehr als das Doppelte als bei der BWS betrug. Zur Durchführung dieser Untersuchung markierte er definierte Dornfortsätze im Bereich der Wirbelsäule im Stehen und forderte dann die Patienten auf, sich bei durchgestreckten Kniegelenken nach vorne zu bücken. Hierbei wurde dann die Längenänderung sowohl im BWS-Bereich als auch im LWS-Bereich gemessen (siehe Kapitel Methodik).

Dieses Messverfahren wurde dann später nach seinem Erstbeschreiber Schober benannt, wobei jedoch die Funktionsmessung der BWS später nach dem Rheumatologen OTT [1904 – 1986] benannt wurde, obwohl SCHOBER [1895 – 1943] der Erstbeschreiber war [SCHOBER 1937]. In der maximalen Vorbeuge kann dann auch der Finger-Boden-Abstand (FBA) in Zentimetern gemessen werden.

Über die Tauglichkeit von Beweglichkeitsmessungen der Wirbelsäule im Kindes- und Jugendalter liegen bislang keine Veröffentlichungen vor. In der Regel werden die Erwachsenen-Normwerte verwendet. Dies muss zunächst aber kritisch hinterfragt werden, da, wie bereits oben ausführlich dargestellt, die Wirbelsäule einen Gestaltwandel vollzieht und deren morphologische Änderungen durchaus Änderungen der Bewegungsumfänge mit sich bringen könnten. Schober gibt für Erwachsene absolute Werte an, 10/15 cm für die LWS und 30/32,5 cm für die BWS. Die kindliche Wirbelsäule ist aber kürzer als die erwachsene, so dass sich die Frage stellt, ob die absoluten Werte auch für Kinder zutreffen.

In der vorliegenden Arbeit soll daher zunächst untersucht werden, ob die im klinischen Alltag eingesetzten Parameter Schober-Maß, Ott-Maß und Fingerspitzen-Boden-Abstand (FBA) alters- oder geschlechtsspezifische Unterschiede zeigen. Dies ist ein erster Schritt, um die Verwertbarkeit dieser Parameter, die von den jeweiligen Autoren primär für ein Erwachsenen Klientel entwickelt wurden, auch im Bereich der Kinder- und Jugendmedizin einschätzen zu können.

In einem zweiten Schritt soll dann untersucht werden, ob es Zusammenhänge gibt zwischen den erhobenen Beweglichkeitsparametern und biomechanischen Haltungsmessgrößen in der Sagittalebene (Haltungsindex nach FRÖHNER, 1998).

Bei der Bestimmung des Fröhner-Index nahmen die Probanden zunächst ihre lasche Gewohnheitshaltung an. Es zeigte sich aber, dass bei der Aufforderung, stramm zu stehen, insbesondere bei optischer Kontrolle durch Video oder Spiegel, die Haltung aktiv korrigiert werden konnte. Hierbei stellt sich nun die Frage, in wie weit sich hierdurch eine Änderung des Haltungsindex ergibt und ob sich ein alters- und geschlechtsspezifischer Unterschied erkennen lässt.

Interessant ist auch die Frage, in wie weit das visuelle System Einfluss auf die Körperhaltung hat. Es ist belegt, dass bei ruhiger Haltung mit offenen Augen, Probanden etwa 1/3 ihrer Orientierungsinformation aus dem Sehen ableiten [PETERKA 2002]. So konnte auch gezeigt werden, dass bei Ausschalten des visuellen Sinnes der Körper sich nach vorn verlagert und die Muskelaktivität in den Gelenken der unteren Extremitäten und damit die Steifigkeit des Bewegungsapparates erhöht [COLLINS UND LUCA 1995, MACHADO et al. 2010, LUDWIG et al. 2016 b).

Es wurde deshalb in dieser Dissertation auch der Frage nachgegangen, ob sich bei Augenschluss auch eine Änderung des Haltungsindex nachweisen lässt.

Interessant erscheint auch die Frage, ob körperliche Beschwerden Einfluß auf die Körperhaltung und die Beweglichkeit der Wirbelsäule haben könnten. Es erfolgte deshalb auch eine Befragung der Probanden nach Beschwerden von Seiten des Haltungs- und Bewegungsapparates mit Aufgliederung nach Körperregionen und Diskussion unter alters- und geschlechtsspezifischen Gesichtspunkten in Bezug auf den Haltungsindex.

Zusammenfassend sollen im Rahmen dieser Dissertation aufgrund der Auswertung der umfangreichen Datensätze die nachfolgenden Fragestellungen bearbeitet werden:

- Gibt es alters- oder geschlechtsspezifische Unterschiede der Parameter Schober-Maß, Ott-Maß und Finger-Boden-Abstand?
- Besteht eine Korrelation zwischen Körpergröße und Schober-Maß, Ott-Maß und Finger-Boden-Abstand?
- Gibt es eine Korrelation zwischen Körpergewicht und Schober-Maß, Ott-Maß und Finger-Boden-Abstand?
- Gibt es Zusammenhänge zwischen den erhobenen Beweglichkeits-Parametern (Schober-Maß, Ott-Maß, Finger-Boden-Abstand) und biomechanischen Haltungsmessgrößen (Haltungs-Index nach Fröhner) in der Sagittalebene?
- Welche Beschwerden werden von den Probanden auf orthopädischem Fachgebiet angegeben?
- Gibt es bezüglich der Beschwerden geschlechts- oder altersbedingte Unterschiede?
- Gibt es Unterschiede bei den Bewegungs-Parametern Schober-Maß, Ott-Maß, Finger-Boden-Abstand bei Jugendlichen mit und ohne Rückenbeschwerden?
- Gibt es Unterschiede im Haltungs-Index bei der Gewohnheitshaltung und der Haltung mit optischer Kontrolle?
- Ändert sich der Haltungs-Index, bei fehlender visueller Kontrolle?

VII. Material und Methoden

VII.1 Probanden

Im Rahmen der Kid-Check Studie wurden in der Zeit von 2012 bis 2015 insgesamt 372 Kinder und Jugendliche untersucht. Die Untersuchungstermine wurden in der regionalen Presse mit dem Hinweis sich anzumelden, bekannt gegeben. Spezielle Auswahlkriterien bestanden nicht, mit Ausnahme der Altersbegrenzung zwischen 6 und 16 Jahren. Die angemeldeten Teilnehmer wurden dann entsprechend der Vormerkliste angeschrieben und dabei der Untersuchungstermin mitgeteilt. Besondere Voraussetzungen zur Teilnahme an der Untersuchung bestanden nicht. Die Untersuchungen wurden in der Klinik für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie (damaliger Direktor: Prof. Dr. D. Kohn) der Medizinischen Fakultät der Universität des Saarlandes in Homburg/Saar durchgeführt.

Das Projekt Kid-Check wurde 1999 als gemeinsames Forschungsprojekt des Zoologischen Instituts der Universität des Saarlandes (UdS) (Direktor: Prof. Dr. W. Nachtigall) und der Klinik für Orthopädie und orthopädische Chirurgie, Universitätsklinikum Homburg/Saar (damaliger Direktor Prof. Dr. D. Kohn) ins Leben gerufen. Ausgangspunkt war die damalige Arbeitsgruppe des zoologischen Instituts Technische Biologie und Bionik (Wissenschaftlicher Leiter Dr. O. Ludwig), welche sich mit der nicht invasiven Haltungs- und Bewegungsdiagnostik bei Kindern und Jugendlichen vor einem präventivem Hintergrund befasste. Die ärztliche Leitung des Kid-Check Projektes (<http://www.kidcheck.de>) übernahm dann Prof. Dr. E. Schmitt, Klinik für Orthopädie und orthopädische Chirurgie Universitätsklinikum Homburg/Saar. Sämtliche Untersuchungen im Rahmen des Kid-Check Projektes wurden im Team mit Ärzten, Physiotherapeuten, Humanbiologen und Studenten durchgeführt.

Bei den 372 Probanden handelt es sich um 232 (62,4%) Jungen und 140 (37,6%) Mädchen im Alter zwischen 6 und 16 Jahren, im Durchschnitt 12,39 Jahre (SD= 2,55). Der Altersdurchschnitt der Jungen lag bei 12,42 (SD= 2,52) Jahren, bei den Mädchen 12,43 (SD= 2,61) Jahre.

Zur besseren altersspezifischen Beurteilung wurden die Probanden in drei Klassen eingeteilt:

Kohorte I: 6 – 9 Jahre (Grundschulzeit)

Kohorte II: 10 – 13 Jahre (Präpubertät)

Kohorte III: 14 – 16 Jahre (Pubertät)

Die Einteilung in die drei Altersklassen erfolgte nicht willkürlich, sondern berücksichtigt die physiologisch ablaufenden körperlichen Entwicklungsphasen der Kinder. Nach Abschluss der ersten Wachstumsphase (Säugling und Kleinkindesalter) schließt sich die zweite Wachstumsphase vom 6. bis 9. Lebensjahr an, die sich durch ein konstantes Wachstum von

ca. 6 cm pro Jahr auszeichnet (Grundschulzeit) [NIETHARD 1997, KELLER 2007].
 Gegen Ende der Grundschulzeit erfolgt ein allmählicher Übergang (Präpubertät 10 – 13 Jahre) in die Pubertätsphase, mit einem pubertären Wachstumsschub mit Veränderung der Hebelverhältnisse und relativer Verkürzung von Weichteilstrukturen (Muskel, Sehnen, Ligamente), da das eigenständige Wachstum der Weichteilstrukturen schwächer ausgeprägt ist als das der Knochen (14 – 16 Jahre). Die Muskeln und Sehnen werden gleichsam vom verstärkten Knochenwachstum passiv mitgezogen. Die Muskelkraft wächst nicht in dem Maße zunächst mit, so dass eine gewisse Muskelschwäche resultiert, was zu einer Minderbelastbarkeit führen kann. Durch Zunahme der Muskelkraft ist es dann möglich die notwendige Stabilisierung der Gelenke und der Wirbelsäule zu erreichen [NIETHARD 1997].

Die Kohorte I umfasst insgesamt 69 (18,5%) Probanden und zwar 44 Jungen und 25 Mädchen.

Die Kohorte II setzt sich aus insgesamt 178 (47,8%) Probanden zusammen mit 113 Jungen und 65 Mädchen.

Die Kohorte III bestand aus 125 (33,6%) Probanden, hiervon 75 männlich und 50 weiblich (Abb. 4).

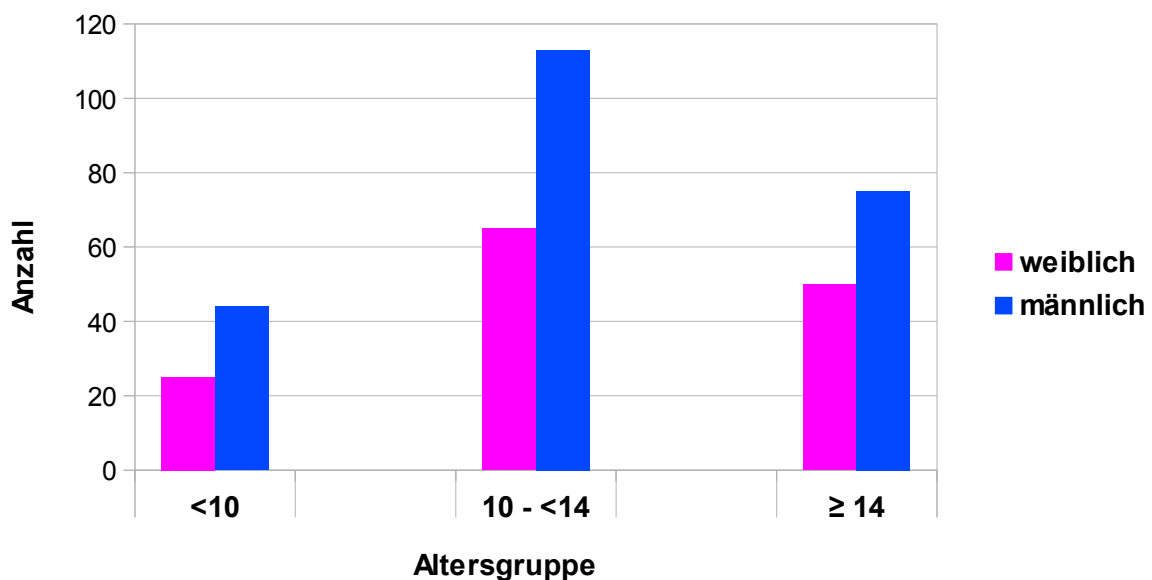


Abb. 4:
 Alters- und Geschlechtsverteilung des Gesamtkollektivs

VII.2 Untersuchungen

Zunächst erfolgte nach Anmeldung am Untersuchungstag die Erhebung der persönlichen Daten der Probanden, die ausnahmslos mit einem oder beiden Elternteilen, die sich durch Unterschrift mit der Untersuchung einverstanden erklärten, erschienen sind. Anhand eines Fragebogens, der vor der Untersuchung ausgefüllt werden musste, wurden weitere anamnestische Daten abgefragt, wie sportliche Betätigung, wesentliche Vorerkrankungen, aktuelle Beschwerdesymptomatik von Seiten des Haltungs- und Bewegungsapparats und Freizeitverhalten (siehe Fragebogen im Anhang).

2.1 Vermessung von anthropometrischen Daten

Vor der Untersuchung wurde zunächst die Körpergröße der Probanden in Zentimetern gemessen sowie das Körpergewicht in Kilogramm festgestellt. Die Messung der Körpergröße erfolgte barfuß mit dem Rücken zur Wand an einer Zentimeterskala. Das Körpergewicht wurde in leichter Kleidung (Turnhose, T-Shirt) mit einer geeichten Waage mit digitaler Anzeige mit einer Genauigkeit von 50g festgestellt (SANITAS Typ SBG 19). Aus den ermittelten Werten wurde dann der Body-Mass-Index (Gewicht in Kilogramm geteilt durch das Quadrat der Körpergröße in Metern) errechnet, wobei die Referenzwerte für Kinder und Jugendliche herangezogen wurden [KROMEYER-HAUSCHILD et al. 2001, 2015].

2.2 Orthopädische Untersuchungen

Nach Erhebung der anthropometrischen Daten wurde dann die orthopädische Untersuchung durchgeführt. Die Probanden waren barfuß, bei freiem Oberkörper und nur mit einer leichten Turnhose bzw. Unterhose bekleidet. Die Untersuchung erfolgte durch einen Facharzt für Orthopädie (Prof. Dr. E. Schmitt).

2.2.1 Inspektion

Die Inspektion am stehenden Probanden wurde zunächst von vorne, dann von der Seite und schließlich von hinten vorgenommen. Auf dem Untersuchungsprotokoll wurden äußerlich erkennbare Auffälligkeiten und Abweichungen vom Normalbefund dokumentiert (Schulterstand, Beckenstand, Knieachse, Fußdeformität, usw.), wobei aber vor allem auf das Profil der Wirbelsäule geachtet wurde (Kyphose, Skoliose, Hyperlordose, Haltung).

2.2.2 Untersuchung am stehenden Probanden

Die Probanden wurden aufgefordert den Einbeinstand, zunächst rechts, dann links durchzuführen, wobei die Standfestigkeit und die Beckenstellung beurteilt wurde. Diese Untersuchung diente zur Feststellung einer Glutealinsuffizienz. Anschließend wurden die Probanden aufgefordert den Zehenstand einzunehmen und einige Schritte im Zehenstand zu gehen. Die gleiche Untersuchung erfolgte auch im Fersenstand (Beurteilung der Fußheber und Fußsenker). Anschließend wurden die Probanden aufgefordert, eine Hockstellung einzunehmen.

2.2.3 Untersuchung am liegenden Probanden

Nach Inspektion, Überprüfung des Gangbildes und der Standsicherheit wurde die weitere Untersuchung im Liegen auf einer höhenverstellbaren Liege durchgeführt. Zunächst erfolgte die funktionelle Untersuchung beider Hüftgelenke durch Beugung und Streckung sowie Innen- und Außenrotation. Anschließend wurde überprüft, ob eine Hüftbeugekontraktur vorlag. Hierbei wurde die kontralaterale Hüfte bis in die Endstellung gebeugt, um die Lordose der LWS auszugleichen und beobachtet, ob sich der gegenseitige Oberschenkel von der Untersuchungsliege abhebt (Thomas'scher Handgriff). Das Ausmaß einer festgestellten Hüftbeugekontraktur wurde dann in drei Schweregrade eingeteilt, wobei eine Hüftbeugekontraktur bis 10 Grad als leicht, bis 25 Grad als mittelgradig und über 25 Grad als schwer eingestuft. Die Winkelgrade wurden mit einem Goniometer gemessen.

Nach der Überprüfung der Hüftbeuger auf Verkürzung erfolgten weitere Funktionstestungen der Beinmuskulatur nach JANDA [2000]. Hierbei wurden in Rückenlage die Hüftextensoren durch Anheben des gestreckten Beines untersucht, anschließend der Muskelus gastrocnemius (Dorsalextension im Sprunggelenk) und in der Bauchlage der Muskelus rectus femoris. Auch bei diesen Tests wurden festgestellte Verkürzungen in drei Schweregrade eingeteilt – leicht, mittel, schwer – aufgrund der Einschätzung des ärztlichen Untersuchers.

Die Kraft der Bauchmuskulatur wurde im Sitzen auf dem Boden mit einem statischen Haltetest nach KENDALL [2001] überprüft, in dem die Zeit gemessen wurde, in der der Proband die gestreckten Beine in einer Höhe von 25 cm über dem Boden halten konnte.

2.3 Messtechnische Untersuchungen

2.3.1 Beweglichkeitsuntersuchung der LWS nach SCHOBER

Die Untersuchung erfolgte am stehenden Probanden. Zur Objektivierung der LWS-Beweglichkeit in der Sagittalebene wurde eine Stiftmarkierung auf der Haut über dem Dornfortsatz von S1 vorgenommen und eine zweite Markierung in der Dornfortsatzreihe um 10 cm nach proximal. Der Proband wurde nun aufgefordert, sich bei gestreckten Kniegelenken so weit wie möglich nach vorn zu beugen. Hierbei vergrößert sich die ursprünglich 10 cm lange Strecke zwischen den beiden Hautmarkierungen (Abb. 5). Der hierbei gemessene Wert wurde auf dem Untersuchungsbogen eingetragen.

2.3.2 Beweglichkeitsuntersuchung der BWS nach OTT

Zunächst wurde am stehenden Probanden die Dornfortsatzspitze C7 markiert und anschließend auf der Dornfortsatzlinie 30 cm nach kaudal eine zweite Markierung angebracht. Der Proband wurde nun wiederum aufgefordert, bei gestreckten Kniegelenken den Oberkörper nach vorne zu neigen, wobei sich die ursprünglich 30 cm lange Distanz verlängert (Abb. 5).

2.3.3 Messung des Finger-Boden-Abstandes (FBA)

Beim Schobertest musste sich der Proband im Stehen bei gestreckten Kniegelenken maximal nach vorne beugen, wobei die Fingerspitzen der nach unten ausgestreckten Arme sich dem Boden annähern oder sogar den Boden berühren. Bei Nichterreichen des Bodens wird nun der Abstand der Zeigefingerkuppe zum Boden in cm mit einem Maßband gemessen und auf dem Untersuchungsbogen eingetragen. Das Erreichen des Bodens wurde durch eine Null gekennzeichnet (Abb. 5).

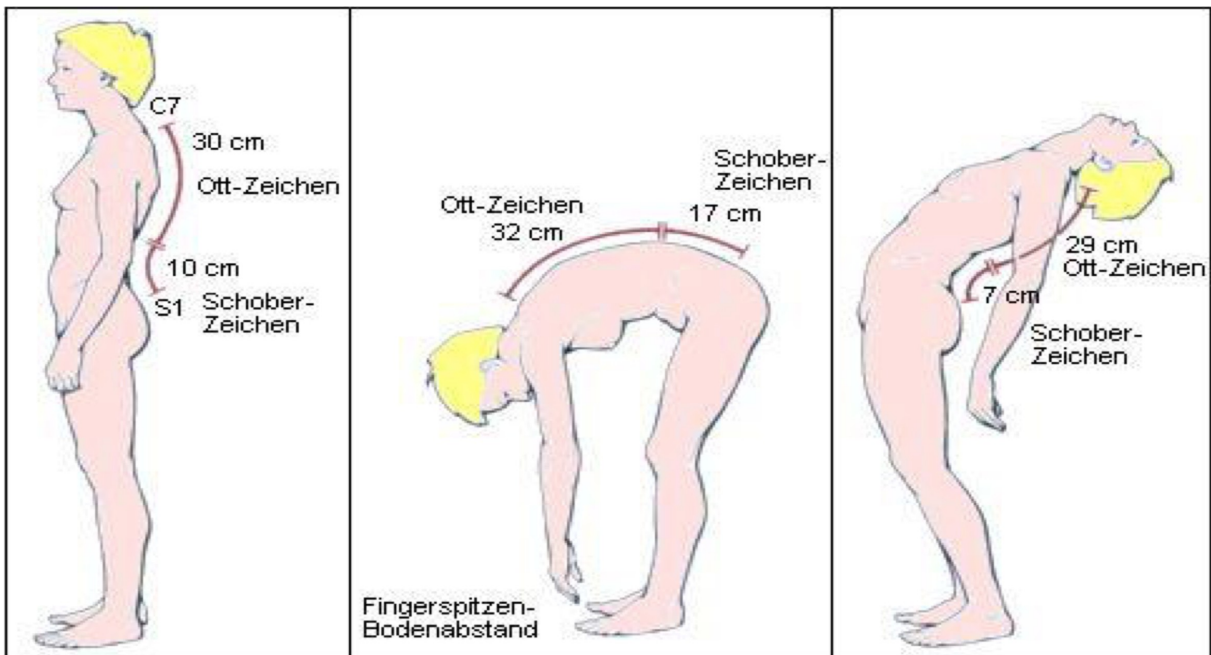


Abb. 5:
 Beweglichkeitstest der Wirbelsäule nach SCHÖBER und OTT. Beim Vorwärtsneigen vergrößern sich die vorher an der LWS und BWS markierten Strecken (10 cm bei der LWS, 30 cm bei der BWS) um bis zu 7 cm (LWS) bzw. 2 – 3 cm (BWS). In tiefer Bückstellung wird dann noch der Finger-Bodenabstand bestimmt (mittlerer Bildabschnitt).
 Aus: Niethard FU, Pfeil J. (2003) Orthopädie. Duale Reihe. 4. Auflage, Thieme Verlag Stuttgart

2.4 Haltungstest mit apparativen Methoden

2.4.1 Bestimmung des Haltungsindex nach FRÖHNER

Zur Beurteilung der Haltung wurde der modifizierte Haltungsindex nach FRÖHNER [1998] als biomechanische Messgröße bestimmt. Bei den nur mit Turnhose oder Unterwäsche bekleideten Probanden wurden die Bezugspunkte unteres Sternumende, Stelle stärkster Brustkyphose und stärkster Lendenlordose, Außenknöchel sowie Spina iliaca anterior superior und Acromion mit kontrastreichen Markierungspunkten versehen. In Abwandlung der ursprünglichen von Fröhner vorgesehenen prominenten Bauchposition wurden nach LUDWIG et al. [2016 a] die Spina iliaca anterior superior als anatomische Landmarke gewählt, da sich so bei adipösen Probanden keine Verzerrungen ergeben. Ein weiterer Markierungspunkt wurde auf der Hose in Höhe des Trochanter major angebracht (Abb. 6a).

Die Probanden wurden nun seitlich vor eine Messwand gestellt. Auf der Gegenseite war in Hüfthöhe eine hochauflösende Kamera (OLYMPUS SP 510 UZ, Auflösung 2304 x 3072 Pixel) auf einem Stativ fixiert. Um eine reproduzierbare aktive Haltung zu erzielen, wurde als Hilfsmittel ein senkrechtes Laser-Lot, beginnend am Malleolus lateralis auf den Körper des Probanden projiziert. Der Proband wurde nun aufgefordert, eine entspannte Haltung anzunehmen mit herabhängenden Armen, wobei er auf einem Monitor seine Haltung kontrollieren konnte. In dieser Haltung wurde nun das erste Bild angefertigt.

Dann wurde der Proband aufgefordert eine aktive Haltung einzunehmen, wobei er vom Untersucher mit dem Ziel korrigiert wurde, dass alle markierten Referenzpunkte (Malleolus lateralis, Trochanter major, Akromion) auf dem Laser-Lot zu liegen kommen. Wenn ein Proband nicht dazu in der Lage war, wurde die bestmöglich korrigierte Haltung fotometrisch erfasst. Anschließend wurde der Proband aufgefordert, in dieser Haltung die Augen zu schließen. Nach 60 Sekunden wurde dann das dritte Haltungsfoto angefertigt (Abb. 6b).

Die Bilddaten wurden auf einen Computer übertragen und mit Hilfe des Haltungsanalyseprogramms Corpus concepts (AFG, Idar Oberstein, Deutschland) der Haltungsindex ermittelt (Abb. 6a). Als günstigen Wert gibt FRÖHNER [1998] einen Bereich zwischen 1,0 und 1,2 an. Durch verstärkte Lendenlordose (Hohlkreuz) und/oder verstärkte BWS-Kyphose (Rundrücken) steigt der Haltungsindex deutlich an. Ein flacher Rücken mit leichter Vorneigung des Oberkörpers führt zu einem Indexwert <1,0 (Abb. 7).

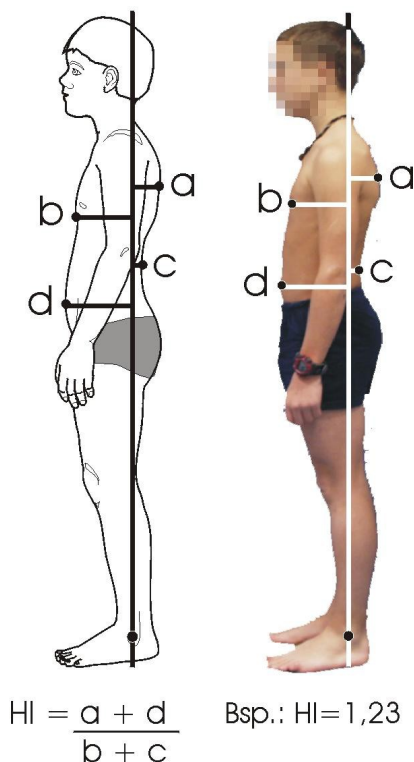


Abb. 6a:

Berechnung des Fröhner-Index a = Abstand stärkste Brustkyphose zum Knöchellot, b = Abstand Sternum zum Knöchellot, c = Abstand tiefster Punkt der Lendenlordose zum Knöchellot, d = Abstand Bauch zum Knöchellot

Aus: Ludwig O, Mazet D, Schmitt E (2003) Haltungsschwächen bei Kindern und Jugendlichen. Gesundheitssport und Sporttherapie 19: 165-170

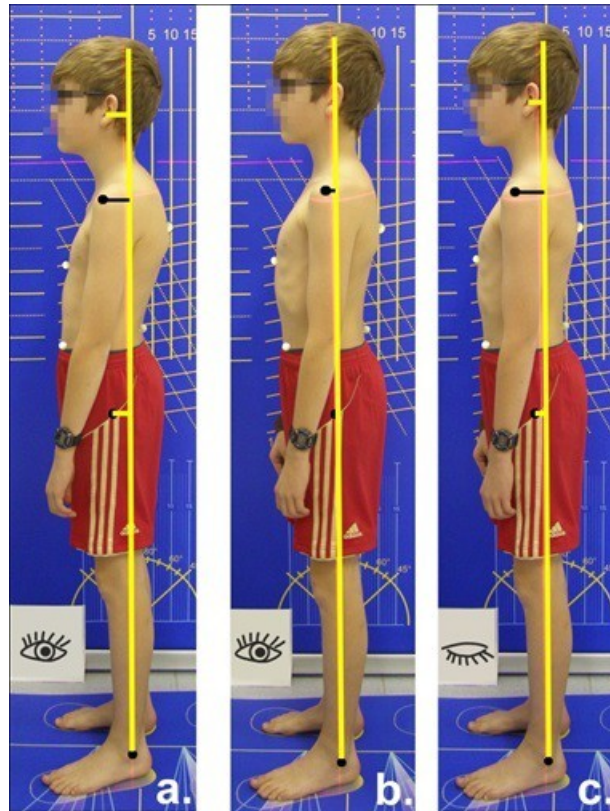


Abb. 6b:

Haltungspositionen, bei denen der Haltungsindex ermittelt wurde

a.) passive Gewohnheitshaltung b.) aktiv aufgerichtete Haltung c.) aktiv aufgerichtete Haltung mit geschlossenen Augen

Aus: Ludwig. O, Mazet C, Mazet D, Hammes A, Schmitt E (2016) Changes in Habitual and Active Sagittal Posture in Children and Adolescents with and without Visual Input. Implications for Diagnostics Analysis of Posture. J Clin Diagnostik Research 10(2): 14-1

Anmerkung:

Die korrigierte Haltung wurde in den Befunddokumenten mit Aa HI (Augen auf Haltungsindex) bezeichnet. Der Haltungsindex bei geschlossenen Augen mit Az HI. Die Veränderung des Schulter-Lot Abstandes bei offenen und geschlossenen Augen ist nicht Gegenstand dieser Dissertation. Diese Ergebnisse, die anhand von 216 männlichen Probanden gewonnen wurden, wurden von LUDWIG et al. 2016 publiziert.

2.4.2 Haltungstest nach MATTHIASS

Zur Beurteilung der muskulären Haltungsleistung wurde dann der Haltungstest nach MATTHIASS [1972, 1979] angeschlossen. Hierbei wurde der Proband aufgefordert, sich bei gestreckten Kniegelenken möglichst gerade aufzurichten und beide Arme horizontal nach vorn zu halten mit der Handfläche nach unten. Ist der Proband haltungsgesund, bleibt die primär eingenommene Stellung für 30 Sekunden unverändert. Bei haltungsschwachen Probanden kommt es innerhalb 30 Sekunden zu einem Haltungsverfall, d. h. der Oberkörper neigt sich nach hinten, die Lendenlordose vertieft sich und/oder die Arme sinken ab. Je früher dieser Haltungsverfall eintritt um so stärker ist die muskuläre Insuffizienz des Untersuchten. Ist der Proband extrem muskelschwach, kann eine aufrechte Haltung überhaupt nicht eingenommen werden (Abb. 8).

Der Ausgangspunkt der Haltung und die Haltung nach 30 Sekunden in Vorhalte wurden photographisch festgehalten. Die Auswertung des Haltungstest nach Matthiass ist nicht Gegenstand dieser Dissertation.

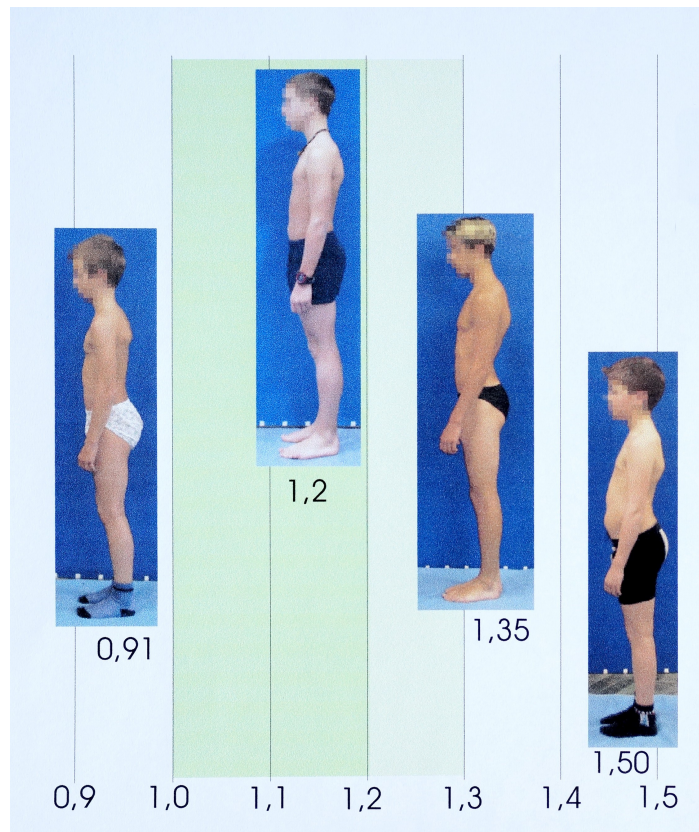


Abb. 7:
Einteilung der Haltungstypen nach dem Haltungsindex nach FRÖHNER. Der einer stabilen Haltung entsprechende Wert liegt zwischen 1,0 und 1,2.
Aus: Kidcheck: <http://kidcheck.de>

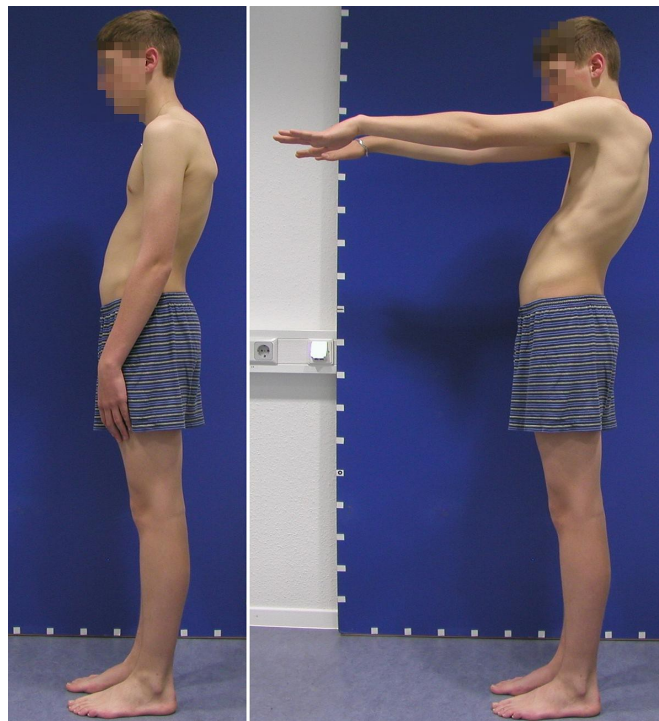


Abb. 8:
Haltungstest nach MATTHIAS. Sehr muskelschwacher Proband, der nicht in der Lage ist eine stabile senkrechte Oberkörperstellung einzunehmen (linkes Bild). Nach 10 Sekunden kommt es zu einem deutlichen Haltungsverfall (rechtes Bild).
Aus: Kidcheck: <http://kidcheck.de>

VII.3 Statistische Auswertung

Methodenbeschreibung

Nach Auswertung der Digitalfotos wurden alle erhobenen und berechneten Daten in einer anonymisierten Tabelle mit Microsoft Excel erfasst.

Als deskriptive Methoden wurden für kategoriale Variablen Häufigkeiten berechnet und mit Balkendiagrammen dargestellt. Für metrische Parameter wurden Mittelwert, Median, Standardabweichung, Perzentile, Minimum und Maximum als Lage- und Streumaße berechnet und die Gruppenunterschiede bei Bedarf mittels Boxplots dargestellt.

Die metrischen Parameter wurden auf Normalverteilung mittels Shapiro-Wilk- und Kolmogorov-Smirnoff-Test untersucht.

Lag Normalverteilung vor, so wurde für den Geschlechtervergleich der t-Test für unabhängige Stichproben, für den Altersgruppenvergleich die einfaktorielle Varianzanalyse verwendet. Vorab wurde jeweils auf Varianzhomogenität mittels Levene-Test geprüft und bei fehlender Varianzhomogenität die entsprechende Welch-Anpassung der Methode verwendet.

Lag keine Normalverteilung in allen Gruppen vor, so wurde für den Geschlechterunterschied der Mann-Whitney-U-Test eingesetzt, für den Altersgruppenunterschied wurde der Kruskal-Wallis-Test verwendet.

Bei einem signifikanten globalen Unterschied in der ANOVA oder dem Kruskal-Wallis-Test wurden mit Post-Hoc-Tests mit Bonferroni-Korrektur die paarweisen Vergleiche durchgeführt, um den Unterschied genauer zu lokalisieren.

Für den Zusammenhang zwischen zwei metrischen Parametern wurde aufgrund nicht vorhandener Normalverteilung die Spearman-Korrelation eingesetzt.

Für die abschließenden Statistiken wurde ein zweiseitiges Signifikanzniveau von 5 % verwendet. Alle Analysen wurden mit der Software SPSS Version 24 durchgeführt (Dipl. Math. Daniela Keller, Kürnach).

Die gemessenen und errechneten Werte sind im Text mit einer Genauigkeit von zwei Stellen hinter dem Komma angegeben, wobei die zweite Stelle aufgerundet wurde, wenn die dritte Stelle gleich fünf oder mehr betrug.

VIII. Ergebnisse

VIII.1 Auswertung der metrischen Daten

1.1 Körpergröße

Die Körpergröße aller Probanden zeigte einen Mittelwert von 157,04 cm [107/198; \pm 16,88] cm (Tab. 1). Geschlechtsspezifisch lag bei den Jungen ein Mittelwert von 158,22 cm vor [107/198; \pm 17,53] cm. Der Mittelwert bei den Mädchen betrug 155,07 cm [110/187; \pm 15,60] cm. Somit lag der Mittelwert bei den Jungen um 3,15 cm höher als bei den Mädchen (Tab. 2).

Analysiert man nun aber die Körpergröße in den drei Kohorten, so ergibt sich bezüglich der Kohorte 1 ein Mittelwert von 134,80 cm (SD= 8,53), bei Jungen 136,05 cm (SD= 8,54) und bei Mädchen 132,60 cm (SD= 8,23). Durchschnittlich waren die Jungen also um 3,45 cm größer als die Mädchen (Tab. 3, Tab. 4).

In der Kohorte 2 betrug die durchschnittliche Körpergröße 154,37 cm (SD= 11,40), bei Jungen 155,14 cm (SD= 12,20) und bei Mädchen 153,03 cm (SD= 9,80). Somit unterschieden sich geschlechterspezifisch beide Mittelwerte in der Kohorte 2 nur gering (2,11 cm).

In der Kohorte 3 betrug der Mittelwert 173,11 cm (SD= 9,01), bei Jungen 175,88 cm (SD= 8,31) und bei Mädchen 168,96 cm (SD= 8,49). Die Jungen waren durchschnittlich also 6,92 cm größer als die Mädchen.

Zusammenfassend zeigt sich, dass die durchschnittliche Körpergröße der Jungen in jeder Kohorten-Gruppe über der der Mädchen lag, am deutlichsten jedoch in der Kohorten-Gruppe 3 mit durchschnittlich 6,92 cm. Auf der Basis des Gesamtkollektivs wurde untersucht, ob der Unterschied in der Körpergröße zwischen Jungen und Mädchen signifikant war. Da sich die Körpergröße als nicht normal verteilt erwies, wurde hierzu der Mann-Whitney-U-Test verwendet. Es ergab sich kein signifikanter Unterschied ($Z = -1,660$, $p = 0,097$) (Tab. 2a).

1.2 Körpergewicht

Der Mittelwert hinsichtlich aller Probanden betrug 46,97 kg [17/90; \pm 15,06] kg. Bei den Jungen ergab sich im Gesamtkollektiv ein Mittelwert von 47,63 kg [17/90; \pm 15,82] kg. Der Mittelwert bei den Mädchen betrug 45,89 kg [20/81; \pm 13,7] kg. Somit lag der Mittelwert bei den Jungen um 1,74 kg höher als bei den Mädchen (Tab. 2).

Aufgegliedert in die einzelnen Kohorten ergibt sich bei Kohorte 1 ein durchschnittliches Körpergewicht von 30,82 kg (SD= 6,51), bei Jungen 31,09 kg (SD= 6,94), bei Mädchen 30,35 kg (SD= 5,79) (Tab. 3, Tab. 4).

In der Kohorte 2 betrug das durchschnittliche Körpergewicht 43,79 kg (SD= 11,81), bei Jungen 44,48 kg (SD= 12,79) und bei Mädchen 42,58 kg (SD= 9,85).

In der Kohorte 3 wurde ein durchschnittliches Körpergewicht von 60,42 kg (SD= 10,68) festgestellt, bei Jungen 62,07 kg (SD= 10,79), bei Mädchen 57,96 kg (SD= 10,13).

Zusammenfassend ergibt sich, dass bei der Kohorte 1 und 2 durchschnittlich kein wesentlicher Gewichtsunterschied zwischen Mädchen und Jungen nachweisbar war (0,74 kg in Kohorte 1, 1,90 kg in Kohorte 2), während bei der Kohorte 3 das durchschnittliche Körpergewicht bei Jungen um knapp 4,03 kg höher lag, wohl aufgrund des in der Pubertätsphase stärkeren Muskelaufbaus bei dem männlichen Geschlecht.

Auf der Basis des Gesamtkollektivs wurde untersucht, ob der Unterschied im Körpergewicht zwischen Jungen und Mädchen signifikant war. Da sich das Körpergewicht als nicht normal verteilt erwies, wurde der Mann-Whitney-U-Test verwendet. Es ergab sich kein signifikanter Unterschied ($Z = -0,697$, $p = 0,486$).

Das Körpergewicht zeigt bei Jungen und Mädchen ein ähnliches Entwicklungsprofil wie die Körpergröße. Bis zum 9. Lebensjahr ergibt sich eine gleiche durchschnittliche Gewichtszunahme pro Jahr, während sich etwa ab dem 13. Lebensjahr die Gewichtszunahme bei Mädchen verringert und bei den Jungen ansteigt.

Da die Ermittlung des Körpergewichts in den drei Kohorten noch keine Aussage zulässt, ob es sich hier um ein Normalgewicht, Übergewicht, Adipositas oder Adipositas permagna handelt, wurde eine entsprechende Differenzierung vorgenommen, wobei die Auswertung nach den Referenzwerten für den Body-Mass-Index für Kinder und Jugendliche herangezogen wurde [KROMEYER-HAUSCHILD et al. 2001, 2011, 2015]. Die Auswertung erfolgte sowohl altersspezifisch als auch geschlechtsspezifisch.

Als normales Körpergewicht wird bei Jungen im Alter von 6 bis 9 Jahren ein BMI $<18,5$, bei Mädchen $<18,3$ angenommen. Als Übergewicht bezeichnet man in dieser Altersstufe bei Jungen ein BMI von 18,5 bis 21,1, bei Mädchen von 18,3 bis 21,4. Die Adipositas ist in dieser Altersstufe definiert bei Jungen zwischen einem BMI von 21,2 bis 24,6, bei Mädchen von 21,5 bis 25,0. Höhere BMI Werte entsprechen einer Adipositas permagna. Die entsprechenden Werte für Kohorte 2 und 3 sind aus Tabelle 5 zu entnehmen.

Die Arbeitsgemeinschaft Adipositas im Kindes- und Jugendalter (AGA) definiert die BMI Kategorien über bestimmte Perzentilen wie folgt: Übergewicht: BMI Perzentile $> 90-97$, Adipositas: BMI Perzentile $> 97-99,5$, extreme Adipositas: BMI Perzentile $> 99,5$ [KROMEYER-HAUSCHILD 2008, 2011].

Die Auswertung bezüglich des Gesamtkollektivs ergab keinen signifikanten Unterschied zwischen Jungen und Mädchen im Hinblick auf den BMI-Mittelwert (Jungen 18,47, SD 3,13, Mittelwert bei Mädchen 18,65, SD 3,04) (Tab. 6). Die Auswertung nach Tab. 5 ergab, dass von den 372 Probanden insgesamt 328 (88,2 %) ein Normalgewicht aufwiesen (Tab. 8). 44 Probanden (11,8 %) lagen über dem Normalgewicht. Unter den nicht Normalgewichtigen waren 20 Mädchen, entspricht 14,3 % aller Mädchen, und 24 Jungen, entspricht 10,3 % der Jungen des Gesamtkollektivs. Die meisten Normalgewichtigen fanden sich prozentual in der Kohorte 3, die wenigsten in der Kohorte 1 (Tab. 7).

1.3 Lebensalter

Das durchschnittliche Alter des Gesamtkollektivs lag bei 12,43 Jahren (SD= 2,56). Der Mittelwert bei den Jungen betrug 12,43 Jahre (SD= 2,53), der Mittelwert bei den Mädchen betrug 12,43 (SD= 2,61). Somit ergab sich keine geschlechtsspezifische Abweichung der Mittelwerte (Tab. 2, Tab. 3). Eine Normalverteilung in beiden Gruppen lag nicht vor. Der Mann-Whitney-U-Test ergab keine Signifikanz ($Z = -0,117$, $p = 0,915$) (Tab. 2a).

Die für das Durchschnittsalter von 12,43 Jahren für das Gesamtkollektiv ermittelten Werte bezüglich Körpergröße und Körpergewicht zeigen sowohl bei Jungen als auch bei den Mädchen keine wesentliche Abweichung des Mittelwertes auf den Perzentilen-Kurven der Züricher longitudinalen Wachstumsstudie.

Tab. 1:
Gewicht (kg), Größe (cm) und Alter (Jahre) des Gesamtkollektivs

Gesamtkollektiv		Gewicht	Größe	Alter
N	Gültig	372,00	372,00	372,00
	Fehlend	0,00	0,00	0,00
Mittelwert		46,97	157,04	12,43
Median		45,00	157,50	12,63
Standardabweichung		15,06	16,88	2,56
Minimum		17,00	107,00	6,67
Maximum		90,00	198,00	17,58
Perzentile	25	34,00	144,00	10,19
	75	58,00	170,00	14,42

Tab. 2:
Geschlechterspezifische Verteilung von Gewicht (kg), Größe (cm) und Alter (Jahre) des Gesamtkollektivs

Geschlecht			Gewicht	Größe	Alter
w	N	Gültig	140,00	140,00	140,00
		Fehlend	0,00	0,00	0,00
	Mittelwert		45,89	155,07	12,43
	Median		43,50	155,50	12,38
	Standardabweichung		13,70	15,60	2,61
	Minimum		20,00	110,00	6,67
	Maximum		81,00	187,00	16,83
	Perzentile	25	35,00	143,00	10,33
		50	43,50	155,50	12,38
		75	56,00	167,00	14,65
m	N	Gültig	232,00	232,00	232,00
		Fehlend	0,00	0,00	0,00
	Mittelwert		47,63	158,22	12,43
	Median		45,50	158,00	12,83
	Standardabweichung		15,82	17,53	2,53
	Minimum		17,00	107,00	7,00
	Maximum		90,00	198,00	17,58
	Perzentile	25	34,00	145,00	10,17
		50	45,50	158,00	12,83
		75	60,00	174,00	14,23

Tab. 2a:
Signifikanzprüfung auf Geschlechtsunterschiede bezüglich Gewicht (kg), Größe (cm) und Alter (Jahre) beim Gesamtkollektiv

	Gewicht	Größe	Alter
Z	-0,697	-1,660	-0,107
p	0,486	0,097	0,915

Tab. 3:
 Altersgruppenspezifische Verteilung von Gewicht (kg), Größe (cm) und BMI (Body-Mass-Index)

Altersgruppe			Gewicht	Größe	BMI
< 10	N	Gültig	69,00	69,00	69,00
		Fehlend	0,00	0,00	0,00
	Mittelwert		30,82	134,80	16,86
	Standardabweichung		6,51	8,53	2,57
	Minimum		17,00	107,00	12,21
	Maximum		57,00	152,00	26,74
10 - <14	N	Gültig	178,00	178,00	178,00
		Fehlend	0,00	0,00	0,00
	Mittelwert		43,79	154,37	18,10
	Standardabweichung		11,81	11,40	3,02
	Minimum		22,00	125,00	12,74
	Maximum		90,00	187,00	27,78
≥ 14	N	Gültig	125,00	125,00	125,00
		Fehlend	0,00	0,00	0,00
	Mittelwert		60,42	173,11	20,08
	Standardabweichung		10,68	9,01	2,79
	Minimum		36,00	150,00	15,63
	Maximum		90,00	198,00	31,25

Tab. 4:
Geschlechtsspezifische Verteilung von Gewicht (kg), Größe (cm) und BMI (Body-Maß-Index)
in den einzelnen Altersgruppen

Altersgruppe				Gewicht	Größe	BMI
< 10	w	N	Gültig	25,00	25,00	25,00
			Fehlend	0,00	0,00	0,00
		Mittelwert		30,35	132,60	17,18
		Standardabweichung		5,79	8,23	2,43
		Minimum		20,00	110,00	12,81
		Maximum		40,00	150,00	21,53
	m	N	Gültig	44,00	44,00	44,00
			Fehlend	0,00	0,00	0,00
		Mittelwert		31,09	136,05	16,67
		Standardabweichung		6,94	8,54	2,65
		Minimum		17,00	107,00	12,21
		Maximum		57,00	152,00	26,74
10 - <14	w	N	Gültig	65,00	65,00	65,00
			Fehlend	0,00	0,00	0,00
		Mittelwert		42,58	153,03	17,98
		Standardabweichung		9,85	9,80	2,75
		Minimum		24,00	132,00	13,16
		Maximum		65,00	175,00	25,48
	m	N	Gültig	113,00	113,00	113,00
			Fehlend	0,00	0,00	0,00
		Mittelwert		44,48	155,14	18,17
		Standardabweichung		12,79	12,20	3,18
		Minimum		22,00	125,00	12,74
		Maximum		90,00	187,00	27,78
≥ 14	w	N	Gültig	50,00	50,00	50,00
			Fehlend	0,00	0,00	0,00
		Mittelwert		57,96	168,96	20,25
		Standardabweichung		10,13	8,49	3,04
		Minimum		40,00	150,00	15,63
		Maximum		81,00	187,00	31,25
	m	N	Gültig	75,00	75,00	75,00
			Fehlend	0,00	0,00	0,00
		Mittelwert		62,07	175,88	19,97

Tab. 5:
 Body-Mass-Index (BMI) Werte geschlechtsspezifisch in den verschiedenen Altersklassen für Normalgewicht, Übergewicht, Adipositas und Adipositas permagna.
 Werte wurden entnommen aus den Tabellen bei Kromeyer-Hauschild et al. 2001, 2015

	Normalgewicht		Übergewicht		Adipositas		Adipositas permagna	
	m	w	m	w	m	w	m	w
Kohorte 1	< 18,5	< 18,3	18,5 – 21,1	18,3 – 21,4	> 21,1 – 24,6	> 21,4 – 25,0	> 24,6 – 6	> 25,0
Kohorte 2	< 22,2	< 22,4	22,2 – 25,2	22,4 – 25,4	> 25,2 – 30,9	> 25,9 – 30,1	> 30,9	> 30,1
Kohorte 3	> 24,5	> 24,4	24,5 – 27,6	24,4 – 27,8	> 27,6 – 32,8	> 27,8 – 32,2	> 32,8	> 32,2

Tab. 6:
 Geschlechtsspezifische Auswertung der BMI-Werte des Gesamtkollektivs. Ein signifikanter Unterschied Jungen und Mädchen konnte nicht nachgewiesen werden.

BMI			
w	N		140,00
	Fehlend		0,00
	Mittelwert		18,65
	Standardabweichung		3,04
	Minimum		12,81
	Maximum		31,25
	Perzentile	25	16,49
		50	18,29
75		20,43	
m	N		232,00
	Fehlend		0,00
	Mittelwert		18,47
	Standardabweichung		3,13
	Minimum		12,21
	Maximum		28,39
	Perzentile	25	16,05
		50	17,96
75		20,28	

Tab. 7:
Anzahl und Prozent der Probanden geschlechts- und altersgruppenspezifisch mit Normalgewicht, Übergewicht, Adipositas und Adipositas permagna

Kohorte 1					
w	Gültig	Normalgewicht	Anzahl	Prozent	
		Übergewicht	18	72	
		Adipositas	6	24	
		Gesamt	1	4	
		Gesamt	25	100	
	Fehlend von Gesamt	347			
	Gesamt	372			
	m	Gültig	Normalgewicht	Anzahl	Prozent
			Übergewicht	38	86,4
			Adipositas	3	6,8
			Adipositas permagna	2	4,5
			Gesamt	1	2,3
		Gesamt	44	100	
Fehlend von Gesamt		328			
Gesamt		372			
Kohorte 2					
w	Gültig	Normalgewicht	Anzahl	Prozent	
		Übergewicht	58	89,2	
		Adipositas	6	9,2	
		Gesamt	1	1,5	
		Gesamt	65	100	
	Fehlend von Gesamt	307			
	Gesamt	372			
	m	Gültig	Normalgewicht	Anzahl	Prozent
			Übergewicht	99	87,6
			Adipositas	10	8,8
			Adipositas permagna	4	3,5
			Gesamt	113	100
		Fehlend von Gesamt	259		
Gesamt		372			
Kohorte 3					
w	Gültig	Normalgewicht	Anzahl	Prozent	
		Übergewicht	44	88	
		Adipositas	5	10	
		Gesamt	1	2	
		Gesamt	50	100	
	Fehlend von Gesamt	322			
	Gesamt	372			
	m	Gültig	Normalgewicht	Anzahl	Prozent
			Übergewicht	71	94,7
			Adipositas	3	4
			Adipositas permagna	1	1,3
			Gesamt	75	100
		Fehlend von Gesamt	297		
Gesamt		372			

Tab. 8:
Geschlechtsspezifische Auswertung des Gesamtkollektivs hinsichtlich Normal- und Übergewicht sowie Adipositas und Adipositas permagna

Gewichtskategorie	Anzahl	Prozent	männlich	weiblich
Normal	328	88,20%	208	120
Übergewicht	33	8.9 %	16	17
Adipositas	10	2,60%	7	3
Adipositas permagna	1	0,30%	1	-
Gesamt	372	100,00%	232	140

VIII.2 Auswertung der Beschwerdeangaben

Im Rahmen der orthopädischen Untersuchungen wurden die Probanden nach aktuellen Beschwerden im Bereich des Haltungs- und Bewegungsapparates befragt. Von den 372 Probanden gaben insgesamt 81 (21,8 %) an, dass sie an Beschwerden im Bereich des Haltungs- und Bewegungsapparates leiden (Tab. 9). Mädchen waren mit 29 Fällen (20,7 %) fast in gleicher Häufigkeit vertreten wie Jungen mit 52 Fällen (22,4 %). Bezüglich der Aufschlüsselung nach verschiedenen Körperregionen ergab sich jedoch eine Häufigkeit von 96 Angaben, was darauf zurückzuführen ist, dass 15 Teilnehmer zwei Beschwerdelokalisationen nannten (Abb. 9, Tab. 10, Tab. 11).

Von den 81 Probanden mit Schmerzangaben, gaben 33 (40,7 %) an, an Rückenschmerzen zu leiden. 25 Probanden (30,9 %) klagten über Knieschmerzen. Die dritt häufigst genannte Lokalisation waren Kopf- und Nackenschmerzen mit 11 Fällen (13,6 %), gefolgt von Schulterschmerzen mit sieben Fällen (8,6 %) (Tab. 10).

Bezüglich der Geschlechtsverteilung (Tab. 10) ergab sich, dass bei den Mädchen mit Beschwerdeangaben die Rückenschmerzen mit 13 Fällen (44,8 %) im Vordergrund standen und prozentual häufiger angegeben wurden als von den Jungen mit 20 Fällen (38,5 %), während Kniebeschwerden bei Mädchen mit neun Fällen (31,0 %) und bei Jungen mit 16 Fällen (30,8 %) in gleichem Ausmaß angegeben wurden. Bezüglich der übrigen Lokalisationen ergaben sich zwischen den Geschlechtern ebenfalls keine auffallenden Unterschiede (Abb. 10, Abb. 12).

Analysiert man nun die Beschwerden bezogen auf die einzelnen Kohorten, so ergibt sich, dass in der Kohorte 1 insgesamt 12 (17,4 %) und in der Kohorte 2 insgesamt 33 (18,5 %) der Probanden über Beschwerden klagten. Der Anteil der Beschwerdepatienten in der Kohorte 3 lag mit 36 Probanden (28,8 %) um 10 % höher als in den Kohorten 1 und 2 (Abb. 11, Tab. 9). Ein Drittel der Beschwerdepatienten in der Kohorte 1, vier Probanden (33,3 %) klagten über

Schmerzen im Bereich der Kopf-Nackenregion, während in der Kohorte 2 nur drei Fälle (9,1 %) derartige Beschwerden angaben. Die Klagen über Rückenschmerzen waren in der Kohorte 1 und 3 gleich häufig anzutreffen mit vier Fällen (33,3 %), während in der Kohorte 2 fast jeder zweite Proband mit Beschwerden über Rückenprobleme klagte (16 Fälle, 48,5 %). Auffällig war, dass auch die Knieschmerzen bei der Kohorte 1 mit zwei Fällen (16,7 %) am niedrigsten waren mit Zunahme in der Kohorte 2, neun Fälle (27,3 %) und weiterer Zunahme in der Kohorte 3 mit 14 Fällen (38,9 %).

Zusammenfassend ergibt sich, dass bei allen drei Kohorten Rückenschmerzen am häufigsten vorlagen, am stärksten in der Altersgruppe 10 – <14, gefolgt von Knieschmerzen als zweit häufigste Lokalisation, zunehmend von Kohorte 1 bis Kohorte 3. Die Beschwerdebhäufigkeit in der Kohorte 1 betrug 17,4 %, in der Kohorte 2 18,5 % und am stärksten in der Kohorte 3 mit 28,8 %.

Tab. 9:
Verteilung der angegebenen Beschwerden altersspezifisch und bezogen auf das Gesamtkollektiv (Altersgruppen in Jahren)

Beschwerden		Altersgruppe			Gesamt
		< 10	10 - <14	≥ 14	
Kopf (Nacken, Kopf)	Anzahl	4	3	4	11
	Innerhalb Altersgruppe%	33,3%	9,1%	11,1%	
HWS	Anzahl	0	1	1	2
	Innerhalb Altersgruppe%	0,0%	3,0%	2,8%	
Schulter	Anzahl	0	2	5	7
	Innerhalb Altersgruppe%	0,0%	6,1%	13,9%	
Ellenbogen	Anzahl	0	0	1	1
	Innerhalb	0,0%	0,0%	2,8%	
Handgelenk	Anzahl	0	0	1	1
	Innerhalb Altersgruppe%	0,0%	0,0%	2,8%	
Rücken (Rücken, LWS, BWS)	Anzahl	4	16	13	33
	Innerhalb Altersgruppe%	33,3%	48,5%	36,1%	
Leiste	Anzahl	0	1	1	2
	Innerhalb Altersgruppe%	0,0%	3,0%	2,8%	
Becken	Anzahl	0	0	1	1
	Innerhalb Altersgruppe%	0,0%	0,0%	2,8%	
Achillessehne	Anzahl	0	1	1	2
	Innerhalb Altersgruppe%	0,0%	3,0%	2,8%	
Knie	Anzahl	2	9	14	25
	Innerhalb Altersgruppe%	16,7%	27,3%	38,9%	
Ferse	Anzahl	1	1	1	3
	Innerhalb Altersgruppe%	8,3%	3,0%	2,8%	
Fuß	Anzahl	2	2	1	5
	Innerhalb Altersgruppe%	16,7%	6,1%	2,8%	
Morbus Scheuermann	Anzahl	0	1	0	1
	Innerhalb Altersgruppe%	0,0%	3,0%	0,0%	
Wechselnde Gelenkbeschwerden	Anzahl	0	1	0	1
	Innerhalb Altersgruppe%	0,0%	3,0%	0,0%	
Patellaspitzen-syndrom	Anzahl	0	0	1	1
	Innerhalb Altersgruppe%	0,0%	0,0%	2,8%	
	Anzahl	12	33	36	81
Prozentualer Anteil der Beschwerdefälle pro Kohorte		17,4%	18,5%	28,8%	21,8%

Tab. 10:
Geschlechtsspezifische Verteilung der Beschwerden im Gesamtkollektiv

Beschwerden		Geschlecht		Gesamt
		w	m	
Kopf (Nacken, Kopf)	Anzahl	3	8	11
	Innerhalb Geschlecht%	10,3%	15,4%	
HWS	Anzahl	1	1	2
	Innerhalb Geschlecht%	3,4%	1,9%	
Schulter	Anzahl	3	4	7
	Innerhalb Geschlecht%	10,3%	7,7%	
Ellenbogen	Anzahl	0	1	1
	Innerhalb Geschlecht%	0,0%	1,9%	
Handgelenk	Anzahl	0	1	1
	Innerhalb Geschlecht%	0,0%	1,9%	
Rücken (Rücken, LWS, BWS)	Anzahl	13	20	33
	Innerhalb Geschlecht%	44,8%	38,5%	
Leiste	Anzahl	0	2	2
	Innerhalb Geschlecht%	0,0%	3,8%	
Becken	Anzahl	0	1	1
	Innerhalb Geschlecht%	0,0%	1,9%	
Achillessehne	Anzahl	1	1	2
	Innerhalb Geschlecht%	3,4%	1,9%	
Knie	Anzahl	9	16	25
	Innerhalb Geschlecht%	31,0%	30,8%	
Ferse	Anzahl	0	3	3
	Innerhalb Geschlecht%	0,0%	5,8%	
Fuß	Anzahl	2	3	5
	Innerhalb Geschlecht%	6,9%	5,8%	
Morbus Scheuermann	Anzahl	0	1	1
	Innerhalb Geschlecht%	0,0%	1,9%	
Wechselnde Gelenkbeschwerden	Anzahl	1	0	1
	Innerhalb Geschlecht%	3,4%	0,0%	
Patellaspitzen-syndrom	Anzahl	0	1	1
	Innerhalb Geschlecht%	0,0%	1,9%	
	Anzahl	29	52	81

Tab. 11:
 Prozentuale Verteilung der einzelnen Beschwerden bezüglich der Gesamtbeschwerden
 Mehrfachnennungen möglich / N gesamt: 96

Beschwerden	N Antworten	Prozent der Antworten	Prozent der Fälle
Kopf (Nacken, Kopf)	11	11,5%	13,6%
HWS	2	2,1%	2,5%
Schulter	7	7,3%	8,6%
Ellenbogen	1	1,0%	1,2%
Handgelenk	1	1,0%	1,2%
Rücken (Rücken, LWS, BWS)	33	34,4%	40,7%
Leiste	2	2,1%	2,5%
Becken	1	1,0%	1,2%
Achillessehne	2	2,1%	2,5%
Knie	25	26,0%	30,9%
Ferse	3	3,1%	3,7%
Fuß	5	5,2%	6,2%
Morbus Scheuermann	1	1,0%	1,2%
Wechselnde Gelenkbeschwerden	1	1,0%	1,2%
Patellaspitzensyndrom	1	1,0%	1,2%
gesamt	96	100,0%	118,5%

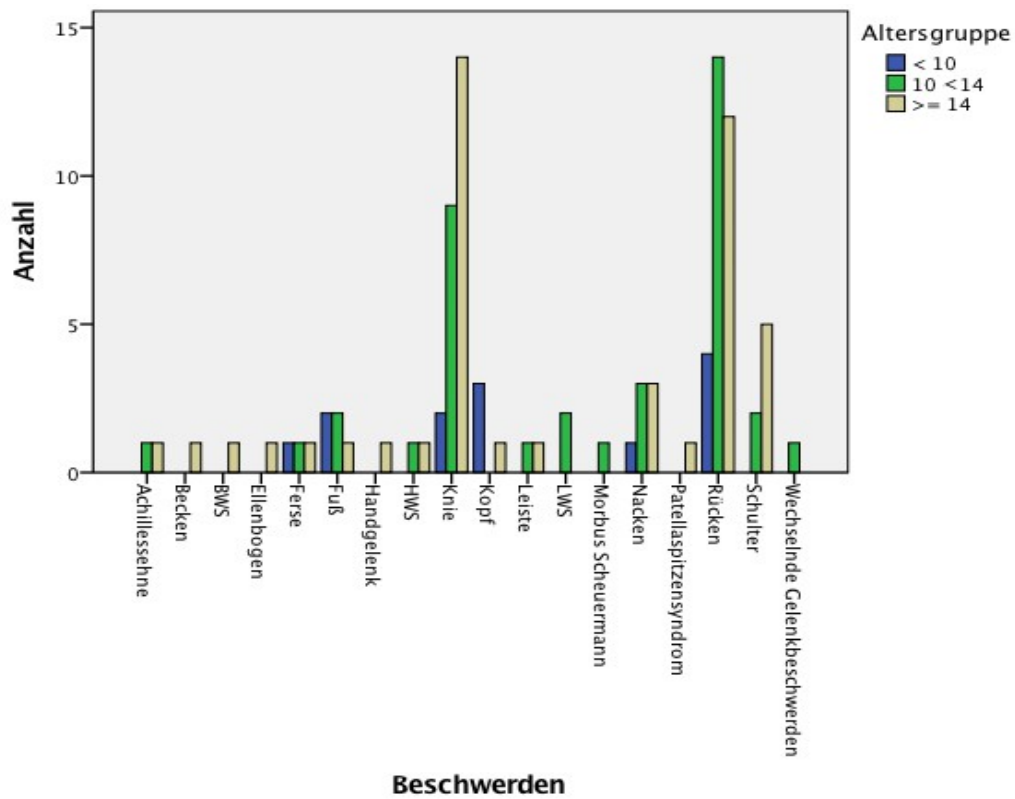


Abb. 9: Angaben von Beschwerden aufgeschlüsselt nach den einzelnen Altersgruppen und Lokalisationen (Altersgruppe in Jahren)

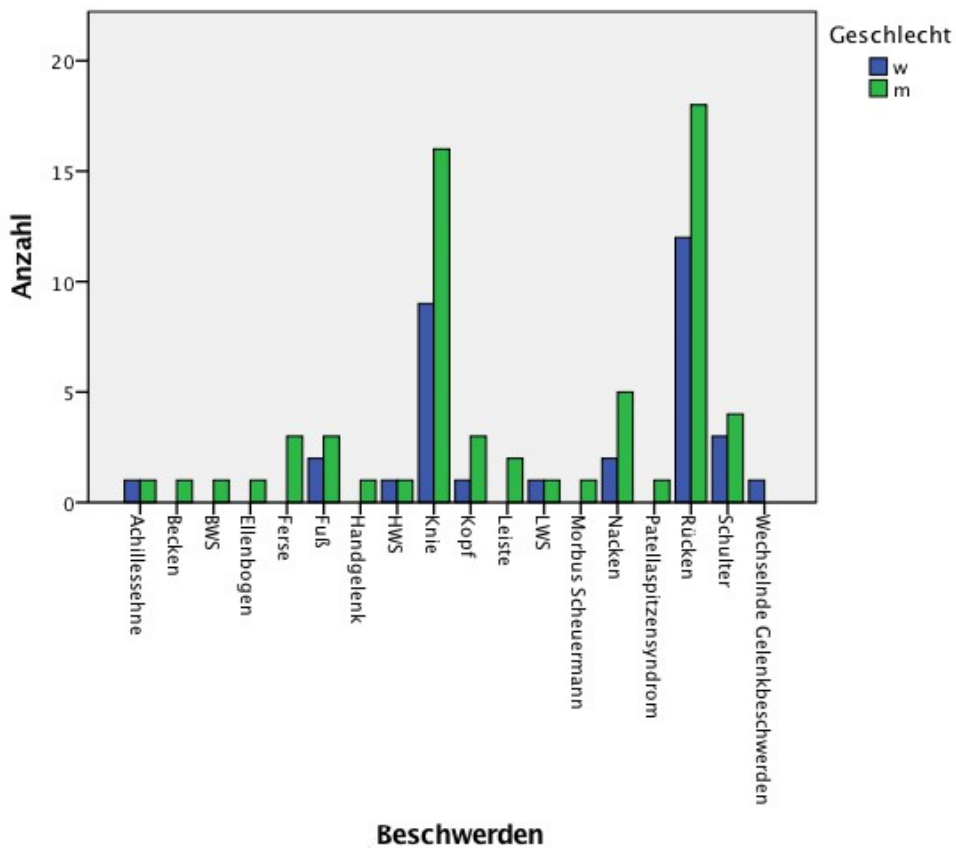


Abb. 10: Geschlechtsspezifische Verteilung der Probanden mit Beschwerdeangaben bezogen auf das Gesamtkollektiv

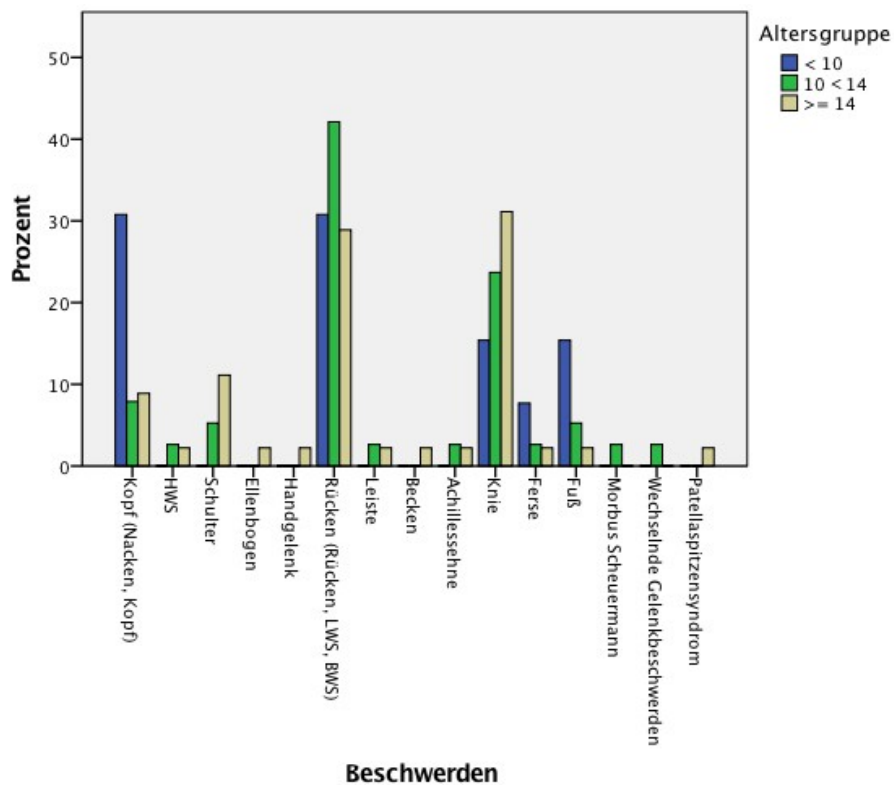


Abb. 11:
 Prozentuale Verteilung der altersspezifischen Beschwerdeangaben nach den einzelnen Lokalisationen (Altersgruppe in Jahren)

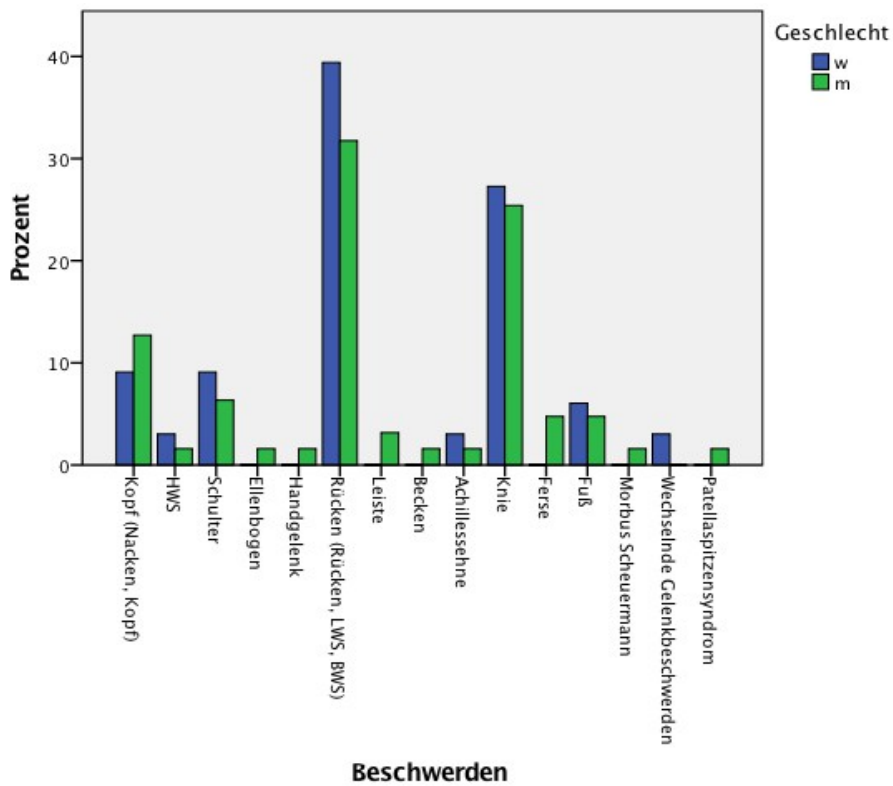


Abb. 12:
 Geschlechtsspezifische Verteilung der Beschwerdelokalisationen in Prozent bezogen auf das Gesamtkollektiv

VIII.3 Auswertung der Beweglichkeitsprüfung

3.1 Ott'sches Maß

Gemessen wird beim Vorwärtsbücken die Verlängerung des im Stehen angebrachten Markierungspunktes von 30 cm nach distal ausgehend vom Dornfortsatz des siebten Halswirbels. Bezogen auf das Gesamtkollektiv ergibt sich ein Mittelwert von 32,48 [30,00/38,00; \pm 0,93] cm (Tab. 13). Geschlechtsspezifisch ergibt sich im Gesamtkollektiv keine signifikante Differenz zwischen Mädchen und Jungen ($Z = -0,852$, $p = 0,394$). Der Medianwert war in beiden Gruppen mit 32,00 cm gleich bei nur geringfügiger Differenz der Mittelwerte (Jungen 32,49 cm, Mädchen 32,46 cm) (Abb. 14, Tab. 15).

In den drei Altersgruppen lag ein gleicher Medianwert von 32,00 cm vor, wobei der Mittelwert in der Kohorte 1 bei 31,95 cm (SD= 0,64 cm), in der Kohorte 2 bei 32,58 cm (SD= 0,87 cm) und in der Kohorte 3 bei 32,62 cm (SD= 1,06 cm) lag (Abb. 13). Der Kruskal-Wallis-Test (Tab. 12) war bezogen auf das Ott'sche Maß signifikant (Chi-Quadrat (df= 2) = 29,846, $p < 0,001$). Es besteht somit ein signifikanter Unterschied zwischen den drei Altersgruppen, wobei der Post-Hoc-Test mit Bonferroni-Korrektur einen signifikanten Unterschied der Kohorte 1 von den beiden älteren Gruppen zeigt mit signifikant niedrigerem Ott-Wert in Gruppe 1. Kohorte 2 und Kohorte 3 unterscheiden sich nicht untereinander (Abb. 13, Tab. 12a). Der Unterschied ist bezüglich Median und Mittelwert nicht sehr groß. Aufgrund der kleinen Streuung und der großen Fallzahl wird er dennoch im Test signifikant.

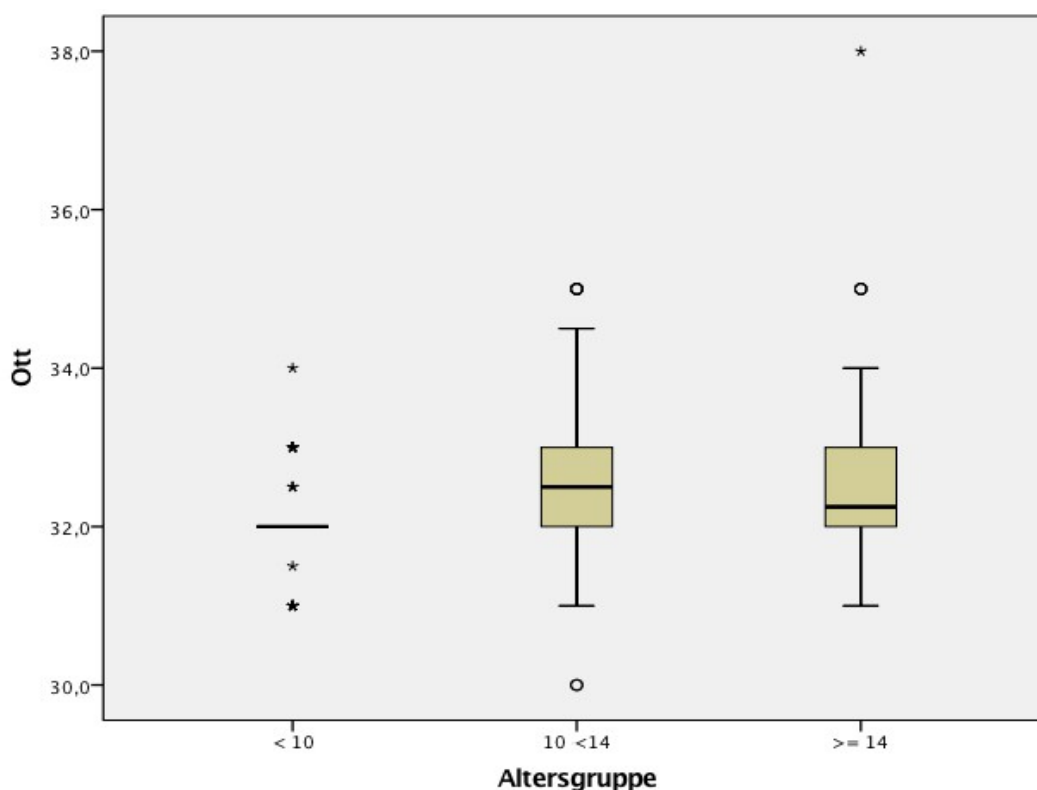


Abb. 13: Altersgruppenspezifische Ergebnisse der Beweglichkeitsprüfung nach OTT (Ott'sches Maß) (siehe auch Tab. 9)

Tab. 12:

Kruskal-Wallis-Test

Signifikanzprüfung zwischen den 3 Altergruppen (Kohorte 1, Kohorte 2, Kohorte 3) bezüglich Schober-Maß, Ott'sches Maß und Finger-Boden-Abstand)

	Schober	Ott	FBA
Chi-Quadrat	3,407	29,846	2,956
p	0,182	<.001	0,228
	-> nicht signifikant	-> signifikant	-> nicht signifikant

Tab. 12a:

Post-Hoc-Test mit Bonferroni-Korrektur für das Ott'sche Maß

Vergleich	p-Wert	
<10 vs. ≥14	<.001	signifikant
<10 vs. 10 - <14	<.001	signifikant
≥14 vs. 10 - <14	>.999	nicht signifikant

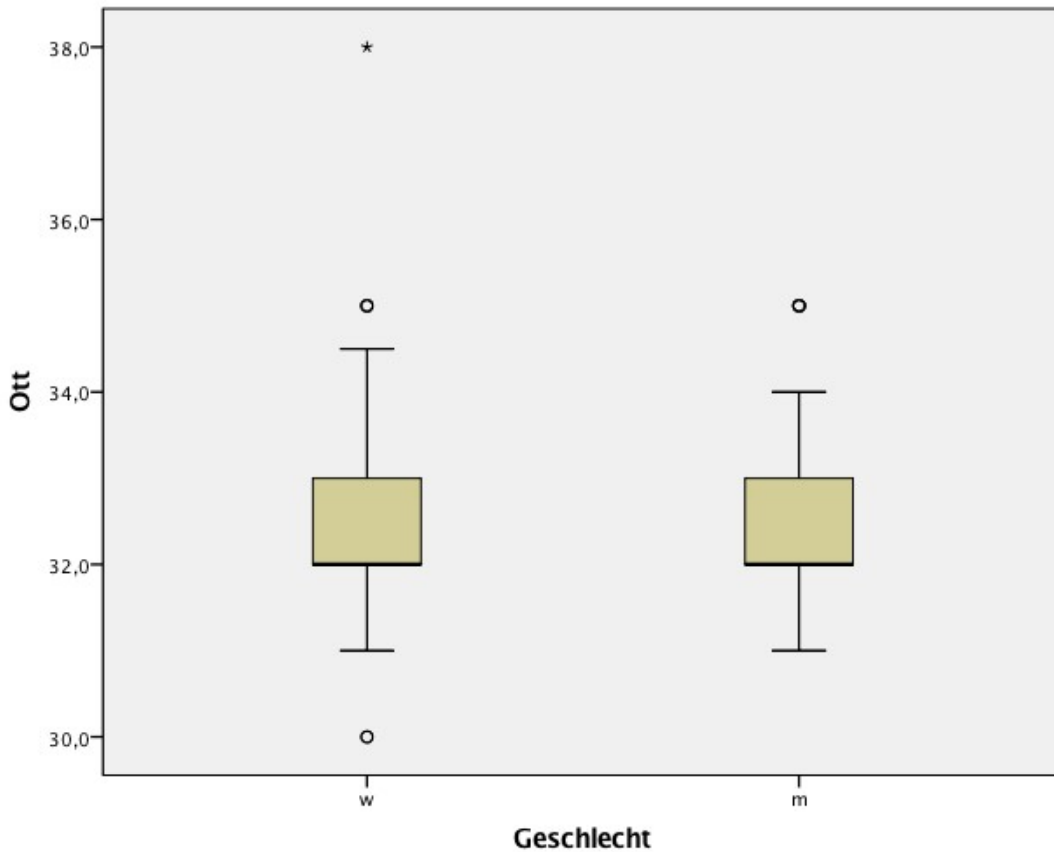


Abb. 14:

Geschlechtsspezifische Ergebnisse bei der Beweglichkeitsprüfung nach OTT (Ott'sches Maß)

3.2 Schober-Test

Bezüglich des Gesamtkollektivs ergibt sich ein Mittelwert von 15,10 cm (SD= 0,91), ein Medianwert von 15,00 cm mit Minimum von 12,00 cm und Maximum von 18,00 cm (Tab. 13).

Der Mittelwert bei Jungen betrug 15,05 cm [12,50/18,00; \pm 0,89] cm, und bei Mädchen fand sich ein Mittelwert von 15,19 cm [12,00/18,00; \pm 0,95] cm (Abb. 16, Tab. 15). Somit konnte geschlechtsspezifisch kein signifikanter Unterschied $p(= 0,126)$ im Schober-Test nachgewiesen werden.

Auch zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen den drei Altersgruppen (Abb. 15, Tab. 14). So betrug der Mittelwert in Kohorte 1 14,91 cm [13,00/17,00; \pm 0,94] cm. In Kohorte 2 betrug der Mittelwert 15,14 cm [12,00/18,00; \pm 0,94] cm. In der Kohorte 3 betrug der Mittelwert 15,15 cm [13,00/18,00; \pm 0,85] cm. Der Medianwert in jeder Kohorte betrug jeweils 15,00 cm. Die Ergebnisse lassen die Aussage zu, dass die mit dem Schober-Test erfasste Beweglichkeit der LWS zwischen 6 und 16 Jahren unabhängig vom Alter war. In den Korrelationsanalysen (Tab. 19) ist aber zu erkennen, dass es einen signifikanten positiven, wenn auch schwachen, Zusammenhang zwischen dem Körpergewicht und den Schober-Tests gibt ($r= 0,139$, $p= 0,007$). Das bedeutet, dass bei steigendem Gewicht der Schober-Wert größer wird. Ähnlich verhält es sich bei der Körpergröße. Hier ist der p-Wert zwar nicht signifikant, aber dennoch klein. Der Korrelationskoeffizient ist positiv, so dass man von einer gewissen Tendenz für einen positiven Zusammenhang zwischen Schober und Körpergröße sprechen kann ($r= 0,094$, $p= 0,071$).

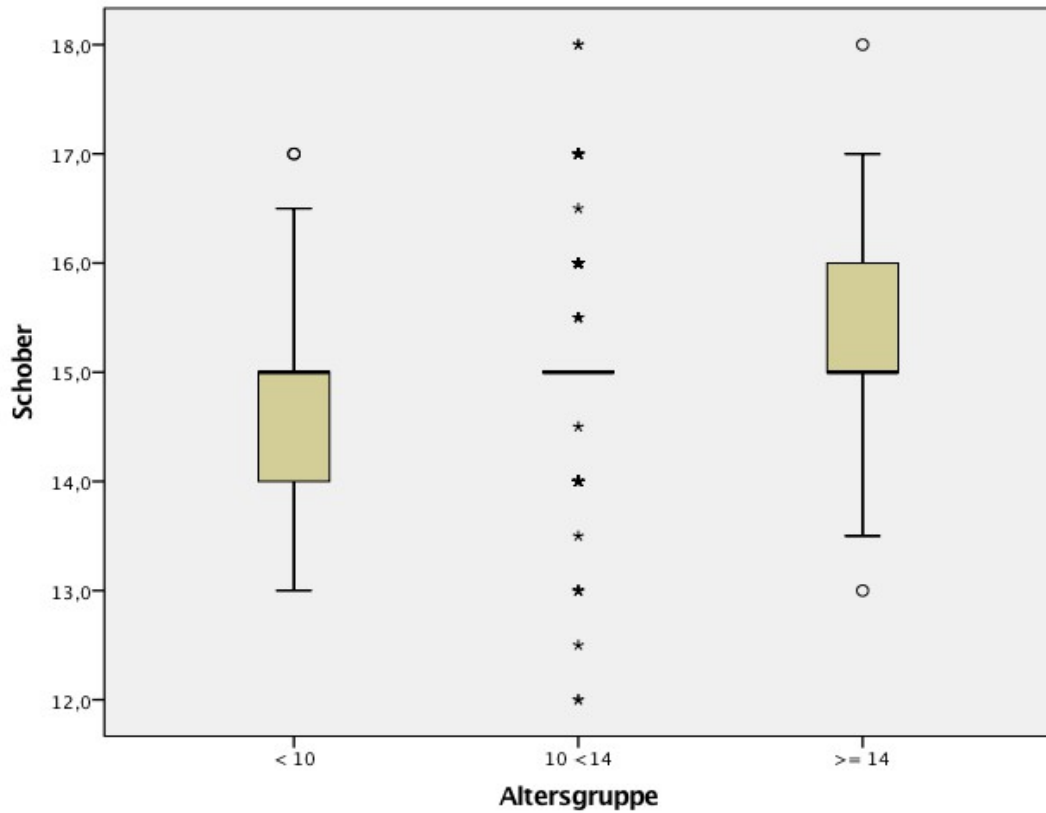


Abb. 15:
 Altersspezifische Beweglichkeit der Lendenwirbelsäule (LWS) bei Prüfung des Schober-
 Maßes (Altersgruppe in Jahren)

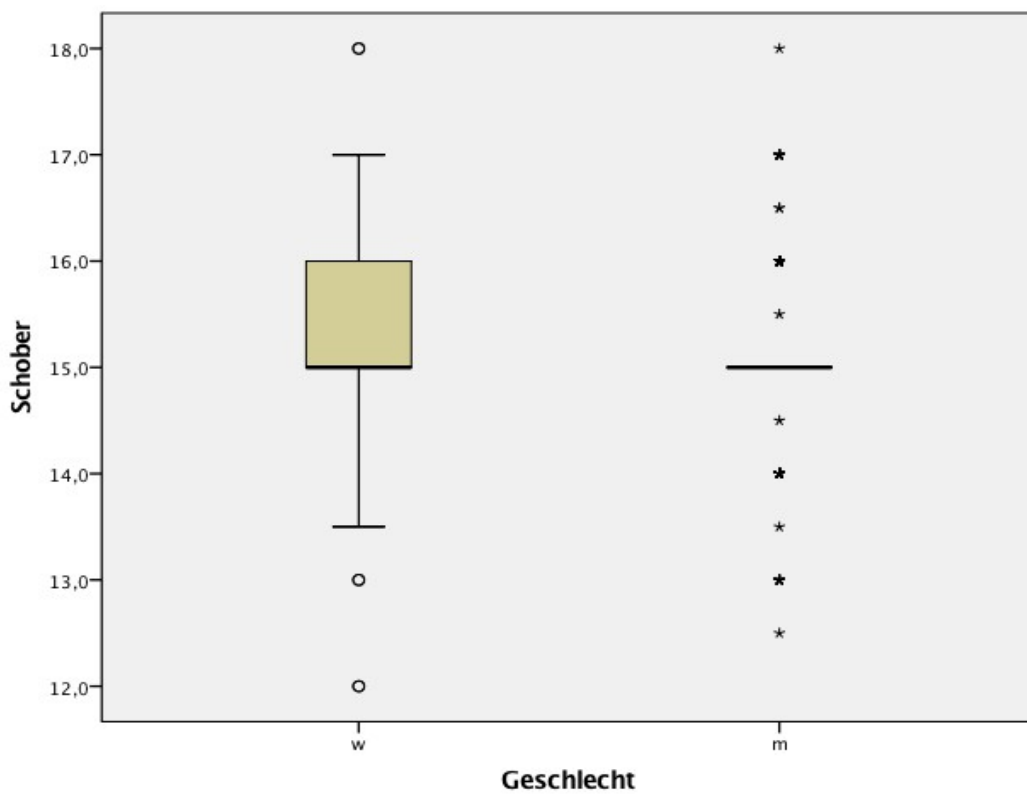


Abb. 16:
 Geschlechtsspezifische Beweglichkeit der Lendenwirbelsäule (LWS) bei Prüfung des
 Schober-Maßes

3.3 Finger-Boden-Abstand

Im Gesamtkollektiv betrug hier der Mittelwert 6,02 [0,00/33,00; \pm 7,75] cm (Tab. 13). Ein signifikanter Unterschied konnte zwischen Jungen und Mädchen nachgewiesen werden (Abb. 18). Bei Jungen betrug der Mittelwert 7,70 cm [0,00/33,00; \pm 8,37] cm. Bei Mädchen betrug der Mittelwert 3,24 [0,00/23,00; \pm 5,61] cm (Tab. 15) ($Z = -5,741$, $p < 0,001$).

Die einzelnen Kohorten zeigten bezüglich des Finger-Boden-Abstandes keinen signifikanten Unterschied. So lag bei der Kohorte 1 ein Mittelwert von 4,43 cm vor (SD= 6,08 cm). Der Mittelwert in der Kohorte 2 betrug 6,60 cm (SD= 7,99 cm) und in der Kohorte 3 6,08 cm (SD= 8,15) (Abb. 17, Tab. 14).

Zusammenfassend ergibt sich, dass ein signifikanter Unterschied im Finger-Boden-Abstand zwischen Jungen (Mittelwert 7,70 cm) und Mädchen (Mittelwert 3,24 cm) bestand. Zu den anderen Parametern konnten weder positive oder negative Korrelationen nachgewiesen werden.

Zwischen Körpergröße und Finger-Bodenabstand ließ sich bei Mädchen keine signifikante Korrelation feststellen ($r = 0,050$, $p = 0,559$), während bei Jungen sich eine signifikante positive Korrelation ergab ($r = ,116$, $p = 0,011$). Somit ergeben sich tendenziell unterschiedliche Zusammenhänge bei Jungen und Mädchen. So wird die Frage, ob dieser Zusammenhang signifikant ist, mit dem Onlinetool Psychometrica durchgeführt (<https://www.psychometrica.de/corrleation.html>), [EID M, GOLLWITZER M, SCHMITT M 20011]. Ein signifikanter Unterschied besteht nicht ($Z = 1,088$, $p = 0,138$).

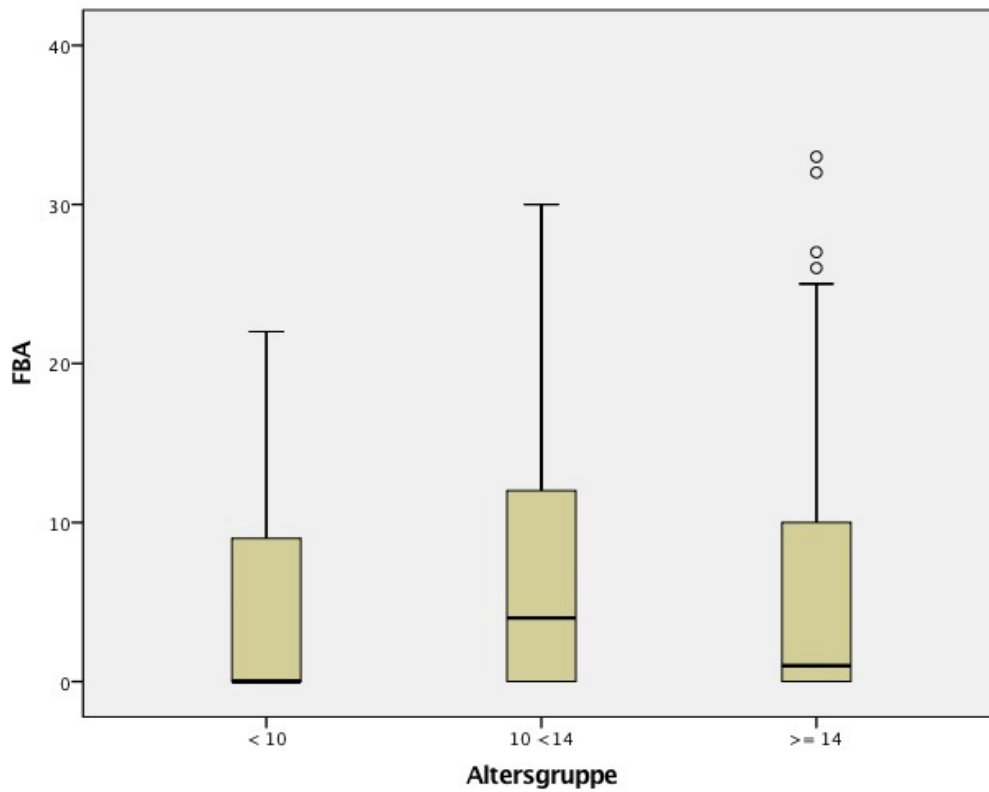


Abb. 17:
 Altersgruppenspezifische Messergebnisse bei Prüfung des FBA (Finger-Boden-Abstand)
 (Altersgruppe in Jahren)

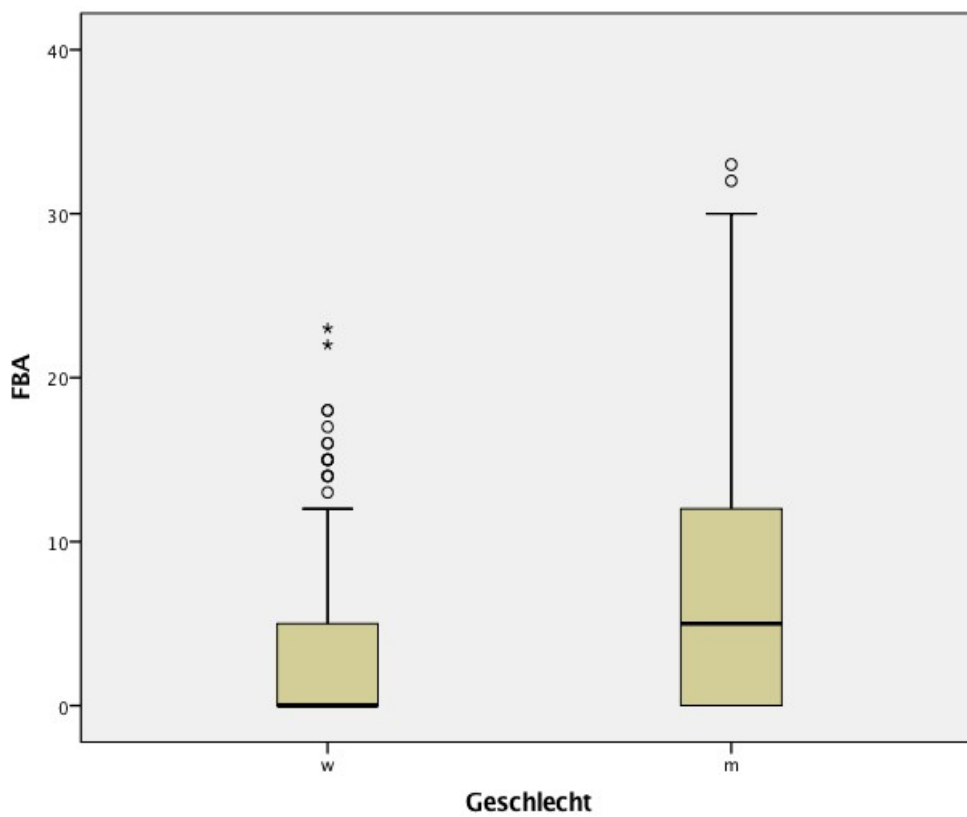


Abb. 18:
 Geschlechtsspezifische Messergebnisse bei Prüfung des FBA (Finger-Boden-Abstand)

Tab. 13:

Auswertung des Gesamtkollektives hinsichtlich der Beweglichkeitsprüfung nach Schober-Maß und Ott'schem-Maß und Messung des FBA (Finger-Boden-Abstand) (Mittelwert, Median, Standardabweichung, Minimum, Maximum in cm)

	Schober	Ott	FBA
N	372,00	372,00	372,00
Fehlend	0,00	0,00	0,00
Mittelwert	15,10	32,48	6,02
Median	15,00	32,00	2,00
Standardabweichung	0,91	0,93	7,75
Minimum	12,00	30,00	0,00
Maximum	18,00	38,00	33,00
25 %-Perzentil	15,00	32,00	0,00
75 %-Perzentil	16,00	33,00	10,00

Tab. 14:

Altersgruppenspezifische Auswertung der Beweglichkeitsprüfung nach Schober-Maß (cm) und Ott'schem Maß (cm) und Messung des FBA (Finger-Boden-Abstand in cm) (Altersgruppen in Jahren) (Mittelwert, Median, Standardabweichung, Minimum, Maximum in cm)

Altersgruppe		Schober	Ott	FBA
< 10	N	69,00	69,00	69,00
	Fehlend	0,00	0,00	0,00
	Mittelwert	14,91	31,95	4,43
	Median	15,00	32,00	0,00
	Standardabweichung	0,94	0,64	6,08
	Minimum	13,00	30,50	0,00
	Maximum	17,00	34,00	22,00
	25 %-Perzentil	14,00	32,00	0,00
	75 %-Perzentil	15,50	32,00	9,00
10 - <14	N	178,00	178,00	178,00
	Fehlend	0,00	0,00	0,00
	Mittelwert	15,14	32,58	6,60
	Median	15,00	32,00	4,00
	Standardabweichung	0,94	0,87	7,99
	Minimum	12,00	30,00	0,00
	Maximum	18,00	35,00	30,00
	25 %-Perzentil	15,00	32,00	0,00
	75 %-Perzentil	15,50	33,00	12,00
≥ 14	N	125,00	125,00	125,00
	Fehlend	0,00	0,00	0,00
	Mittelwert	15,15	32,62	6,08
	Median	15,00	32,00	1,00
	Standardabweichung	0,85	1,06	8,15
	Minimum	13,00	31,00	0,00
	Maximum	18,00	38,00	33,00
	25 %-Perzentil	15,00	32,00	0,00
	75 %-Perzentil	16,00	33,00	10,00

Tab. 15:

Geschlechtsspezifische Auswertung der Beweglichkeitsprüfung nach Schober-Maß und Ott'schem Maß und Messung des FBA (Finger-Boden-Abstand) (Mittelwert, Median, Standardabweichung, Minimum, Maximum in cm)

Geschlecht		Schober	Ott	FBA
w	N	140,00	140,00	140,00
	Fehlend	0,00	0,00	0,00
	Mittelwert	15,19	32,46	3,24
	Median	15,00	32,00	0,00
	Standardabweichung	0,95	1,04	5,61
	Minimum	12,00	30,00	0,00
	Maximum	18,00	38,00	23,00
	25 %-Perzentil	15,00	32,00	0,00
	75 %-Perzentil	16,00	33,00	5,00
m	N	232,00	232,00	232,00
	Fehlend	0,00	0,00	0,00
	Mittelwert	15,05	32,49	7,70
	Median	15,00	32,00	5,00
	Standardabweichung	0,89	0,87	8,37
	Minimum	12,50	30,50	0,00
	Maximum	18,00	35,00	33,00
	25 %-Perzentil	15,00	32,00	0,00
	75 %-Perzentil	15,38	33,00	12,00

VIII.4 Auswertung des Haltungsindex

Zunächst wurde die sogenannte Gewohnheitshaltung oder habituelle Haltung (Hab HI) der Probanden nach dem Haltungsindex nach Fröhner beurteilt. Dann wurden die Probanden aufgefordert unter optischer Kontrolle eine straffe Haltung einzunehmen (Augen auf (Aa HI)).

4.1 Habituelle Haltung (Hab HI)

Der Mittelwert des habituellen Haltungsindex nach Fröhner im Gesamtkollektiv betrug 1,13 [0,55/1,73; \pm 0,21] (Tab. 16). Geschlechtsspezifisch betrug der Mittelwert bei Jungen 1,12 [0,55/1,73; \pm 0,20]. Der Mittelwert bei Mädchen im Gesamtkollektiv betrug 1,14 [0,55/1,71; \pm 0,22] (Tab. 18). Der t-Test liefert ein nicht signifikantes Ergebnis (Abb. 20). Es gibt also keinen signifikanten Unterschied, zwischen den Hab HI Werten zwischen männlich und weiblich ($t(354) = 0,801$, $df = 355$, $p = 0,418$). Auch die einzelnen Altersgruppen unterscheiden sich nicht signifikant im Hab HI Wert ($F = 0,545$, $df_2 = 168,672$, $p = 0,581$). So betrug der Mittelwert bei der Kohorte 1 1,15 (SD= 0,22), Kohorte 2 Mittelwert 1,12 (SD= 0,22), Kohorte 3 Mittelwert 1,12 (SD= 0,18) (Abb. 19, Tab. 17).

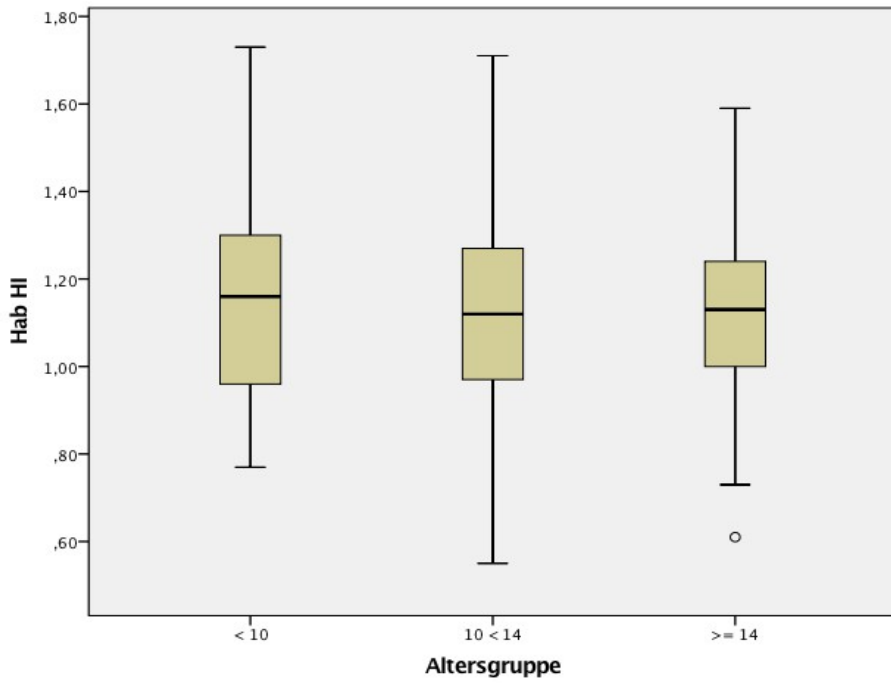


Abb. 19:
Altersspezifischer habitueller Haltungsindex (Hab HI) (Altersgruppe in Jahren)

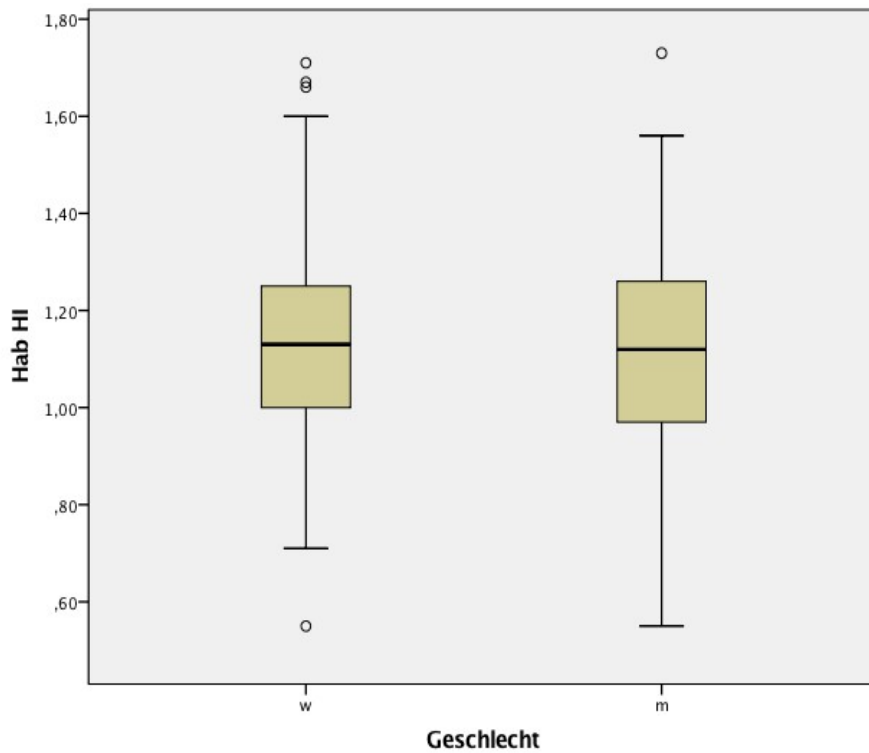


Abb. 20:
Geschlechtsspezifische Verteilung des habituellen Haltungsindex

4.2 Haltungsindex bei korrigierter Haltung (Augen auf Aa HI)

Die korrigierte Haltung wird mit Aa HI bezeichnet, der Haltungsindex bei geschlossenen Augen mit Az HI.

Nach Haltungskorrektur bei offenen Augen zeigt sich im Gesamtkollektiv ein Mittelwert von 1,00 [0,43/1,88; \pm 0,20] (Tab. 16). Ein signifikanter Unterschied zwischen Jungen und Mädchen bestand nicht ($Z= 1,014$, $p= 0,310$) (Abb. 22, Tab.18). Bei Jungen betrug der Haltungsindex Aa HI im Mittelwert 1,02 (SD= 0,21), bei Mädchen betrug der Mittelwert 0,98 (SD= 0,18). Weiterhin konnte auch kein signifikanter Unterschied zwischen den drei Altersgruppen festgestellt werden (Chi-Quadrat (df= 2)= 3,423, $p= 0,181$). In der Kohorte 1 betrug Aa HI im Mittelwert 0,98 (SD= 0,24), in Kohorte 2 Mittelwert 1,01 (SD= 0,20) und die Kohorte 3 Mittelwert 1,01 (SD= 0,17) (Abb. 21, Tab. 17).

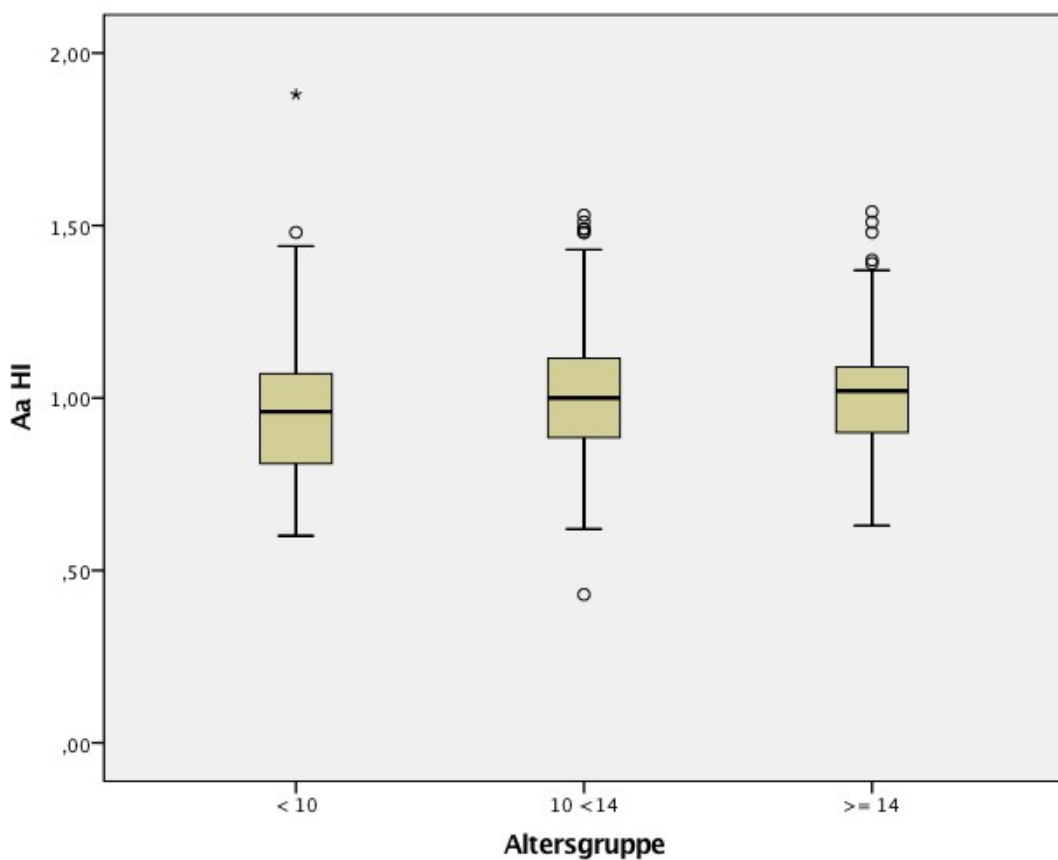


Abb. 21: Altersspezifische Verteilung des Haltungsindex bei korrigierter Haltung (Aa HI) (Altersgruppe in Jahren)

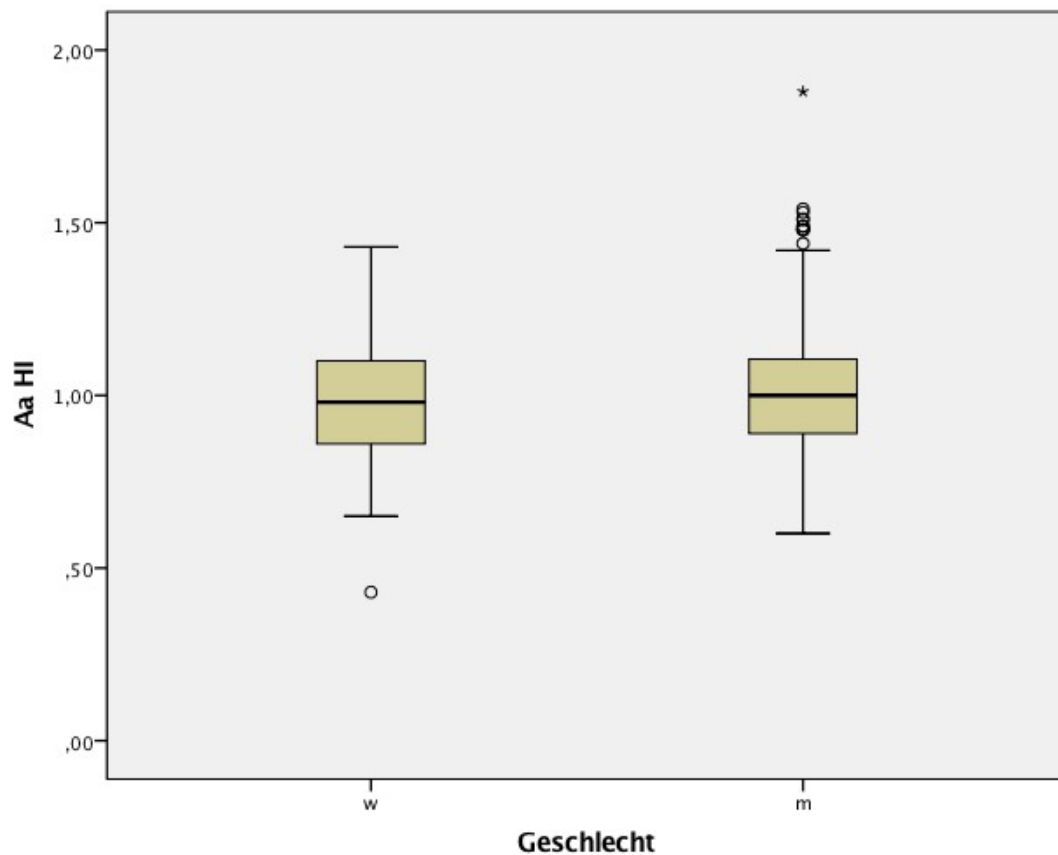


Abb. 22:
Geschlechtsspezifischer Handlungsindex bei korrigierter Haltung (Aa HI)

Die statistische Auswertung ergibt einen signifikanten Unterschied zwischen Aa HI und Hab HI ($p < 0,001$). Aus den deskriptiven Analysen ist erkennbar, dass Hab HI leicht höhere Werte hat als Aa HI (Tab. 16).

Geschlechtsspezifisch ergibt sich hinsichtlich Aa HI und Hab HI zwischen weiblich ($n = 137$) Chi-Quadrat ($df = 2$) = 67,98, $p < 0,001$ und männlich Chi-Quadrat ($df = 2$) = 65,8, $p = < 0,001$ ($n = 220$) kein signifikanter Unterschied (Tab. 18).

4.3 Haltungindex bei geschlossenen Augen (Az HI)

Die Auswertung des Haltungindex bei geschlossenen Augen ergab bezüglich des Gesamtkollektivs einen Mittelwert von 1,02 [0,25/1,83; \pm 0,21] (Tab. 16). Ein geschlechtsspezifischer Unterschied konnte nicht nachgewiesen werden ($Z= 1,014$, $p= 0,310$) (Tab. 18). Bei Mädchen betrug der Mittelwert 0,99 [0,25/1,47; \pm 0,19] (Tab. 18). Weiterhin konnte auch kein signifikanter Unterschied zwischen den drei Altersgruppen festgestellt werden, Chi-Quadrat ($df= 2$)= 45,8, $p\leq 0,001$. Bei der Kohorte 1 betrug der Az HI Mittelwert 1,02 (SD= 0,27), in der Kohorte 2 wurde ein Mittelwert von 1,02 ermittelt (SD= 0,21) und in der Kohorte 3 ein Mittelwert von 1,00 (SD= 0,17) (Tab. 17).

Bezüglich des Haltungindex konnte zwischen Aa HI und Az HI kein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Dies betrifft sowohl Kohorte 1 ($p= 0,565$), als auch Kohorte 2 ($p> 0,999$) als auch die Kohorte 3 ($p> 0,999$) (Post-hoc-Test mit Bonferroni-Korrektur für multiples Testen).

Eine signifikante Veränderung besteht jedoch in allen drei Kohorten zwischen Az HI und Hab HI sowie zwischen Aa HI und Hab HI (p jeweils $> 0,001$). Somit ergibt sich zusammenfassend, dass aus der Gewohnheitshaltung heraus sich die Haltung signifikant verändern lässt durch aktive muskuläre Anspannung (stramm stehen), dass sich aber bei geschlossenen Augen gegenüber der korrigierten Haltung keine signifikante Veränderung nachweisen lässt. Dies betrifft sowohl die Jungen als auch die Mädchen (Aa HI – Hab HI und Az HI – Hab HI jeweils $< 0,001$, Aa HI – Az HI bei Mädchen $> 0,999$ und bei Jungen 0,619).

Es besteht eine negative Korrelation zwischen Gewicht und Hab HI (Tab. 19) ($p= 0,002$, $r= -0,165$).

Tab. 16:

Statistische Auswertung des Gesamtkollektivs hinsichtlich des Haltungindex habituell (Hab HI) sowie bei korrigierter Haltung (Aa HI)

	Hab HI	Aa HI	Az HI
N	357,00	357,00	357,00
Fehlend	15,00	15,00	15,00
Mittelwert	1,13	1,00	1,02
Median	1,13	1,00	1,00
Standardabweichung	0,21	0,20	0,21
Minimum	0,55	0,43	0,25
Maximum	1,73	1,88	1,83
25 %-Perzentil	0,98	0,89	0,88
75%-Perzentil	1,26	1,11	1,12

Tab. 17:
 Altersspezifische Auswertung des habituellen Haltungsindex (Hab HI) sowie bei korrigierter Haltung (Aa HI) (Altersgruppe in Jahren) und bei geschlossenen Augen (Az HI)

Altersgruppe		Hab HI	Aa HI	Az HI
< 10	N	65,00	65,00	65,00
	Fehlend	4,00	4,00	4,00
	Mittelwert	1,15	0,98	1,02
	Median	1,16	0,96	1,00
	Standardabweichung	0,22	0,24	0,27
	Minimum	0,77	0,60	0,25
	Maximum	1,73	1,88	1,83
	25 %-Perzentil	0,96	0,80	0,89
	75 %-Perzentil	1,31	1,09	1,14
10 - <14	N	172,00	172,00	172,00
	Fehlend	6,00	6,00	6,00
	Mittelwert	1,12	1,01	1,02
	Median	1,12	1,00	1,00
	Standardabweichung	0,22	0,20	0,21
	Minimum	0,55	0,43	0,50
	Maximum	1,71	1,53	1,59
	25 %-Perzentil	0,97	0,88	0,87
	75 %-Perzentil	1,28	1,12	1,13
≥ 14	N	120,00	120,00	120,00
	Fehlend	5,00	5,00	5,00
	Mittelwert	1,12	1,01	1,01
	Median	1,13	1,02	1,00
	Standardabweichung	0,18	0,17	0,17
	Minimum	0,61	0,63	0,69
	Maximum	1,59	1,54	1,50
	25 %-Perzentil	1,00	0,90	0,90
	75 %-Perzentil	1,24	1,09	1,11

Tab. 18:

Geschlechtsspezifische Auswertung des Haltungsindex habituell (Hab HI) sowie bei korrigierter Haltung (Aa HI) (Gesamtkollektiv) und bei geschlossenen Augen (Az HI)

Geschlecht		Hab HI	Aa HI	Az HI
w	N	137,00	137,00	137,00
	Fehlend	3,00	3,00	3,00
	Mittelwert	1,14	0,98	0,99
	Median	1,13	0,98	1,00
	Standardabweichung	0,22	0,18	0,19
	Minimum	0,55	0,43	0,25
	Maximum	1,71	1,43	1,47
	25 %-Perzentil	1,00	0,86	0,89
	75 %-Perzentil	1,26	1,11	1,11
m	N	220,00	220,00	220,00
	Fehlend	12,00	12,00	12,00
	Mittelwert	1,12	1,02	1,03
	Median	1,12	1,00	1,00
	Standardabweichung	0,20	0,21	0,22
	Minimum	0,55	0,60	0,63
	Maximum	1,73	1,88	1,83
	25 %-Perzentil	0,97	0,89	0,88
	75 %-Perzentil	1,26	1,11	1,14

VIII.5 Korrelation des Haltungsindex mit den metrischen Parametern

Tab. 19 zeigt nochmals zusammengefasst die signifikanten Korrelationen. Am Vorzeichen (positiv oder negativ) des Korrelationskoeffizienten r ist erkennbar, ob der Zusammenhang positiv oder negativ ist.

Auffallend ist, dass der habituelle Haltungsindex eine Vielzahl von Korrelationen zu anderen Parametern aufzeigt, nämlich zur Körpergröße, zum Schober'schen und Ott'schen Maß und auch zum Körpergewicht. Die Beweglichkeit der Wirbelsäule wird mit zunehmendem habituellem Haltungsindex kleiner und sowohl das Schober Maß ($r = -0,07$) als auch das Ott'sche Maß ($r = -0,034$) nimmt mit steigendem Haltungsindex ab und der Haltungsindex verschlechtert sich mit zunehmender Körpergröße ($r = -0,054$) und mit zunehmendem Körpergewicht ($r = -0,165$).

Tab. 19:

Korrelationen

Spearman Korrelationen zwischen Gewicht, Größe, Schober-Maß, Ott-Maß, Finger-Boden-Abstand (FBA), habituellem Haltungsindex (Hab HI), korrigiertem Haltungsindex (Aa HI) und Haltungsindex bei geschlossenen Augen (Az HI).

Es gibt zahlreiche signifikante Korrelationen (siehe lila unterlegte Felder).

Am Vorzeichen positiv oder negativ des Korrelationskoeffizienten ist erkennbar, ob der Zusammenhang positiv oder negativ ist.

		Größe	Schober	Ott	FBA	Hab HI	Aa HI	Az HI
Gewicht	r	0,902	0,139	0,242	0,08	-0,165	0,005	-0,103
	p	<.001	0,007	<.001	0,121	0,002	0,918	0,052
	N	372	372	372	372	357	357	357
Größe	r		0,094	0,231	0,155	-0,054	0,064	-0,061
	p		0,071	<.001	0,003	0,307	0,231	0,252
	N		372	372	372	357	357	357
Schober	r			0,044	-0,229	-0,07	-0,046	-0,056
	p			0,394	<.001	0,189	0,382	0,295
	N			372	372	357	357	357
Ott	r				0,208	-0,034	-0,003	-0,021
	p				<.001	0,52	0,95	0,691
	N				372	357	357	357
FBA	r					-0,014	0,003	-0,049
	p					0,786	0,948	0,358
	N					357	357	357
Hab HI	r						0,573	1
	p						<.001	< 0,01
	N						357	357
Az HI	r							0
	p							< 0,01
	N							357

VIII.6 Zusammenfassung der Ergebnisse

- 1.) Zwischen Jungen und Mädchen besteht in den einzelnen Altersgruppen kein signifikanter Unterschied bezüglich Körpergröße und Gewicht.
- 2.) Jungen und Mädchen klagen gleich häufig über Beschwerden des Haltungs- und Bewegungsapparates. Rückenschmerzen wurden am häufigsten angegeben.
- 3.) Während das Schober-Maß keinen altersgruppen- und geschlechtsspezifischen Unterschied erkennen lässt, zeigt die jüngste Altersgruppe einen signifikant niedrigen Ott-Wert.
- 4.) Zwischen Körpergröße und Ott-Maß besteht ein positiv signifikanter Zusammenhang, zum Schober-Maß nur tendenziell. Ebenso besteht ein positiver Zusammenhang zwischen Körpergewicht und Schober-Maß sowie Ott-Maß.
- 5.) Jungen und Mädchen unterscheiden sich signifikant beim Finger-Boden-Abstand. Bei Jungen besteht eine positive Korrelation zwischen Körpergröße und FBA. Weiterhin liegt eine positive Korrelation zwischen FBA und Ott-Maß und negative Korrelation zwischen FBA und Schober-Maß vor.
- 6.) Ein altersgruppen- oder geschlechtsspezifischer Unterschied bezüglich Hab HI liegt nicht vor. Ein signifikanter Unterschied besteht zwischen Hab HI und Aa HI sowie zwischen Hab HI und Az HI, aber nicht zwischen Aa HI und Az HI.
- 7.) Eine signifikante Korrelation lässt sich erkennen zwischen Hab HI und Körpergröße, Schober-Maß, Ott-Maß und FBA. Die Korrelation ist negativ, d. h. mit zunehmender Körpergröße, Schober- und Ott-Maß sowie FBA wird der habituelle Haltungsindex kleiner.

IX. Diskussion

Die Wirbelsäule des Menschen ist im Alltag einer Vielzahl von schädigenden Einflüssen ausgesetzt (schwere körperliche Tätigkeit, einseitige Belastungen, Zwangshaltungen, Immobilität) die sich besonders im Wachstumsalter negativ auf die Entwicklung der Wirbelsäule auswirken können. Das Skelett ist in dieser Phase noch nicht ausgereift, so dass es zu Wachstumsstörungen z. B. bei einseitiger Belastung kommen kann, die irreversibel sind und im späteren Alter dann zu einem klinischen Beschwerdebild führen mit Auswirkung auf das Erwerbsleben (Krankenstand, frühzeitiger Berentung, ärztliche Behandlung).

Schon ANDRY [1741], der Namensgeber des Faches Orthopädie, hat erkannt, dass man durch eine möglichst frühzeitige Behandlung im heranwachsenden Alter, Beschwerden und Erkrankungen der Wirbelsäule verhindern oder beträchtlich vermindern kann, wobei er insbesondere auf eine gesunde Lebensführung und Präventivmaßnahmen hinweist. Somit hat die Aussage, dass die Wirbelsäule des Erwachsenen von den Versäumnissen in der Kindheit geprägt ist, durchaus seine Berechtigung [JUNGHANS 1986].

Faktoren, die sich im Wachstumsalter negativ auf die Wirbelsäule auswirken sind unter anderem Übergewicht, Fehlbelastungen, keine sportliche Betätigung, zu langes Sitzen usw., die zunächst infolge mangelhafter muskulärer Beanspruchung zum Haltungsverfälschung bzw. zur Haltungsschwäche, später dann zum Haltungsschaden führen können. So wird z. B. die Prävalenz von Haltungsschwächen bei Kindern und Jugendlichen zwischen 22 bis 65% angegeben [KOPECKY 2004, PENTA et al. 2005, KRATENOVA 2007, BOGDANOVIC and MARKOVIC 2010, DRZAL-GRABIEC and SNELA 2012, MAGHSOUD et al. 2012].

Ein typisches Merkmal der Haltungsschwäche stellt das Hohlkreuz dar mit negativen gesundheitlichen Folgen [BALAGUÉ et al. 1999, SMITH et al. 2008, JENTZSCH et al. 2013] wenngleich der Zusammenhang von Handlungsdefiziten und Rückenschmerzen derzeit noch nicht einheitlich beurteilt wird [POPE 1985, NOURBAKHS and ARAB 2002, SMITH et al. 2008, CHRISTENSEN and HARTVIGSEN 2008, LAIRD 2014,].

Für die Festlegung der Behandlung und/oder Präventivmaßnahmen der Wirbelsäule ist naturgemäß eine vorangehende Diagnostik unverzichtbar. Diese umfasst neben einer genauen Familien- und Eigenanamnese-Erhebung (Vorerkrankungen, Beschwerden, sportliche Betätigung, Sitzverhalten, usw.) auch eine gezielte Untersuchung (Bestimmung des Handlungsindex, Muskelfunktion) und auch eine gezielte Funktionsprüfung (Schober, Ott, Finger-Boden-Abstand).

In der Praxis werden die Normwerte der Wirbelsäulenfunktion für Erwachsene auch bei Kindern verwendet. Dies muss aber kritisch hinterfragt werden, da die Wirbelsäule einen Gestaltswechsel vollzieht und deren morphologischen Veränderungen durchaus Änderungen der Bewegungsumfänge bedingen könnten. Entsprechende Untersuchungen hierüber liegen jedoch nicht vor, weswegen unter anderem dieser Frage in der vorliegenden Dissertation nachgegangen wurde.

Interessant war auch die Fragestellung, ob sich bei Kindern und Jugendlichen ein Zusammenhang der Beweglichkeit mit anthropometrischen Daten nachweisen lässt und ob bestehende Beschwerden ohne klinische Symptomatik die Beweglichkeit beeinflussen. Ein weiteres Untersuchungskriterium war auch die Beurteilung der Haltung der Kinder und Jugendlichen. Zur Beurteilung der Haltung wurde der Fröhner-Haltungsindex bestimmt und zwar zunächst in der habituellen, dann in der korrigierten Haltung. Untersucht wurde auch der Einfluss des visuellen Systems auf die Haltung, in dem der Fröhner-Index bei geschlossenen Augen untersucht und dann mit der habituellen und korrigierten Haltung verglichen wurde.

Zur Beantwortung all dieser Fragestellungen wurden im Rahmen der Kid-Check Studie von 2012 bis 2015 insgesamt 372 Probanden (232 Jungen, 140 Mädchen) im Alter zwischen 6 und 16 Jahren (durchschnittlich 12,39 Jahre) untersucht. Unter Berücksichtigung der physiologisch ablaufenden körperlichen Entwicklungsphasen der Kinder wurde dann die Kohorte in drei Altersklassen eingeteilt: Grundschulzeit, Prä-Pubertät und Pubertät. Die Ergebnisauswertung erfolgte zunächst für das Gesamtkollektiv, dann altersgruppenspezifisch und geschlechtsspezifisch. Hierbei waren die Probandenzahlen in allen Kohorten ausreichend groß, so dass die ermittelnden Ergebnisse repräsentativ sind und eine statistische Aussage zulassen.

Die Auswertung der anthropometrischen Daten bestätigt im Grunde genommen bezüglich der Körpergröße die Ergebnisse des Kinder- und Jugend Gesundheits-Surveys (KiGGS) [STOLZENBERG et al. 2007], wonach der Anstieg der Körpergröße bei Jungen und Mädchen bis zum 10. Lebensjahr weitgehend parallel verläuft, wobei die Jungen durchschnittlich um ca. 2 cm größer sind (Mittelwert bei Jungen Kohorte 1 134,8 cm, Mädchen 132,60 cm). Nach der KiGGS Studie verlangsamt sich das Längenwachstum der Jungen nach dem 10. Lebensjahr, so dass sie sogar von den Mädchen überholt werden können. Dies kann bei unserem Probandengut nicht bestätigt werden, denn die mittlere Körpergröße in der Kohorte 2 betrug bei den Jungen 155,14 cm und bei den Mädchen 153,02 cm, also ein geschlechtsspezifischer Unterschied von 2,12 cm, zugunsten der Jungen, entsprechend auch dem Unterschied in der Kohorte 1.

In der Kohorte 3 betrug die durchschnittliche Körpergröße bei Jungen 175,88 cm und bei Mädchen 168,96 cm. Dies entspricht auch der KiGGS Studie, wobei sich zeigt, dass die Jungen ab ca. 13 Jahren nochmals eine deutliche Größenzunahme erfahren und die Mädchen ein deutlich langsames Wachstum zeigen. So betrug die deutliche Zunahme der Körpergröße bei Jungen von Kohorte 2 auf Kohorte 3 20,74 cm und bei Mädchen nur 15,94 cm. In diesem Punkt kann die KiGGS Studie wieder bestätigt werden. Insgesamt zeigt sich, dass die durchschnittliche Körpergröße der Jungen in jeder Kohorte über der der Mädchen lag, und zwar am deutlichsten in der Kohorte 3 mit 6,92 cm. Ein signifikanter Unterschied der Körpergröße zwischen Jungen und Mädchen konnte jedoch statistisch nicht gesichert werden ($Z = -1,660$, $p = 0,097$).

Nach der KiGGS Studie sind in Deutschland 15,4% der 3 bis 17 jährigen adipös, wobei sich im Vergleich der 1980er und 1990er Jahren sich der Anteil der adipösen Kinder um 50 % erhöht hat. Nach der genannten Studie steigt der Anteil der übergewichtigen Kinder mit dem Alter, wobei unter den 3 bis 6jährigen Kindern 10,8% der Mädchen und 7,3 % der Jungen übergewichtig sind. Der Anteil der Mädchen zwischen dem 14. bis 17. Lebensjahr steigt auf 16,2 %, bei den Jungen auf 18,5 %.

Von der WHO werden für das Erwachsenenalter feste Grenzwerte für Übergewicht und Adipositas empfohlen [WHO/46 PRESS RELEASE 1997]. Dagegen müssen im Kindes- und Jugendalter aber alters- und geschlechtsspezifische Veränderungen des BMI berücksichtigt werden, wobei die Arbeitsgemeinschaft Adipositas (AGA) und die WHO 1998 zur Beurteilung des Übergewichts und der extremen Adipositas empfiehlt, im Kindesalter BMI Referenzkurven zu verwenden, die 2001 bzw. 2015 von KROMEYER-HAUSCHILD et al. publiziert wurden. Hiernach besteht Übergewicht zwischen der BMI Perzentile 90 - 97, Adipositas bei der BMI Perzentile 97 - 99,5 und extreme Adipositas oberhalb der BMI Perzentile 99,5.

Bei sämtlichen Probanden unserer Studie wurde auch der BMI berechnet (Körpergewicht in kg geteilt durch das Quadrat der Körpergröße in Meter). Hierbei zeigt sich, dass der BMI Mittelwert des Gesamtkollektivs von Kohorte 1 bis Kohorte 3 erwartungsgemäß zunimmt (um 1,3 von Kohorte 1 zu Kohorte 2 und um 2,0 von Kohorte 2 auf Kohorte 3). Die Mittelwerte liegen deutlich unter der altersgemäßen BMI Perzentile für Adipositas und extreme Adipositas.

Geschlechtsspezifisch ergibt sich, dass in der Kohorte 1 der BMI Mittelwert bei Mädchen (17,2) höher liegt als bei den Jungen (16,7), dass aber der Mittelwert in Kohorte 2 bei den Jungen (18,2) größer ist als bei den Mädchen (17,9), während wiederum die Mädchen in Kohorte 3 (20,3) einen höheren Mittelwert als die Jungen (19,9) zeigen. Dies entspricht auch den Werten der BMI Perzentilen der KiGGS Studie.

Um nun zu differenzieren wie hoch bei normalgewichtigen BMI Durchschnittswerten in allen Kohorten der Anteil der Übergewichtigen, Adipösen und der extrem Adipösen ist, wurde nun eine kohortenspezifische und geschlechtsspezifische Aufgliederung der BMI Werte vorgenommen. Hierbei zeigte sich, dass bezüglich des Gesamtkollektivs insgesamt 88,2 % normalgewichtig waren, also 11,8 % (44 Probanden von 328) über dem Normalgewicht lagen. Hierbei waren 33 (8,9 %) übergewichtig, 10 Probanden (2,6 %) adipös und lediglich ein Proband (0,3 %) zeigte eine Adipositas per magna. Der Anteil der nicht normalgewichtigen Mädchen war mit 20 Probanden (14,3 % aller Mädchen) etwas höher als der Anteil der Jungen (24 Probanden) mit 10,3 %. Die meisten Normalgewichtigen fanden sich prozentual in der Kohorte 3, die wenigsten in der Kohorte 1.

Insgesamt konnte aber kein signifikanter Unterschied im Körpergewicht zwischen Jungen und Mädchen festgestellt werden. Die BMI Mittelwerte unterschieden sich nur gering (BMI 18,47 bei Jungen und 18,65 bei Mädchen). Das durchschnittliche Körpergewicht bei Jungen der Kohorte lag um 4,03 kg höher als bei den Mädchen, was durch die stärkere Muskelentwicklung in der Pubertätsphase bei dem männlichen Geschlecht erklärbar ist.

Laut KIGGS-Studie liegen in Deutschland 15% der Kinder und Jugendliche über dem Normalgewicht, wobei unsere Ergebnisse bestätigt werden, dass ein signifikanter Unterschied zwischen Jungen und Mädchen nicht vorliegt. Ein höheres Risiko für Übergewicht und Adipositas wird gesehen bei Kindern aus Familien mit niedrigem Sozialstatus, bei Kindern mit Migrationshintergrund und bei Kindern, deren Mütter ebenfalls übergewichtig sind.

Der Anteil der nicht Normalgewichtigen in unserer Studie mit 11,8% liegt um 3,2% niedriger als in der KIGGS-Studie. Eine Erklärung hierfür könnte sein, dass übergewichtige Kinder sich eventuell aus Scham scheuen sich freiwillig einer körperlichen Untersuchung zu unterziehen, zumal keine Beschwerden bestehen. Zudem spielt sicherlich auch eine Rolle, dass über die Hälfte der Probanden sich sportlich betätigen bzw. einem Sportverein angehörten.

Die Hauptursache für Übergewichtigkeit bei Kindern und Jugendlichen ist in erster Linie alimentär bedingt (überschüssige Kalorienzufuhr) insbesondere auch in Verbindung mit einer mangelnden körperlichen Betätigung (kein Sport, stundenlanges tägliches Sitzen). Neuere Untersuchungen zeigen, dass das Körpergewicht bei Kindern und Jugendlichen auch beeinflusst wird von der Länge des täglichen Fußweges zur Schule und auch abhängig davon, ob die Kinder und Jugendlichen zur Schule gebracht werden oder den Weg zu Fuß zurücklegen [ROSENBERG et al. 2006, LANDSBERG et al. 2008, FAULKNER et al. 2009, KURTH und SCHAFFRATH 2010, KOBEL et al. 2019].

Bei der anamnestischen Befragung der Probanden bezüglich Beschwerden von Seiten des Bewegungsapparates ergab sich, dass über dreiviertel (78,2 %) der Befragten keinerlei Beschwerden angaben. Bei Kindern mit Beschwerden bestand kein wesentlicher geschlechtsspezifischer Unterschied (Jungen 22,4 %, Mädchen 20,7 %). Auffallend war, dass in allen drei Kohorten Rückenschmerzen am häufigsten angegeben wurden, am häufigsten jedoch in der Kohorte 2, in der jeder zweite Proband mit Schmerzen Rückenschmerzen angab.

Für das Auftreten von Rückenschmerzen im Kindesalter sind mehrere Faktoren verantwortlich. Mit Eintritt ins Schulalter beginnt auch der Übergang der Spiel- und Bewegungsphase des Kindes in die sogenannte Sitzzeit der Schulgänger. Das ungewohnte stundenlange Sitzen, meist in unbequemen starren und der Körpergröße nicht angepassten Schulmöbeln, führt zur Überdehnung und Überlastung und rascher Ermüdung der Rückenmuskulatur, die dann zu einer entsprechenden Beschwerdesymptomatik führen.

Nach dem Unterricht erfolgt dann weiteres Sitzen mit Erledigung der Hausaufgaben und anschließend weiteres Sitzen am Fernsehschirm oder PC. So haben die Kinder bei der Befragung angegeben, dass sie durchschnittlich nach der Schule noch täglich drei bis vier Stunden sitzend am Fernseher und/oder PC verbringen. So lässt sich ergründen weswegen den Kindern und Jugendlichen keine ausreichende Zeit verbleibt einen gewissen Ausgleich durch Bewegung und sportliche Betätigung zu schaffen. In der Schulbank wird anfänglich noch eine aufrechte Sitzhaltung eingenommen, wobei sich dann zunehmend eine kyphotische Haltung einstellt, die dann auch zu einer Behinderung der Atmung führt und entsprechend auch zu einer verminderten Konzentrationsfähigkeit und Aufmerksamkeit.

Hinzu kommt, dass in den Wachstumsschüben die Körpergröße zunimmt, ohne dass sich die Muskulatur im gleichen Zeitraum an die veränderten Hebelverhältnisse anpassen kann. Das heißt es kommt zu einer gewissen Schwächung der Rückenmuskulatur, die zusätzlich durch langes Sitzen sich ungünstig auswirkt. Nach wie vor gilt der Grundsatz: Der beste Stuhl ist der, auf dem man nicht sitzen muss.

Um diese Rückenprobleme zu vermeiden und ihnen vorzubeugen, muss ein entsprechender Ausgleich zum stundenlangen Sitzen geschaffen werden und die Kinder müssen dazu aufgefordert werden, sich zu bewegen, durch Sport, Spiel, Spaziergänge, radfahren, usw. Hierzu sind die Eltern in der Pflicht, ihrer Erziehungsaufgabe auch in dieser Hinsicht nachzukommen. Auch die Verantwortlichen für den Schulbetrieb könnten hier durch Einführung einer zumindest zweiten Sportstunde in der Woche einen gewissen Ausgleich schaffen.

Analysiert man nun die Beschwerdeangaben der Probanden, so ergibt sich, dass 8,9 % über Rückenschmerzen klagten und somit das häufigste Beschwerdebild darstellen. Die steht in einem gewissen Gegensatz zu den Literaturangaben, wonach der Rücken nur als vierthäufigste Schmerzursache bei Kindern und Jugendlichen genannt wird [HUGUET und MIRO 2008, WIRTH und LANGENDÖRFER 2019]. Diese Unterschiedlichkeit der Häufigkeit kommt dadurch zustande, dass in der angegebenen Literatur nur die Kinder berücksichtigt werden, die wegen Rückenschmerzen einen Arzt aufgesucht haben. Bei unseren Probanden wurden Rückenschmerzen erst bei Nachfragen angegeben. Kein Proband war zum Untersuchungszeitpunkt wegen Rückenschmerzen in ärztlicher Behandlung. Bei der orthopädischen Untersuchung wurden auch keine Erkrankungen der Wirbelsäule festgestellt. Es ist also anzunehmen, dass Rückenschmerzen im Kindes- und Jugendalter doch häufiger bestehen, als die Zahl der sich deswegen in ärztliche Behandlung begebenden Kinder vermuten lässt. Die Literaturangaben, dass Mädchen von Rückenschmerzen häufiger betroffen sind als Jungen, können jedoch bestätigt werden [BALAGUÉ et al. 1999].

Diskutiert wird auch ein gewisser Zusammenhang der Rückenschmerzen mit dem Gewicht, dem Alter, dem BMI und der Beweglichkeit der Lendenwirbelsäule [SALMINEN et al. 1993, NISSINEN et al. 1994 und NEWCOMER und SINAKI 1996]. Infolge der relativ kleinen Zahl lässt sich hierüber bei unserem Klientel keine statistische Aussage machen. Weitere Risikofaktoren für Rückenschmerzen im Wachstumsalter sind längeres Sitzen und manuelle Arbeit [SJOLIE 2004], Übergewicht [DE SA PINTO et al. 2006] und eine relativ große Körpergröße auf das Alter bezogen [POUSSA et al. 2005].

Die zweithäufigste Schmerzlokalisierung bei der Befragung der Probanden war das Kniegelenk und zwar prozentual zunehmend von Kohorte 1 bis Kohorte 3. Fast ausnahmslos wurden die Knieschmerzen nicht als Dauerschmerzen angegeben, sondern abhängig von der Belastung. Die Untersuchung durch einen Facharzt für Orthopädie ergab eine freie Beweglichkeit aller Kniegelenke ohne nachweisbaren Reizzustand, ohne Hinweis für eine klinisch fassbare Erkrankung. Derartige Kniebeschwerden, die sporadisch nur bei Belastung bzw. Überlastung auftreten, werden im Volksmund als sogenannte Wachstumsschmerzen bezeichnet, die dann auch im weiteren Verlauf meist auch ohne Behandlung abklingen.

Diese Bezeichnung erscheint jedoch nicht sinnvoll, denn das Wachstum verursacht im Allgemeinen keine Schmerzen. Es handelt sich hier wohl vorrangig um Anpassungsstörungen des Kniegelenkes an die zunehmende Belastung, wobei die Adipositas wahrscheinlich auch eine Rolle spielt. Eine diesbezügliche statistische Auswertung konnte nicht getroffen werden, da die Fallzahlen zu klein sind.

Interessant erscheint noch, dass die Anzahl der Probanden, die Beschwerden angaben, von Kohorte zu Kohorte ansteigt. Die häufigsten Beschwerdeangaben betrafen die Wirbelsäule (HWS, Rücken, Becken) mit 48 Fällen, dann gefolgt von Beschwerden im Bereich der unteren Extremitäten (39 Fälle) und eine relativ geringe Beschwerdehäufigkeit im Bereich der oberen Extremitäten (9 Fälle). Mit zunehmendem Alter werden auch die Beschwerden häufiger.

Zur klinischen Beurteilung der Wirbelsäule gehören die Inspektion (Haltung, Form, Muskelrelief, usw.) und insbesondere auch die Funktionsprüfung. Hierbei wird insbesondere das Schober'sche Zeichen, Ott'sche Zeichen und der Finger-Boden-Abstand geprüft für die es für den Erwachsenen Richtwerte gibt. Ob diese Werte auch für das Kinder- und Jugendalter zutreffen, muss zunächst kritisch hinterfragt werden, da die Wirbelsäule einen Gestaltswandel vollzieht und die morphologischen Änderungen durchaus Änderungen der Bewegungsumfänge mit sich bringen könnten. Außerdem ändern sich auch die Proportionen zwischen Wirbelsäule und Extremitäten. Aus praktischen Gründen scheint es deshalb auch erforderlich, der Frage nachzugehen, ob die Normwerte für die Erwachsenen auch Gültigkeit haben für die Bewegungsmessungen der Wirbelsäule bei Kindern und Jugendlichen.

Bei Prüfung des Ott'schen Maß zeigt sich im Gesamtkollektiv ein Mittelwert von 32,5 cm, was auch als Normwert für das Erwachsenenalter gilt. Dies war nicht ohne weiteres zu erwarten, da die Gesamtlänge der Wirbelsäule im Wachstumsalter deutlich kleiner ist und man annehmen könnte, dass die Beweglichkeit umso besser wird, je größer die Längenausdehnung der Wirbelsäule ist. Das Ergebnis lässt den Schluss zu, dass trotz zunehmendem Längenwachstum die Beweglichkeit der Brustwirbelsäule bezüglich Flexion gleich bleibt und sich nicht nach oben oder unten verändert.

Geschlechtsspezifisch ergibt sich im Gesamtkollektiv bezüglich Ott-Maß keine signifikante Differenz zwischen Jungen und Mädchen. Der Medianwert in beiden Gruppen ist gleich (32,0 cm) bei nur geringfügiger Differenz der Mittelwerte (Jungen 32,40 cm, Mädchen 32,45 cm). Der Medianwert in den drei Altersgruppen ist gleich (32,0 cm), wobei sich aber ein signifikanter Unterschied der Kohorte 1 gegenüber den beiden älteren Gruppen zeigt mit signifikant niedrigerem Ott-Wert in der Kohorte 1. Hierfür ergibt sich keine Erklärung. Der Unterschied ist laut Median- und Mittelwert nicht sehr groß. Aufgrund der kleinen Streuung und der großen Fallzahl wird er dennoch im Test signifikant. Wesentlich ist aber, dass alle drei Kohorten bezüglich des Ott-Maß im Normbereich liegen.

Im Erwachsenenalter gilt als Norm ein Schober-Maß von 10/15 cm, das heißt beim Vorwärtsbeugen vergrößert sich die Distanz der zuvor markierten Strecke von 10 cm auf 15 cm. Da die Länge der Wirbelsäule im heranwachsenden Alter und im erwachsenen Alter unterschiedlich ist, ebenso auch die Proportionen der Gliedmaßen, ist nicht ohne weiteres zu erwarten, dass dieser Erwachsenen-Normwert auch im Wachstumsalter gilt. Die Auswertung ergab für das Gesamtkollektiv einen Mittelwert von 15,1 cm, was die Aussage zulässt, dass der Erwachsenen-Normwert auch für das Kinder- und Jugendalter zutrifft. Geschlechtsspezifisch konnte im Gesamtkollektiv kein signifikanter Unterschied nachgewiesen werden. Auch zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen den drei Altersgruppen, woraus geschlossen werden muss, dass das Ausmaß der Beweglichkeit im Schober-Test unabhängig vom Alter in den einzelnen Wachstumsperioden ist, d. h. ein sechsjähriges Kind hat das gleiche Bewegungsausmaß wie ein 16jähriger Jugendlicher und ein Erwachsener.

Die Auswertung zeigt weiter, dass es einen signifikanten positiven Zusammenhang zwischen Gewicht und Schober gibt, d. h. bei steigendem Gewicht wird das Schober-Maß größer. Dies ist nicht ohne weiteres erklärbar, man würde eher das umgekehrte vermuten. Ein Denkmodell wäre, dass das erhöhte Gewicht des Oberkörpers beim Vorwärtsbücken die Beugung verstärkt. Der positive Zusammenhang ist als tendenziell anzusehen. Ähnlich verhält es sich mit der Körpergröße. Der Korrelations-Koeffizient ist positiv, so dass man von einer gewissen Tendenz für einen positiven Zusammenhang zwischen Schober und Größe sprechen kann. Dies bedeutet, dass mit zunehmender Körperlänge und damit zunehmender Länge der Wirbelsäule auch die Flexion der LWS tendenziell zunimmt.

Dies steht zunächst in einem gewissen Widerspruch zu der Feststellung, dass die Schober-Werte der Kinder und Jugendlichen denen der Erwachsenen entsprechen. Demzufolge hat also die tendenzielle Zunahme des Schober-Wertes mit der Länge der Wirbelsäule keinen wesentlichen Einfluss auf die Gesamtfunktion der Lendenwirbelsäule. Wenn nun im Kindesalter diese Tendenz besteht, ist zu erwarten, dass diese Tendenz zwischen Körpergröße und Schober-Wert auch im Erwachsenenalter besteht. Untersuchungen hierüber liegen aber nicht vor.

Die Schober-Messstrecke von 10 cm reicht beim Erwachsenen vom Dornfortsatz S1 bis zum Dornfortsatz von L2, bei Kindern bis zum thorakolumbalen Übergang, umfasst also etwa zwei Segmente mehr. Wenn nun, sowohl bei Kindern und Jugendlichen als auch bei Erwachsenen in der Vorbeuge, sich die Strecke um jeweils 5 cm verlängert, bei Kindern aber zwei Segmente mehr umfasst, kann daraus geschlossen werden, dass die Beweglichkeit der einzelnen Facettengelenke bei Kindern und Jugendlichen geringer ist als die der Erwachsenengelenke. Offensichtlich wird aber durch die größere Anzahl der Segmente diese Minderbeweglichkeit kompensiert, so dass das gleiche Bewegungsausmaß erreicht wird wie bei Erwachsenen mit weniger Bewegungssegmenten. Gleiches gilt auch für das Ott'sche Maß.

Der Finger-Boden-Abstand, für den es keine Normwerte gibt, wird gemessen in maximaler Vorbeuge des Oberkörpers bei gestreckten Kniegelenken. In der gleichen Stellung wird auch das Schober-Maß bestimmt.

Der Mittelwert des Gesamtkollektiv bei Messung des Finger-Bodenabstandes betrug hier 6,0 cm, der Median 2,0 cm. Ein signifikanter Unterschied zwischen Jungen und Mädchen konnte nicht nachgewiesen werden. Desgleichen ergab sich auch kein signifikanter Unterschied bezüglich des Finger-Boden-Abstandes zwischen den drei Kohorten. Erstaunlicherweise besteht keine Korrelation zwischen Schober Maß und Finger-Bodenabstand. Im Allgemeinen müsste man annehmen, dass der Finger-Bodenabstand mit zunehmender Beugung im Bereich der Wirbelsäule kleiner wird, was aber nicht nachweisbar war. Eine Erklärung hierfür ergibt sich unter anderem dadurch, dass der Finger-Boden-Abstand auch abhängig ist von der Beugefähigkeit im Hüftgelenk. Die Beugefähigkeit der Hüfte kann z. B. beeinträchtigt sein durch eine Coxarthrose oder Verkürzung der Hüftstrecker [VARANGAONKOR et al. 2015]. Das bedeutet, dass zwei Probanden mit gleichem Schober-Maß unterschiedliche Finger-Boden-Abstände aufweisen können, wobei außer der Beugefähigkeit der Hüftgelenke auch eine unterschiedliche Länge der Gliedmaßen eine Rolle spielen könnte. Umgekehrt gilt auch, dass bei gleichem Finger-Boden-Abstand das Schober-Maß unterschiedlich sein kann.

Demzufolge wäre zu prüfen, ob es eine Korrelation zwischen Körpergröße und Finger-Boden-Abstand gibt. Die Auswertung ergab jedoch, dass bei Mädchen keine signifikante Korrelation zwischen Körpergröße und Finger-Boden-Abstand besteht ($r= 0,050$, $p= 0,559$), während aber bei Jungen sich keine signifikante, aber tendenzielle, positive Korrelation zeigte ($r= 0,116$, $p= 0,011$). So ergeben sich also tendenzielle unterschiedliche Zusammenhänge bei Jungen und Mädchen, wobei aber der Zusammenhang nicht signifikant ist.

Sportlehrer in Grund- und Hauptschulen klagen über motorisch schwache Kinder, häufig adipös mit geringen koordinativen und propriozeptiven Fähigkeiten und vor allem auch über eine schlechte Haltung. Der Untersucher kann zunächst die Haltung nach seiner subjektiven Einschätzung beurteilen, wobei nur die Schwierigkeit besteht, dass es hier durchaus Differenzen in der Beurteilung verschiedener Untersucher geben kann. Hier ist aber auch nur eine Einschätzung in schlecht, mäßig schlecht, ausreichend, gut oder sehr gut möglich. Infolge individueller subjektiver Beurteilungskriterien kann also keine objektive Aussage getroffen werden. Wenn nun eine Haltung reproduzierbar beurteilt werden soll, ist es erforderlich festgelegte Kriterien zugrunde zu legen, weswegen die Kid-Check Expertengruppe ein standardisiertes Verfahren eingeführt hat anhand von Haltungsfotos in der Frontalebene und Auswertung derselben mit einer Computer Software (AFG, Deutschland) zur Bestimmung des Haltungsindex nach Fröhner [LUDWIG und SCHMITT 2005).

Der nach dieser Methode gemessene habituelle Haltungsindex des Gesamtkollektivs ergab einen Mittelwert von 1,13, bei Jungen von 1,12 und bei Mädchen von 1,14. Statistisch ergab sich also bezüglich des Gesamtkollektivs kein signifikanter geschlechtsspezifischer Unterschied. Ebenso unterschieden sich die drei Kohorten nicht signifikant (Kohorte 1 Mittelwert 1,15, Kohorte 2 Mittelwert 1,12 und Kohorte 3 Mittelwert 1,12). Dies lässt die Aussage zu, dass bezüglich des habituellen Haltungsindex weder ein geschlechtsspezifischer noch ein altersspezifischer Unterschied besteht, was nicht ohne weiteres zu erwarten ist. Die entwicklungsbedingten biomechanischen und proportionalen Veränderungen hätten durchaus auch zu einer Änderung von Haltungsparametern bei den verschiedenen Altersstufen führen können. Die statistisch ermittelten Mittelwerte geschlechtsspezifisch und kohortenspezifisch liegen allesamt im Normbereich der Fröhner-Skala.

Es erhebt sich die Frage, ob und in welche Richtung sich der Fröhner-Index bei korrigierter Haltung ändert und ob eventuell jetzt signifikante kohortenspezifische und geschlechtsspezifische Unterschiede auftreten. Dies wurde weiterhin untersucht. Die Probanden wurden jetzt aufgefordert eine stramme Haltung einzunehmen (stramm stehen), wobei diese aktive Änderung unter visueller Kontrolle mittels Videoaufzeichnung oder Spiegel erfolgte.

Bezüglich des Gesamtkollektivs wurde ein Mittelwert von 1,0 errechnet (SD= 0,20), wobei ein signifikanter Unterschied zwischen Jungen (Mittelwert 1,02, SD= 0,21) und Mädchen (Mittelwert 0,98, SD= 0,18) nicht nachgewiesen werden konnte. Auch kohortenspezifisch kann kein signifikanter Unterschied (Kohorte 1 Mittelwert 0,98, Kohorte 2 Mittelwert 1,01, Kohorte 3 Mittelwert 1,01) statuiert werden. Die errechneten Mittelwerte liegen im Normbereich und unterscheiden sich aber signifikant von den Werten der habituellen Haltung ($p < 0,001$). Hab HI zeigt leicht höhere Werte als Aa HI (Tab. 14).

Die Kinder nehmen also im Allgemeinen eine Gewohnheitshaltung ein, wobei Rücken- und Bauchmuskulatur wenig angespannt sind, was keine große Haltearbeit erfordert. Durch Anspannen der Muskulatur lässt sich die Haltung verändern, wobei aber jetzt eine größere Haltearbeit erforderlich ist (stramme Haltung), die bei insuffizienter Muskulatur zu einer frühzeitigen Ermüdung führen kann. Hierauf beruht auch der sogenannte Matthiass-Test.

Während also im Kindes- und Jugendalter keine Abhängigkeit des Haltungsindex in den verschiedenen Altersstufen besteht, wird aber eine altersbedingte Veränderung des Körperneigungswinkel beschrieben [KRAWCZKY et al. 2014, LUDWIG et al. 2016]. Der Körperneigungswinkel beschreibt den Winkel zwischen der Vertikalen zur Verbindungslinie zwischen den Punkten Dornfortsatz C7 und Außenknöchel [DOLPHENS et al. 2014]. Die altersabhängige Zunahme des Neigungswinkels wird hauptsächlich durch den Winkel des Sprunggelenkes bestimmt, da bei Zunahme der Körpergröße die Wadenmuskulatur eine größere Kraft aufbringen muss [COLLINS and LUCA 1995]. Bezüglich des Körperneigungswinkels sind bisher keine Normwerte für die unterschiedlichen Altersgruppen festgelegt worden. Auch zeigt der Körperneigungswinkel keine Korrelation zum Haltungsindex, so dass anhand des Winkels keinerlei Aussage über den Haltungsindex möglich ist. Der Körperneigungswinkel ist also für die Beurteilung der Körperhaltung nicht geeignet.

An der Haltungskontrolle sind neben propriozeptiven und vestibulären Informationen auch visuelle Informationen beteiligt [COLLINS and DE LUCA 1995, PETERKA 2002, LUDWIG und SCHMITT 2006, GADE and WILSON 2007, TING 2007, FELDMAN et al. 2014, SOUSA et al. 2012]. Um zu prüfen in wie weit das visuelle System die Haltung beeinflusst, wurde bei allen Probanden der Haltungsindex bei geschlossenen Augen (Az HI) bestimmt. Ausgangspunkt war hier die korrigierte Haltung mit anschließendem Augenschluss für 60 Sekunden. Hierbei konnte festgestellt werden, dass bei den Probanden sich keine signifikante Änderung des Haltungsindex gegenüber der korrigierten Haltung nachweisen ließ. Dies betraf auch alle Kohorten. Ebenso konnte auch kein geschlechtsspezifischer Unterschied zwischen Jungen und Mädchen festgestellt werden.

Aus diesem Untersuchungsergebnis heraus lässt sich folgern, dass wohl der visuelle Sinn nach Einnahme einer korrigierten Haltung nach Ausschaltung keinen wesentlichen Einfluss auf die Haltung zeigt. Eine signifikante Änderung ließ sich aber nachweisen zwischen habituellem Haltungsindex und Haltungsindex bei geschlossenen Augen, wie dies auch schon zwischen habituellem und korrigiertem Haltungsindex nachweisbar war.

Untersuchungen der Kid-Check Gruppe haben aber gezeigt, dass sich bei geschlossenen Augen der Körperneigungswinkel verändert und zwar nimmt dieser zu, d. h. die Vorwärtsbeugung des Körpers erhöht sich [LUDWIG et al. 2016]. Während sich also der Körperneigungswinkel verändert, bleibt die Ausrichtung der Rumpfsegmente (Haltung) unverändert. Dies erscheint zunächst widersprüchlich.

Eine Erklärung hierfür könnte sein, dass das ZNS versucht nach Ausschaltung der optischen Kontrolle sich Informationen über die Stellung des Menschen im Raum zu erhalten. Das ZNS versucht nun von den verbleibenden Rezeptor-Informationssystemen (Muskel-Sehnen- und Gelenkrezeptoren, Drucksensoren der Haut) Informationen zu bekommen, um die aktuelle Körperhaltung wahrzunehmen.

Durch Vorneigung des Körpers wird der Vorfuß stärker belastet und hierdurch die Mechano-Rezeptoren angeregt, die ihrerseits ihre Information zum ZNS übermitteln. Das ZNS muss sich also bei Verlust der visuellen Information auf die verbleibenden Rezeptor-Informationssysteme verlassen um die aufrechte Körperhaltung und die Stabilisierung der Rumpfsegmente im Verhältnis zueinander zu gewährleisten [MACHADO et al. 2010].

X. Schlussfolgerungen

Zusammenfassend lassen die vorliegenden Untersuchungen folgende Aussagen und Schlussfolgerungen zu:

1.) Ein signifikanter Unterschied bezüglich Körpergröße zwischen Jungen und Mädchen konnte im Gesamtkollektiv nicht festgestellt werden. Diese Aussage trifft auch auf jede der drei Altersstufen zu. Entgegen der Aussage in der KiGGS Studie konnte keine Verlangsamung des Längenwachstums bei Jungen gegenüber Mädchen der mittleren Altersgruppe festgestellt werden. Eine Erklärung hierfür findet sich nicht.

2.) Ein signifikanter Unterschied im Körpergewicht zwischen Jungen und Mädchen konnte nicht festgestellt werden. Dies betrifft alle Altersklassen. Insgesamt waren 88,2 % des Gesamtkollektivs normalgewichtig, 11,8 % der Probanden lagen über dem Normalgewicht. Der Anteil der nicht normalgewichtigen Mädchen war mit 20 Fällen (14,3 % aller Mädchen) etwas höher als der Anteil der Jungen (24 Probanden, entspricht 10,3 %). Nach der KiGGS Studie liegen in Deutschland 15 % der Kinder und Jugendlichen über dem Normalgewicht, gegenüber 11,8 % bei unserer Untersuchung. Der Grund hierfür könnte darin bestehen, dass übergewichtige Kinder sich scheuen an einer freiwilligen Untersuchung teilzunehmen.

3.) Insgesamt gaben 21,8 % der Probanden nicht spontan, sondern nach gezieltem Nachfragen Beschwerden von Seiten des Haltungs- und Bewegungsapparates an, wobei Rückenschmerzen am häufigsten genannt wurden. Die Beschwerdeangaben verteilten sich gleichmäßig auf Jungen und Mädchen. Man kann davon ausgehen, dass Rückenschmerzen bei Kindern und Jugendlichen häufiger sind als in der Literatur angegeben, die den Rückenschmerz nur als vierthäufigste Lokalisation angibt. Hierbei ist zu bedenken, dass die Literaturangabe nur Kinder betrifft, die wegen Beschwerden behandelt wurden. Aufgrund der relativ geringen Zahl kann jedoch kein statistischer Zusammenhang der Rückenschmerzen mit Gewicht, dem Alter und der Beweglichkeit der Lendenwirbelsäule hergestellt werden.

4.) Knieschmerzen waren die zweithäufigste Beschwerdeangabe. Bei klinisch unauffälligem Befund handelt es sich wohl vorrangig um eine Anpassungsstörung des Kniegelenks an die zunehmende Belastung. Schmerzen im Bereich der oberen Extremität wurden am seltensten genannt. Die Beschwerdeangaben nehmen mit dem Alter zu.

5.) Die ermittelten Werte für das Ott'sche Maß entsprechen auch den Normwerten für Erwachsene. Geschlechtsspezifisch ergeben sich keine signifikanten Unterschiede. Die Altersgruppe 1 zeigt aber gegenüber den beiden anderen Altersgruppen einen signifikant niedrigeren Ott-Wert, was nicht erklärbar ist. Der Ott-Wert ist für die Bestimmung der BWS-Beweglichkeit im Kindes- und Jugendalter verwendbar. Er unterscheidet sich nicht von dem

Normwert der Erwachsenen.

6.) Die bei Kindern und Jugendlichen gemessenen Schober-Werte entsprechen den Normwerten bei Erwachsenen. Geschlechtsspezifisch besteht kein signifikanter Unterschied, ebenso auch nicht zwischen den einzelnen Altersgruppen. Es besteht ein positiver signifikanter Zusammenhang zwischen Gewicht und Schober sowie zwischen Körperlänge und Schober.

7.) Beim Finger-Boden-Abstand besteht ein signifikanter Unterschied zwischen Jungen und Mädchen und auch nicht zwischen den einzelnen Altersgruppen. Es besteht keine signifikante Korrelation zwischen Körpergröße und Finger-Boden-Abstand, jedoch eine tendenzielle positive Korrelation bei Jungen. Es besteht weiterhin keine Korrelation zwischen Finger-Boden-Abstand und Schober-Maß.

8.) Der habituelle Haltungsindex zeigt keinen geschlechtsspezifischen oder altersspezifischen Unterschied. Die ermittelten Mittelwerte liegen allesamt im Normbereich der Fröhner Skala. Auch bei der korrigierten Haltung lässt sich keine geschlechtsspezifische oder altersgruppenspezifische Abhängigkeit feststellen. Es besteht aber ein signifikanter Unterschied zwischen der habituellen Haltung und der korrigierten Haltung. Die habituelle Haltung zeigt leicht höhere Werte auf der Fröhner Skala als die korrigierte Haltung. Dies zeigt, dass die Kinder im Allgemeinen eine Gewohnheitshaltung mit relativ geringem muskulärem Kraftaufwand einnehmen.

9.) Es besteht ein signifikanter Unterschied zwischen habituellem Haltungsindex und Haltungsindex bei geschlossenen Augen, aber kein signifikanter Unterschied zwischen korrigierter Haltung und Haltung bei geschlossenen Augen. Die Haltung ändert sich also nicht, wenn die Augen geschlossen werden. Es kommt aber zu einer Schwerpunktverlagerung in dem sich der Körperneigungswinkel verändert. Bei Ausschluss des visuellen Systems bleibt also die Körperhaltung erhalten, es verändert sich nur die Schwerpunktlage.

10.) Eine signifikante Korrelation lässt sich erkennen zwischen Hab HI und Körpergröße, Schober Maß und Ott'schem Maß sowie Finger-Boden-Abstand. Die Korrelationen sind negativ, d. h. mit zunehmender Körpergröße, zunehmendem Schober- und Ott-Maß sowie zunehmendem Finger-Boden-Abstand wird der habituelle Haltungsindex kleiner. Hierfür ergibt sich keine sinnvolle Erklärung, zu mal die Werte nach dem Fröhner-Index innerhalb der Normgrenzen liegen. Eine negative Korrelation besteht zwischen Gewicht und habitueller Haltung. Je größer das Körpergewicht, desto schlechter die Haltung.

XI. Anhang

1. Untersuchungsbogen

Kid-Check



Nachname: _____ Vorname: _____

Geburtsdatum: _____ m / w

E-Mail: _____

(bitte SEHR deutlich schreiben; an diese E-Mail-Adresse wird die Auswertung geschickt!)

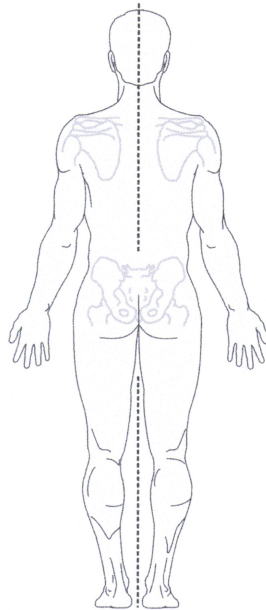
Wie viele Stunden am Tag oder pro Woche nutzt du Computer / Fernsehen / Spielekonsole?

_____ Stunden / Tag oder _____ Stunden / Woche

Welche Sportart/en betreibst du, wie lange schon und wieviele Stunden pro Woche?

Sportart seit Jahren Stunden pro Woche

Markiere die Bereiche, in denen du häufiger Schmerzen hast:



Wie stark sind die Schmerzen?



Weitere Schmerzzonen / Verletzungen:

(frei lassen)

7 Anthropometrie

Gewicht: _____ kg Größe: _____ cm

1 Orthopädie

- Kopfvorstand
- vorgezogener Schultergürtel
- Scapulae alatae
- Hyperkyphose BWS / Rundrücken
- Hypolordose BWS / Flachrücken
- Hyperlordose LWS (Hohlkreuz)
- Beckenvorkeppung

Beckentiefstand links / rechts _____ mm

Skoliose: _____

Schober 10/ _____ cm Ott 30/ _____ cm FBA _____ cm

- Fußfehlstellung: Knick / Senk / Spreiz / Hohl / Sichel
- Knieachse: Genu valgum / Genu varum / Genu recurvatum

sonstiges: _____

Hüftbeuger links stark verkürzt - verkürzt - ok
rechts stark verkürzt - verkürzt - ok

Quadrizeps links stark verkürzt - verkürzt - ok
rechts stark verkürzt - verkürzt - ok

Bizeps fem. links stark verkürzt - verkürzt - ok
rechts stark verkürzt - verkürzt - ok

Wade links stark verkürzt - verkürzt - ok
rechts stark verkürzt - verkürzt - ok



6 Gleichgewicht		+ / -	(Item)
Motorik	Balancieren		1
	Balancieren Augen zu		8
	Einbeinstand 15 Sek. jedes Bein		4
	Drehen, dann 15 Sek. Einbeinstand		2
	Summe:		GGT
5 Koordination		+ / -	(Item)
Motorik	Achterkreisen		1
	Hampelmann		2
	Ballwurf drehen		8
	Krabbengang		5
Summe:		BKT	

4 Gleichgewicht

Augen auf: SPL _____ cm AoE _____ cm² COP _____ %

Augen zu: SPL _____ cm AoE _____ cm² COP _____ %

8 Kraft

Halten im Hang: _____ s

Beinheben: _____ s

3 3D Haltungsanalyse

Augen auf: Tiefe Halslordose: _____ mm / Lendenlordose: _____ mm

Augen zu: Tiefe Halslordose: _____ mm / Lendenlordose: _____ mm

2 2D Haltungsanalyse

Augen auf: OLA _____ % SLA _____ % HLA _____ % HI _____

Augen zu: OLA _____ % SLA _____ % HLA _____ % HI _____

10 Empfehlungen

Arztkontrolle Röntgen

9 Übungsempfehlungen

- K Rhomboideen
- K Trapezius
- K Erector spinae thoracalis / lumb.
- K Rectus abdominis
- K Gluteus maximus
- D Iliopsoas
- D Quadrizeps
- D Hamstrings
- D Gastrocnemius / Soleus
- D Pectoralis
- Gleichgewicht
- Gleichgewicht Augen zu
- Propriozeption Becken
- _____

276	1	0	40	145	11,50	15	32	0	1,10	-5	0,75	-5	0,77	-6
277	1	Ferse, Knie	58	169	14,67	15	32	13	1,03	-5	0,94	-8	0,91	-6
278	1	0	78	180	16,08	15	32	14	0,95	-3	0,69	-4	0,69	-5
279	1	0	65	176	15,67	15	34	22	0,84	-5	0,82	-5	0,89	-5
280	1	Knie	60	175	14,17	15	32	20	1,25	-4	0,90	-5	0,95	-5
281	0	0	26	130	9,58	15	31	22	0,77	-4	0,73	-3	1,00	-2
282	1	0	60	169	15,58	15	32	0	1,29	-7	0,87	-6	1,00	-6
283	1	0	32	146	10,83	15	32	0	0,87	-6	0,85	-6	0,88	-5
284	0	0	20	110	6,67	15	32	0	1,08	-3	0,67	-6	0,72	-6
285	1	0	31	132	10,08	14	32	0	0,60	-3	0,66	-4	0,67	-7
286	1	Knie, Fuß, Nacken	63	185	15	14	31	0	1,02	-5	1,02	2	1,04	-5
287	1	Rücken, Füße	31	142	9	13	32	12	1,34	-7	1,28	-5	1,08	-9
288	1	Rücken	40	156	10	15	32	12	1,00	2	1,1	2	1,08	1
289	1	0	30	135	10	13	31,5	17	1,42	-3	1,53	-2	1,52	-1
290	1	Leiste	90	184	15	15	32	5	1,04	-1	0,81	-3	0,93	-2
291	0	0	48	163	13	13	32	23	0,81	-2	0,88	1	1,02	1
292	1	0	42	159	10	13,5	33,5	30	1,12	-5	1,09	-2	1,11	-7
293	1	0	65	162	13	14	32,5	16	0,98	-1	0,98	-1	0,87	-3
294	1	0	46	152	10	15	32,5	8	0,97	-7	1,08	0	1,23	-5
295	1	0	50	154	13	14,5	33	2	1,00	-3	0,96	1	1,04	0
296	0	0	63	175	14	13,5	32	0	1,58	0	1,3	1	1,29	1
297	0	Kopfschmerzen	32	140	9	14	32	5	0,93	-3	0,98	1	1,00	-3
298	1	Rücken	40	152	13	15	32	8	1,21	-2	1,48	1	1,52	-1
299	1	0	44	167	12	15	33	21	1,53	-4	1,35	-1	1,53	-1
300	0	0	41	160	12	15	32	0	1,26	-2	1,11	-1	1,05	-2
301	0	0	35	142	11	14	32	4	1,20	-6	1,15	-2	1,12	0
302	0	0	40	150	14	15	32	0	1,25	0	1,23	0	1,12	0
303	1	Schulter, Ellenbogen, Knie	59	176	15	15	32	0	1,21	0	1,18	1	1,24	1
304	1	0	30	140	10	14	32	10	1,39	-2	1,49	-1	1,51	-1
305	1	Handgelenk	72	185	16	14	32	0	1,31	-3	1,21	0	1,24	-2
306	1	0	24	107	8	14	31	0	1,20	-1	1,1	-2	1,18	-3
307	1	0	55	158	13	15	33	20	0,89	-2	0,98	20	1,04	0
308	0	Rechtes Knie Schmerzen	75	167	15	15,5	34	0	0,93	-2	0,74	-1	0,73	-2
309	0	0	22	124	8	14	32	0	1,41	-6	0,91	-2	0,95	-2
310	1	Kopfschmerzen	29	140	8	15	32	5	1,36	-7	1,32	1	1,37	-3
311	0	0	29	140	10	15	32	0	1,51	-4	1,33	0	1,1	-2
312	0	0	32	140	9	15	32	8	1,21	-4	1,1	0	1,07	-1
313	1	0	43	169	13	15	33	5	1,15	-6	1,11	-2	0,93	-6
314	0	Rückenschmerzen	62	181	14	14	33	0	1,12	-1	1,02	1	0,98	1
315	0	Nackenschmerzen	42	152	11	15	33	0	1,17	-3	1,25	0	1,33	0
316	1	Rückenschmerzen	44	166	14	15	33	0	1,55	1	1,48	1	1,42	-2
317	1	Rückenschmerzen	63	179	16	14	32	0	0,96	-1	1,4	-2	0,75	-2
318	1	Morbus Scheuermann	75	165	13	15	35	0	1,12	-6	1,48	-1	1,42	-2
319	1	Knieschmerzen	70	178	15	13	32,5	25	1,35	-6	1,51	-1	1,5	-1
320	0	Knieschmerzen, LWS 4-5 bei Sprungbelastung	43	155	13	15	32	0	1,44	-3	0,93	-1	0,69	-2
321	0	0	27	141	10	15	32	0	1,42	-2	1,14	0	1,02	-1
322	1	0	25	139	11	15	32	0	1,23	-2	1,25	-1	1,14	-3
323	1	0	36	140	10	16	32	0	1,00	-3	1,11	0	1,06	-4
324	0	Rückenschmerzen	68	170	14	15	33,5	0	1,12	1	1,05	0	0,98	-2
325	1	Nackenschmerzen	43	153	11	15	32,5	5	1,16	-3	1,07	-1	1,13	-3
326	1	0	45	160	13	15	32	0	1,38	-2	1,33	-2	1,2	-4
327	1	0	35	147	11	17	32	0	1,08	-1	1,26	0	1,44	5
328	0	0	45	163	12	15	35	13	1,51	-2	1,43	0	1,47	0
329	1	0	30	136	9	15	31,5	11	1,73	0	1,88	0	1,73	-1
330	1	Kopfschmerzen	25	131	8	13	32,5	10	1,31	-2	1,24	0	1,36	-1
331	1	0	56	176	13	14	32,5	8	1,41	-2	1,49	1	1,42	0
332	1	0	60	163	15	14	33	8	0,98	-4	1,07	1	1,07	-5
333	0	wechselnde Gelenkbeschwerden	45	152	12	12	34	0	1,43	-1	1,18	1	1,14	0
334	0	0	65	160	14	15	31	0	1,02	1	1,2	0	1,02	2
335	1	0	35	149	12	14	32	4	1,26	-5	1,13	-2	1,18	-6
336	1	0	25	133	7	14	32,5	5	1,19	0	1,48	-1	1,83	3
337	1	0	42	154	11	15	32	0	1,12	-2	1,15	0	1,13	-3
338	1	0	39	157	13	15	31,5	23	1,17	-2	1,03	-2	1,08	-3
339	0	0	55	167	14	17	32	17	1,13	-2	1,07	-1	1,12	-2
340	1	0	61	170	14	15	32	3	1,21	-2	1,04	-1	0,98	-2
341	1	0	39	134	8	15	33	3	1,56	-4	1,42	0	1,35	-1
342	1	0	31	140	10	12,5	34	24	0,82	-8	0,83	-2	0,63	-10
343	0	0	37	147	11	15	32	0	1,11	-2	0,97	0	1	-2
344	1	0	32	144	11	14	33	28	1,12	-4	0,97	-2	0,87	-3
345	0	0	30	151	11	15	32	16	1,00	-4	1,03	-1	0,97	-3
346	1	0	37,5	155	12	15	33	0	1,34	-3	1,03	-2	1,23	-4
347	1	0	34	144	10	16	32	0	1,03	-1	1,03	0	1,06	-1
348	1	0	53	164	14	16,5	31	0	1,15	-5	1,05	0	1,1	-3
349	0	0	43	153	12	15	33	14	1,18	-2	0,76	-1	0,81	-1
350	1	0	25	132	8	13	32	0	0,90	-6	0,94	-2	0,76	-7
351	1	0	35	150	9	15	32,5	20	1,33	-4	1,25	-2	0,88	-7
352	0	0	56	158	10	17	33	0	1,24	-5	1,09	-1	0,95	-2
353	0	0	40	138	8	17	32	0	1,11	-6	1	-3	1,03	-4
354	0	0	33,5	147	10	15,5	35	12	1,32	-6	1,1	-3	1,31	-3
355	1	0	54	169	13	16	33	21	1,33	1	1	0	0,92	-1
356	0	0	40	145	10	16	32,5	11	1,03	-2	0,92	-1	0,95	-2
357	1	0	39	146	11	15	34	0	0,98	1	0	0	0,82	-1
358	0	0	65	176	16	16	33	15	0,86	-4	0,83	-1	0,8	-2
359	0	0	42	155	14	14	31,5	0	1,03	0	0,94	-2	0,79	0
360	1	0	38	159	11	15	33	16	1,21	-5	0,95	-2	1	-4
361	1	0	35	145	12	14	32	6	0,89	-4	1	-4	0,92	-3
362	1	0	23	132	8	14	33	12	1,00	-1	1,03	0	1,03	-1
363	0	Rückenschmerzen	44	149	10	16,5	34	0	1,10	-5	0,95	0	0,89	-1
364	1	0	61	175	15	16	31	0	1,35	-6	1,12	-2	1,02	-4
365	0	0	35	149	11	12	32	0	1,22	-3	1,05	-1	1,21	-4
366	1	Patellaplizensyndrom	76	185	16	15	34	0	0,96	-8	1,12	-2	1,17	-5
367	1	0	38	155	11	15	33,5	18	1,32	-3	1	-2	1,26	-2
368	0	0	30	151	10	18	31,5	0	1,00	-1	1,03	0	0,97	-4
369	0	0	54	169	15	17	34	0	1,14	-2	1,08	-1	1,03	0
370	1	Knieschmerzen	27	140	8	15	32	12	1,42	-3	1,44	-2	1,52	-2
371	0	0	56	167	16	14	34	14	1,49	-5	1,32	-2	1,26	-4
372	1	Rückenschmerzen	90	182	16	16	32	0	1,02	-2	1,04	-2	0,98	-3

XII. Literaturverzeichnis

- 1.) Andry N (1741) L'Orthopédie ou l'art de prévenir et de corriger dans les enfants des difformités du corps. Repr. d. Ausgabe Berlin, Schattauer Stuttgart 1987
- 2.) Balagué F, Troussier B, Salminen JJ (1999) Non-specific low back pain in children and adolescents: risk factors. *Eur Spine* 8:429-438
- 3.) Bogdanović Z, Marković Ž (2010) Presence of lordotic poor posture resulted by absence of sport in primary school children. *Acta Kinesiologica* 4(1):63-66
- 4.) Breithecker D, Cicurs (2001) Bewegung, Gesundheit, Sozialkompetenz in der Kinder- und Jugendarbeit. Festschrift zum 40-jährigen Bestehen der Bundesarbeitsgemeinschaft für Haltungs- und Bewegungsförderung. Schreib- und Druckservice Ch Braunheim, Saulheim
- 5.) Christensen ST, Hartvigsen J (2008) Spinal curves and health: a systematic critical review of the epidemiological literature dealing with associations between sagittal spinal curves and health. *J Manipulative Physiol Ther* 31(9):690-714
- 6.) Collins JJ, De Luca CJ (1995) The effects of visual input on open-loop and closed loop postural control mechanisms. *Exp Brain Res* 103(1):151-163
- 7.) Debrunner A M (1983). Orthopädie. Die Störungen des Bewegungsapparates in Klinik und Praxis. Hans Haber Verlag Bern, Stuttgart, Wien
- 8.) De Sa Pinto AL, de Barros Holanda PM, Radu AS, Villares SM, Lima FR (2006) Musculoskeletal findings in obese children. *J Paediatr Child Health* 42:341-344
- 9.) Dolphens M, Gagnie B, Coorevitis P, Palmans T, Danneels L (2014) Posture class prediction of pre-peak height velocity subjects according to gross body segment orientations using linear discriminant analysis. *Eur Spine* 23:530-535
- 10.) Drzal-Grabiec J, Snela S (2012) The influence of rural environment on body posture. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine* 19(4):76-81
- 11.) Eid M, Gollwitzer M, Schmitt M (2011) Statistik und Forschungsmethoden. Lehrbuch. Beltz-Verlag Weinheim

- 12.) Faulkner GE, Buliung RN, Flora PK, Fuscol (2009) Active school transport physical activity levels and body weight of children and youth: a systemic review. *Prev Med* 48:3-8
- 13.) Feldman AG, Ilmane N, Sangani S, Raptis H (2014). Motor control and position sense: action-perception coupling. *Adv Exp Med Biol* 826:17-31
- 14.) Fröhner G (1997) Rumpfstatus im Kindes- und Jugendalter und Merkmale der Entwicklungsstörungen. *Physikalische Therapie in Theorie und Praxis* 4:210-211
- 15.) Fröhner G (1998) Objektivierung der Haltung und Beweglichkeit des Rumpfes bei Kindern und Jugendlichen. *Haltung und Bewegung* 25:7-15
- 16.) Gade VK, Wilson SE (2007) Position sense in the lumbar spine with torso flexion and loading. *J of applied biomechanics* 23(2):93-102
- 17.) Hefti F (1997) *Kinderorthopädie in der Praxis*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New-York
- 18.) Hepp WR, Debrunner HU (2004) *Orthopädisches Diagnostikum*. 7. Auflage. Thieme Verlag Stuttgart New-York
- 19.) Holzer HP (1998) *Wirbelsäulenanalysen bei Schülern*. Wilhelm Maudrich Wien
- 20.) Huguet A, Miro J (2008) The severity of chronic pediatric pain: An epidemiological study. *J Pain* 9:226-236
- 21.) Israel S (1990) Bewegungsinduzierte körperliche Idealformen als Grundlage hoher Gesundheitsstabilität. *Theorie und Praxis der Körperkultur* 1:9-14
- 22.) Janda V (2000) *Manuelle Muskelfunktionsdiagnostik*. Urban und Fischer, München
- 23.) Jentsch T, Geiger J, Bouaicha S, Slankamenac K, Nguyen-Kim TD, Werner CM (2013) Increased pelvic incidence may lead to arthritis and sagittal orientation of the facet joints at the lower lumbar spine. *BMC Medical Imaging* 13:34-39
- 24.) Jones GT, Macfarlane GJ (2005). Epidemiology of low back pain in children. *Arch Dis Child* 90:312-316

- 25.) Junghanns H (1986) Die Wirbelsäule unter den Einflüssen des täglichen Lebens, der Freizeit und des Sports. Die Wirbelsäule in Praxis Bd100, Hippokrates Verlag Stuttgart
- 26.) Keim HA (1982). The Adolescent Spine. Springer New-York, Heidelberg, Berlin
- 27.) Keller E (2007) Wachstum und Wachstumsstörungen. In: Matzen P (Hrg) Kinderorthopädie Urban und Fischer München, Jena:137-157
- 28.) Kendall F, Kendall E (2001) Muskeln, Funktionen und Tests. Urban und Fischer München
- 29.) Kidcheck: <http://kidcheck.de> 2017
- 30.) Kobel S, Wartha O, Steinacker JM (2019) Correlates of Active Transport to School in German Primary School Children Germ J Sports Med 70(3):67-74
- 31.) Koletzko B. (2007) Kinder und Jugendmedizin Springer
- 32.) König E (1999) Was halten Sie von der Haltung? Monatszeitschrift Kinderheilkunde 147(4):369-372
- 33.) Kopecký M (2004) Posture Assessment in Children of the School Age Group (7-15 Years of Age) in the Olomouc Region. Acta Universitatis Palackianae Olomucensis Gymnica 34(2):19-29
- 34.) Krämer J, Grifka J (2007). Orthopädie und Unfallchirurgie. 8. Auflage. Springer Medizin Verlag Heidelberg
- 35.) Kratenova J (2007) Prevalence and risk factors of poor posture in school children in the Czech Republic. J Sch Health 77(3):131-137
- 36.) Krawczyk B, Pacheco AG, Mainenti MR (2014). A systematic review of the angular values obtained by computer photogrammetry in sagittal plane: a proposal for reference values. J. Manipulative Physiol Ther 37:269-275

- 37.) Kromeyer-Hauschild K, Wabitsch M, Kunze D, Geller F, Geiss HC, Hesse V, von Hippel A, Jaeger U, Johnsen D, Korte W, Menner K, Müller G, Müller JM, Niemann Pilatus A, Schaefer F, Wittchen HU, Zabransky S, Zellner K, Ziegler A, Hebebrand J (2001) Perzentile für den Body-Mass-Index für das Kindes- und Jugendalter unter Heranziehung verschiedener deutscher Stichproben. *Monatsschr Kinderheilk* 149:807-818
- 38.) Kromeyer-Hauschild K, Gläßer N, Zellner K (2008) Waist circumference percentiles in Jena children (Germany) 6-to 18 years of age. *Aktuelle Ernährungsmedizin* 33(3):116-122
- 39.) Kromeyer-Hauschild K, Dortschy R, Stolzenberg H, Neuhauser H, Rosario AS (2011) Nationally representative waist circumference percentiles in German adolescents aged 11.0-18.0 years. *Int J Pediatr Obes* 6(2-2):129-137
- 40.) Kromeyer-Hauschild K, Moss A, Wabitsch M (2015). Referenzwerte für den Body Mass-Index für Kinder, Jugendliche und Erwachsene in Deutschland. Anpassung der AGA-BMI-Referenz im Altersbereich von 15 bis 18 Jahren. *Adipositas* 9:123-127
- 41.) Kurth BM, Schaffrath Rosario A (2010) Übergewicht und Adipositas bei Kindern und Jugendlichen in Deutschland. *Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforschung, Gesundheitsschutz* 53:643-652
- 42.) Laird RA (2014) Comparing lumbo-pelvic kinematics in people with and without back pain: a systematic review and meta-analysis. *BMC Musculoskeletal Disorders* 15:229-229
- 43.) Landsberg B, Plachta-Danielzik S, Much D, Hohannsen M, Lange D, Müller MJ (2008) Associations between aktive commuting to school, fatmass and lifestyle factors in adolescents:the Kiel Obesity Prevention Study (KOPS). *Clin Nutr* 62:739-747
- 44.) Lanz T, Wachsmuth W (1972). *Praktische Anatomie. Bein und Statik*. 2. Auflage. Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New-York
- 45.) Ludwig O, Mazet D, Schmitt E (2003) Haltungsschwächen bei Kindern und Jugendlichen. *Gesundheitssport und Sporttherapie* 19:165-170

- 46.) Ludwig O, Schmitt E (2005) Reliabilität, Objektivität und Validität von digitaler Bildungsauswertung zur Haltungsanalyse. Interner Bericht, Universität des Saarlandes
- 47.) Ludwig O, Schmitt E (2006) Neurokybernetik der Körperhaltung. *Haltung und Bewegung* 26(1):5-14
- 48.) Ludwig O, Mazet C, Mazet D, Hammes A, Schmitt E (2016a) Age-dependency of posture parameters in children and adolescents. *J Phys Ther Sci* 28:1607-1610
- 49.) Ludwig O, Mazet C, Mazet D, Hammes A, Schmitt E (2016b) Changes in Habitual and Active Sagittal Posture in Children and Adolescents with and without Visual Input. Implications for Diagnostic Analysis of Posture. *J Clin Diagnostic Research* 10(2): 14-17
- 50.) Ludwig O, Hammes A, Kelm J, Schmitt E (2016a) Assessment of the posture of adolescents in everyday clinical practice: intra-rater and inter-rater reliability and validity of a posture index. *J Bodywork and Movement Therapies* 4:7-17
- 51.) Ludwig O, Hammes A, Kelm J, Schmitt E (2016b) Assessment of the posture of adolescents in everyday clinical practice: intra-rater and inter-rater reliability and validity of a posture index. *J Bodywork and Movement Therapies* 20(4):761-766
- 52.) Machado S, Cunha M, Velasques B, Minc D, Teixeira S, Domingues CA (2010) Sensorimotor Integration: basic concepts, abnormalities related to movement disorders and sensorimotor training-induced cortical reorganization. *Rev Neurol* 51(7):427-436
- 53.) Maghsoud E, Alilou A, Ghafurina S, Fereydounnia S (2012) Prevalence of faulty posture in children and youth from a rural region in Iran. *Biomedical Human Kinetics*.121:15-21
- 54.) Matthiass HH (1972) Die Belastbarkeit der Organe des Haltungs- und Bewegungsapparates in den verschiedenen Entwicklungsphasen. *Z Orthop* 110: 732-738

- 55.) Matthiass HH (1979): Klinische Meßmethoden an der Wirbelsäule. In: Diagnostik der Wirbelsäulenerkrankungen. Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis Bd 83, Hrsg. Junghanns, Hippokrates Verlag Stuttgart, 23-29
- 56.) Matzen P (2007) Haltungsfehler. In: Matzen P: Kinderorthopädie. Urban und Fischer, 213-317. München, Jena
- 57.) Menge M (1982) Form und Haltung der normalen Wirbelsäule im Röntgenbild. Z Orthop 120:146-150
- 58.) Moll KJ, Moll M (2003) Kurzlehrbuch Anatomie. 17. Auflage. Urban und Fischer Verlag München, Jena
- 59.) Newcomer K, Sinaki M (1996) Low back pain and its relationship to back strength and physical activity in children. Acta Paediatr 85:1433-1439
- 60.) Niethard FU (1997) Entwicklung, Wachstum und Reifung. In: Niethard FU: Kinderorthopädie, 5-39. Georg Thieme Verlag Stuttgart. New York
- 61.) Niethard FU, Pfeil J.(2003). Orthopädie. Duale Reihe 4. Auflage Thieme Verlag Stuttgart
- 62.) Nissinen M, Helivaara M, Seitsamo J, Alaranta H, Poussa M (1994) Anthropometric measurements and the incidence of low back pain in a cohort of pubertal children. Spine 12:1367-1370
- 63.) Nissinen MJ, Heliövarra MM, Seitsamo JT, Könönen MH, Hurmerinta KA, Poussa S (2005). Development of trunk asymmetry in a cohort of children ages 11 to 22 years. Eur Spine J 14(8):738-742
- 64.) Nourbakhsh MR, Arab AM (2002) Relationship between mechanical factors and incidence of low back pain. J Orthop Sports Phys Ther 32(9):447-460
- 65.) Penta PJ, João SM, Casarotto RA (2005) Postural assessment of girls between 7 and 10 years of age. Clinics 60:9-16
- 66.) Peterka R (2002) Sensomotoric integration in human postural control. J Neurophys 88(3):1097-1118

- 67.) Pope MH (1985) The relationship between anthropometric, postural, muscular, and mobility characteristics of males ages 18-55. Spine (Phila Pa 1976) 10(7):644-648
- 68.) Poussa MS, Heliövaara MM, Seitsamo JT, Könönen MH, Hurmerinta KA, Nissinen MJ (2005) Andropometric measurements and growth as predictors of low-back-pain: a cohort study of children. Eur Spine 14:595-598
- 69.) Rosenberg DE, Sallis JF, Conway TL, Cain KL, Mc Kenzie TL (2006) Aktive transportation to school over 2 years in relation to weight status and physical activity. Obesity 14:1771-1776
- 70.) Rössler H, Rüter W (2005): Orthopädie und Unfall-Chirurgie 19. Aufl. Urban und Fischer
- 71.) Salminen JJ, Oksanen A, Maki P, Pentti J, Kujala UM (1993) Leisure time physical activity in the young-correlation with low-back pain, spinal mobility and trunk muscle strength in school children. Int J Sports Med 14:406-410
- 72.) Schede F (1969). Grundlagen der körperlichen Erziehung. 5. Auflage. Entre Verlag, Stuttgart
- 73.) Schmitt E (1994) Wenn das Kreuz zum Kreuz wird-wie Rückenschmerzen entstehen. In: Trendelenburg F, Greß H Signale der Seele, 97-104. ECON Düsseldorf Wien
- 74.) Schober P (1937) Lendenwirbelsäule und Kreuzschmerzen. Münch Med Wochenzeitschrift 84:336-338
- 75.) Sjolie ANC (2004) Persistence and change in non-specific low back pain among adolescents: a 3-years prospective study. Spine 29:2452-2457
- 76.) Smith A, O'Sullivan P, Straker L (2008) Classification of sagittal thoraco-lumbo-pelvic alignment of the adolescent spine in standing and its relationship to low back pain. Spine (Phila Pa 1976) 33(19):2101-2107
- 77.) Sousa AS, Silva A, Tavares JM (2012) Biomechanical and neurophysiological mechanisms related to postural control and efficiency of movement: a review. Somatosens Mot Res 29(4):131-143

- 78.) Staffel F (1889) Die menschlichen Haltungstypen und ihre Beziehungen zu den Rückgratverkrümmungen. Wiesbaden: Bergmann 1889
- 79.) Stolzenberg H, Kahl H, Bergmann KE (2007) Körpermaße bei Kindern und Jugendlichen in Deutschland. Ergebnisse des Kinder- und Jugendgesundheitssurvey (KI 665) In: Bundesgesundheitsblatt: Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz 50659-50669. Springer Medizin Verlag
- 80.) Ting LH (2007) Dimensional reduction in senso-motor systems: a framework for understanding muscle coordination of posture. Progress in brain research 165:299-321
- 81.) Varangaonkar V., Ganesan S. & Kumar K. (2015) The relationship between Lumbar range of motion with hamstring flexibility among 6-12 years children from South India: A cross-sectional study (Vol. 4)
- 82.) WHO (1998) Obesity-a major global public health problem. World Health Organisation Genf
- 83.) Widhe T (2001) Spine: posture, mobility and pain. A longitudinal study from childhood to adolescens. EurSpine J 10(2) 118-123
- 84.) Wirth J (2001). Praxis der Orthopädie. Bd I: Konservative Orthopädie. Thieme Verlag Stuttgart, New-York
- 85.) Wirth TH, Langendörfer M (2019) Rückenschmerzen im Wachstumsalter. OUP 8: 14-20

XIII. Danksagung

Ich danke Herrn Prof. Dr. J. Kelm für die Überlassung des Dissertationsthemas und für die hervorragende Betreuung von Anfang an, seine wertvollen fachlichen und persönlichen Ratschläge und seine Geduld, die er mir während der gesamten Zeit gewährt hat. Weiterhin danke ich ihm für die kritische Durchsicht des Manuskripts.

Herrn Dr. O. Ludwig danke ich für die freundlichen Aufnahme im Kid-Check-Team und die Möglichkeit, die Messungen für meine Dissertationsarbeit durchzuführen. Vielen Dank für die guten Ratschläge und die Einarbeitung in das Haltungsanalyseprogramm sowie auch für Hinweise bezüglich der Literaturrecherche.

Herzlichen Dank auch an Frau Dipl.-Math. Daniela Keller für die statistische Auswertung des umfassenden Datenmaterials nach meinen Vorgaben sowie an Frau Dipl.-Fachübersetzerin Diana Allweyer für die Übersetzung der Zusammenfassung ins Englische.

XIV. Lebenslauf

Aus datenschutzrechtlichen Gründen wird der Lebenslauf in der elektronischen Fassung der Dissertation nicht veröffentlicht.

Tag der Promotion: 11.11.2022
Dekan: Univ.-Prof. Dr. med. Michael D. Menger
Berichterstatter: Prof. Jens Kelm
Prof. Tim H. Pohlemann