

Aus der Kinderklinik und Poliklinik
der Universität Würzburg
Direktor: Professor Dr. med Ch. P. Speer

Bestimmung der Körperzusammensetzung
bei gesunden Kindern und Jugendlichen sowie Patienten mit Kraniopharyngeom
mittels Bioelektrischer Impedanzmessung und Anthropometrie

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde der
Medizinischen Fakultät
der
Bayerischen Julius-Maximilians-Universität zu
Würzburg
vorgelegt von
Carmen Zinn
aus Schwarzbach

Würzburg, Februar 2002

Referent: Priv.-Doz. Dr. med H. L. Müller
Koreferent: Prof. Dr. med N. Gordjani
Dekan: Prof. Dr. med V. ter Meulen

Tag der mündlichen Prüfung: 20.12.2002

Die Promovendin ist Ärztin.

Inhaltsverzeichnis

1. EINLEITUNG	5
1.1. ALLGEMEINE EINFÜHRUNG	5
1.1.1. Modelle der Körperzusammensetzung	6
a) <i>Das Zwei-Komponenten-Modell</i>	6
b) <i>Das Multi-Komponenten-Modell</i>	7
1.1.2. Referenzmessmethoden	8
a) <i>Hydrodensitometrie</i>	8
b) <i>⁴⁰K-Spektrometrie</i>	8
c) <i>Zwei-Energie-Röntgenabsorptiometrie (DXA)</i>	9
1.1.3. Bedside-Methoden.....	11
a) <i>Body-Mass-Index (BMI)</i>	11
b) <i>Hautfaltenmessung</i>	13
Formeln für die Hautfaltenmessung	15
c) <i>Bioelektrische Impedanzmessung</i>	17
Formeln für die Impedanzmessung.....	21
1.2. KRANIOPHARYNGEOM.....	23
1.2.1. Krankheitsbild.....	23
1.2.2. Bestimmung der Körperzusammensetzung	24
1.3. ZIELE DER STUDIE	26
1.3.1. Normalkollektiv	26
1.3.2. Kraniopharyngeopatients.....	26
2. METHODEN	28
2.1. ZUSAMMENSETZUNG DES KOLLEKTIVS	28
2.2. MATERIAL.....	29
2.3. DURCHGEFÜHRTE MESSUNGEN	29
2.2.1. Körperhöhe, Gewicht, Taillen- und Hüftumfang.....	30
2.2.2. Bioelektrische Impedanzmessung.....	30
2.2.3. Hautfaltenmessung	31
2.2.4. Zwei-Energie-Röntgenabsorptiometrie (DXA)	33

3. ERGEBNISSE	34
3.1. NORMALKOLLEKTIV	34
3.1.1. Anzahl, Alter und Geschlechtsverteilung	34
3.1.2. Vergleich mit publizierten Normwerten	35
a) <i>Größe und Gewicht nach REINKEN</i>	35
b) <i>BMI nach ROLLAND-CACHERA</i>	37
c) <i>Hautfaltendicke nach REINKEN</i>	39
3.1.3. Übersicht des Normkollektivs	43
3.1.4. Vergleich der beiden Geschlechter	44
3.1.5. Korrelation der Rohwerte	45
3.1.6. Vergleich der Impedanz in unterschiedlichen Altersgruppen.....	47
3.1.7. Körperzusammensetzung des untersuchten Kollektivs	48
3.1.8. Vergleich publizierter Formeln.....	50
3.2. KRANIOPHARYNGEOMPATIENTEN.....	53
3.2.1. Anzahl, Alter und Geschlechtsverteilung	53
3.2.2. Vergleich mit publizierten Normwerten	53
a) <i>Größe und Gewicht nach REINKEN</i>	55
b) <i>BMI nach ROLLAND-CACHERA</i>	55
c) <i>Hautfaltendicke nach REINKEN</i>	56
3.2.3. Korrelation der Rohwerte	56
3.2.4. Anwendung publizierter Formeln.....	59
3.2.5. Ermittlung einer neuen Formel für Kraniopharyngeompatienten.....	62
3.2.6. Vergleich der neuen Formel mit der DXA-Messung.....	63
4. DISKUSSION	65
4.1. NORMALKOLLEKTIV	65
4.1.1. Probanden	65
4.1.2. Vergleich mit publizierten Normwerten	66
4.1.3. Korrelation der Rohwerte	67
4.1.4. Vergleich der Geschlechter.....	68
4.1.5. Vergleich von Impedanz und RI in unterschiedlichen Altersgruppen	68
4.1.6. Körperzusammensetzung des untersuchten Kollektivs	69

4.1.7. Formelvergleich.....	69
4.2. KRANIOPHARYNGEOMPATIENTEN.....	71
4.2.1. Probanden	71
4.2.1. Vergleich mit publizierten Normwerten.....	71
4.2.2. Korrelation der Rohwerte	72
4.2.3. Anwendung publizierter Formeln.....	74
4.2.4. Ermittlung einer neuen Formel für Kraniopharyngeompatienten.....	74
5. ZUSAMMENFASSUNG.....	76
6. LITERATURVERZEICHNIS	77
7. ANHANG	84
7.1. AUFKLÄRUNGSBOGEN	84
7.2. ZUSTIMMUNG DER ETHIKKOMMISSION.....	86

1. Einleitung

1.1. Allgemeine Einführung

Die Beurteilung des Ernährungszustands spielt in der Pädiatrie eine bedeutende Rolle. Sie ist fester Bestandteil von Vorsorgeuntersuchungen und dient hierbei unter anderem der Prävention von Adipositas im Kindesalter. Auch zur Diagnostik und Verlaufsbeurteilung von Erkrankungen, die mit Untergewicht oder Adipositas einhergehen können, ist eine Beurteilung des Ernährungszustands unerlässlich.

Junge Kraniopharyngeompatienten entwickeln beispielsweise im Rahmen der Erkrankung in ca. 50 % der Fälle eine schwere Adipositas (CURTIS 1994). Neben der emotionalen Belastung, die die Tumorerkrankung ohnehin für die Betroffenen und ihre Angehörigen mit sich bringt, führt gerade auch die aus der Erkrankung resultierende Adipositas zu einer deutlichen Beeinträchtigung der Lebensqualität (MÜLLER 2001).

Neben der aktuellen Bedeutung einer Adipositas für die körperliche und psychische Situation eines Kindes müssen zudem auch die möglichen Folgeerkrankungen, wie Atherosklerose oder Diabetes mellitus bedacht werden. Aus diesen Gründen empfiehlt sich eine besondere Berücksichtigung der krankheitsbedingten Adipositas in der Betreuung von Kraniopharyngeompatienten.

Die Bestimmung von Körpergewicht und Körperhöhe mit Ermittlung des Body-Mass-Index ist wahrscheinlich die geläufigste Methode, um den Ernährungszustand zu beurteilen. Allerdings geben das Körpergewichts oder der BMI keine Auskunft über die tatsächliche „Fettleibigkeit“, d. h. den Körperfettgehalt. Kriterium für die Diagnosestellung einer Adipositas sollte deshalb nicht allein das Körpergewicht oder sein Verhältnis zur Körperhöhe sein, sondern vielmehr die genaue Bestimmung der Körperzusammensetzung.

Eine direkte Messung der Körperzusammensetzung in Form einer chemischen Analyse ist beim lebenden Menschen nicht möglich. Aus diesem Grund wurden verschiedene Modelle zu einer indirekten Messung entwickelt. Obwohl es keinen „Goldstandard“ gibt, sind verschiedene Messmethoden als Referenzmessungen anerkannt.

Einfache Messungen können auf der Basis dieser anerkannten Referenzmessungen validiert werden.

In der Diagnostik und zur Verlaufskontrolle von Patienten mit Adipositas erleichtern zuverlässige und einfach durchführbare Methoden zur Untersuchung der Körperzusammensetzung die Beurteilung des Ernährungszustandes. Hierzu bieten sich anthropometrische Verfahren wie die Messung bestimmter Körperumfänge oder die Hautfaltenmessung sowie die Bioelektrische Impedanzmessung an.

In dieser Studie wurden anthropometrische Messmethoden zur Bestimmung der Körperzusammensetzung in ihrer Anwendung für gesunde Kinder und Jugendliche sowie Kraniopharyngeompatienten untersucht. Als Referenzmessung diente für die Kraniopharyngeompatienten die DXA-Messung. Es wurden Formeln zur Berechnung der Körperzusammensetzung aus den Hautfaldendicken oder der Impedanz angewendet, die wiederum auf der Basis von Referenzmessungen wie der Hydrodensitometrie oder der ^{40}K -Spektrometrie entwickelt worden waren.

Zum genaueren Verständnis werden die zugrundeliegenden Modelle und Messmethoden im folgenden erläutert.

1.1.1. Modelle der Körperzusammensetzung

a) Das Zwei-Komponenten-Modell

Basis dieses Modells ist die Einteilung der Körpermasse in zwei Komponenten: die Fettmasse (FM) und die Fettfreie Masse (FFM). Die direkte Messung der Fettmasse ist nur eingeschränkt möglich, doch mit Hilfe dieses Modells kann sie indirekt ermittelt werden als Differenz von Körpergewicht und FFM (nach ELLIS 2000).

Die älteste Verwendung des Modells basiert auf der Messung der Gesamtkörperdichte durch Hydrodensitometrie (Unterwasserwiegen).

Weitere Möglichkeiten, die FFM zu ermitteln, sind über eine Messung des Ganzkörperkaliums durch ^{40}K -Zählung oder durch Bestimmung des Ganzkörperwassers mit radioaktivem Wasser möglich.

Voraussetzung für die Anwendung des Zwei-Komponenten-Modells ist eine konstante Zusammensetzung der FFM: Beim Erwachsenen besteht sie definitionsgemäß zu 72-73 % aus Wasser, hat einen Anteil von 2,66 g/kg Kalium beim Mann und 2,55 g/kg bei der Frau und eine Dichte von 1,1 g/cc (REILLY 1998). Diese Konstanten sind Voraussetzung zur Berechnung der FFM aus der gemessenen Dichte, dem Körperwasser oder dem Ganzkörperkalium.

Bei der Anwendung des Zwei-Komponenten-Modells an Kindern ergibt sich das Problem, dass Kinder chemisch noch nicht "reif" sind, ihre Körperzusammensetzung ist noch nicht konstant. Die FFM von Kindern hat im Vergleich zu Erwachsenen eine geringere Dichte, einen höheren Wasseranteil, weniger Kalium und einen geringeren Mineralanteil (HASCHKE 1983, Boileau 1984 und WESTRATE 1989). Diese Werte nähern sich erst im Laufe der Kindheit und Adoleszenz an die konstanten Werte des Erwachsenen an. Aus diesem Grund lassen sich die Konstanten zur Berechnung der Körperkomposition beim Erwachsenen nicht auf Kinder und Jugendliche anwenden. Sie müssen in Form eines modifizierten Zwei-Komponenten-Modells durch eigene alters- und geschlechtsspezifische Konstanten ersetzt werden.

b) Das Multi-Komponenten-Modell

Basis für dieses Modell ist die Einteilung der Körpermasse in mindestens drei oder mehr Komponenten, beispielsweise in Fettmasse, Knochenmasse und Muskelmasse.

Dies erfordert die Bestimmung von mindestens zwei (beim Drei-Komponenten-Modell) oder mehr Einzelkomponenten der Fettfreien Masse.

Bei der Anwendung in der Pädiatrie hat dieses detailliertere Modell sicherlich Vorteile aufgrund seiner höheren Präzision. Ein Nachteil ist jedoch der hohe technische Aufwand und die höheren Kosten.

1.1.2. Referenzmessmethoden

Mit dem theoretischen Hintergrund des Zwei- oder Multikomponentenmodells existieren verschiedene Verfahren zur Bestimmung der Körperzusammensetzung, z. B. Densitometrie, ^{40}K -Spektrometrie oder Zwei-Energie-Röntgenabsorptiometrie. Diese technisch aufwändigeren Verfahren dienen als anerkannte Referenzmethoden für einfachere indirekte Messungen wie Anthropometrie und Impedanzmessung, die in verschiedenen Studien nach diesen Eichstandardmethoden validiert wurden. Im folgenden sollen die genannten Messverfahren deshalb kurz erläutert werden.

a) Hydrodensitometrie

Die Hydrodensitometrie (Unterwasserwiegen) wird als verlässlichste Methode zur Bestimmung der Körperdichte angesehen, mit der auch der Körperfettanteil im Rahmen des Zwei-Komponenten-Modells valide bestimmt werden kann (SIRI 1961, BRODIE 1998). Das Körpervolumen des Probanden wird mit einem Spezialtank, in dem er unter Wasser sitzt, bestimmt. Aus Volumen und Körpergewicht kann dann die Dichte ermittelt werden. Die Messung geschieht nach völliger Expiration. Residualvolumen und Darmvolumen müssen berücksichtigt werden.

Bei kleinen Kindern ist aufgrund der Messvoraussetzungen (enger Tank, Atemmanöver) die Messung nicht oder nur eingeschränkt möglich.

b) ^{40}K -Spektrometrie

Mit dieser Methode wird das Ganzkörperkalium ermittelt. In einem zweiten Schritt kann im Rahmen des Zwei-Komponenten-Modells die Fettfreie Masse bestimmt werden, da das körpereigene Kalium nur in der Fettfreien Masse, nicht aber im Körperfettgewebe enthalten ist.

Dadurch dass ein konstanter Teil des Körper-Kaliums als natürliches ^{40}K -Nuklid mit einer charakteristischen Gammastrahlung vorliegt, lässt sich durch eine Strahlendosis-messung mit Detektoren in diesem Strahlungsbereich die Fettfreie Masse bestimmen. Die Messung ist allerdings aufwändig, und die Kosten ihrer Durchführung sind hoch.

c) Zwei-Energie-Röntgenabsorptiometrie (DXA)

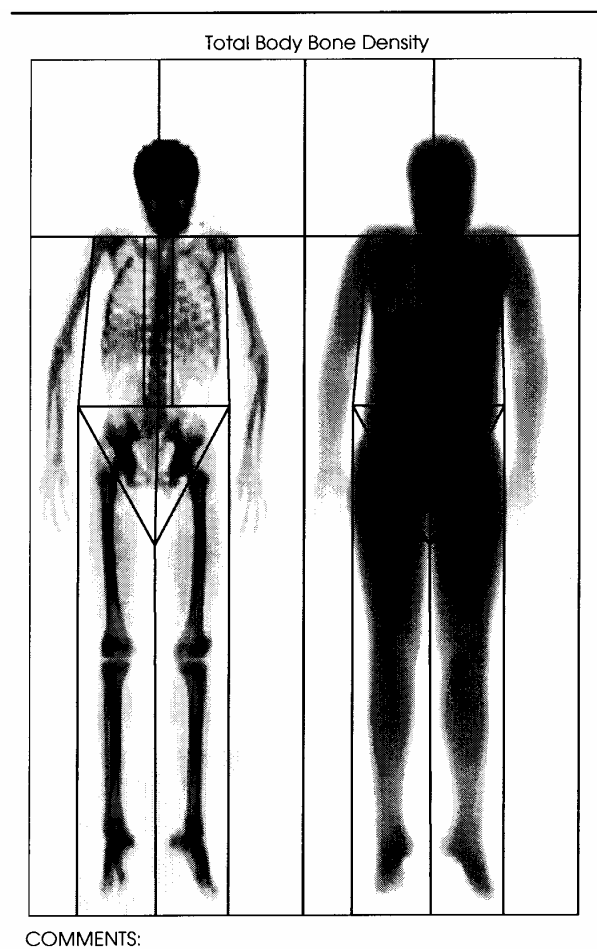


Abb. 1: DXA-Aufnahme (Klinik für Nuklearmedizin der Universität Würzburg)

Diese Methode wird üblicherweise zur Bestimmung der Knochendichte, beispielsweise bei Verdacht auf Osteoporose, angewendet. Durch Entwicklung spezifischer Software ist es jedoch auch möglich, mit dem gleichen Messverfahren die flächenbezogene Ganzkörperdichte zu bestimmen.

Bei der Messung wird Röntgenstrahlung zweier unterschiedlicher niedriger Energien (40 und 80 keV) verwendet. Der gesamte Körper wird, unterteilt in mehrere Bereiche (Kopf, Arme, Beine, Stamm) mit dieser Strahlung gescannt (siehe Abb. 1). Für jede kleinste Fläche des Scans, die als Pixel bezeichnet wird, wird die Abschwächung der Röntgenstrahlung beim Durchtritt durch den Körper gemessen. Die Verminderung der Strahlung ist abhängig von der Menge und der Art des durchstrahlten Gewebes. Als Quotient der beiden abgeschwächten Energien kann ein R-Wert berechnet werden, der spezifisch für die verschiedenen Körpergewebe ist.

Knochensubstanz enthält viel Calcium und Phosphat, Fett beinhaltet wenige Atome mit hoher Atommasse, und die Muskelmasse enthält viele Elemente, meist in Form von Elektrolyten, die einen hohen Einfluss auf den R-Wert haben. So hat Knochen einen hohen R-Wert von 2,9 während die Werte für Fett (1,21), Wasser (1,35) oder Protein (1,29) im niedrigeren Bereich liegen (BRODIE 1999). Für jedes Pixel wird dieser R-Wert bestimmt. Im Gesamtscan kann dann zwischen knochenhaltigen und knochenfreien Bereichen unterschieden werden und computergestützt die Zusammensetzung des Körpers aus den drei Komponenten Knochenmasse, Fettmasse und Muskelmasse bestimmt werden.

Die fettfreie Masse wird als Summe von Knochenmasse und Muskelmasse berechnet. Der Fettanteil wird als Quotient von Fettmasse und dem Gewicht aus der DXA-Messung (Summe von Fettmasse, Knochenmasse und Muskelmasse) berechnet.

Die 2-Energie-Röntgenabsorptiometrie wird von einigen Autoren als diejenige Methode angesehen, die einem Goldstandard zur Ermittlung der Körpergewebezusammensetzung am nächsten kommt (DEZENBERG 1999, BRODIE 1999). Die Messmethode erscheint aufgrund der niedrigen Strahlenbelastung ($< 0,01$ mSv), der relativ kurzen Messdauer (ca. 10-15 min) und der guten Präzision geeignet für Kinder.

1.1.3. Bedside-Methoden

Hierzu zählen zum einen einfache anthropometrische Messmethoden wie die Ermittlung des Body-Mass-Index aus Körperhöhe und Körpergewicht, die Messung verschiedener Körperrumfangen (z. B. Taille, Hüfte, Oberarm) oder die Hautfaltenmessung an definierten Körperstellen, zum anderen auch die Bioelektrische Impedanzmessung. Diese Messungen können am Krankenbett direkt durchgeführt werden. Es handelt sich jeweils um tragbare Messgeräte. Zudem sind die Messungen relativ preisgünstig durchzuführen und werden allgemein als akzeptabel für Kinder eingeschätzt.

a) Body-Mass-Index (BMI)

Der Body-Mass-Index, auch als QUETELET-Index bezeichnet, wurde 1871 von QUETELET als einfacher Index zur Beurteilung des Ernährungszustands beschrieben. Er wird als Quotient von Körpergewicht und Körperhöhe im Quadrat berechnet:

$$\text{BMI} = \frac{\text{Körpergewicht}}{\text{Körperhöhe}^2}$$

Für die Definition einer Adipositas durch den BMI sind gültige Normwerte Voraussetzung.

Für Erwachsene liegt der empfohlene BMI bei 20-25 kg/m². Ein BMI über 25 definiert Übergewicht, über 30 Adipositas. Diese Festlegung basiert auf einem erhöhten Risiko für Morbidität und Mortalität (BELLIZI 1999) und variiert nicht erheblich mit dem Alter. Im Gegensatz zu Erwachsenen verhält sich der Body-Mass-Index bei Kindern und Jugendlichen nicht konstant, sondern unterliegt einer physiologischen Entwicklung: Im ersten Lebensjahr steigt er zunächst an, sinkt in den nächsten 5-6 Jahren dann stetig ab, bevor er wieder mit dem Alter zunimmt (ROLLAND-CACHERA 1991, KROMEYER-HAUSCHILD 2001). Daher benötigt man geschlechts- und altersspezifische Normwerte zur Beurteilung des Ernährungszustands von Kindern und Jugendlichen anhand des BMI.

In dieser Studie wurden Normwerte von ROLLAND-CACHERA zum Vergleich herangezogen, die 1991 anhand der Daten französischer Kinder, Jugendlicher und Erwachsener ermittelt wurden.

Der Unterschied des BMI zwischen den Geschlechtern ist in der Kindheit relativ gering. Bis zum 12. Lebensjahr liegt der BMI der Jungen immer leicht unter dem der Mädchen. Dann zeigt die Kurve der Mädchen im Alter von 12-17 Jahren (während der Pubertät) eine "Schulter", d.h. einen steileren Anstieg, der in der Folge wieder abflacht, so dass der BMI der Mädchen in dieser Zeit oberhalb dem der Jungen liegt, bevor sich die Kurven im Alter von 18 Jahren erneut schneiden. In der Folge liegt der Index von Männern immer höher als der von Frauen.

Der BMI wird als Marker einer Adipositas verwendet, ist jedoch kein spezifisches Maß für die Körperfettmasse. Auf das Gewicht haben Fettmasse und Fettfreie Masse gleichermaßen Einfluss. Dies erklärt den höheren BMI von Jungen im Vergleich zu Mädchen, obwohl diese einen höheren Fettanteil haben. FORBES (1972) und TANNER (1981) erklärten den höheren BMI bei niedrigerem Fettanteil mit dem Einfluss der deutlich höheren fettfreien Körpermasse der Jungen auf den BMI.

Über die genaue Definition einer Adipositas bei Kindern und Jugendlichen mittels BMI wird weiterhin diskutiert. Ein idealer Grenzindex sollte in Zusammenhang zu klinischen Konsequenzen einer Adipositas wie Morbidität und Mortalität bei Erwachsenen stehen. Im Kindesalter ist Adipositas jedoch nur selten mit Morbidität verknüpft. Deshalb könnte die Persistenz einer Adipositas im Erwachsenenalter als klinischer Indikator verwendet werden. So zeigte sich für übergewichtige Kinder ab 9 Jahren (definiert als $BMI > 95$. Gewichtspersentile im NHANES II (second National Health and Nutrition Examination Survey) ein Risiko von bis zu 80 %, bis zum Alter von 35 Jahren eine Adipositas (definiert als $BMI > 28$) zu entwickeln (GUO 1999).

Obwohl keine völlig klare Definition für Adipositas im Kindesalter über den BMI existiert, ist die am weitesten akzeptierte Definition festgelegt anhand von Perzentilen oder der Anzahl der Standardabweichungen vom Normwert des BMI.

Die Arbeitsgemeinschaft „Adipositas im Kindes- und Jugendalter“ (AGA) empfiehlt in ihren Leitlinien die Verwendung der Referenzwerte des BMI für deutsche Kinder und Jugendliche nach KROMEYER-HAUSCHILD (2001).

Ein BMI oberhalb der 90. Perzentile impliziert Übergewicht, ein BMI oberhalb der 97. Perzentile definiert Adipositas.

b) Hautfaltenmessung

Die Messung der Hautfaldendicke an bestimmten Körperstellen ist eine valide Methode zur Ermittlung der Körperdichte und daraus folgend dem Körperfettanteil. Die Messung wird mit einer Messzange (Abb. 2) durchgeführt, die sich mit einem definiertem Druck von 10 g/cm^2 um die mit Zeigefinger und Daumen gefasste Hautfalte schließt.



Abb. 2: Hautfaltenmesszange (Holtain Skinfold Caliper)

Die gemessene Dicke der Hautfalte bezieht bei exakter Anwendung Haut und Subkutangewebe mit ein, nicht aber unterliegendes Gewebe wie Muskulatur. Sie korreliert mit der Körperfettmasse. Zudem lassen sich, je nach der Dicke der unterschiedlich

lokalisierten Falten, Rückschlüsse auf die jeweilige Verteilung des Fettgewebes im Körper als Stammfett oder peripheres Fettgewebe ziehen.

Nach SARRIA (1998) bietet die Hautfaltenmessung im Vergleich zum Body-Mass-Index eine wesentlich höhere Korrelation zur Körperdichte, so dass es möglich ist, aus der gemessenen Dicke einer oder mehrerer Hautfalten auf die Körperdichte oder den Körperfettanteil zu schließen. Sie ist eine einfache und kostengünstige Messung, die sich auch gut zur Verlaufsbeobachtung eignet.

Verschiedene anatomische Punkte, die zur Bestimmung der Hautfaltendicke geeignet sind (nach LOHMANN):

a) die Bicepsfalte,

die am ventralen Oberarm über dem M.biceps brachii in der Mitte der Strecke zwischen Acromion und Ellenbeuge palpirt wird.

Nach EDWARDS (1955) beträgt ihr interindividueller Messfehler 1,9 mm, der intraindividuelle nach LOHMANN (1988) 0,2-0,6 mm. Normwerte für Kinder finden sich bei HARSHA (1975), MCGOWAN (1974) und PRADER (1988).

b) die Tricepsfalte,

am dorsalen Oberarm über dem M.triceps brachii in der Mitte zwischen der lateralen Projektion des Acromions und dem Olecranon lokalisiert

Sie ist eine sehr häufig bestimmte Hautfalte, für die eine hohe Korrelation zum Körperfett bekannt ist. In der Literatur werden interindividuelle Messfehler von 0,8-1,9 mm, intraindividuelle Messfehler von 0,4-0,8 mm beschrieben (JOHNSTON 1974), Normwerte für Kinder wurden von TANNER und WHITEHOUSE (1975), REINKEN (1997 und 1980), JOHNSTON et al (1981), ausserdem von PRADER (1988) veröffentlicht.

c) die Abdomenfalte,

drei Zentimeter lateral und einen Zentimeter kaudal des Nabels

Für sie wird eine Test-Retest-Korrelation von 0.979 von WILMORE und BEHNKE (1969) beschrieben. Normwerte für Kinder wurden unter anderem von REINKEN (1980) publiziert.

d) die Subscapularfalte,
direkt unter dem Angulus inferior scapulae.

Die Messung erfolgt im 45°-Winkel zur Horizontalen.

Normwerte wurden für Kinder von MAASER (1972), TANNER und WHITEHOUSE (1975) und REINKEN (1980) veröffentlicht.

Der interindividuelle Messfehler rangiert zwischen 0,88 (SLOAN und SHAPIRO 1972) und 1,53 (JOHNSTON 1972), der intraindividuelle liegt nach LOHMANN 1988 bei 0,88-1,16mm

e) die Suprailiakfalte,

in der mittleren Axillarlinie direkt über der Crista iliaca im 45°-Winkel zur Horizontalen
LOHMANN fasste 1981 die Fehlerquellen der Hautfaltenmessung zusammen: Die biologische Variation des Anteils an subkutanen Fett betrage +/- 2,5 %, die Variation in der Verteilung des subkutanen Fetts +/- 1,8 % und der technische Messfehler +/- 0,5 %.
Da diese Fehlerquellen unabhängig voneinander sind, beträgt der totale Fehler 3,3 % Fett. Normwerte für Kinder wurden unter anderem von REINKEN (1980) veröffentlicht.

Formeln für die Hautfaltenmessung

Nach SLAUGHTER kann aus Triceps- und Subscapularfalte direkt der Körperfettanteil berechnet werden. Nachdem er 1984 eine signifikante Änderung der Relation von Hautfaldendicke und der Körperdichte während der Entwicklung von Kindern nachgewiesen hatte, ermittelte SLAUGHTER neue Formeln auf der Basis des Multikomponenten-Systems. In seiner Studie von 1988 empfiehlt er reife- und geschlechtsspezifische Formeln für präpubertäre, pubertäre und postpubertäre Kinder,

die anhand der Messungen eines Kollektivs von 310 Probanden im Alter von 8-29 Jahren ermittelt wurden.

Da in dieser Studie das Pubertätsstadium der Probanden nicht bestimmt wurde, werden die Formeln der Jungen jeweils in festgelegten Altersgruppen verwendet.

I. Formel nach SLAUGHTER et al (1988)

Für präpubertäre Jungen (hier bis 10 Jahre):

$$\text{Fett (\%)} = 1.21 \cdot (\text{triceps} + \text{subscapular}) - 0.008 \cdot (\text{triceps} + \text{subscapular})^2 \quad 1.7$$

Für pubertäre Jungen (hier 11-13 Jahre):

$$\text{Fett (\%)} = 1.21 \cdot (\text{triceps} + \text{subscapular}) - 0.008 \cdot (\text{triceps} + \text{subscapular})^2 \quad 3.7$$

Für postpubertäre Jungen (hier ab 14 Jahren):

$$\text{Fett (\%)} = 1.21 \cdot (\text{triceps} + \text{subscapular}) - 0.008 \cdot (\text{triceps} + \text{subscapular})^2 \quad 5.5$$

Für Mädchen:

$$\text{Fett (\%)} = 1.33 \cdot (\text{triceps} + \text{subscapular}) - 0.013 \cdot (\text{triceps} + \text{subscapular})^2 \quad 2.5$$

Wenn $(\text{triceps} + \text{subscapular}) > 35\text{mm}$:

Für Jungen:

$$\text{Fett (\%)} = 0.783 \cdot (\text{triceps} + \text{subscapular}) + 1.6$$

Für Mädchen:

$$\text{Fett (\%)} = 0.546 \cdot (\text{triceps} + \text{subscapular}) + 9.7$$

Andere Studien beschreiben vor allem die hohe Korrelation von Hautfaltendicke und Gesamtkörperdichte. Mit verschiedenen Formeln kann diese berechnet werden, so dass dann in einem zweiten Schritt aus der Körperdichte der Fettanteil berechnet wird.

II. Formel nach DEURENBERG (1990)

Für Jungen:

$$D = 1.1133 - 0.0561 \cdot \log(\text{Summe von 4 Hautfalten}) + 1.7 \cdot \text{Alter} \cdot 0.001$$

Für Mädchen:

$$D = 1.1187 - 0.063 \cdot \log(\text{Summe von 4 Hautfalten}) + 1.9 \cdot \text{Alter} \cdot 0.001$$

4 Hautfalten = Biceps-, Triceps-, Subscapular- und Suprailiacalfalte)

III. Formel nach WESTRATE und DEURENBERG (1989)

(Formel zur Berechnung des Fettanteils aus der Dichte)

Die Formeln sind auf der Basis der 1982 von FOMON publizierten Referenzwerte der Körperdichte von Kindern entstanden.

für Jungen (Alter 2-18 Jahre):

$$\text{Fett (\%)} = ((562 - 4.2 (\text{Alter} - 2)) / D) - (525 - 4.7 (\text{Alter} - 2))$$

für Mädchen (Alter 2 - 10 Jahre):

$$\text{Fett (\%)} = ((562 - 1.1 (\text{Alter} - 2)) / D - 525 - 1.4 (\text{Alter} - 2))$$

für Mädchen (Alter 10 - 18 Jahre):

$$\text{Fett (\%)} = ((553 - 7.3 (\text{Alter} - 10)) / D) - (514 - 8 (\text{Alter} - 10))$$

c) Bioelektrische Impedanzmessung

Der Bioelektrischen Impedanzmessung liegt die Eigenschaft des menschlichen Körpergewebes zugrunde, elektrischen Strom zu leiten. Die fettfreie Körpermasse oder genauer ihr Wasseranteil bildet durch den Elektrolytgehalt das leitfähige Körpermedium, während das Körperfettgewebe sich dem elektrischem Strom gegenüber als Isolator verhält.

Somit kann anhand des gemessenen Körperwiderstands gegen einen Stromfluss von definierter Frequenz und Stromstärke auf die Masse oder den Anteil an leitfähiger Substanz geschlossen werden.

Allerdings muss der menschliche Körper für dieses Modell stark vereinfacht als zylindrischer Leiter mit einer bestimmten Länge (proportional zur Körperhöhe) und Querschnitt betrachtet werden.

Herleitung der Formeln:

HOFFER definierte 1969 die Beziehung von Impedanz und Ganzkörperwasser. Er nutzte das physikalische Gesetz, dass bei konstanter Frequenz die Impedanz (Z) eines elektrischen Leiters proportional zur Länge (L) und umgekehrt proportional zur Fläche (A) ist:

$$(1) Z = p \cdot \frac{L}{A}$$

Z = Impedanz (Ohm)

p = spezifischer Widerstand (Ohm · cm)

L = Länge des Leiters (cm)

A = Fläche des Leiters (cm²)

LUKASKI hat 1985 diese Gleichung modifiziert:

Durch Multiplikation mit L/L ergibt sich:

$$(2) Z = p \cdot \frac{L^2}{AL}$$

Da das Produkt von Fläche und Länge dem Volumen entspricht, kann es wie folgt ersetzt werden:

$$(3) Z = p \cdot \frac{L^2}{V}$$

V = Volumen der Fettfreien Masse

In einem biologischen System ist die elektrische Leitfähigkeit (als reziproker Wert des Widerstands, $1/R$) abhängig von Wasser und Ionenverteilung im Leiter. Da die Fettfreie Masse (FFM) im Gegensatz zur Fettmasse Wasser und Ionen enthält, ergibt sich nach erneuter Umformung der Gleichung folgendes Modell zur Berechnung des leitenden Volumens:

$$(4) V = p \cdot \frac{L^2}{Z}$$

Der Gesamtwiderstand eines elektrischen Leiters wird als Impedanz bezeichnet. Die Impedanz setzt sich aus dem Widerstand gegenüber Gleichstrom, der als Resistanz oder Ohmscher Widerstand bezeichnet wird sowie der Reaktanz zusammen. Diese macht sich beim Fließen von Wechselstrom bemerkbar und setzt sich wiederum aus Induktanz und Kapazität (wie bei Kondensatoren) zusammen.

Der mathematische Zusammenhang wird nach NYBOER, der als erster die inverse Beziehung von leitenden biologischen Volumina zu Impedanz, Widerstand und Kapazität beschrieb, durch die folgende Formel ausgedrückt:

$$Z = (R^2 + Xc^2)^{0,5}$$

R = Widerstand

Xc = Kapazität

Im menschlichen Körper kommen sowohl Reihen- als auch Parallelschaltungen von Widerständen und „Kondensatoren“ vor.

Die Komponente der Kapazität als Beitrag zur Impedanz ist nach LUKASKI vernachlässigbar gering. Somit kann der Widerstand als Äquivalent der Impedanz betrachtet werden.

(Anmerkung: In der vorliegenden Arbeit werden in dieser Kenntnis die Begriffe Impedanz und Widerstand synonym verwendet. Genau genommen wird bei der so bezeichneten Bioelektrischen Impedanzmessung allein die Komponente Widerstand gemessen.)

Danach ergibt sich der Ausdruck:

$$(5) \quad V = p \cdot \frac{L^2}{R}$$

Das leitende Volumen ist also direkt proportional zum Impedanz-Index L^2/R (Körperhöhe²/Widerstand).

Es erscheint problematisch, dieses so einfache Modell eines zylindrischen Leiters auf den Menschen zu übertragen. Doch die Gleichungen können als Grundlage für das Verständnis des Messprinzips gelten.

Das Messgerät erzeugt einen konstanten Wechselstrom von 800 μA bei einer Frequenz von 50 KHz. Dieser Strom wird vom menschlichen Körper nicht wahrgenommen und beeinflusst die Körperfunktionen nicht.

Durch die an Hand und Fuß distal aufgebrauchten Elektroden wird der Strom in den Körper geleitet (siehe Abb.: 3). Der Spannungsabfall wird jeweils an den proximalen Elektroden gemessen.



Abb. 3: Befestigung der Messelektroden am Fuß

Nach dem Ohmschen Gesetz lässt sich bei konstanter Stromstärke der Widerstand bestimmen.

Die Vier-Elektroden-Messtechnik dient nach HOFFER dazu, die Impedanz des gesamten Körpers zu messen und den im Vergleich zum Körperwiderstand sehr hohen Hautwiderstand als Störgröße auszuschalten. Dies geschieht, indem der zugeführte

Strom so lange modifiziert wird, bis die Stromstärke an den proximalen Elektroden genau 800 μA beträgt.

Reproduzierbarkeit der Messungen:

Nach LUKASKI war der Unterschied bei Messungen an fünf verschiedenen Tagen nicht signifikant. Der Test-Retest-Korrelationskoeffizient betrug 0,99 für einzelne Widerstandsmessungen.

Die Bioelektrische Impedanzmessung ist demnach eine einfach durchzuführende, nicht invasive und kostengünstige Messmethode, für die sowohl für Erwachsene als auch für Kinder eine gute Reproduzierbarkeit und Validierung nachgewiesen wurde.

Formeln für die Impedanzmessung

Der gemessene Widerstand korreliert reziprok mit dem Ganzkörperwasser und dadurch auch mit der Fettfreien Körpermasse (FFM) als wasserhaltigem Kompartiment.

Die FFM ist im Gegensatz zur FM das Körperkompartiment, das durch seinen Wasser- und Elektrolytanteil elektrischen Strom leiten kann.

Der Resistance-Index (RI) erwies sich als aussagekräftigster Vorhersageparameter der FFM. Er wird als Quotient der Körperhöhe im Quadrat und der gemessenen Impedanz berechnet:

$$\text{RI (resistance-index)} = \text{Größe}^2 / \text{Impedanz (cm}^2 / \text{Ohm)}$$

In verschiedenen Studien gingen unterschiedliche Parameter wie Alter, Gewicht oder Geschlecht zusätzlich mit in die ermittelte Formel zur Berechnung der Fettfreien Körpermasse ein.

I. Formel nach SCHÄFER (1994)

$$\text{FFM} = 0.15 + 0.65 \cdot \text{RI} + 0.58 \cdot \text{Alter}$$

Die Formel wurde 1994 von SCHÄFER anhand von Messungen an einem Kollektiv von 112 gesunden Kindern im Alter von 3,9 bis 19,3 Jahren entwickelt.

Als Referenzmethode zur Bestimmung der FFM wurde die ^{40}K -Spektroskopie zur Bestimmung des Ganzkörperkaliums und daraus dem Ganzkörperwasser und der FFM eingesetzt.

II. Formel nach HOUTKOOPER (1992)

$$\text{FFM} = 0.61 \cdot \text{RI} + 0.25 \cdot \text{Gewicht} + 1.31$$

HOUTKOOPER hat diese Formel an einem Kollektiv von 10- bis 19-jährigen entwickelt.

Hier diente die Hydromensitometrie als Referenzmethode. Abgesehen vom Resistance-Index nimmt das Gewicht Einfluss auf die Berechnung der FFM.

Durch REILLY wurde in einer Vergleichsstudie 1996 die Anwendbarkeit dieser Formel auf präpubertäre Kinder erweitert. Die Formel nach Houtkooper zeigte in dieser Studie vergleichsweise die höchste Präzision in der Vorhersage der FFM und einen hohen Grad an Validität gerade auch bei jüngeren Kindern außerhalb des von HOUTKOOPER ursprünglich untersuchten Altersspektrums.

III. Formel nach DEURENBERG (1991)

falls Alter ≥ 15 :

$$\text{FFM} = 0.340 \cdot \text{RI} + 0.273 \cdot \text{Gewicht} + 15.34 \cdot \text{Körperhöhe} - 0.127 \cdot \text{Alter} + 4.56 \cdot \text{Geschlecht} - 12.44$$

falls Alter ≤ 15 :

$$\text{FFM} = 0.406 \cdot \text{RI} + 0.360 \cdot \text{Gewicht} + 5.580 \cdot \text{Körperhöhe} + 0.56 \cdot \text{Geschlecht} - 6.48$$

(Geschlecht: männlich = 1, weiblich = 0)

DEURENBERG hat außer dem RI noch Gewicht, Körperhöhe, Alter und Geschlecht als weitere Prädiktoren mit in die Formel zur Berechnung der FFM einbezogen.

1.2. Kraniopharyngeom

1.2.1. Krankheitsbild

Das Kraniopharyngeom ist ein dysontogenetischer Mittellinientumor, der von Resten der embryonalen Rathke-Tasche im Bereich der Sella turcica (intra- oder suprasellär) ausgeht (siehe Abb. 4: CT-Aufnahme eines Kraniopharyngeoms).

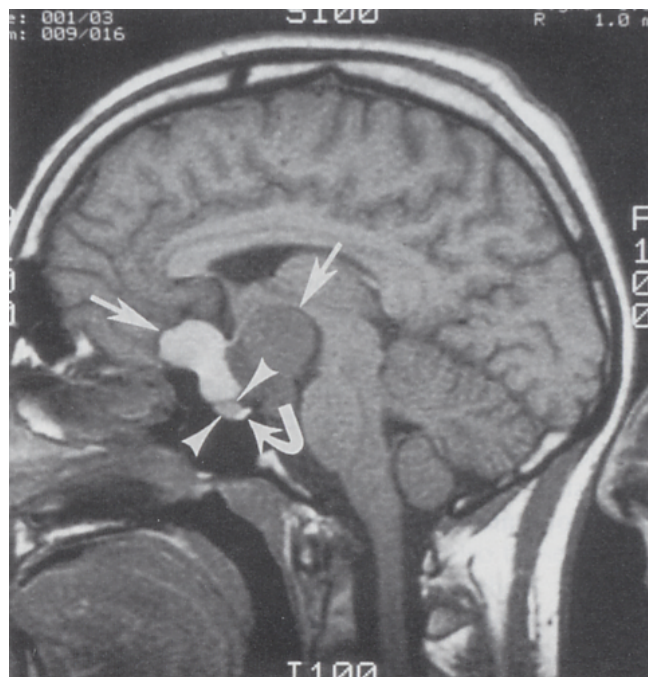


Abb. 4: CT-Aufnahme eines Kraniopharyngeoms (ZIMMERMANN 2000)

Histologisch ist es ein benigner Tumor, der langsam, aber destruierend und verdrängend wächst. Metastasen kommen nicht vor.

Er manifestiert sich in 30-50 % im Kindes- und Jugendalter, die Gesamtinzidenz zeigt nach SANFORD (1991) zwei Altersgipfel, zwischen dem 5. und 10. Lebensjahr sowie im Erwachsenenalter (50-75 Jahre).

Die Klinik kann durch die unspezifische Symptomatik eines erhöhten Hirndrucks mit Kopfschmerzen oder auch (Nüchtern-) Erbrechen bedingt sein.

Durch Druck auf das Chiasma opticum kann es zu Sehstörungen kommen, die sich charakteristischerweise in Form von unregelmäßig geformten Skotomen und Quadrantenanopsien, seltener in einer streng bitemporalen Hemianopsie manifestieren.

Zudem können die Patienten durch eine Beeinflussung der endokrinen Funktion von Hypophyse und Hypothalamus auffällig werden. So kann es zum verzögerten Wachstum durch verminderte STH-Produktion, gonadalen Störungen (Hypogonadismus, Pubertas tarda, Amenorrhoe) infolge von Gonadotropinausfällen, zur Schilddrüsenunterfunktion durch TSH-Mangel, einem zentral bedingten Hypocortisolismus infolge des ACTH-Ausfalls oder einem Diabetes insipidus neuro-hormonalis durch Ausfall des ADH kommen.

Je nach Sitz des Tumors in der Nähe des Hypothalamus kann das Esszentrum beeinflusst werden, was zu inadäquatem Hunger- oder Sättigungsgefühl mit der Folge der Entstehung einer Adipositas führen kann. Relativ neu ist in diesem Zusammenhang die Kenntnis der Bedeutung des in Fettzellen produzierten Hormons Leptin.

1.2.2. Bestimmung der Körperzusammensetzung

Gerade im Hinblick auf die Lebensqualität der Patienten ist eine krankheitsbedingte Adipositas von großer Bedeutung für das Selbstwertgefühl und die soziale Integration der betroffenen Kinder und Jugendlichen (MÜLLER 2001).

Nach CURTIS (1994) sind Hyperphagie und Fettleibigkeit bei ca. 50 % der Patienten mit Kraniopharyngeom zu beobachten. Im Rahmen einer multizentrischen Querschnittsuntersuchung entwickelten 44 % der untersuchten Kraniopharyngeompatienten eine schwere Adipositas definiert als BMI > 3 SD (MÜLLER 2001).

Da die Patienten ein hohes Risiko zur Entwicklung einer Adipositas haben, ist die Diagnostik und Verlaufsbeobachtung der Körperzusammensetzung fester Bestandteil von Verlaufsuntersuchungen bei Patienten mit Kraniopharyngeom.

Dies geschieht bisher durch die regelmäßige Messung von Körperhöhe und Körpergewicht mit Ermittlung des aktuellen Body-Mass-Index sowie eine Hautfaltenmessung. In etwa zweijährigem Abstand wird außerdem zur präzisen Diagnostik eine 2-Energie-Röntgenabsorptiometrie (DXA-Messung) durchgeführt.

Die aktuellen Strategien in Diagnostik und Therapie werden derzeit im Rahmen der prospektiven, multizentrischen Beobachtungsstudie von Kindern und Jugendlichen mit Kraniopharyngeom prospektiv erfasst (MÜLLER und SÖRENSEN 1999).

In der Literatur finden sich bisher nur zwei Studien, in denen die Körperzusammensetzung von Patienten mit Kraniopharyngeom mittels Bioelektrischer Impedanzmessung ermittelt wurde. Jeweils wurden Patienten mit Wachstumshormonmangel untersucht. Bei einem Teil dieser Patienten war der STH-Mangel durch ein Kraniopharyngeom bedingt.

COLLE untersuchte 1993 mittels BI-Messung den Einfluss von STH auf den Körperfettanteil und wies bei Patienten mit Wachstumshormonmangel eine signifikant höhere Fettmasse nach.

BINNERTS zeigte 1992 bei gleicher Größe, Gewicht, Alter und Body-Mass-Index mittels Isotopenlöslichkeit und Unterwasserwiegen bei einer Gruppe von Erwachsenen mit Wachstumshormonmangel einen höheren Fettanteil im Vergleich zur Kontrollgruppe.

In dieser Studie fiel auf, dass bei angeglicherter Körperhöhe und Fettfreier Masse die Impedanz dieser Gruppe höhere Werte ergab. Als Konsequenz hieraus dürften Formeln zur Berechnung der Körperzusammensetzung, die anhand von Messungen an gesunden Probanden entwickelt wurden, nicht bei Patienten mit Wachstumshormonmangel angewandt werden, da die Beziehung von Impedanz und Fettfreier Masse eine andere ist als bei gesunden Probanden (BINNERTS 1992).

1.3. Ziele der Studie

1.3.1. Normalkollektiv

Zunächst sollten in einem Normalkollektiv gesunder Kinder Erfahrungen mit der Anwendung von Bedside-Methoden zur Bestimmung der Körperzusammensetzung gesammelt werden. Ihre Anwendbarkeit und Aussagekraft sollten untersucht werden.

Die Methode der Bioelektrischen Impedanzmessung wurde hierbei mit Methoden der Anthropometrie, speziell dem BMI und der Hautfaltendicke verglichen. Zur Berechnung der FFM bzw. FM oder des Körperfettanteils aus Hautfaltendicke bzw. der Bodyimpedanz wurden bisher bewährte publizierte Formeln ausgewählt und vergleichend angewendet. Es wurde überprüft, inwiefern sich die beiden Geschlechter sowie die verschiedenen Altersgruppen im Hinblick auf Körperhöhe, Gewicht, Body-Mass-Index, Hautfaltendicken, Impedanz und errechneten Körperfettanteil unterscheiden.

Die Sammlung von Rohdaten einer hohen Anzahl gesunder Kinder mit umfassendem Altersspektrum diene gemeinsam mit bereits publizierten Werten, als Vergleichswerte für Untersuchungen an erkrankten Kindern.

1.3.2. Kranio-pharyngeompatienten

Im zweiten Teil der Studie wurde die Anwendung von Anthropometrie und Bioelektrischer Impedanzmessung bei Kindern und Jugendlichen mit Kranio-pharyngeom untersucht.

Als Pilotstudie im Rahmen der prospektiven, multizentrischen Beobachtungsstudie *Kranio-pharyngeom 2000* wurde für eine Gruppe von jungen Patienten mit Kranio-pharyngeom die durch BMI, Hautfaltenmessung und Bioelektrischer Impedanzmessung

ermittelte Körperzusammensetzung gegenüber der DXA als etablierter Referenzmethode validiert.

Es wurde überprüft, ob für dieses Patientenkollektiv die genannten einfachen und kostengünstigen Bedside-Methoden eine angemessene Aussagekraft zur Bestimmung der Körperzusammensetzung in der Diagnostik und Verlaufsbeobachtung einer Adipositas haben.

Je nach ihrer Aussagekraft sollte entschieden werden, ob die Impedanzmessung eine Methode ist, die als fester Bestandteil der Nachsorgeuntersuchungen in die Betreuung von Patienten mit Kraniopharyngeom einbezogen werden soll. Zudem wurde die Anwendbarkeit von an gesunden Probanden entwickelten Formeln für diesem Kollektiv überprüft.

2. Methoden

2.1. Zusammensetzung des Kollektivs

Im Zeitraum von 1998 bis 2001 wurden bei insgesamt 344 gesunden Kindern und Jugendlichen im Alter von 2-17 Jahren als Normkollektiv die relevanten Daten erhoben. Ein Teil dieser Probanden waren Patienten der Universitätskinderklinik Würzburg, die hier meist wegen kleinerer HNO-ärztlicher oder urologischer Eingriffe stationär aufgenommen waren. Anamnestisch wurde vor ihrer Einbeziehung in die Studie sichergestellt, dass es sich bei den untersuchten Patienten um ansonsten gesunde Kinder handelte, beispielsweise keine Stoffwechselstörungen bekannt waren. Zusätzlich wurden in einem Kindergarten, einer Grundschule und einer weiterführenden Schule gesunde Kinder und Jugendliche untersucht.

Die gleichen Messungen wurden bei einer weiteren Gruppe von 26 Kindern und Jugendlichen mit Kraniopharyngeom, meist im Rahmen ihrer Nachsorgeuntersuchungen gemeinsam mit einer DXA-Messung als Referenzmethode durchgeführt.

Die Kinder und Jugendlichen selbst sowie ihre Erziehungsberechtigten wurden vorab mit einem Informationsbogen über die Messungen aufgeklärt und um eine schriftliche Zustimmung gebeten. Insbesondere wurden alle Probanden darauf hingewiesen, dass sie am betreffenden Morgen bis zur Durchführung der Messung nüchtern bleiben sollten. In der Klinik wurde hierfür die Unterstützung der Schwestern und Pfleger erbeten.

In der Schule und im Kindergarten wurde im Anschluss an die Messung Zeit für ein Frühstück gegeben oder gemeinsam gefrühstückt. Die stationär in der Kinderklinik aufgenommenen Kindern und ihre Eltern wurden persönlich am Vortag der Messungen informiert und um die schriftliche Zustimmung gebeten. In den Schulen und im Kindergarten wurden ein bis zwei Wochen vor Durchführung der Messungen Informationsbögen ausgegeben. Für die im Rahmen der Studie durchgeführten Messungen lag die Zustimmung der Ethikkommission vor.

(Informationsbogen und Zustimmung der Ethikkommission im Anhang)

2.2. Material

Messlatte:	Elektronisches Körperlängenmessgerät System Dr. Keller Günther GmbH, Tauscha Ulmer Stadiometer, Busse Design, Ulm
Waage:	Elektronische Messwaage Seca, Hamburg
flexibles Maßband	
BI-Messgerät:	Bodystat 1500, Bodystat LTD, Isle of Man, Großbritannien
Elektroden:	Bodystat LTD
Desinfektionsspray:	Kodan
Hautfaltenmesszange:	Holtain Tanner/ Whitehouse Skinfold Caliper, Großbritannien
DXA-Messgerät:	DPX-L DXA DEVICE, Lunar, Madison, USA

2.3. Durchgeführte Messungen

Die Messungen erfolgten einheitlich morgens zwischen 6:30 Uhr und 10:00 Uhr nüchtern nach Entleerung der Blase. Sie wurden im Krankenzimmer der Patienten bzw. in einem Sanitätsraum der Schule oder des Kindergartens, in dem sich eine Liege befand, durchgeführt.

Jeweils wurden Körperhöhe und Gewicht bestimmt und der Body-Mass-Index ermittelt. Es wurde der Kopf-, Tailen- und Hüftumfang bestimmt. Zudem wurde an drei bis fünf verschiedenen Körperstellen die Hautfaltendicke gemessen sowie die Bioelektrische Impedanzmessung (BI) durchgeführt.

2.2.1. Körperhöhe, Gewicht, Taillen- und Hüftumfang

Die Größenmessung erfolgte mit einem elektronischen Körperlängenmessgerät. Die Körperhöhe der Kinder und Jugendlichen wurde in aufrechter Körperhaltung mit gerader Kopfhaltung und geschlossenen Fersen bei einer Messgenauigkeit von 0,1 mm gemessen.

Das Körpergewicht wurde mit einer elektronischen Messwaage mit einer Präzision von 0,1 kg ermittelt.

Zur Bestimmung von Kopf-, Taillen- und Hüftumfang diente ein flexibles nicht-elastisches Maßband. Der Kopfumfang wurde über der Stirnmitte und dem Hinterkopf im größten Umfang gemessen. Taillen und Hüftumfang wurden jeweils im Stehen gemessen. Als Taillenumfang wurde definitionsgemäß der schmalste Bauchumfang horizontal zwischen unterem Rippenrand und Beckenschaufeln gemessen. Die Messung des Hüftumfangs erfolgte in Höhe des maximalen Gesäßumfangs.

2.2.2. Bioelektrische Impedanzmessung

Die Messung wurde jeweils morgens nüchtern durchgeführt, da sowohl die Tageszeit als auch eine Nahrungsaufnahme vor der Messung den Impedanzwert beeinflussen (RODRIGUEZ 1999 und 2000).

Die Impedanzmessung erfolgte mit dem Gerät Bodystat 1500 der Firma Bodystat nach den Vorgaben von LUKASKI et al.

Dabei lagen die Patienten ruhig mit ca. 30° leicht vom Körper abduzierten Armen und Beinen ausgestreckt auf ihrem Bett bzw. einer Untersuchungsliege (nach SCHELL kommt es bei zu weiterer Abduktion zur Erhöhung des Widerstands, bei 90° um 12 Ohm oder 2%). Nach Entfetten der betreffenden Hautstellen mit Desinfektionsspray wurden die Messelektroden jeweils an der rechten Körperhälfte befestigt. An der Hand wurde die stromzuführende Elektrode am Handrücken proximal des mittleren

Metacarpophalangealgelenks und die Messelektrode am Handgelenk zwischen dem Processus styloideus radii und dem Caput ulnae aufgeklebt. Am rechten Fuß wurde die stromzuführende Elektrode proximal des zweiten Metatarsophalangealgelenks und die Messelektrode am Sprunggelenk zwischen medialem und lateralem Malleolus auf die Haut geklebt. Der Elektrodenabstand zwischen proximaler und distaler Elektrode betrug jeweils mindestens drei Zentimeter, da eine zu kurze Distanz nach BAUMGARTNER et al (1990) zu einer deutlichen Erhöhung des gemessenen Widerstands durch Elektrodenpolarisation führt. Die Messelektroden wurden jeweils nur einfach verwendet. Nach Anschluss der Messkabel an die Elektroden wurde die Körperposition direkt vor der Messung noch einmal kontrolliert, um sicherzustellen, dass weder die Arme den Körper noch die Beine einander berührten. Besonders die jüngeren Kinder wurden aufgefordert, nun, bis sie das Gerät gleich piepsen hörten, ganz still zu liegen. Die Impedanzmessung mit dem Strom einer Stromstärke von 0,8 mA und einer Frequenz von 50 kHz wurde jeweils dreifach durchgeführt. Das Messgerät wurde regelmäßig kalibriert.

2.2.3. Hautfaltenmessung

Nach den Vorgaben des von LOHMANN (1988) veröffentlichten Anthropometric-Standardisation-Manual wurden mit einem Holtain Skinfold Caliper 3-5 definierte Hautfalten gemessen.

Zu Beginn der Untersuchungen wurden als Hautfalten die Biceps-, die Triceps- und die Abdomenfalte bestimmt. Später (ab Juni 1999) wurden zwei weitere Körperstammfalten, die Subscapular- sowie die Suprailiacalfalte zusätzlich in die Hautfaltenmessung miteinbezogen, da für sie eine besonders hohe Aussagekraft beschrieben wird. Nach FORBES (1970) ist die Subscapularfalte am repräsentativsten zur Bestimmung der Fettmasse.

Zudem sind sie Bestandteil der Summe aus vier Hautfalten (Biceps-, Triceps-, Subscapular- und Suprailiacalfalte), aus der mit verschiedenen publizierten Formeln die Gesamtkörperdichte und daraus folgend der Körperfettanteil berechnet werden kann.

Besonders bei den Vorschulkindern erfolgte die eigentliche Messung nach einer kurzen spielerischen Einführung des Geräts und Demonstration der Messung am Untersucherarm, um die Angst vor dieser "Zange" abzubauen und somit auch plötzliche Bewegungen des Kindes zu vermeiden, die beim Herausziehen der Hautfalte während der Messung zur Hautquetschung durch das Gerät führen könnten. An der jeweiligen Körperstelle wurde dann mit Daumen und Zeigefinger im Abstand von etwa acht Zentimetern zueinander eine Hautfalte einen Zentimeter proximal des Messpunkts ergriffen. Die zu messende Hautfalte bildet sich beim Zusammenführen von Daumen und Zeigefinger. Unter Palpationskontrolle, die sicherstellt, dass die zu messende Hautfalte nur das Unterhautfettgewebe mit einschließt und sich die Finger in Parallelstellung befinden, kann dann mit dem Caliper in der rechten Hand in der Mitte der Falte die eigentliche Messung der gefassten Falte erfolgen. Die zuvor geöffnete Messzange wird langsam gelöst und schließt sich mit ihrem Eigendruck um die Hautfalte. Nach drei bis vier Sekunden kann der Wert für die Hautfaltendicke in mm an der Skala mit einer Präzision von 0,1 mm abgelesen werden.

An folgenden Körperstellen wurde die Hautfaltenmessung durchgeführt:

Die Bicepsfalte wurde am ventralen Oberarm über dem M.biceps brachii in der Mitte der Strecke zwischen Acromion und Ellenbeuge palpirt.

Der Messpunkt für die Tricepsfalte befindet sich am dorsalen Oberarm über dem M.triceps brachii, in der Mitte zwischen der lateralen Projektion des Acromions und dem Olecranon lokalisiert.

Die Abdominalfalte lässt sich am Bauch drei Zentimeter lateral und einen Zentimeter kaudal des Nabels palpieren.

Ebenfalls von ventral in der mittleren Axillarlinie wurde die Suprailiacalfalte direkt über der Crista iliaca im 45°-Winkel zur Horizontalen gemessen.

Der Messpunkt der Subscapularfalte befindet sich am Rücken direkt unter dem Angulus inferior scapulae. Auch diese Messung erfolgt im 45°-Winkel zur Horizontalen.

Nacheinander wurde die Hautfaltenmessung an den genannten Stellen korrekt und kindgerecht durchgeführt.

2.2.4. Zwei-Energie-Röntgenabsorptiometrie (DXA)

Die DXA-Messungen wurden vom Institut für Nuklearmedizin der Universitätsklinik Würzburg im Rahmen von Kontrolluntersuchungen der jungen Patienten mit Kraniopharyngeom durchgeführt.

Es wurde das Gerät DPX-L DXA DEVICE der Firma Lunar verwendet, mit einer konstanten Röntgenquelle von 12,5 fJ und einem K-Schwellen-Filter, um Strahlung von stabiler Strahlenenergie in Höhe von 40 und 70 keV zu erreichen.

Die übliche Dauer der Messung beträgt ca. 10-15 Minuten. In dieser Zeit fährt ein Ganzkörperscanner über den gesamten Körper des Patienten und ermittelt für jede kleinste Flächeneinheit der einzelnen Körperbereiche die Absorption der beiden Röntgenenergien. Hieraus wird in Masseneinheiten die Knochenmasse (Bone mineral content, BMC), die Fettmasse (Total body fat) sowie die Muskelmasse (Lean body mass) bestimmt.

Die Summe von Knochenmasse und Muskelmasse ergibt die Fettfreie Masse. Der Körperfettanteil kann als Quotient von Fettmasse und der Gesamtmasse aus der DXA-Messung bestimmt werden (ELLIS 1994).

3. Ergebnisse

3.1. Normalkollektiv

3.1.1. Anzahl, Alter und Geschlechtsverteilung

Das untersuchte Kollektiv umfasste 344 gesunde Kinder und Jugendliche mit einem Altersspektrum von 2-17 Jahren. Der Altersmedian liegt für beide Geschlechter bei 9 Jahren.

Beide Geschlechter sind in etwa gleich verteilt, und in den meisten Altersgruppen konnten für beide Geschlechter 10 - 20 Kinder gemessen werden (siehe Abb. 5).

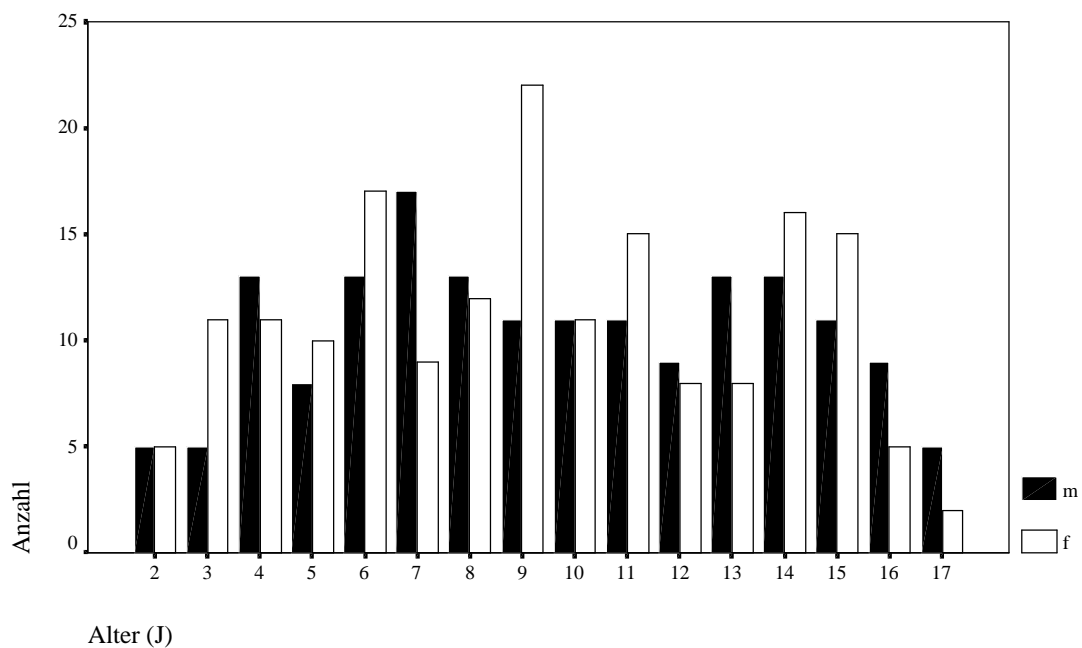


Abb. 5: Altersverteilung

3.1.2. Vergleich mit publizierten Normwerten

a) Größe und Gewicht nach REINKEN

Zum Vergleich mit publizierten Normwerten wurde für die geschlechtsspezifischen Altersgruppen zunächst der Standard-Deviation-Score (SDS) im Vergleich zu den Normwerten für Körperhöhe und Gewicht von REINKEN et al (1980 und 1992) berechnet.

Der SDS beschreibt das Vielfache der Standardabweichung (SD) vom Normwert und wird nach der folgenden Formel berechnet:

$$\text{SDS} = \frac{(\text{Istwert} - \text{Sollwert})}{\text{Standardabweichung vom Sollwert}}$$

Der Standard-Deviation-Score bietet die Möglichkeit, ein Kollektiv im Überblick zu betrachten und mit einem Normkollektiv zu vergleichen, indem die jeweiligen Mittelwerte der einzelnen geschlechtsbezogenen Altersgruppen verwendet werden, ohne dass Ausreißer berücksichtigt werden.

Im Durchschnitt waren die Jungen 0,4 Standardabweichungen größer als das von REINKEN untersuchte Kollektiv. Die Abweichung lag in zwei Altersgruppen höher als eine SD, bei den 2- und 6-jährigen, aber wich auch hier im Durchschnitt nur maximal 1,13 SD vom Normwert ab. Die Mädchen waren durchschnittlich 0,3 SD größer. Hier lagen bis auf die 17-jährigen (1,5 SD) alle Altersgruppen im Bereich von +/- 1 SD gegenüber REINKENS Normwerten. Beim Vergleich des durchschnittlichen Gewichts ergab sich ein ähnliches Bild: Die Jungen waren 0,54 SD, die Mädchen 0,35 SD schwerer als REINKENS Kollektiv und nur in insgesamt drei Altersgruppen, den 9- und 15-jährigen Jungen, sowie den 11-jährigen Mädchen wurde im Durchschnitt eine SD überschritten (Tab. 1 und Tab. 2).

Tab. 1: Mittelwerte für Körperhöhe, Gewicht und jeweiligen SDS der Jungen

Alter (J)	Mittelwert Grösse (cm)	SA von Grösse nach Reinken	Mittelwert Gewicht (kg)	SA von Gewicht nach Reinken
2	91,36	1,059	12,92	,100
3	101,30	,882	16,46	,663
4	107,70	,600	18,68	,692
5	114,50	,615	19,74	,175
6	123,28	1,134	24,39	,962
7	127,22	,432	25,28	,217
8	131,61	,136	28,01	,197
9	138,70	,400	34,84	1,082
10	140,98	-,071	34,66	,237
11	144,95	-,179	38,56	,397
12	155,61	,673	44,92	,761
13	163,96	,724	49,55	,445
14	164,26	-,108	53,18	,194
15	176,94	,628	67,74	1,579
16	174,56	-,330	62,83	,421
17	185,30	,970	72,08	
Insgesamt	140,94	,424	37,47	,544

Tab. 2: Mittelwerte für Körperhöhe, Gewicht und SDS der Mädchen

Alter (J)	Mittelwert Grösse (cm)	SA von Grösse nach Reinken	Mittelwert Gewicht (kg)	SA von Gewicht nach Reinken
2	90,00	,667	12,98	,363
3	99,83	,841	15,71	,631
4	107,55	,743	16,77	-,120
5	112,28	,274	19,75	,250
6	118,01	,023	20,86	-,227
7	125,79	,237	24,04	-,099
8	128,53	-,453	26,13	-,285
9	136,08	,035	30,63	,093
10	140,87	-,132	36,27	,575
11	150,70	,590	42,96	1,028
12	155,23	,254	44,45	,418
13	160,81	,275	51,64	,566
14	165,66	,695	55,10	,931
15	166,90	,231	57,47	,870
16	168,16	,424	53,48	,081
17	174,50	1,540	69,15	
Insgesamt	136,78	,298	34,69	,353

Um neben dem jeweiligen Mittelwert auch die Verteilung des Kollektivs in Hinblick auf Körperhöhe und Gewicht genauer zu untersuchen, wurde in einem nächsten Schritt die prozentuale Verteilung der Standardabweichungen vom Normwert bestimmt.

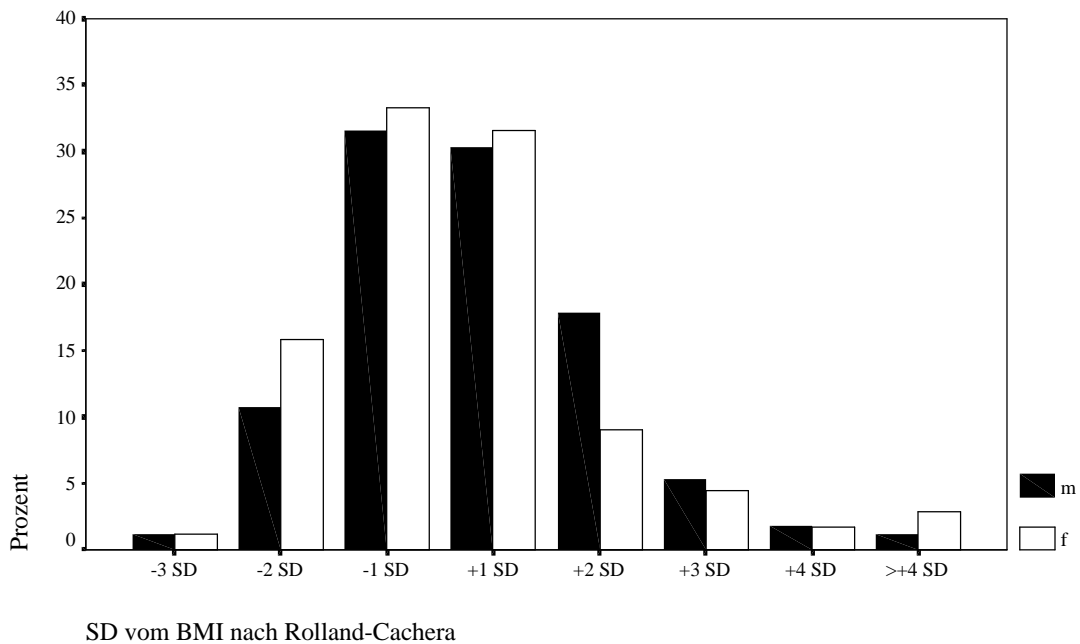
Es zeigte sich, dass bei beiden Geschlechtern durchschnittlich 60 % innerhalb einer SD im Hinblick auf Körperhöhe und Gewicht lagen (59,5 % der Jungen und 57,6 % der Mädchen lagen innerhalb einer SD vom Größennormwert bzw. 59,2 % der Jungen und 62,8 % der Mädchen beim Gewicht), was mit einer Normalverteilung übereinstimmen würde. Allerdings lagen die jeweils verbleibenden ca. 40 % nicht gleichmäßig nach oben und unten verteilt, sondern wichen sowohl für die Körperhöhe als auch für das Gewicht überwiegend nach oben ab, mit durchschnittlich 21 % zwischen +1 und +2 SD gegenüber 9,7 % zwischen -1 und -2 SD. Mehr als 3 SD gab es nur nach oben und speziell für das Gewicht beider Geschlechter, das in wenigen Fällen auch um bis zu +5 SD bei den Jungen und + 6 SD bei den Mädchen vom Normwert abwich.

Somit lässt sich sagen, dass das untersuchte Kollektiv gesunder Kinder und Jugendlicher im Hinblick auf Körperhöhe und Gewicht weitgehend mit REINKENS 1980 und 1992 untersuchtem Kollektiv übereinstimmt, wobei Abweichungen um mehr als 2 SD von den Normwerten sowohl bei der Körperhöhe als auch speziell beim Gewicht eher in Richtung Hochwuchs bzw. Übergewicht verschoben sind.

b) BMI nach ROLLAND-CACHERA

Der SDS des BMI beider Geschlechter lag außer bei den 9-jährigen Jungen und den 4-jährigen Mädchen für alle Altersgruppen innerhalb einer SD vom Normwert des BMI nach ROLLAND-CACHERA. Bis zum Alter von 7 Jahren bei den Mädchen und 8 Jahren bei den Jungen wich er in geringem Maße eher nach unten ab, später dann ebenfalls in geringem Maße nach oben.

Tab. 3: BMI im Vergleich zu publizierten Normwerten nach ROLLAND-CACHERA



Bei der differenzierteren Übersicht der Verteilung der Abweichung von ROLLAND-CACHERAS Normwerten entspricht die Darstellung der Balken in etwa einer Normalverteilung, mit etwa 60 % der Probanden mit einem BMI innerhalb einer Standardabweichung und etwa 25 % zwischen einer und zwei Standardabweichungen vom Normwert. Entsprechend der Betrachtung von Größen- und Gewichtsverteilung, bei der vor allem bei der Körperhöhe Abweichungen in Richtung Übergewichtigkeit beobachtet werden, sind die Balken im Bereich >3 SD leicht in die positive Richtung verschoben.

Insgesamt lässt sich jedoch sagen, dass der Body-Mass-Index der in dieser Studie untersuchten Kinder und Jugendlichen sich sehr gut mit den Normwerten nach ROLLAND-CACHERA deckt.

c) Hautfaltendicke nach REINKEN

Auch für die Hautfaltendicke wurde zunächst der Standard-Deviation-Score (SDS) vom Normwert für jeden Probanden und als Mittelwert für die geschlechtsbezogenen Altersgruppen bestimmt.

Es wurden Normwerte von REINKEN (1984) zugrunde gelegt, da diese an einem Kollektiv deutscher Kinder beschrieben wurden. Allerdings hat REINKEN in seiner Publikation keine Normwerte für die Bicephshautfaltendicke bestimmt.

Tab. 4: Mittelwerte des SDS der Hautfaltendicken nach REINKEN für Jungen

Alter (J)	SDS Triceps	SDS Abdomen	SDS Suprailiacal	SDS Subscapular
2	-,754	,567	,889	-,636
3	-,174	,262	,778	-,308
4	,117	2,795	1,556	,750
5	-,260	1,694	-,318	-,133
6	,163	1,709	1,341	,256
7	-,370	,801	,837	-,081
8	-,275	1,721	,797	,222
9	,349	2,415	1,500	1,332
10	,000	1,946	1,638	2,365
11	,315	1,452	,368	-,368
12	,355	1,675	1,767	,295
13	-,147	,844	1,175	,133
14	,114	,756	,676	,000
15	,409	1,644	1,800	,505
16	,961	4,376	9,125	1,264
Insgesamt	,080	1,696	1,669	,505

Tab. 5: Mittelwerte des SDS der Hautfaltendicken nach REINKEN für Mädchen

Alter (J)	SDS Triceps	SDS Abdomen	SDS Suprailiacal	SDS Subscapular
2	-,492	1,156		
3	-,471	1,163	,296	-,564
4	-,715	,898	,680	1,288
5	-,080	1,832	2,288	,028
6	-,185	,904	1,000	,413
7	-,355	,660	,476	,036
8	-,307	1,068	,540	-,276
9	-,035	1,375	,663	,552
10	,389	1,693	,935	1,004
11	,478	1,977	1,508	,084
12	,518	,980	,168	-,366
13	,529	1,657	1,278	,234
14	,953	1,498	,911	,003
15	,526	1,294	1,615	,037
16	-,552	1,123	,889	-,177
Insgesamt	,092	1,313	,989	,207

Die Tricepshautfalte weicht im Durchschnitt für beide Geschlechter um maximal eine SD von REINKENS Normwert ab; ähnliches lässt sich für die Subscapularfalte beschreiben, die für die Jungen durchschnittlich 0,5 SD und bei den Mädchen 0,2 SD dicker ist als in REINKENS Kollektiv. Demgegenüber zeigte sich für die Abdomen- und die Suprailiacalfalte eine deutliche Abweichung vom Normwert. Die Abdomenfalte der hier untersuchten Knaben war im Durchschnitt 1,7 SD dicker, die der Mädchen 1,3 SD, bei den 4-, 9- und 16-jährigen Jungen war sie sogar um mehr als 2 SD dicker. Auch die Suprailiacalfalte beider Geschlechter übertraf REINKENS Kollektiv um durchschnittlich 1,7 SD bei den Jungen und 0,99 SD bei den Mädchen.

Ein differenzierter graphisch veranschaulichter Vergleich der Hautfaltendicken des hier untersuchten Kollektivs mit den Normwerten von REINKEN wird durch die Perzentilenkurven möglich.

In den folgenden Graphiken (Abb. 6 - Abb. 8) sind die 10., 50. und 90. Perzentile der Triceps- bzw. Abdomenhautfaltendicke für das jeweilige Geschlecht dargestellt, in blau für das Normkollektiv dieser Studie, in schwarz zum Vergleich die entsprechenden Perzentilen nach REINKEN.

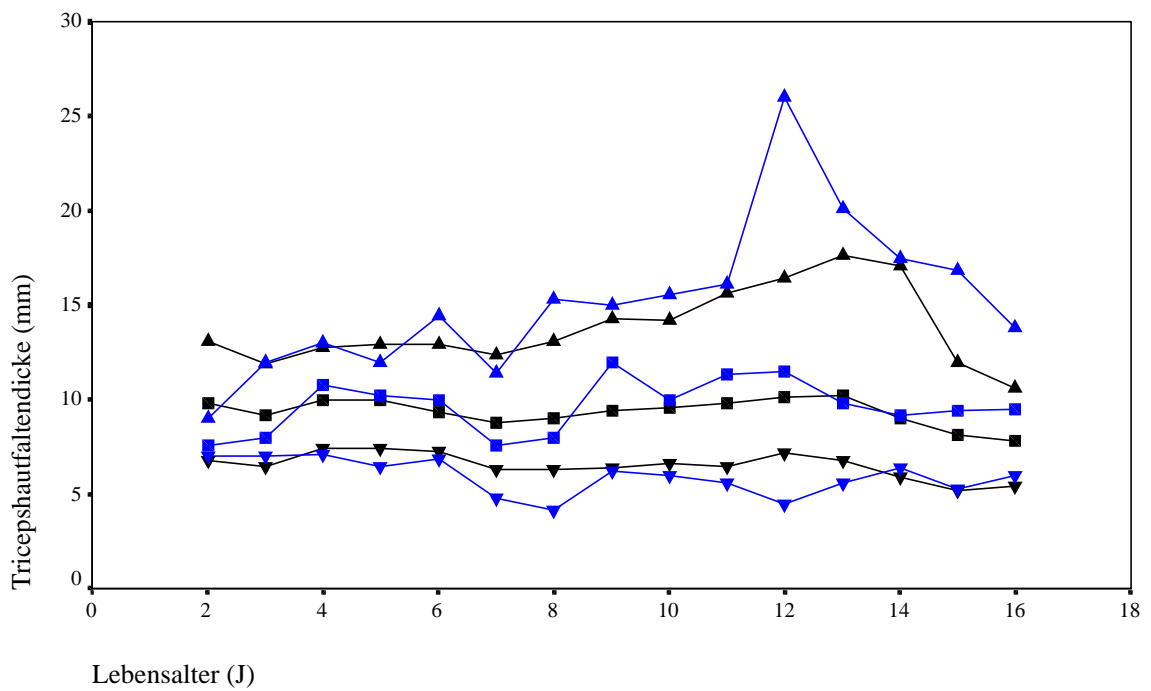


Abb. 6: Perzentilen für die Tricepshautfaltendicke der Jungen im Vergleich zu REINKEN (Darstellung der 10., 50. und 90. Perzentile)

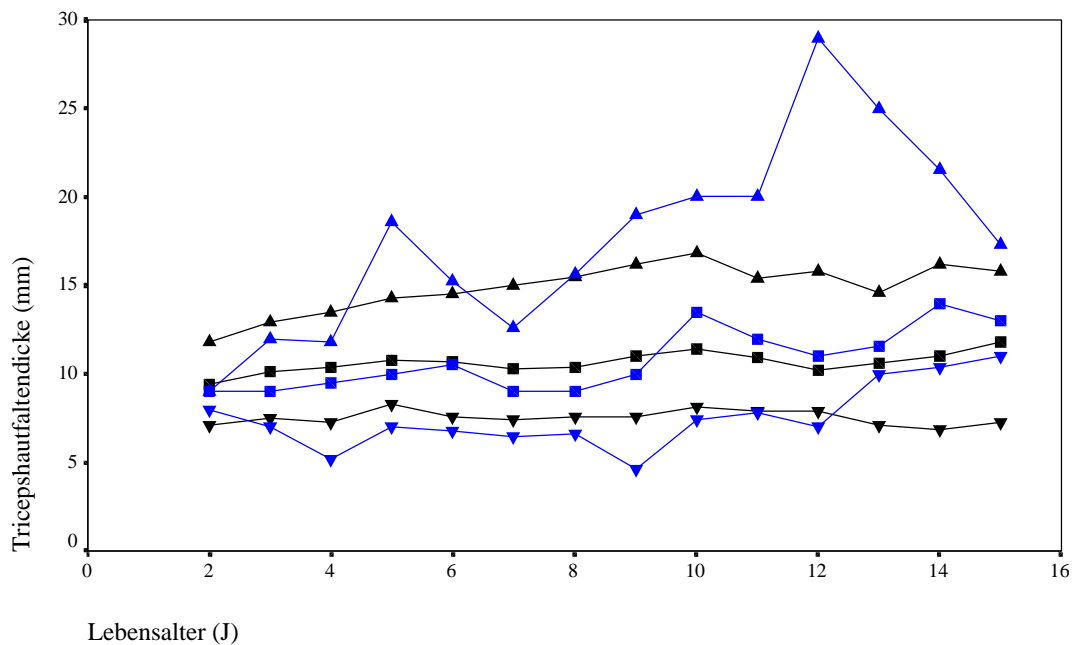


Abb. 7: Perzentilen für die Tricepshautfaltendicke der Mädchen im Vergleich zu REINKEN (Darstellung der 10., 50. und 90. Perzentile)

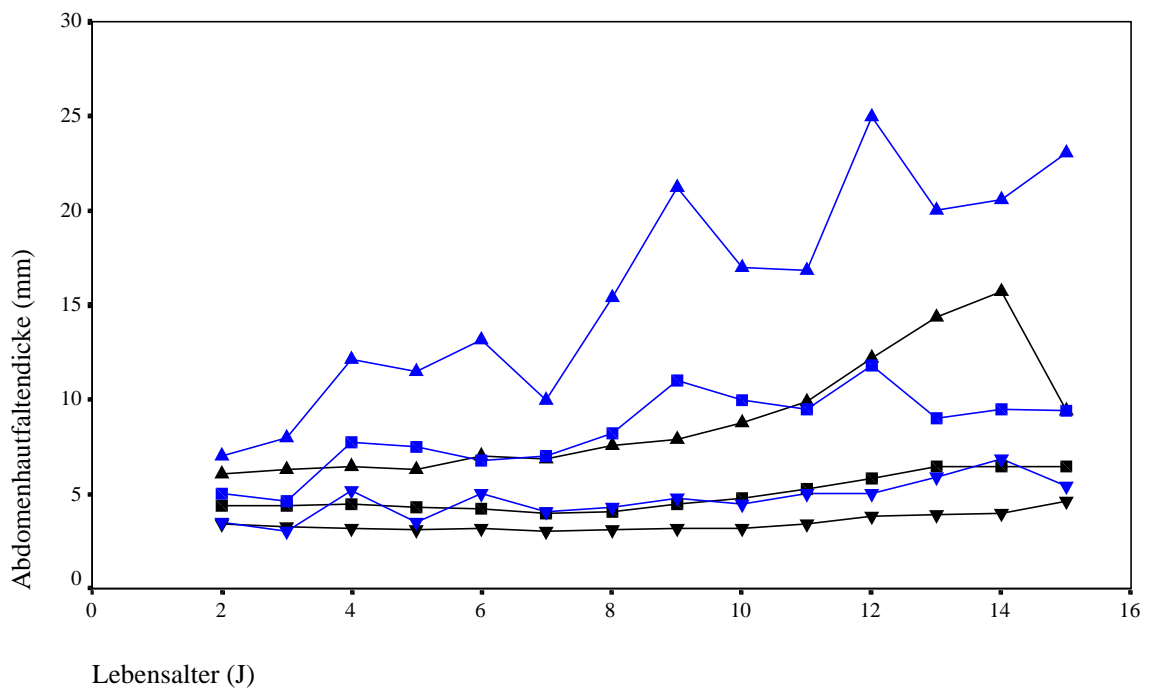


Abb. 8: Perzentilen für die Abdomenhautfaltendicke der Jungen im Vergleich zu REINKEN (Darstellung der 10., 50. und 90. Perzentile)

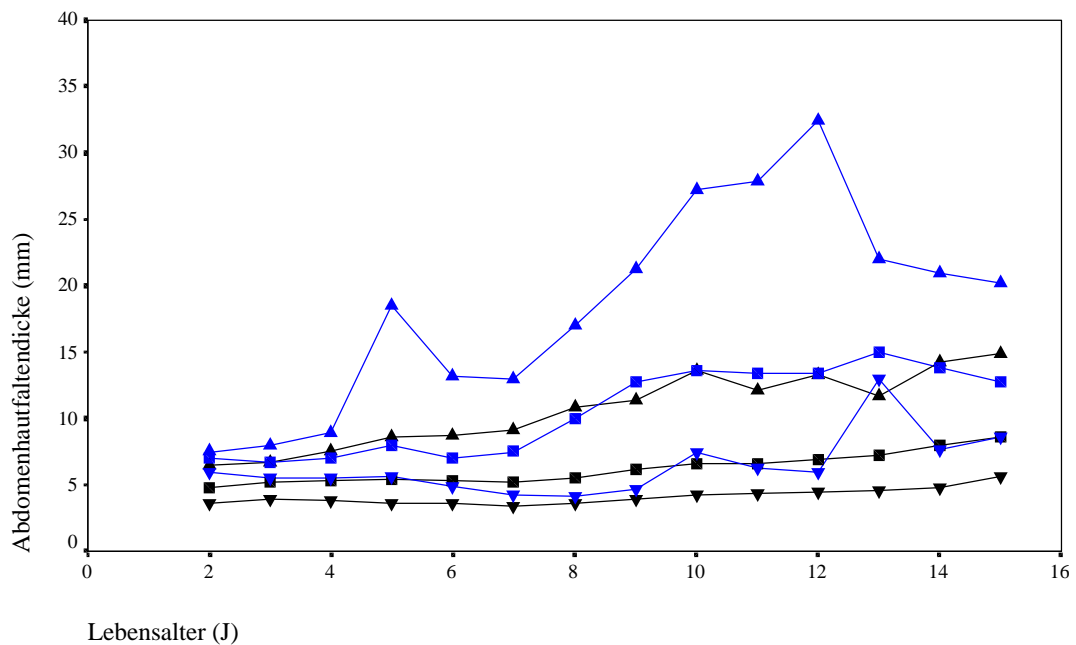


Abb. 9: Perzentile für die Abdomenhautfaltendicke der Mädchen im Vergleich zu REINKEN (Darstellung der 10., 50. und 90. Perzentile)

Die Perzentilen der Tricephautfalte (Abb. 6 und Abb. 7) beider Kollektive verlaufen annähernd parallel und kongruent. Bei dem in dieser Studie untersuchten Kollektiv gibt es einige "Ausreißer" im Bereich der 90. Perzentile, bei den 5-jährigen Mädchen sowie den 12-jährigen Mädchen und Knaben. Aber prinzipiell bestätigen die Messungen der Tricephautfaltendicke die von REINKEN publizierten Normwerte.

Demgegenüber sind die Perzentilen der Abdomenfalte (Abb. 8 und Abb. 9) bei beiden Geschlechtern im Vergleich zu REINKENS Perzentilenkurven deutlich nach oben verschoben. Dies führt dazu, dass sich die 10. Perzentile jeweils in etwa mit der 50. Perzentile von REINKENS Kollektiv deckt, der Median mit der 90. Perzentile bei REINKEN und die 90. Perzentile durchschnittlich ca. 5 mm oberhalb der von REINKEN publizierten 90. Perzentile dieser Hautfalte liegt.

3.1.3. Übersicht des Normalkollektivs

Tab. 6: Mittelwert, Median und Standardabweichung einiger Variablen für Jungen

	N		Mittelwert	Median	SA	Minimum	Maximum
	Gültig	Fehlend					
Grösse (cm)	167	0	140,94	139,00	25,19	89,00	201,00
Gewicht (kg)	167	0	37,47	33,40	17,67	11,40	82,90
Body-Mass-Index (kg/m ²)	167	0	17,65	17,07	2,72	13,19	26,16
Kopfumfang (cm)	160	7	53,73	53,50	2,41	48,00	65,60
Taille (cm)	167	0	61,23	60,00	9,36	43,00	91,00
Hüfte (cm)	167	0	67,29	65,50	11,14	46,50	95,00
Relation Taille/ Hüfte	167	0	,91	,91	,04	,74	1,00
Bicepsfalte (mm)	158	9	5,62	5,00	2,41	2,60	16,00
Tricepsfalte (mm)	158	9	10,00	9,45	3,49	3,60	26,00
Abdomenfalte (mm)	155	12	9,83	8,50	4,65	3,00	25,00
Suprailiacalfalte (mm)	105	62	7,84	6,80	4,19	3,50	27,00
Subscapularfalte (mm)	105	62	7,34	6,60	3,07	3,50	20,50
Impedanz (Ohm)	167	0	652,00	650,67	99,16	453,00	906,33

Tab. 7: Mittelwert, Median und Standardabweichung einiger Variablen für Mädchen

	N		Mittelwert	Median	SA	Minimum	Maximum
	Gültig	Fehlend					
Grösse (cm)	177	0	136,78	138,40	23,87	85,00	183,00
Gewicht (kg)	177	0	34,69	29,60	16,60	10,90	84,50
Body-Mass-Index (kg/m ²)	177	0	17,30	16,76	3,16	12,35	31,04
Kopfumfang (cm)	172	5	52,50	52,50	3,53	18,10	57,00
Taille (cm)	174	3	58,65	57,50	9,55	41,00	95,00
Hüfte (cm)	174	3	66,29	63,75	12,28	45,50	111,00
Relation Taille/ Hüfte	174	3	,89	,88	,04	,80	,98
Bicepsfalte (mm)	166	11	6,51	5,70	2,64	3,00	16,50
Tricepsfalte (mm)	166	11	11,80	11,00	4,20	4,00	29,00
Abdomenfalte (mm)	164	13	11,74	11,40	5,59	4,00	35,30
Suprailiacalfalte (mm)	106	71	9,15	8,00	4,19	3,40	25,50
Subscapularfalte (mm)	105	72	8,25	7,50	3,42	3,20	19,00
Impedanz (Ohm)	177	0	721,80	714,67	91,25	505,00	1069,33

3.1.4. Vergleich der beiden Geschlechter

In einem verteilungsfreien Test (MANN-WHITNEY-Test) unterschieden sich die Geschlechter nicht im Hinblick auf Alter, Körperhöhe, Gewicht, Body-Mass-Index und Hüftumfang.

Demgegenüber ließ sich ein signifikanter Unterschied der beiden Geschlechter feststellen im Hinblick auf den Taillenumfang, die Relation Taille/ Hüfte, alle Hautfaltendicken sowie die Impedanz. Bei etwa gleichem Hüftumfang war der Taillenumfang der Mädchen und somit auch die Relation von Taillen- und Hüftumfang der Mädchen geringer.

Alle Hautfalten der Mädchen waren dicker als die der Jungen.

Der gemessene Körperwiderstand lag oberhalb der für Jungen gemessenen Werte.

3.1.5. Korrelation der Rohwerte

Tab. 8: Nichtparametrische Korrelationen für das Normalkollektiv

		BMI (kg/m ²)	Impedanz (Ohm)	RI (cm ² /Ohm)
Alter (J)	Korr.	,680**	-,646**	,942**
	N	344	344	344
Grösse (cm)	Korr.	,708**	-,684**	,978**
	N	344	344	344
Gewicht (kg)	Korr.	,832**	-,737**	,973**
	N	344	344	344
BMI (kg/m ²)	Korr.	1,000	-,756**	,759**
	N	344	344	344
Impedanz (Ohm)	Korr.	-,756**	1,000	-,810**
	N	344	344	344
RI (cm ² /Ohm)	Korr.	,759**	-,810**	1,000
	N	344	344	344
Taille (cm)	Korr.	,882**	-,729**	,905**
	N	341	341	341
Hüfte (cm)	Korr.	,861**	-,675**	,905**
	N	341	341	341
Relation Taille/ Hüfte	Korr.	-,251**	,089	-,358**
	N	341	341	341
Bicepsfalte (mm)	Korr.	,504**	-,066	,155**
	N	324	324	324
Tricepsfalte (mm)	Korr.	,537**	-,135*	,229**
	N	324	324	324
Abdomenfalte (mm)	Korr.	,715**	-,306**	,474**
	N	319	319	319
Suprailiacalfalte (mm)	Korr.	,714**	-,286**	,506**
	N	211	211	211
Subscapularfalte (mm)	Korr.	,675**	-,243**	,405**
	N	210	210	210
Summe von 4 Hautfalten (mm)	Korr.	,633**	-,131	,319**
	N	210	210	210

** · Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 signifikant (2-seitig).

* · Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 signifikant (2-seitig).

Der BMI korreliert signifikant mit dem Alter, der Impedanz und der Hautfaltendicke aller gemessener Hautfalten.

Am höchsten ist mit einem Korrelationskoeffizienten von 0,756 hierbei die Korrelation von BMI und Impedanz (Abb. 10).

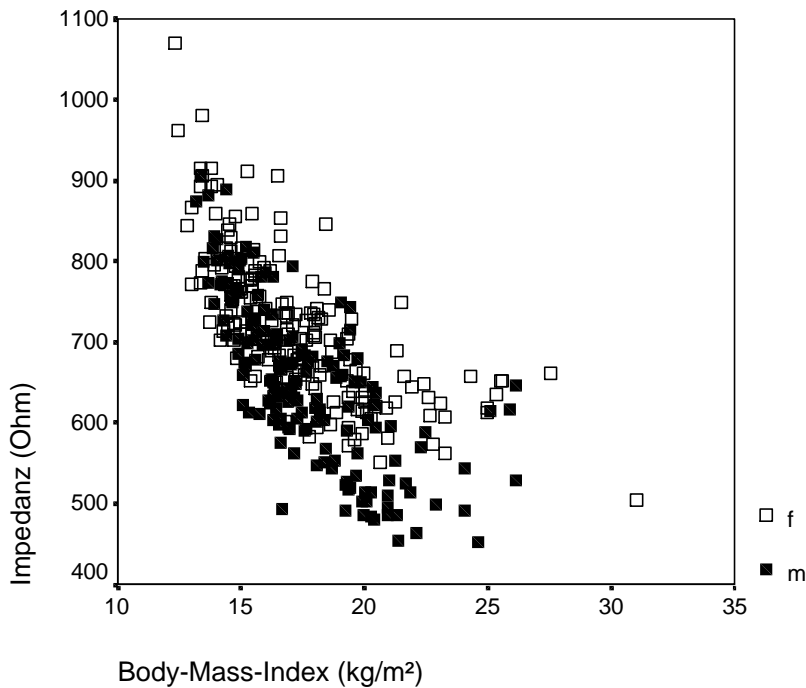


Abb. 10: Korrelation von BMI und Impedanz

Von den Hautfalten zeigen die am Körperstamm gemessenen Falten, die Abdominalfalte, die Suprailiacalfalte und die Subcapularfalte eine etwas höhere Korrelation zum BMI als die peripher gemessene Triceps- oder Bicepsfalte.

Die gemessene Impedanz korreliert mit einem Korrelationskoeffizienten von $-0,756$ mit dem Body-Mass-Index. Je höher also der Body-Mass-Index ist, desto niedriger ist die gemessene Impedanz. In Bezug auf die Körperzusammensetzung weist ein hoher BMI in Richtung Fettleibigkeit. Auch eine niedrige Impedanz ($1/\text{Leitfähigkeit}$) deutet auf eine hohe stromleitende Fettfreie Masse hin.

Die gemessene Impedanz korreliert nur mit den Körperstammhautfalten signifikant auf einem Niveau von 0,01, jedoch mit wesentlich niedrigerer Korrelation als die des BMI zur Hautfaltendicke.

Der Resistance-Index (Körperhöhe²/ Impedanz) als Hauptparameter zur Ermittlung der Fettfreien Masse zeigt eine hohe Korrelation von über 0,9 nach Spearman zu Körperhöhe, Gewicht, Taillenumfang, Hüftumfang und Alter. Seine Korrelation zum BMI entspricht derjenigen der Impedanz. Bei Einbeziehung der Körperhöhe in den RI steigt die Korrelation von RI zu den Hautfalten im Vergleich zur Korrelation Impedanz und Hautfaltendicke deutlich an.

3.1.6. Vergleich der Impedanz in unterschiedlichen Altersgruppen

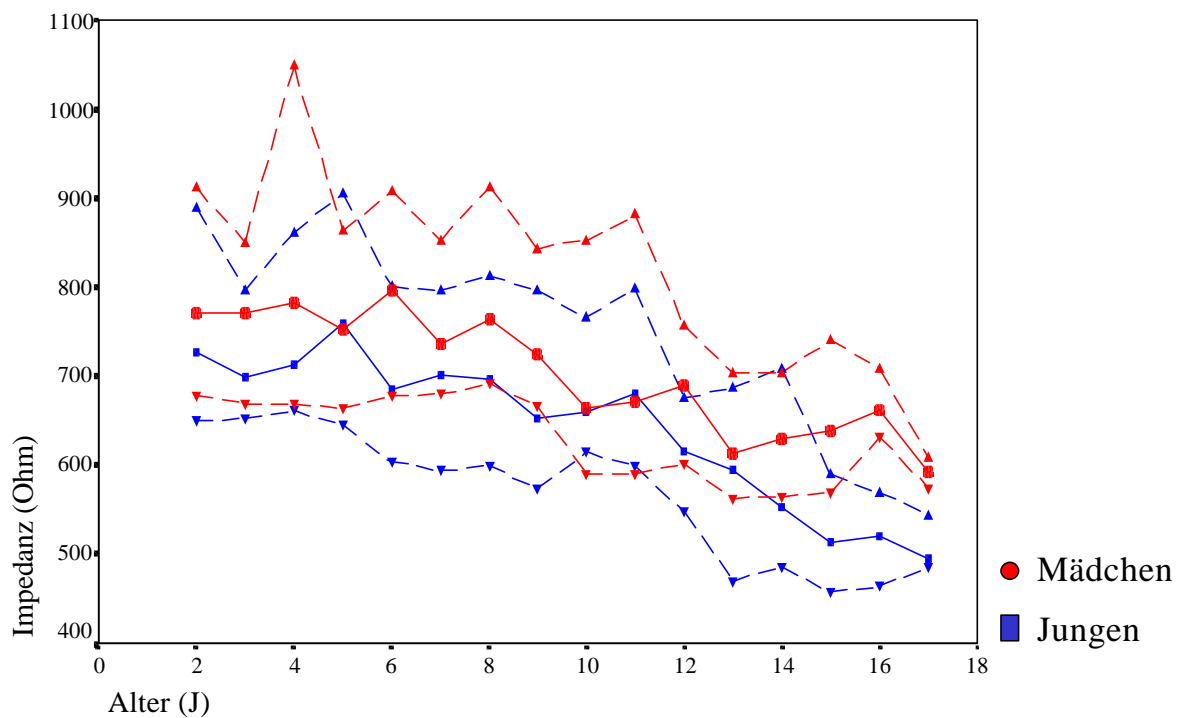


Abb. 11: Darstellung der 10., 50. und 90. Perzentile der Impedanz für beide Geschlechter. Die Korrelation von Impedanz und Alter beträgt $r = -0,646$.

Die höhere Impedanz der Mädchen entspricht einer niedrigeren fettfreien Körpermasse. Demgegenüber verdeutlicht das Absinken des gemessenen Widerstands mit dem Alter eine Zunahme der fettfreien Masse als leitfähiges Körperkompartiment.

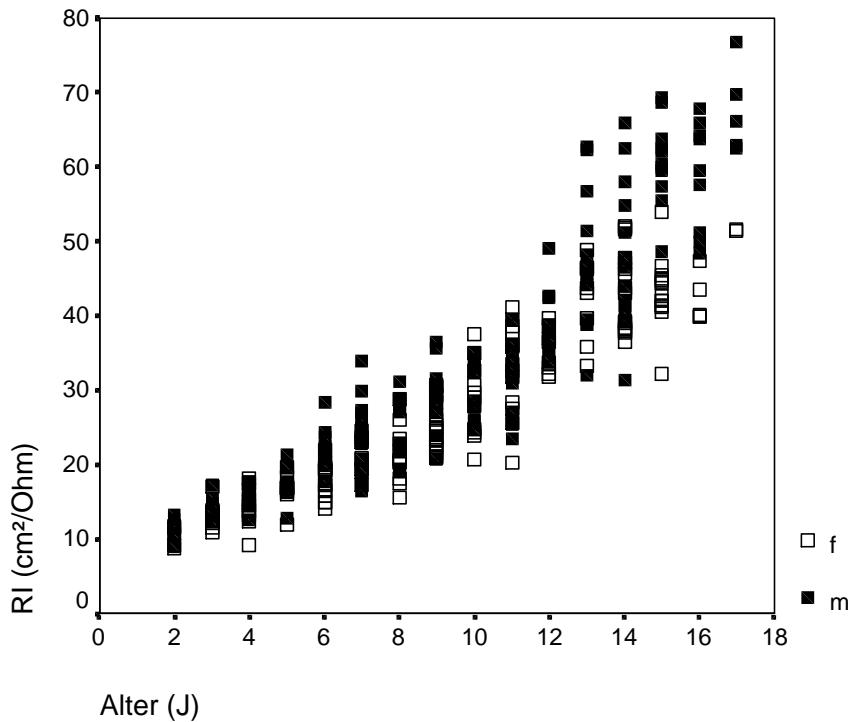


Abb. 12: Vergleich des RI in den Altersgruppen (Korr. Alter-RI = 0,946)

3.1.7. Körperzusammensetzung des untersuchten Kollektivs

Mit der Formel nach HOUTKOOPER wurde aus der Impedanz die Fettfreie Masse berechnet.

Die Fettmasse konnte als Differenz vom Körpergewicht und der Fettfreien Masse berechnet werden. Als Balkendiagramm wurde die berechnete Körperzusammensetzung der untersuchten Probanden für beide Geschlechter graphisch dargestellt. Die Balken entsprechen dem jeweiligen Median der Fettfreien Masse (in schwarz) und der Fettmasse (in weiß) für jede Altersgruppe.

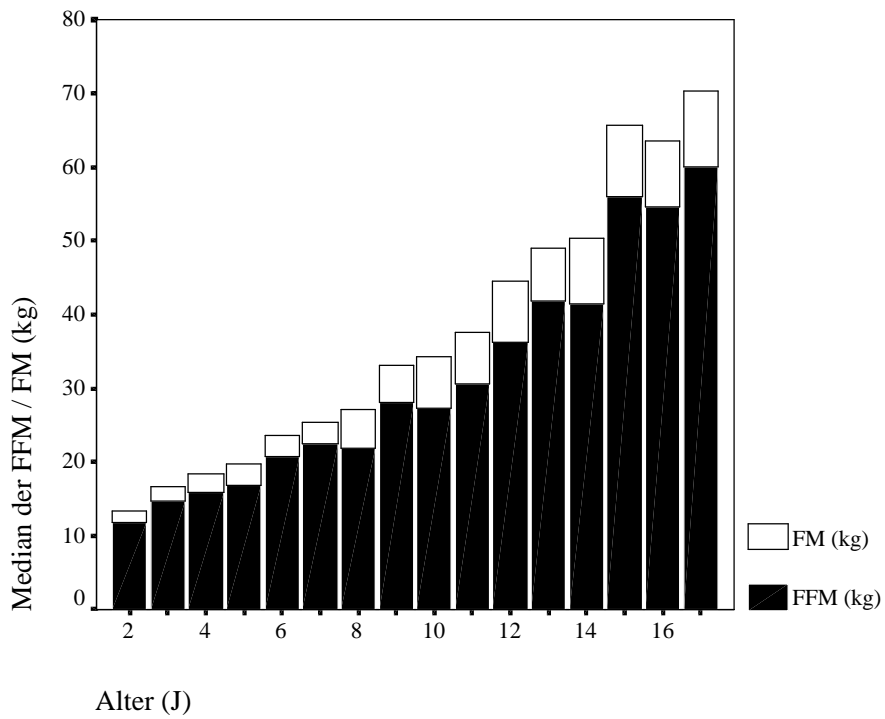


Abb. 13: Körperzusammensetzung der Jungen

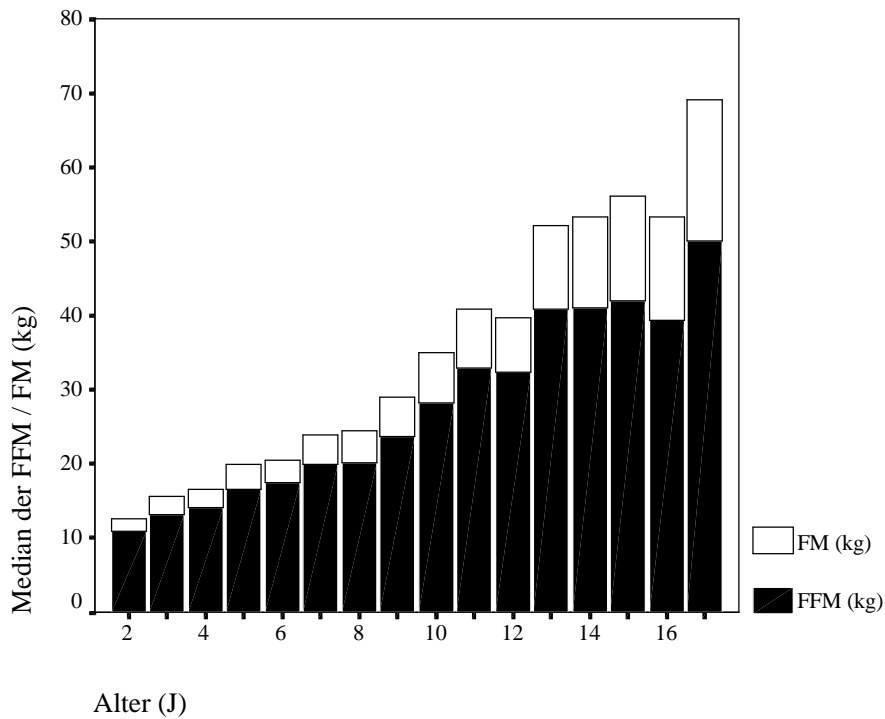


Abb. 14: Körperzusammensetzung der Mädchen

Fettmasse, Fettfreie Masse und Körperfettanteil der beiden Geschlechter unterschieden sich in den jüngeren Altersgruppen nicht.

Erst ab dem Alter von 13 Jahren während der Pubertät unterschieden sich die beiden Geschlechter im Hinblick auf den Körperfettanteil, der dann bei den Mädchen statistisch signifikant höher war als bei den Jungen (mit einer Signifikanz von $< 0,05$ im U-Test nach MANN-WHITNEY). Dieser unterschiedliche Fettanteil war ab dem Alter von 13 Jahren durch eine höhere Fettmasse bei gleicher Fettfreier Körpermasse bedingt. Ab dem Alter von 15 Jahren war zudem die Fettfreie Masse der Jungen signifikant höher als die der Mädchen.

3.1.8. Vergleich publizierter Formeln

Um die beiden Methoden Hautfaltenmessung und Bioelektrische Impedanzmessung miteinander vergleichen zu können, wurde aus der Impedanz nach verschiedenen Formeln jeweils berechneten FFM und dem gemessenen Körpergewicht der Körperfettanteil berechnet:

$$\text{Fettanteil (\%)} = 100 - \left(100 \cdot \frac{\text{FFM}}{\text{Gewicht}} \right)$$

In den folgenden Graphiken ist für beide Geschlechter der Median für den Körperfettanteil, der nach vier unterschiedlichen Formeln (zwei Formeln zur Berechnung aus der Impedanz, zwei aus der Hautfaldendicke) berechnet wurde, für jede Altersgruppe im Vergleich übereinander aufgetragen. Aus der Impedanz wurde die FFM mit der Formeln nach Houtkooper sowie der Formel nach Schäfer berechnet.

Aus der Hautfaldendicke wurde mit der Formel nach Slaughter der Körperfettanteil direkt berechnet. Mit der Formel nach Deurenberg wurde die Gesamtkörperdichte und mit der Formel nach Westrate und Deurenberg hieraus ebenfalls der Fettanteil berechnet.

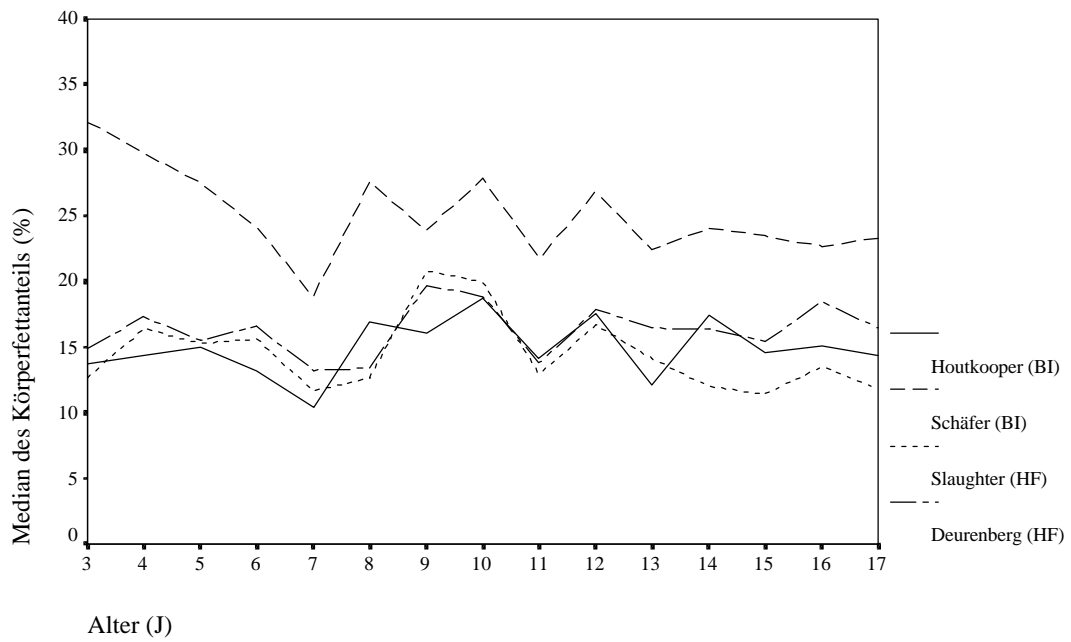


Abb. 15: Median des Körperfettanteils der Jungen, nach vier Formeln berechnet

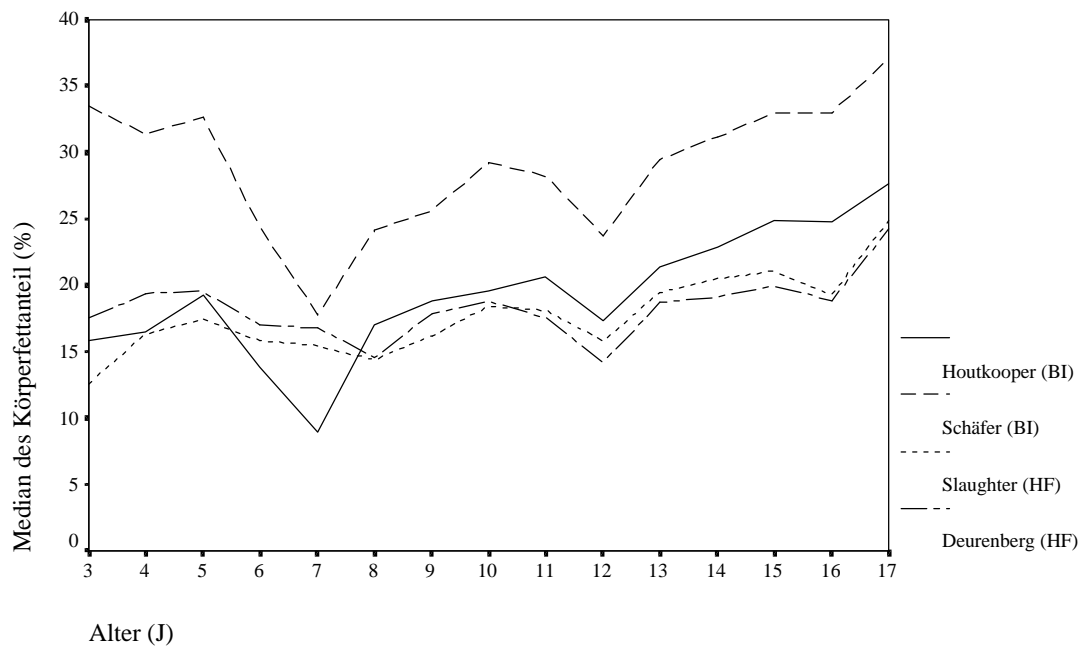


Abb. 16: Median des Körperfettanteils der Mädchen, nach vier Formeln berechnet

Die Graphiken (Abb. 15 und Abb. 16) verdeutlichen, dass je nach gewählter Formel für das gleiche Kollektiv sehr unterschiedliche Werte für die FFM bzw. den Körperfettanteil resultierten.

Die Werte einiger Formeln stimmten sehr gut miteinander überein, während mit der Formel von SCHÄFER ein deutlich höherer Fettanteil berechnet wurde, der um etwa 10 Prozent und bei den 3-5-jährigen noch weiter nach oben abwich.

Die Formel von HOUTKOOPEr zeigte in einer Vergleichsstudie durch REILLY 1996 ein hohes Maß an Validität und wurde als empfehlenswert eingeschätzt. Für beide Geschlechter stimmt der Körperfettanteil nach HOUTKOOPEr aus der Impedanz sehr gut mit dem Fettanteil nach SLAUGHTER aus Triceps- und Subscapularfalte und dem Fettanteil nach DEURENBERG aus der Summe von vier Hautfalten überein.

3.2. Kraniopharyngeompatienten

3.2.1. Anzahl, Alter und Geschlechtsverteilung

Bei 26 Patienten mit Kraniopharyngeom wurden in analogem Vorgehen die bereits beschriebenen Messungen durchgeführt. Zusätzlich wurde die Körperzusammensetzung der Patienten mit Hilfe der Zwei-Energie-Röntgenabsorptiometrie als Referenzmethode bestimmt.

Es konnten 13 weibliche und 13 männliche Patienten mit einem Altersspektrum von 5 bis 25 Jahren untersucht werden. Der Altersmedian lag für die männlichen Patienten bei 14 Jahren und für die Patientinnen bei 13 Jahren.

3.2.2. Vergleich mit publizierten Normwerten

Parallel zum Vorgehen beim Normalkollektiv wurde jeweils der Standard-Deviation-Score (SDS) der Messwerte im Vergleich zu publizierten Normwerten für Körperhöhe und Gewicht (für die bis 18-jährigen) und Hautfaltendicke nach REINKEN (für die bis 16-jährigen) sowie für den Body-Mass-Index nach ROLLAND-CACHERA (für alle Patienten) berechnet (Tab. 9 und Tab. 10)

Tab. 9: Mittelwert, Minimum und Maximum der Standardabweichung vom jeweiligen Normwert für Größe, Gewicht, BMI, Triceps-, Abdomen-, Suprailiacal- und Subscapularfaltendicke der männlichen Kraniopharyngeompatienten

	Mittelwert	Minimum	Maximum
SD von Größe nach Reinken	-,41	-1,96	1,45
SD von Gewicht nach Reinken	1,69	-,17	4,32
SD vom BMI nach Rolland-Cachera	3,39	-,32	7,92
SD von Tricepsfalte nach Reinken	2,25	,75	4,10
SD von Abdomenfalte nach Reinken	5,49	2,04	12,69
SD von Suprailiacalfalte nach Reinken	7,06	3,55	15,00
SD von Subscapularfalte nach Reinken	3,47	1,90	5,47

Tab. 10: Mittelwert, Minimum und Maximum der Standardabweichung vom jeweiligen Normwert für Größe, Gewicht, BMI, Triceps-, Abdomen-, Suprailiacal- und Subscapularfaltendicke der weiblichen Kraniopharyngeompatienten

	Mittelwert	Minimum	Maximum
SD von Größe nach Reinken	,17	-2,50	3,70
SD von Gewicht nach Reinken	4,40	-1,09	15,23
SD vom BMI nach Rolland-Cachera	5,75	-,40	14,48
SD von Tricepsfalte nach Reinken	2,82	,03	5,11
SD von Abdomenfalte nach Reinken	3,52	1,12	6,53
SD von Suprailiacalfalte nach Reinken	4,11	1,32	7,88
SD von Subscapularfalte nach Reinken	2,86	,14	5,66

a) Größe und Gewicht nach REINKEN

Von den bis 18-jährigen Kraniopharyngeompatienten waren im Mittel die Jungen um 0,41 Standardabweichungen kleiner und um 1,69 SD schwerer, die Mädchen um 0,17 SD größer und um 4,4 SD schwerer als REINKENS Normkollektiv (Tab. 9 und Tab. 10).

b) BMI nach ROLLAND-CACHERA

Der BMI der männlichen Kraniopharyngeompatienten übertraf im Mittel den jeweiligen Normwert nach ROLLAND-CACHERA um 3,39 SD (Minimum - 0,32; Maximum 7,92 SD), der BMI der Mädchen lag um durchschnittlich 5,75 SD höher (Minimum - 0,4; Maximum 14,48 SD). In der Darstellung als Balkendiagramm (Abb. 17) wird deutlich, dass der BMI von nur 6 der 26 untersuchten Patienten innerhalb von 2 SD vom Normwert lag. Bei den Jungen zeigten 5 von 13, bei den Mädchen 11 von 13 eine schwere Adipositas (BMI > 3 SD).

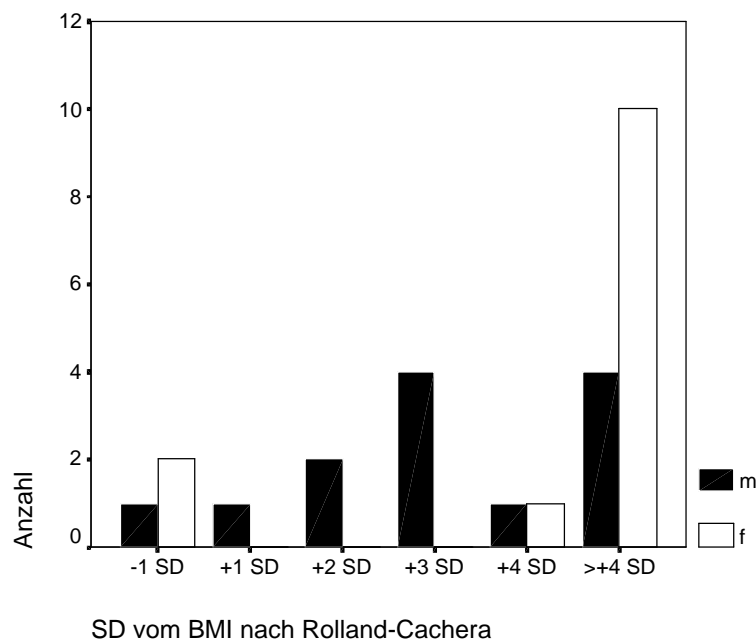


Abb. 17: BMI der Kraniopharyngeompatienten im Vergleich zu Normwerten nach ROLLAND-CACHERA

c) Hautfaltendicke nach REINKEN

Die Dicke sämtlicher gemessener Hautfalten, besonders der Stammhautfalten (Abdomen-, Suprailiacal- und Subscapularfalte) lag für die bis 16-jährigen Kraniopharyngeompatienten im Durchschnitt deutlich über den Normwerten von REINKEN (Tab. 9 und Tab. 10).

3.2.3. Korrelation der Rohwerte

Die Hautfaltendicke stehen mit der Körperfettmasse und dem Fettanteil in enger Beziehung, während die Impedanzmessung über den Resistance-Index ein Messparameter für die Fettfreie Masse ist (vgl. Einleitung). Deshalb wurden zum Vergleich der verschiedenen Messungen mit der Referenzmethode parallel die Korrelationen von BMI, Hautfaltendicken und Impedanz bzw. Resistance-Index zu Fettanteil, Fettmasse und Fettfreier Masse aus der DXA-Messung berechnet und im Vergleich betrachtet.

Die DXA-Messung liefert Werte für die Fettmasse, die Muskelmasse sowie die Knochenmasse. Die Fettfreie Masse wird als Summe von Muskelmasse und Knochenmasse, der Körperfettanteil als Quotient aus Fettmasse und Gesamtmasse aus der DXA-Messung berechnet.

Tab. 11: Nichtparametrische Korrelationen der Messparameter zu Fettanteil, Fettmasse und Fettfreier Masse der Kraniopharyngeompatienten aus der DXA-Messung

		Fettanteil aus DXA (%)	Fettmasse aus DXA (kg)	Fettfreie Masse aus DXA (kg)
Alter (J)	Korr.	-,039	,616**	,878**
	N	26	26	26
Grösse (cm)	Korr.	-,096	,562**	,919**
	N	26	26	26
Gewicht (kg)	Korr.	,240	,839**	,945**
	N	26	26	26
Body-Mass-Index (kg/m ²)	Korr.	,527**	,918**	,733**
	N	26	26	26
Taille (cm)	Korr.	,360	,903**	,842**
	N	24	24	24
Hüfte (cm)	Korr.	,442*	,918**	,830**
	N	24	24	24
Relation Taille/ Huefte	Korr.	-,371	-,065	,111
	N	24	24	24
Impedanz (Ohm)	Korr.	,063	-,565**	-,887**
	N	26	26	26
RI (cm ² /Ohm)	Korr.	-,091	,613**	,984**
	N	26	26	26
Bicepsfalte (mm)	Korr.	,669**	,737**	,313
	N	26	26	26
Tricepsfalte (mm)	Korr.	,822**	,718**	,152
	N	26	26	26
Abdomenfalte (mm)	Korr.	,449*	,765**	,578**
	N	26	26	26
Suprailiacalfalte (mm)	Korr.	,500*	,827**	,644**
	N	23	23	23
Subscapularfalte (mm)	Korr.	,714**	,935**	,543**
	N	23	23	23
Summe von 4 Hautfalten (mm)	Korr.	,680**	,928**	,549**
	N	23	23	23

** . Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 signifikant (2-seitig).

* . Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 signifikant (2-seitig).

Beim Vergleich der unterschiedlichen Bedside-Methoden zur Beurteilung der Körperzusammensetzung mit der DXA-Messung als Referenzmethode zeigt sich für den Body-Mass-Index eine Korrelation von 0,918 zur Fettmasse bzw. 0,527 zum Körperfettanteil. Auch die Korrelation zur FFM ist signifikant, liegt aber mit einem Wert von 0,733 niedriger als die zur Fettmasse.

Den besten Vorhersagewert für die Körperfettmasse bieten die Subscapularfalte ($r = 0,935$) sowie die Summe aus vier Hautfalten (Summe von Biceps-, Triceps-, Subscapular- und Suprailiacalfalte) mit $r = 0,928$. Demzufolge haben die Hautfalten eine mindestens gleichwertige Aussagekraft für die Körperfettmasse wie der Body-Mass-Index. Die Korrelation der Subscapularfalte als einzelner Hautfalte und der Summe von vier gemessenen Hautfalten zur Fettmasse sind gleichwertig. Die Messung der drei zusätzlichen Falten zur Berechnung der Summe aus vier Hautfalten (Biceps-, Triceps- und Suprailiacalfalte) steigert die Korrelation zur Gesamtkörperfettmasse nicht. Sehr hohe Korrelationen zur Körperfettmasse finden sich auch für die Körperumfänge: der Taillenumfang bietet einen Korrelationskoeffizienten von 0,903, der Hüftumfang entspricht mit einer Korrelation von 0,918 zur FM der Korrelation des BMI.

Das Körpergewicht allein folgt mit einer Korrelation von 0,839, gefolgt von der Suprailiacalfalte mit 0,827 und der Abdomenfalte (0,765), während die peripher am Arm gemessenen Hautfalten mit 0,718 (Tricepsfalte) und 0,737 (Bicepsfalte) etwas niedrigere Korrelationen zur Fettmasse aufweisen. Gerade die Tricepsfalte korreliert jedoch besonders gut mit dem Körperfettanteil (0,822). Diese Korrelation übertrifft sogar die der Subscapularfalte (0,714) und der Summe von vier Hautfalten. Somit bietet die Tricepsfalte den geeignetsten direkten Vorhersagewert für den Fettanteil.

Der Resistance-Index ($\text{Größe}^2/\text{Impedanz}$) weist mit 0,984 die höchste Korrelation zur FFM auf und bietet gleichzeitig bei Einbeziehung der Korrelationen zu FM und Fettanteil für die Ermittlung der Körperzusammensetzung insgesamt den besten Parameter. Beim Blick auf die Einzelkomponenten des Index, Körperhöhe und Impedanz, wird deutlich, dass die Körperhöhe mit einer Korrelation von 0,919 den etwas höheren Beitrag im Vergleich zur Impedanz mit $r = -0,887$ leistet. Allerdings ergibt sich durch die Zusatzinformation der Impedanz für den RI erst die besonders hohe Korrelation zur Fettfreien Masse.

Für die FFM weisen zudem das Gewicht (0,945) und das Alter (0,878) sehr hohe Korrelationen auf. Auch die Korrelation des BMI ist mit 0,733 noch signifikant.

3.2.4. Anwendung publizierter Formeln

Mit unterschiedlichen publizierten Formeln wurde für die Patienten mit Kraniopharyngeom aus der Impedanz und den jeweiligen weiteren Parametern die Fettfreie Körpermasse berechnet und mit der durch die DXA-Messung als Referenzmethode bestimmten FFM verglichen. Dies geschah zunächst graphisch mit einem Diagramm zur Beurteilung der Übereinstimmung von zwei Werten. Hierbei wird auf der X-Achse jeweils der Mittelwert beider Werte, auf der Y-Achse die Differenz der Werte aufgetragen.

In diesem Fall wurden für jeden der 26 Patienten von der FFM aus der DXA-Messung und der jeweils mit einer Formel berechneten FFM Mittelwert und Differenz berechnet und graphisch dargestellt.

Die Differenz bietet ein Maß für den Fehler. Anhand des zusätzlich aufgetragenen Mittelwerts wird eine Beurteilung möglich, ob das Ausmaß des Fehlers von der Höhe des jeweiligen Werts abhängig ist. Zudem werden beide Geschlechter differenziert betrachtet.

a) Formel nach HOUTKOOPER

Die FFM aus der Formel nach HOUTKOOPER korreliert mit einem Koeffizienten von 0,988 mit dem Wert aus der DXA-Messung.

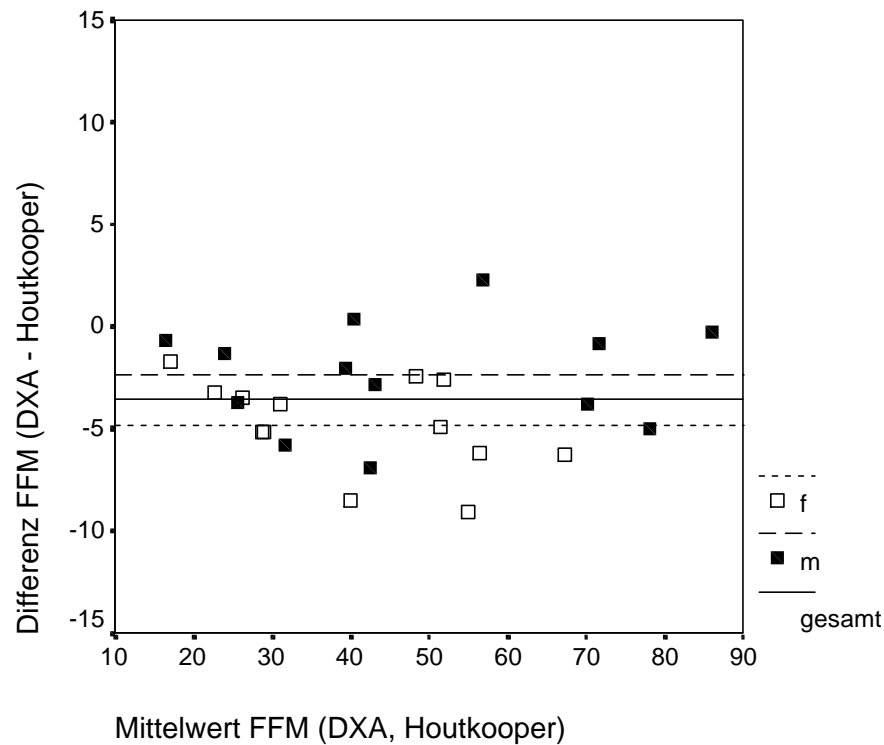


Abb.: 18 Vergleich von FFM aus der DXA-Messung mit FFM aus der Formel nach HOUTKOOPER

Allerdings zeigt das Vergleichsdiagramm (**Abb. 18**) eine durchschnittlich um etwa 4 kg höher mit der Formel berechnete FFM als der durch DXA gemessene Wert. Bei dieser Formel unterscheidet sich die Differenz bei gesonderter Betrachtung der beiden Geschlechter. Bei den männliche Patienten ist der Unterschied mit ca. 2,5 kg geringer als der durchschnittliche Fehler von ca. 5 kg bei den Patientinnen.

b) Formel nach SCHÄFER

Für die Formel nach SCHÄFER liegt die Korrelation der errechneten zur durch DXA gemessenen FFM bei 0,98.

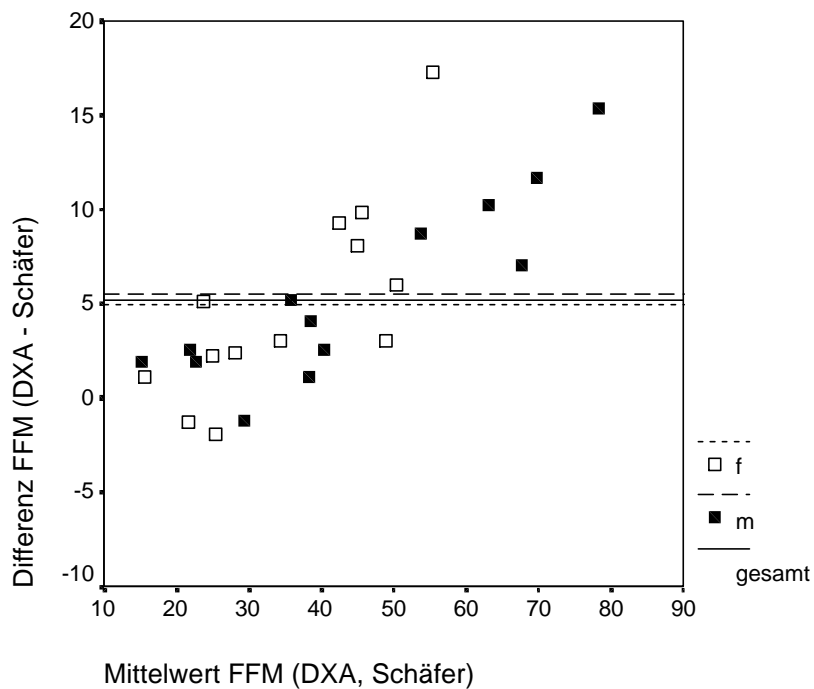


Abb. 19: Vergleich von FFM aus der DXA-Messung mit FFM aus der Formel nach SCHÄFER

Es zeigt sich allerdings für beide Geschlechter im Vergleich zum mit DXA gemessenen Wert eine im Durchschnitt 5 kg niedrigere berechnete FFM. Hierbei fällt auf, dass bei hohen Werten der FFM (ab ca. 50 kg) diese Abweichung stark zunimmt auf bis zu 10-17 kg Differenz (Abb. 19).

Zusätzlich wurde nach Prüfung der Normalverteilung jeweils ein T-Test bei gepaarten Stichproben durchgeführt (Tab. 12).

Für die genannten Formeln nach SCHÄFER, HOUTKOOPER und auch für eine weitere Formel, die Formel nach DEURENBERG kommt der Test zu dem Ergebnis, dass die mit der jeweiligen Formel berechnete FFM nicht mit der FFM aus der DXA-Messung übereinstimmt.

Die Signifikanz liegt mit Werten von $5 \cdot 10^{-7}$ für HOUTKOOPER, $14 \cdot 10^{-5}$ für SCHÄFER und 0,009 für DEURENBERG jeweils $< 0,05$.

3.2.5. Ermittlung einer neuen Formel für Kraniopharyngeompatienten

Es zeigte sich, dass der Resistance-Index eine sehr hohe Korrelation zur FFM und damit eine hohe Aussagekraft zur Beurteilung der Körperzusammensetzung von Patienten mit Kraniopharyngeom hat. An Normalkollektiven publizierte Formeln konnten jedoch für diese Patienten den mit der DXA als Referenzmethode gemessenen Wert nicht verlässlich vorhersagen. Deshalb wurde anhand der Daten der Kraniopharyngeompatienten dieser Studie eine neue Formel ermittelt, deren Konstanten für dieses Kollektiv spezifisch sind, und die geeignet ist, für junge Patienten mit Kraniopharyngeom aus der Impedanzmessung die Körperzusammensetzung zu ermitteln. Der RI sollte aufgrund seiner hohen Korrelation zur FFM ebenfalls Hauptvorhersagewert dieser Formel sein. Im Verfahren der schrittweisen Regressionsanalyse wurden zusätzlich noch Körperhöhe, Gewicht und Alter zur Ermittlung der neuen Formel zur Berechnung der FFM von Kraniopharyngeompatienten mit einbezogen.

Regressionsformel:

$$\text{FFM} = a \cdot \text{RI (cm}^2/\text{Ohm)} + b$$

Zusätzliche Variablen: Körperhöhe, Körpergewicht, Lebensalter

Resultierende Formel:

$$\text{FFM (kg)} = 0,718 \cdot \text{RI (cm}^2/\text{Ohm)} - 0,03284 \cdot \text{Körperhöhe (cm)} + 0,155 \cdot \text{Körpergewicht (kg)} + 0,264 \cdot \text{Lebensalter} + 0,947$$

3.2.6. Vergleich der neuen Formel mit der DXA-Messung

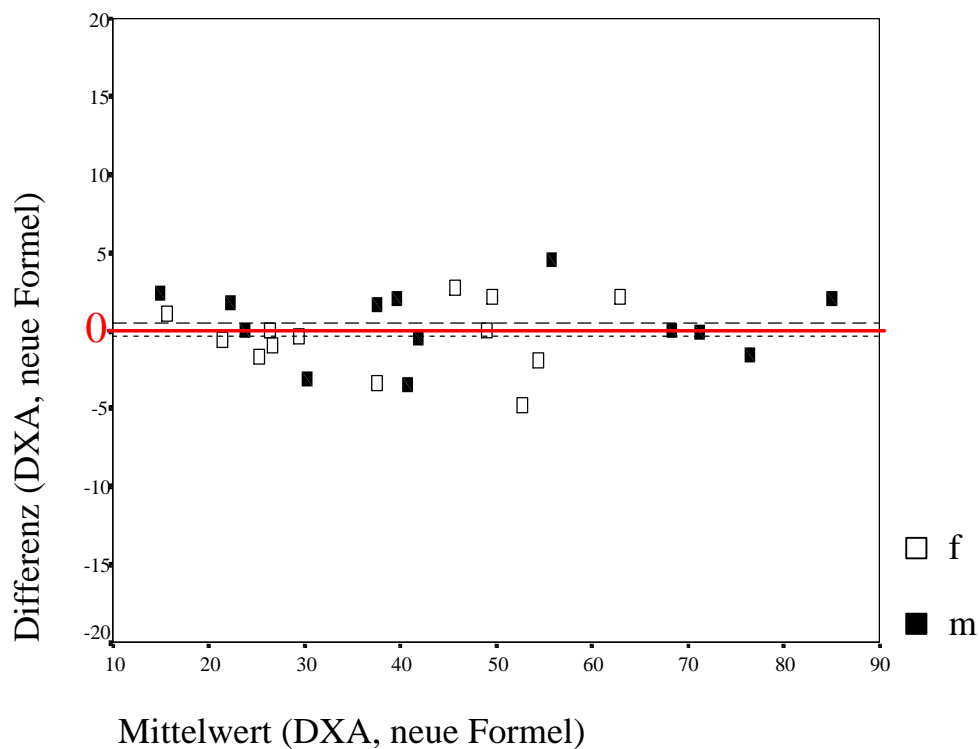


Abb. 20: Vergleich von FFM aus der neuen Formel mit FFM aus der DXA-Messung als Referenzmethode

Im Diagramm zum Vergleich zweier Werte zeigte sich mit einer durchschnittlichen Differenz von 0 für beide Geschlechter und + 0,5 kg für die männlichen bzw. – 0,5 kg für die weiblichen Patienten eine sehr gute Übereinstimmung der Werte. Die maximale Abweichung betrug in einem Fall ca. 5 kg.

Der T-Test bei gepaarten Stichproben bestätigte dies: Bei einem Signifikanzniveau von 0,986 sind beide Werte als nicht verschieden zu betrachten (Tab. 12).

Tab. 12: T-Test bei gepaarten Stichproben für die Formel nach HOUTKOOPEER, SCHÄFER und DEURENBERG sowie für die neu ermittelte Formel

Test bei gepaarten Stichproben

	Gepaarte Differenzen				T	Sig. (2-seitig)
	Mittelwert	Standardabweichung	95% Konfidenzintervall der Differenz			
			Untere	Obere		
1 Fettfreie Masse aus DXA (kg) - FFM (kg) nach Houtkooper	-3,5858	2,7122	-4,6813	-2,4903	-6,741	,0000005
2 Fettfreie Masse aus DXA (kg) - FFM (kg) nach Schäfer	5,2086	4,9377	3,2142	7,2030	5,379	,0000140
3 Fettfreie Masse aus DXA (kg) - FFM (kg) nach Deurenberg	-2,1586	3,8662	-3,7202	-,5970	-2,847	,0086935
4 Fettfreie Masse aus DXA (kg) - FFM (kg) aus neuer Formel	,0079	2,2395	-,8966	,9124	,018	,9858028

4. Diskussion

In der vorliegenden Studie wurden die Bioelektrische Impedanzmessung und die Hautfaltenmessung im Hinblick auf ihre Aussagekraft als indirekte Methoden zur Bestimmung der Körperzusammensetzung von gesunden Kindern und Jugendlichen sowie von jungen Kraniopharyngeompatienten untersucht.

Durch Messungen gesunder Kinder und Jugendlicher konnten Erfahrungen mit den genannten Methoden gewonnen und Normwerte ermittelt werden.

Für Kraniopharyngeompatienten finden sich in der Literatur bisher keine Richtlinien zur Anwendung indirekter Methoden zur Bestimmung der Körperzusammensetzung. In dieser Studie konnte gezeigt werden, dass sowohl der Body-Mass-Index sowie die Hautfaltendicke, insbesondere die der Subscapularfalte als auch die Bioelektrische Impedanz geeignete Parameter zur Bestimmung der Körperzusammensetzung von Kraniopharyngeompatienten sind. Allerdings muss für die Berechnung der Körperkomponenten eine eigene spezifische Formel zugrunde gelegt werden.

4.1. Normalkollektiv

4.1.1. Probanden

In die Studie konnten die Messdaten von insgesamt 344 gesunden Kindern und Jugendlichen aufgenommen werden. Die Geschlechtsverteilung war mit 167 Jungen und 177 Mädchen ausgewogen. In den meisten Altersgruppen, besonders zwischen 4 und 15 Jahren, konnten mit jeweils 10-15 Kindern beider Geschlechter die statistischen Anforderungen erfüllt werden.

Bei den 2- und 17-jährigen, sowie den 3-jährigen Jungen und den 16-jährigen Mädchen wäre eine größere Anzahl von Probanden wünschenswert gewesen.

In der Kinderklinik wurden diejenigen Kinder und ihre Eltern um Unterstützung gebeten, die zu kleineren Eingriffen oder Kontrolluntersuchungen stationär aufgenommen waren, sich aber ansonsten gesund fühlten. Insbesondere sollte keine Stoffwechselstörung, beispielsweise Diabetes mellitus oder eine Exsikkose aus anderen Gründen vorliegen. Unter den Kindergarten- und Schulkindern wurden jeweils ganze Klassen oder Gruppen zur Teilnahme gebeten. Dadurch sollte eine repräsentative Stichprobe von gesunden Kinder und Jugendlichen der Bevölkerung untersucht werden. Besonders in der Klinik standen viele Eltern jeder zusätzlichen und unnötigen Untersuchung ihres Kindes zunächst sehr kritisch gegenüber. Auch für die Eltern der Kinder in den öffentlichen Einrichtungen lässt sich vermuten, dass sehr kritische Eltern eine solche Untersuchung eher ablehnten, wobei allerdings in Schule oder Kindergarten die Kinder viel eher geschlossen als Gruppe teilnehmen wollten.

Auch gerade für deutlich über- oder auch untergewichtige Kinder sowie ihre Eltern ist eine Ablehnung der Teilnahme häufiger zu vermuten.

Es zeigte sich, dass eher ängstliche und jüngere Kinder speziell unter den Patienten der Kinderklinik insgesamt häufiger Angst vor den Messungen zeigten als die Kindergarten- und Schulkinder. In den öffentlichen Einrichtungen waren die Kinder und Jugendlichen wesentlich entspannter und neugieriger.

4.1.2. Vergleich mit publizierten Normwerten

Im Vergleich zu den Normwerten für Körperhöhe und Körpergewicht nach REINKEN (1980 und 1992) zeigte sich, dass das untersuchte Kollektiv weitgehend mit den Normwerten übereinstimmte, es sich also insofern um eine repräsentative Stichprobe der Normalbevölkerung im Kindes- und Jugendalter handelte (Tab. 1 und Tab. 2).

Allerdings waren Abweichungen oberhalb von 2 Standardabweichungen sowohl bei der Körperhöhe als auch beim Gewicht tendenziell häufiger im Sinne von Hochwuchs oder Übergewichtigkeit als im Sinne von Kleinwuchs oder Untergewichtigkeit verschoben. Dieser Trend zur Verschiebung in den oberen Bereich zeigte sich ebenfalls beim Vergleich des BMI mit den Normwerten nach ROLLAND-CACHERA (Tab. 3).

In Anbetracht der immer wieder festgestellten Zunahme von Adipositas im Kindes- und Jugendalter (BELLIZI 1999, Leitlinien der AGA), überrascht jedoch die Tatsache, dass für die im Zeitraum 1998 bis 2001 untersuchten Kinder und Jugendlichen diese Verschiebung gegenüber der Normwerte von 1980 bzw. 1992 in Richtung Übergewicht nicht noch deutlicher ausgeprägt ist.

Beim Vergleich der gemessenen Hautfaltendicke mit Normwerten nach REINKEN fiel auf, dass Triceps- sowie Subscapularfaltendicke sehr gut mit den Werten von REINKENS Kollektiv übereinstimmte, während in Diskrepanz hierzu die Hautfaltendicken der Abdomen- sowie der Suprailiacalfalte deutlich dicker gemessen wurden (Abb. 6 - Abb. 9). Es ist möglich, dass die größere Dicke der Körperstammfettfalten auf eine Zunahme speziell des Stammfettgewebes hinweist.

4.1.3. Korrelation der Rohwerte

Es fanden sich hochgradig signifikante Korrelationen zwischen Body-Mass-Index, den Hautfaltendicken und Impedanz bzw. Resistance-Index. Die Korrelationen von Hautfaltendicken und BMI (als Prädiktoren der Fettmasse), besonders der Körperstammfettfalten waren höher als die der Hautfalten zur Impedanz (als Prädiktor der FFM). Hochgradig signifikant korrelierte der RI zu Alter, Gewicht sowie zum Taillen- und Hüftumfang (Tab. 8).

4.1.4. Vergleich der Geschlechter

In einem verteilungsfreien Test zeigte sich kein statistisch signifikanter Unterschied der Geschlechter im Hinblick auf Alter, Körperhöhe, Gewicht, Body-Mass-Index und Hüftumfang. Gleichzeitig unterschieden sich die beiden Geschlechter im Hinblick auf den Taillenumfang, somit auch die Relation von Taillen- und Hüftumfang sowie alle Hautfaltendicken und die Bioelektrische Impedanz. Gerade bei der Frage nach dem zuverlässigsten Parameter zur Beschreibung der Körperzusammensetzung fiel auf, dass in diesem Zusammenhang der Body-Mass-Index nicht den Unterschied der Geschlechter ausdrücken kann, während Hautfaltendicken und Impedanz der beiden Geschlechter sich deutlich unterscheiden.

Der geringere Taillenumfang bei etwa gleichem Hüftumfang beschreibt den Unterschied in der Körperform und Fettverteilung der Geschlechter, während die größere Hautfaltendicke eine höhere Masse an subcutanem Fettgewebe bei Mädchen verdeutlicht. Die höheren Impedanzwerte der Mädchen entsprechen einer niedrigeren fettfreien Körpermasse, denn der Kehrwert der Impedanz (die elektrische Leitfähigkeit) verhält sich proportional zur fettfreien Körpermasse.

4.1.5. Vergleich von Impedanz und RI in unterschiedlichen Altersgruppen

Das reziproke Verhältnis zwischen Widerstand und Alter spiegelt eine Zunahme der fettfreien Masse als leitfähiges Körperkompartiment wieder (Abb. 12).

Der mit dem Alter steigende Wert des Resistance-Index ($\text{Körperhöhe}^2/\text{Impedanz}$) wird von DEURENBERG (1990 und 1991) unabhängig von einer Größen- oder Gewichtszunahme mit der Hypothese eines relativen Anstiegs des Intrazellularkompartiments mit dem Alter erklärt.

4.1.6. Körperzusammensetzung des untersuchten Kollektivs

Zur Berechnung der Fettfreien Masse aus der Impedanz wurde aus der Fülle publizierter Formeln die Formel nach HOUTKOOPER ausgewählt, weil sie in einer Studie von REILLY (1996), in der verschiedene Formeln vergleichend mit einer Referenzmethode untersucht wurden, die höchste Präzision zeigte.

Eine Referenzmessung wie die DXA-Messung stand für das Normalkollektiv dieser Studie nicht zur Verfügung, so dass die mit dieser Formel berechneten Werte nicht überprüft werden konnten. Sie sollen deshalb nicht als verbindliche Absolutwerte verstanden werden, sondern in erster Linie der vergleichenden Betrachtung der Geschlechter sowie der unterschiedlichen Altersgruppen dienen.

Die Darstellung im Balkendiagramm (Abb. 15 und Abb. 16) verdeutlicht die Zunahme sowohl der Fettfreien Masse als auch der Fettmasse mit dem Alter. Dies verhielt sich bei beiden Geschlechtern bis zum 13. Lebensjahr gleich. Ab diesem Alter während der Pubertät war der Körperfettanteil der Mädchen signifikant höher als bei den Jungen.

Durch MAST (1998) wurde der Geschlechtsunterschied in der Körperzusammensetzung schon bei präpubertären Kindern mittels der bioelektrischen Impedanzmessung gezeigt. Allerdings wurden wesentlich größere Fallzahlen einer enger begrenzten Altersgruppe (5-7 J.) untersucht.

4.1.7. Formelvergleich

Die Anwendung unterschiedlicher Formeln verdeutlichte, dass je nach gewählter Formel für das gleiche Kollektiv sehr unterschiedliche Werte der FFM bzw. des Körperfettanteils resultierten (Abb. 15 und Abb. 16).

Die Frage, welche der Formeln die verlässlichsten Ergebnisse liefert, ließ sich für das Normalkollektiv nicht klar beantworten, da in dieser Studie keine gültige Referenzmessung zur Ermittlung der Körperzusammensetzung durchgeführt wurde.

Eine Möglichkeit bietet unter Voraussetzung einer Betrachtung des Kollektivs als Normkollektiv der Vergleich mit publizierten Normwerten für den Fettanteil. Die mit einer verlässlichen Formel berechneten Werte sollten mit diesem übereinstimmen. Allerdings gibt es bisher nur sehr wenige Publikationen zu Normwerten der Körperzusammensetzung, die nicht verbindlich festgelegt wurden.

FOMON ermittelte 1982 aufgrund von Messungen nach der Geburt, sowie nach sechs Monaten und nach 9 Jahren (HASCHKE 1981) Werte für die Körperzusammensetzung von "Referenzkindern" von der Geburt bis zum Alter von zehn Jahren unter der Voraussetzung, dass Körperfettanteil und Stammhautfaltendicke sich proportional zueinander verhalten.

Seine Werte stimmen in dem betrachteten Altersbereich tendenziell sehr gut mit dem nach HOUTKOOPER, SLAUGHTER und DEURENBERG berechneten Fettanteil überein.

Weitere Referenzwerte zur Körperzusammensetzung bei Kindern veröffentlichte ELLIS 1997. Seine Normwerte wurden mittels DXA-Messung an einem Kollektiv von 313 weiblichen Probanden im Alter von 3 bis 18 Jahren ermittelt. Die Normwerte beziehen sich auf vier Altersgruppen, die jeweils 3 bis 4 Jahre und damit eine erhebliche Spannweite umfassen. Insgesamt lag der jeweilige Fettanteil deutlich über den von FOMON beschriebenen Werten. Bei FOMON hatten die 3-5-jährigen Mädchen einen Körperfettanteil zwischen 16,7 % und 18,5 % während ELLIS einen Normwert von 20,9 % mit einer SD von 4,6 angab, die 6-10-jährigen bei FOMON 16,4 -19,4 %, bei ELLIS 23,1 % mit einer SD von 8,4. Die Werte von ELLIS stimmen tendenziell mit dem nach der Formel von SCHÄFER errechneten höheren Körperfettanteil überein.

4.2. Kraniopharyngeompatienten

4.2.1. Probanden

Mit insgesamt 26 Kraniopharyngeompatienten konnte eine ausreichend hohe Zahl von Patienten untersucht werden, um als Pilotstudie im Rahmen der prospektiven, multizentrischen Beobachtungsstudie *Kraniopharyngeom 2000* indirekte Messungen der Körperzusammensetzung gegenüber der DXA als Referenzmethode für Patienten mit Kraniopharyngeom zu validieren. Alle Patienten und ihre Eltern, die im Rahmen von Nachsorgeuntersuchungen über diese Studie informiert wurden, stimmten einer Teilnahme zu.

4.2.1. Vergleich mit publizierten Normwerten

In Bezug auf ihre Körperhöhe wichen die untersuchten Kraniopharyngeompatienten im Durchschnitt um weniger als eine Standardabweichung vom Normwert nach REINKEN ab. Sie waren somit normalwüchsig und zeigten keine Zeichen eines möglichen Minderwuchses aufgrund eines STH-Mangels.

Demgegenüber ließ sich eine deutliche durchschnittliche Abweichung des Körpergewichts vom Normwert feststellen: für die männlichen Patienten um durchschnittlich +1,7 SD (-0,2 SD bis +3 SD), für die Patientinnen um +4,4 SD (-1,1 SD bis + 15,2 SD). Allerdings verdeutlicht die Spannbreite dieser durchschnittlichen Standardabweichung, dass ein Teil der untersuchten Patienten normalgewichtig war, während andere erheblich übergewichtig waren (Tab. 9 und Tab. 10).

Das Übergewicht bei normaler Körperhöhe spiegelt sich auch im Body-Mass-Index der Patienten wieder. Die männlichen Patienten hatten einen durchschnittlichen BMI von +3,4 SD vom Normwert, die weiblichen von +5,75 SD vom Normwert.

Dabei wies die Abweichung vom Normwert eine erhebliche Spannbreite auf, die auch durch die graphische Darstellung in Form des Balkendiagramms (Abb. 17) verdeutlicht wird: Der BMI von nur 23 % der untersuchten Patienten lag im Normbereich von bis zu ± 2 SD.

62 % der Kraniopharyngeompatienten hatten eine schwere Adipositas ($\text{BMI} > 3$ SD), 54 % sogar einen $\text{BMI} > 4$ SD.

Bemerkenswert ist der Unterschied der beiden Geschlechter: Während bei den männlichen Patienten jeweils ca. ein Drittel aufgrund des BMI-Werts als normalgewichtig, ein Drittel leicht adipös und das weitere Drittel als schwer adipös eingestuft werden kann, waren ca. 85 % der untersuchten Patientinnen schwer adipös und ca. 15 % Bereich im Normbereich bis zu 2 SD.

Mit 62 % weisen die im Rahmen dieser Pilotstudie untersuchten Kraniopharyngeompatienten einen etwas höheren Anteil schwer adipöser Patienten auf als für die Inzidenz mit ca. 40 - 50 % (CURTIS 1994, MÜLLER 2001) angegeben wird.

4.2.2. Korrelation der Rohwerte

Um den Vorhersagewert der unterschiedlichen Parameter für die Körperzusammensetzung zu überprüfen, mussten parallel die Korrelationen der Messwerte zu Fettmasse und Fettfreier Masse aus der DXA-Messung verglichen werden (Tab. 11). Dies resultierte aus der bekannten Beziehung von BMI und Hautfaldendicken zur Fettmasse sowie der Korrelation von Impedanz und FFM.

Es fanden sich hochgradig signifikante Korrelationen von BMI (0,918), Taillen- (0,903) und Hüftumfang (0,918), den Hautfaldendicken, insbesondere der Subscapularfalte (0,935) sowie vom Resistance-Index (0,984) zu FM bzw. FFM.

Auch für Kraniopharyngeompatienten konnte die Subscapularfalte als aussagekräftigste Hautfalte (vgl. FORBES) bestätigt werden. Mit einer höchstens gleichwertigen Korrelation (0,928) zur FM ergibt sich durch die Summe aus vier Hautfalten (Biceps-, Triceps-, Subscapular- und Suprailiacalfalte) keine zusätzliche Information für die

Bestimmung der Körperzusammensetzung. Die peripheren Hautfettfalten zeigten eine geringere Korrelation zur FM.

Insgesamt war jedoch die Korrelation der Hautfalten, gerade bei Berücksichtigung des hohen Anteils stark übergewichtiger Patienten, verbunden mit technischen Schwierigkeiten in der Durchführung einer korrekten Hautfaltenmessung bei extrem adipösen Patienten hoch.

Auch die Messung von Taillen- und Hüftumfang (Korr. von 0,903 bzw. 0,918) bietet aussagekräftige Parameter zur Abschätzung der Gesamtfettmasse. Sowohl der Taillenumfang als anthropometrischer Marker des subkutanen sowie des tiefen Fettgewebes (HUENEMANN 1974) sowie auch der Hüftumfang, der das vorwiegend subkutan gelegene Fett in diesem Bereich misst und mit der Fettmasse des unteren Körpersegments korreliert, können somit als einfache Marker des Gesamtfettgewebes von Kraniopharyngeompatienten verwendet werden.

Mit einer Korrelation von 0,984 bietet der Resistance-Index einen exzellenten Parameter zur Abschätzung der FFM. Allerdings muss für die Beurteilung der Impedanzmessung berücksichtigt werden, dass der Einfluss der Impedanz auf den RI deutlich hinter dem der Körperhöhe liegt, die als Rohwert schon eine etwas höhere Korrelation (0,919) zur FFM hat und außerdem potenziert in den Index eingeht. Trotzdem liefert die Impedanz eine wichtige Zusatzinformation für den Index.

Zudem gehen in die unterschiedlichen publizierten Formeln zur Berechnung der FFM noch weitere Parameter ein, so dass sie letztlich korrekterweise nicht mehr Formeln zur Berechnung der FFM aus der Impedanz, sondern aus mehreren gleichwertigen Parametern sind.

Somit können Body-Mass-Index, die Körperrumfangen, die Hautfaltendicke insbesondere der Subscapularfalte sowie der Resistance-Index gleichwertig als sehr gute Prädiktoren der Körperzusammensetzung für Patienten mit Kraniopharyngeom eingeschätzt werden. Um über diese indirekten Messparameter in der Gesamtheit ein möglichst genaues Monitoring der Körperzusammensetzung von Kraniopharyngeompatienten zu erzielen, sollten möglichst viele dieser Parameter parallel ermittelt werden.

4.2.3. Anwendung publizierter Formeln

Nach SCHÄFER (1994) lassen sich verschiedene Formeln zur Berechnung der FFM aus der Impedanz, die an Kollektiven von Patienten mit abnormer Körperzusammensetzung, beispielsweise durch Wachstumshormonmangel oder Diabetes mellitus, entwickelt wurden, nicht ohne weiteres auf gesunde Kinder und Jugendliche übertragen. Folglich müssen für Kinder und Jugendliche mit Erkrankungen, die zu einer Modifikation der Körperzusammensetzung führen, eigene Formeln entwickelt werden.

Gerade im Rahmen einer Kraniopharyngeomkrankung kann es zu einer erheblichen Änderung der Körperzusammensetzung kommen. Deshalb sollte in dieser Arbeit die Anwendung von an gesunden Probanden entwickelten Formeln für dieses Kollektiv kritisch im Vergleich zur DXA als etablierter Referenzmethode überprüft werden.

Dabei zeigte sich zwar jeweils eine hohe Korrelation von errechneter und durch DXA bestimmter FFM, jedoch keine Übereinstimmung der Werte. Unter Verwendung der DXA war es möglich, verschiedene Formeln zur Berechnung der FFM auf ihre Anwendbarkeit für dieses Kollektiv hin zu überprüfen. Es zeigte sich, dass keine von drei unterschiedlichen anhand der Daten gesunder Probanden ermittelten Formeln (nach HOUTKOOPER, SCHÄFER und DEURENBERG) eine angemessene Aussagekraft in der Anwendung für Kraniopharyngeompatienten hatte (Abb.: 18, Abb. 19, Tab. 12).

4.2.4. Ermittlung einer neuen Formel für Kraniopharyngeompatienten

In dieser Studie konnte gezeigt werden, dass die anhand der Daten gesunder Kinder und Jugendlicher publizierten Formeln in der Berechnung der Körperzusammensetzung von jungen Patienten mit Kraniopharyngeom keine verlässlichen Ergebnisse lieferten. Gerade auf Kollektive mit deutlich veränderter Körperzusammensetzung können Formeln, die an gesunden Probanden entwickelt wurden, nicht direkt übertragen werden.

Somit konnte die Forderung SCHÄFERS (1994) nach eigenen spezifischen Formeln für Patientengruppen mit modifizierter Körperzusammensetzung bestätigt werden. Für Patienten mit Wachstumshormonmangel wies die Studie von BINNERTS (1992) ebenfalls auf diese Notwendigkeit hin.

Für die anhand der Messdaten von 26 Kraniopharyngeompatienten neu ermittelte Formel muss die Validität in der Anwendung an weiteren Patienten überprüft werden.

5. Zusammenfassung

In der Verlaufskontrolle von Patienten mit Adipositas erleichtern zuverlässige und einfach durchführbare Methoden zur Untersuchung der Körperzusammensetzung die Beurteilung des Ernährungszustandes. Hierzu bieten sich anthropometrische Verfahren sowie die Bioelektrische Impedanzmessung an. Patienten mit Kraniopharyngeom und gesunde Kinder und Jugendliche wurden diesbezüglich untersucht.

344 gesunde Probanden und 26 Patienten mit Kraniopharyngeom wurden untersucht hinsichtlich Impedanz, BMI, und Hautfaltendicke. Die Fettfreie Masse bzw. der Körperfettanteil wurde nach Formeln errechnet. Als Referenzmethode diente für die Kraniopharyngeompatienten die Zwei-Energie-Röntgenabsorptiometrie (DXA).

Anhand der Daten von 344 gesunden Kindern und Jugendlichen wurden Normalwerte für BI, BMI und Hautfaltendicken erarbeitet. Es ließ sich ein statistisch signifikanter Unterschied der beiden Geschlechter im Hinblick auf die gemessene Hautfaltendicke, die Impedanz und den aus der Impedanz errechneten Körperfettanteil zeigen. Die Anwendung publizierter Formeln erscheint nur für das Normalkollektiv geeignet.

Auch für junge Kraniopharyngeompatienten erwiesen sich Hautfaltenmessung und Bioelektrische Impedanzmessung als einfache und kostengünstige Bedside-Methoden geeignet zur Bestimmung der Körperzusammensetzung. Dies wurde durch die hohe Korrelation zu den Messwerten aus der DXA-Messung bestätigt. Resistance-Index (Körperhöhe²/Impedanz), BMI und die Subscapularfalte waren gleichwertig in ihrer hohen Korrelation zur FFM bzw. Fettmasse (FM).

Unter Verwendung einer neuen Berechnungsformel bietet die Impedanzmessung eine einfache und zuverlässige Methode zur Bestimmung der Körperzusammensetzung bei Patienten mit Kraniopharyngeom. Die Verlaufsbeurteilung der Körperzusammensetzung mittels BI wird prospektiv in der multizentrischen Beobachtungsstudie *Kraniopharyngeom 2000* ausgewertet.

6. Literaturverzeichnis

BAUMGARTNER RN, CHUMLEA WC, ROCHE AF 1990

Bioelectric impedance for body composition. In: Pandolf KB, Holloszy JO, eds.
Exercise and sport sciences reviews.

Baltimore: Williams & Wilkins, 1990: 193-224

BELLIZI MC, DIETZ WH, 1999

Workshop on childhood obesity: summary of discussion

American Journal of Clinical Nutrition 70: 173S-175S

BINNERTS A, DEURENBERG P, SWART GR, WILSON JH, LAMBERTS SW, 1992

Body composition in growth hormone-deficient adults

American Journal of Clinical Nutrition 55: 918-923

BOILEAU R, LOHMANN T, SLAUGHTER M, BALL T, GOING S, HENDRIX M, 1984

Hydration of the fat-free body in children during maturation.

Human Biology 56: 651-666

BRODIE D, MOSCRIP V, HUTCHEON R, 1998

Body composition measurement: a review of hydrodensitometry, anthropometry and impedance methods

Nutrition 14: 296-310

BRODIE D, STEWART A, 1999

Body composition measurement: a hierarchy of methods

Journal of Pediatric Endocrinology and Metabolism, 12, 801-816

COLLE M, AUZERIE J, 1993

Discontinuation of growth hormone therapy in growth-hormone deficient patients: assessment of body fat mass using bioelectrical impedance
Horm Res 39: 192-196

DEURENBERG P, KUSTERS CSL, SMIT HE, 1990

Assessment of body composition by bioelectrical impedance is strongly age-dependent.
European Journal of Clinical Nutrition 44: 261-268

DEURENBERG P, PIETERS JJ, HAUTVAST JG, 1990

The assessment of body fat percentage by skinfold thickness measurement in childhood and young adolescence
British Journal of Nutrition 63: 293

DEURENBERG P, VAN DER KOOY K, LEENEN R, WESTRATE JA, SEIDELL JC, 1991

Sex and age specific prediction formulas for estimating body composition from bioelectrical impedance: a cross-validation study.
International Journal of Obesity 15: 17-25

DEZENBERG CV, NAGY TR, GOWER BA, JOHNSON R, GORAN MI, 1999

Predicting body composition from anthropometry in pre-adolescent children
International Journal of Obesity 23: 253-259

ELLIS K, SHYPAILO R, PRATT J, 1994

Accuracy of dual-energy x-ray absorptiometry for body-composition measurements in children
American Journal of Clinical Nutrition 60: 660-665

ELLIS K, ABRAMS S, WONG W, 1997

Body composition of a young multiethnic female population
American Journal of Clinical Nutrition 65: 724-731

ELLIS K, 2000

Human Body Composition: In vivo methods

Physiological reviews Vol. 80, No. 2, April 2000

FOMON SJ, HASCHKE F, ZIEGLER EE, NELSON SE, 1982

Body composition of reference children from birth to age 10 years.

American Journal of Clinical Nutrition 35: 1169-1175

FORBES GB, 1972

Growth of the Lean Body Mass in man

Growth 36, 325-338

GUO SS, CHUMLEA WC, 1999

Tracking of body mass index in children in relation to overweight adulthood

American Journal of Clinical Nutrition 70 (suppl), 145S-8S

HASCHKE F, 1983

Body composition of the adolescent male.

Acta paediatr Scand Suppl 307: 1-23

HOFFER EC, MEADOR CK, SIMPSON DC, 1969

Correlation of whole-body impedance with total body water

J Appl Physiol 27: 531-534

HOUTKOOPER LB, LOHMANN TG, GOING SB, HALL MC, 1989

Validity of bioelectrical impedance composition assessment to children

J Appl Physiol 66: 814-821

HOUTKOOPER LB, GOING SB, LOHMANN TG, ROCHE AF, VAN LOAN M, 1992
Bioelectrical impedance estimation of fat-free body mass in children and youth: a cross-validation study
J Appl Physiol 72: 366-373

HUENEMANN RL, HAMPTON MC, BEHNKE AR, SPAPIRO LR, MITCHELL BM, 1974
Teenage nutrition and physique
Springfield, IL

KROMEYER-HAUSCHILD K, WABITSCH M, KUNZE D, 2001
Prävalenz der Adipositas bei deutschen Kindern und Jugendlichen -
neue Referenzwerte für den BMI
Monatsschrift Kinderheilkunde 149: 807-818

LOHMANN TG, 1981
Skinfolds and body density and their relation to fatness: a review
Human Biology 53: 181-225

LOHMANN TG, ROCHE AF, MARTORELL R, 1988
Anthropometric standardization reference manual
Human Kinetics Books

LUKASKI HC, JOHNSON PE, BOLUNCHUK WW, LYKKEN GI, 1985
Assessment of fat-free mass using bioelectrical impedance measurements of the human
body
American Journal of Clinical Nutrition 41: 810-817

MAST M, KÖRTZINGER I, KÖNIG E, MÜLLER MJ, 1998
Gender differences in fat mass of 5-7-year old children
International Journal of Obesity 22, 878-884

MÜLLER HL, SÖRENSEN N, 1999

HIT-Endo Kraniopharyngeom (Gesellschaft für Pädiatrische Onkologie und Hämatologie), Prospektive, multizentrische Beobachtungsstudie von Kindern und Jugendlichen mit Kraniopharyngeom

Verlag Isensee, Oldenburg

MÜLLER HL, BUEB K, BARTELS U, ROTH C, HARZ K, 2001

Obesity after childhood craniopharyngioma- German multicenter study on pre-operative risk factors and quality of life

Klinische Pädiatrie 213: 244-249

NYBOER J, BAGNO S, NIMS LF, 1943

The electrical impedance plethysmograph an electrical volume recorder

National Research Council, Committee on Aviation Medicine, Report No 149

REILLY JJ, WILSON J, MCCOLL JH, CARMICHAEL M, DURNIN J, 1996

Ability of bioelectric impedance to predict fat-free mass in prepubertal children

Pediatric Research 39: 176-179

REILLY JJ, 1998

Assessment of Body Composition in Infants and Children

Nutrition 14: 821-825

REINKEN L, STOLLEY H, DROESE W, VAN OOST G, 1980

Longitudinale Körperentwicklung gesunder Kinder II. Größe, Gewicht, Hautfettfalten von Kindern im Alter von 1,5 bis 16 Jahren

Klinische Pädiatrie 192: 25-33

REINKEN L, VAN OOST G, 1992

Longitudinale Körperentwicklung gesunder Kinder von 0 bis 18 Jahren

Klinische Pädiatrie 204: 129-133

RODRIGUEZ G, MORENO LA, SARRIA A, FLETA J, BUENO M, 1999

Letter to the editor: Diurnal variations in the assessment of body composition using bioelectrical impedance in children

European Journal of Clinical Nutrition 53: 244

RODRIGUEZ G, MORENO LA, SARRIA A, FLETA J, BUENO M, 2000

Assessment of nutritional status and body composition in children using physical anthropometry and bioelectrical impedance: influence of diurnal variations

Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition 30: 305-309

ROLLAND-CACHERA MF, COLE TJ, SEMPÉ M, TICHET J, ROSSIGNOL C, CHARRAUD A, 1991

Body Mass Index variations: centiles from birth to 87 years

European Journal of Clinical Nutrition 45, 13-21

SANFORD RA, MUHLBAUER MS 1991

Craniopharyngioma in children

Neurologic Clinics 9(2), 453-465

SARRIA A, GARCIA-LLOP LA, MORENO LA, FLETA J, MORELLÓN MP, BUENO M, 1998

Skinfold thickness measurements are better predictors of body fat percentage than body mass index in male Spanish children and adolescents

European Journal of Clinical Nutrition 52: 573-576

SCHÄFER F, GEORGI M, ZIEGER A, SCHÄRER K, 1994

Usefulness of Bioelectrical Impedance and Skinfold Measurements in Predicting Fat-Free Mass Derived from Total Body Potassium in Children

Pediatric Research 35: 617-624

SCHELL B, GROSS R 1987

The reliability of bioelectrical impedance measurements in the assessment of body composition in healthy adults

Nutr Rep Int 36: 449-59

SIRI WE, 1961

Body-composition from fluid spaces and density: analysis of methods

Techniques for Measuring Body Composition

Natl. Acad. Sci. Natl. Res. Council 223-224

SLAUGHTER MH, LOHMANN TG, BOILEAU RA, HORSWILL CA, STILLMAN RJ, VAN

LOAN MD, BEMBEN DA, 1988

Skinfold equations for estimation of body-fatness in children and youth.

Human Biology 60: 709-723

TANNER JM, Hughes PCR, WHITEHOUSE RH, 1981

Radiographically determined widths of bone, muscle and fat in the upper arm and calf from age 3-18 years

Ann Hum Biol 8, 495-517

WESTRATE JA, DEURENBERG P, 1989

Body composition in children: proposal for a method for calculating body fat percentage from total body density or skinfold-thickness measurements

American Journal of Clinical Nutrition 50, 1104-1115

ZIMMERMANN RA, GRBBY W, 2000

Neuroimaging, Clinical and Physical principles

Springer 2000

7. Anhang

7.1. Aufklärungsbogen

zur Durchführung einer Messung des Körperwiderstands mit einem Messgerät (Bodystat 1500)

Wir untersuchen mögliche Ursachen für die Entstehung einer Fettsucht im Kindes- und Jugendalter. Voraussetzung hierfür ist, zunächst einmal das Vorliegen einer Fettsucht festzustellen und den Grad der Ausprägung zu messen. Das Wiegen des Körpergewichts ist hierfür die einfachste Methode. Allerdings gibt das Körpergewicht nur indirekte Hinweise auf einen gesteigerten Fettanteil. Die Messung des Körperwiderstands mit einem batteriebetriebenen Widerstandsmesser erlaubt Rückschlüsse auf den Fettanteil am Gewicht.

Um die Messung beurteilen zu können, ist es wichtig, neben übergewichtigen Patienten auch Kinder und Jugendliche zu untersuchen, die kein Übergewicht haben.

Wir möchten Sie daher um Ihre Einverständnis zur Messung des Körperwiderstands mit einem Messgerät (Bodystat 1500) bitten:

Ablauf:

Die Messung sollte morgens nüchtern und in Ruhe (im Liegen) durchgeführt werden.

An Handrücken und Handgelenk, Fußrücken und Fußgelenk werden je zwei Elektroden aufgeklebt, die mit dem Messgerät verbunden werden. Die eigentliche Messung dauert nur wenige Sekunden.

Das Verfahren ist nebenwirkungsfrei und nicht schmerzhaft oder gesundheitsschädlich.

Die gemessenen Werte des Körperwiderstands sowie die Körpergröße, das Körpergewicht, Geschlecht und Geburtstag ihres Kindes werden in anonymisierter Form erfaßt und ausgewertet.

Einverständniserklärung zur Durchführung einer Körperwiderstandsmessung mit Bodystat 1500 und zur Teilnahme an der wissenschaftlichen Untersuchung zum Fettmasseanteil am Körpergewicht:

Ich erkläre mich damit einverstanden, dass eine Bestimmung des Körperwiderstands zur Abschätzung des Fettmasseanteils mit dem Messgerät Bodystat 1500 durchgeführt wird. Weiterhin erkläre ich mich damit einverstanden, dass die erhobenen Messwerte in anonymisierter Form ausgewertet werden.

Ort, Datum

Unterschrift der/des Erziehungsberechtigten

7.2. Zustimmung der Ethikkommission

Ethik-Kommission der Medizinischen Fakultät der Universität Würzburg



Ethik-Kommission der Med. Fakultät • Josef-Schneider-Str. 2 • 97080 Würzburg

Herrn
Priv.-Doz. Dr. H. Müller
Kinderklinik u. Poliklinik
d. Universität
Josef-Schneider-Str. 2

97080 Würzburg

97080 Würzburg
Josef-Schneider-Straße 2, Bau 11
Telefon (0931) 201 3856
Telefax (0931) 201 3860

Studien-Nr: 68/97 Unsere Zeichen: Gr/Schm
(bei Rückfragen immer angeben)

Würzburg, den 03.03.1999

Ihre Studie zum Thema: „Adipositas nach Behandlung intracranieller Tumoren im Kindes- und Jugendalter, Untersuchung von Risikofaktoren“

Sehr geehrter Herr Doktor Müller,

in der Sitzung der Ethik-Kommission vom 22. Februar 1999 wurde das Amendement zu o. g. Studie bezüglich der Zusatzuntersuchung der Bodyimpedanz beraten. Es bestehen keine Bedenken gegen diese Zusatzvereinbarungen zum Studienprotokoll. Das Votum der Kommission vom 15. Juli 1997 bleibt deshalb unverändert gültig.

Mit freundlichen Grüßen

Prof. Dr. G. Njssen
Vorsitzender
der Ethik-Kommission

**10.1. Votum der Ethikkommission der Medizinischen Fakultät der Julius-Maximilians
Universität Würzburg vom 15.11.1999**

**Ethik-Kommission
der Medizinischen Fakultät
der Universität Würzburg**



Ethik-Kommission der Med. Fakultät • Josef-Schneider-Str. 2 • 97080 Würzburg

Herrn
Priv.-Doz. Dr. H. Müller
Kinderklinik u. Poliklinik
d. Universität
Josef-Schneider-Str. 2

97080 Würzburg

97080 Würzburg
Josef-Schneider Straße 2, Bau 11
Telefon (0931) 201 3856
Telefax (0931) 201 3860

Studien-Nr: 140/99
(bei Rückfragen immer angeben)

Unsere Zeichen: Gr/Schm

Würzburg, den 22. November 1999

Ihre Studie zum Thema: „Prospektive, multizentrische Beobachtungsstudie von Kindern und Jugendlichen mit Kraniopharyngeom (HIT-Endo Kraniopharyngeom)“

Sehr geehrter Herr Doktor Müller,

in der Sitzung der Ethik-Kommission vom 15. November 1999 wurde o. g. Studie auf der Basis folgender Unterlagen beraten: Antrag vom Oktober 99, Studienprotokoll vom 26.10.99, Patienteninformation und -einverständniserklärung. Seitens der Kommission bestehen keine Bedenken gegen die Durchführung der geplanten klinischen Studie.

Sie werden gebeten, Ihrem Antrag und Studienprotokoll entsprechend vorzugehen und die im Fragebogen zum Antrag aufgeführten Angaben bzw. Auflagen sowie die Deklaration des „Weltärztebundes von Helsinki und Tokio“ hinsichtlich der ethischen und rechtlichen Aspekte biomedizinischer Forschung am Menschen zu beachten.

Entsprechend der ausschließlich beratenden Funktion der Ethik-Kommission betrifft unser Votum nur die ethische Beurteilung des Projektes und der beabsichtigten Patientenaufklärung. Die ärztliche und juristische Verantwortung verbleibt jedoch uneingeschränkt beim Projektleiter und seinen Mitarbeitern, so daß alle zivil- und haftrechtlichen Folgen, die sich ergeben könnten, von dieser Seite zu tragen sind.

Die Ethik-Kommission wünscht Ihnen für Ihr Vorhaben viel Erfolg.

Mit freundlichen Grüßen

F. Grehn
Prof. Dr. F. Grehn
Vorsitzender
der Ethik-Kommission

Ich danke

Herrn PD Dr. Müller für die Betreuung der Arbeit, die Bereitstellung der nötigen Geräte und vor allem für die Zeit, die er sich immer wieder genommen hat, um gemeinsam Fragen und Probleme zu besprechen,

Herrn PD Dr. Schneider für die Bereitstellung der DXA-Daten sowie seine anschaulichen Erläuterungen zur Technik dieser Messung,

Herrn Spahn vom Rechenzentrum für die Beratung in Fragen zu SPSS.

Mein besonderer Dank gilt auch den Kindern und Jugendlichen, die sich während eines stationären Aufenthalts in der Kinderklinik als Probanden für meine Messungen zur Verfügung gestellt haben sowie den Schwestern und Pflegern für ihre hilfreiche Unterstützung,

außerdem den Kindern des Kindergartens Schwarzbach, den Schülerinnen und Schülern der Grundschule Fischbach und der Rabanus-Maurus-Schule Fulda dafür, dass sie als Probanden an den Messungen teilgenommen haben.

Annika, Ina, Valentin, Britta, Rainer, Christine, Matthias und Christian möchte ich für die gemeinsame Zeit in Würzburg danken,

meinen Eltern, dass sie mir das Medizinstudium ermöglicht haben.

Lebenslauf von Carmen Zinn

Persönliche Daten	Familienstand: ledig Geburtsdatum: 22.10.74 Geburtsort: Fulda
Schulische Ausbildung	8/81 - 7/85 Grundschule Schwarzbach 8/85 - 7/94 Marienschule Fulda
Freiwilliges soziales Jahr	9/94 - 2/95 St. Elisabeth-Krankenhaus Damme
Studium	5/95 Studienbeginn Humanmedizin Julius-Maximilians-Universität Würzburg 4/97 Physikum (Note: 2,33) 3/98 1. Staatsexamen (Note: 2,00) 4/00 2. Staatsexamen (Note: 1,66) 9/01 3. Staatsexamen (Note: 1,00)
Famulaturen	9/97 Chirurgie, Missionsärztliche Klinik Würzburg 9/98 Orthopädie und Kinderorthopädie Royal Infirmary, Princess Margaret Rose Hospital und Royal Hospital for Sick Children, Edinburgh 4/99 Innere Medizin, Missionsärztliche Klinik Würzburg 8/99 Gynäkologie und Geburtshilfe Missionsärztliche Klinik Würzburg 9/99 Praxis für Allgemeinmedizin 4/00 - 6/00 Medical Health Centre Bafut, Kamerun
Praktisches Jahr	8/00 - 12/00 Chirurgie, Spital Bülach, Schweiz 12/00 - 3/01 Innere Medizin, Missionsärztliche Klinik Würzburg 3/01 - 7/01 Pädiatrie, Universitätsklinik Würzburg Kantonsspital Münsterlingen, Schweiz
Dissertation	Bestimmung der Körperzusammensetzung bei gesunden Kindern und Jugendlichen sowie Patienten mit Kraniopharyngeom mittels Bioelektrischer Impedanzmessung und Anthropometrie
Tätigkeiten neben dem Studium	Regelmäßige Nachtwachen Intensivstation Herz-Thorax-Chirurgie Mitarbeit im Hospizverein Teilnahme an: Kursus für pädiatrische Sonographie Vorlesungsreihe "Ethik in der Medizin" Sommerakademie "Medizin in den Tropen"
Computerkenntnisse	Word, Power-Point, SPSS
Hobbys	lesen, Bergwandern, Querflöte spielen