

Klinische Methoden

W. Nützenadel, M. B. Krawinkel

- 1.1 Erhebung der Anamnese und des körperlichen Befundes – 4**
 - 1.1.1 Anamnese – 4
 - 1.1.2 Körperlicher Befund – 5
- 1.2 Erfassung des Ernährungsstatus – 6**
 - 1.2.1 Auxiologische und anthropometrische Parameter – 6
 - 1.2.2 Körperzusammensetzung, bioelektrische Impedanzanalyse (BIA) und Hautfaltendicke – 8
 - 1.2.3 Ruheenergieumsatz und indirekte Kalorimetrie – 8
 - 1.2.4 Stickstoffbilanz – 9
 - 1.2.5 Stabile Isotope – 9
 - 1.2.6 Sonographie – 9
 - 1.2.7 Röntgenuntersuchungen – 9
 - 1.2.8 Biochemische Untersuchungen – 9
 - 1.2.9 Verzehrserhebungen – 11
- Literatur – 11**

1.1 Erhebung der Anamnese und des körperlichen Befundes

W. Nützenadel

Die Bausteine einer Diagnose und der sich daraus ableitenden Therapie sind Anamnese- und klinischer Untersuchungsbefund sowie die Ergebnisse von Labor- und anderen technischen Untersuchungen. Die Diagnosegenauigkeit ist von der Anamnesequalität, der klinischen Befunderhebung, der Einordnung von Labor- und sonstigen Befunden sowie der Integration und Interpretation aller Befunde abhängig.

1.1.1 Anamnese

Die Anamnese kranker Kinder ist überwiegend eine **Fremdanamnese** der Mutter, des Vaters oder einer Pflegeperson. Mit dem Älterwerden und besonders in der Pubertät wächst der Anspruch des kindlichen Patienten, das Gespräch selbst zu gestalten.

► Eine direkte Zwiesprache zwischen Kind und Arzt sollte soweit möglich immer gesucht werden.

Unvermeidbar ergeben sich dabei auch divergierende kindliche und elterliche Aussagen zum Grad der Beschwerden, zur Medikamenteneinnahme sowie zu den Beeinträchtigungen im täglichen Leben. Die Anamneseerhebung beginnt mit einem von keinen Zwischenfragen unterbrochenen Bericht zu Schmerzen, sonstigen Symptomen und anderen Störungen. Erst danach erfolgt eine gezielte und problemorientierte Befragung durch den Arzt mit der Gelegenheit, Unklarheiten auszuräumen. Frühe Festlegungen zu Diagnosen und Therapien sollten vermieden werden, weil sie Eltern und Patienten fehlleiten und verunsichern.

■ Aktuelle Beschwerden

Die der freien Schilderung folgenden Ergänzungen betreffen den zeitlichen Beginn, den tageszeitlichen Wandel und die Veränderungen der Symptome im Verlauf sowie die nicht spontan geäußerten Zusatzsymptome, die Medikamenteneinnahme, vorausgegangene Therapien und deren Effekte. Die folgenden Symptome sind für die Differenzialdiagnostik besonders wichtig:

- **Obstipation:** Beginn der Symptome (Neugeborenen-, Säuglingsalter), verzögerter Mekoniumabgang, Anzahl der Tage ohne Stuhlabgang, schmerzhafter Stuhlgang mit Blut- oder Schleimbeimengungen, Vorhandensein des Stuhldrangs, Form des Stuhls, Notwendigkeit starken Pressens beim Stuhlgang, lange Defäkationszeiten, Stuhlschmierer, permanente oder sporadische Symptome, Art der Ernährung, vollzogene Sauberkeitserziehung.
- **Chronische Diarrhö:** Gewichts- und Längenentwicklung, Einfluss von Diät und anderen Therapieversuchen auf Gewicht, Diarrhö und andere Symptome, Aufnahme

von Nahrungsmitteln, die eine Diarrhö auslösen können (Laktose, Fruktose, Sorbit, Gliadin, Kuhmilch und andere Nahrungsmittelallergene), Art der Stühle (voluminöse Stühle bei Malabsorption, wässrige Stühle bei osmotischer und/oder sekretorischer Diarrhö), Blut- oder Schleimbeimengungen, Bauchschmerzen, Erbrechen, Fieber, Gelenkschmerzen, Hautveränderungen, Appetit.

- Geringe oder keine Bedeutung hat die Stuhlfarbe mit den Ausnahmen schwarzer Stühle bei intestinaler Blutung und weißer Stühle bei Cholestase.
- **Erbrechen:** Gedeihen, zeitlicher Zusammenhang mit der Nahrungsaufnahme, tageszeitliche Bindung (z. B. ausschließlich nächtliches Erbrechen), Nüchternerebrechen, Typ des Erbrechens (schwallartig, mehr passives Herauslaufen), Beimengungen (Blut, Galle, Kot), epigastrische oder retrosternale Schmerzen, Sodbrennen, saures Aufstoßen, Regurgitation, Schluckbeschwerden, Appetit und Nahrungsaufnahme.
 - Zu beachten sind bronchiale Obstruktion und Husten.
 - Zu bedenken ist, dass Erbrechen bei Erkrankungen vieler Organsysteme vorkommt und somit auch viele Erkrankungen ohne gastroenterologische Befunde zu erwägen sind.
- **Bauchschmerzen:** Gedeihen, zeitliche Bindung der Schmerzen an die Nahrungsaufnahme, Charakter und Lokalisation des Schmerzes (Dauerschmerz, Kolik, in den Rücken oder die Inguinalregion ausstrahlend), Obstipation, Probleme bei der Defäkation, letzter Stuhlgang, harte oder großkalibrige Stühle, psychische Alterationen und Auffälligkeiten, Schulprobleme, intrafamiliäre Probleme, soziale Aktivitäten, Bauchschmerzen, Ulkuserkrankungen oder Helicobacter-pylori-Infektionen in der Familie.
 - Bauchschmerzen sind ein sehr häufiger Vorstellungsgrund. Die Mehrzahl der Patienten leidet jedoch nicht an einem organisch definierten Krankheitsbild.
- **Ikterus:** Stuhlfarbe, Urinfärbung, Juckreiz, Bauchschmerzen, Koliken, Fieber, Erkrankungen mit Ikterus in der Familie oder in der näheren Umgebung

■ Voranamnese

Oligo- oder Polyhydramnion, zurückliegende Erkrankungen und Symptome (besonders vorangegangene chirurgische Eingriffe) sowie die bisherige Gewichts-, Längen- und Pubertätsentwicklung können wichtige Informationen zur Diagnostik liefern.

■ Familienanamnese

Konsanguinität, Geschwisterreihung, Familienmitglieder mit Erkrankungen des Darmtrakts oder ähnlicher Symptomatik sowie intrafamiliäre Konflikte können bedeutsam sein.

■ Psychosoziale Anamnese

Kindergarten-, Schulbesuch, Schulleistungen, Kontakte zu Gleichaltrigen, Hobbys, sportliche Aktivitäten (z. B. im Verein) sollten erfragt werden.



■ **Abb. 1.1 a,b.** Erhebliche Unterschiede des Gesamteindrucks vor (a) und nach (b) Therapie einer Unterernährung. Vor der Therapie erkennt man ein vorgewölbtcs Abdomen, eine Atrophie von Haut, Muskulatur und Weichteilen sowie eine schlaife Körperhaltung. Nach der Therapie sind eine Normalisierung der Körperproportionen, der Eintritt der Thelarche sowie ein Längenzuwachs zu erkennen

■ Ernährungsanamnese

Diese ist im Säuglingsalter besonders wichtig. Angaben zur Brust- oder Flaschenfütterung, zur Art der Nahrung, zum Fütterungsrhythmus sowie zu Art und Zeitpunkt der ersten Breifütterung liefern differenzialdiagnostische Hinweise.

1.1.2 Körperlicher Befund

Die Untersuchung sollte umfassend sein, daher müssen alle Organsysteme und Körperregionen untersucht werden, auch weil Nebensymptome häufig erhebliche Bedeutung für die Diagnose haben. Der Patient sollte bis auf die Unterhose unbedeckt sein. Bei ausgeprägtem Schamgefühl sind eine Teilbedeckung und ein abschnittsweises Vorgehen angemessen.

■ Allgemeiner Eindruck

Krankheit und Wohlbefinden offenbaren sich oft schon beim **Anblick des Patienten**: Ein müder Blick, ein trauriger Gesichtsausdruck, eine schlaife Körperhaltung sowie eine blasse Haut signalisieren häufig schlechtes Befinden und ergänzen die Anamnese (■ Abb. 1.1). Eine Abschätzung der Bewusstseinslage und der Reaktionsfähigkeit sollte erfolgen. Eminent wichtig ist die Beurteilung des Ernährungsstatus und der somatischen Entwicklung durch Beurteilung des Weichteilmantels und der Muskulatur sowie durch Gewichts- und Längenmessung und den Abgleich mit Normwerten (Perzentilen, Body-Mass-Index, Standard Deviation Score für Körperlänge und -gewicht). Die Ausprägung des Unterhautfettgewebes (■ Abb. 1.2) kann visuell geschätzt werden oder quantitativ

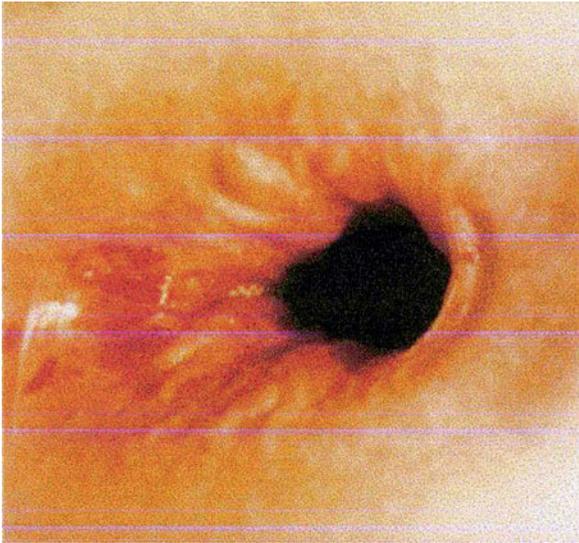


■ **Abb. 1.2** „Tabaksbeutelgesäß“: faltige Haut der Glutealregion durch Schwund der Glutealmuskulatur und des subkutanen Fettgewebes

mittels Hautfaltenmessung, optischer Verfahren (Lipometer) oder Bildgebung (CT, MR) erfasst werden.

■ Haut

Bei Unterernährung zeigt sich häufig eine trockene, oft auch blasse Haut, zudem schütteres, trockenes Haar. Der Hautturgor ist für die Beurteilung der Hydratation und des Wasserverlustes wichtig. Ein Pyoderma gangraenosum oder ein Erythema nodosum, ein perianales Ekzem und/oder Erythem sowie Rhagaden, Fisteln und Marisken finden sich bei chronisch-entzündlichen Darmerkrankungen. Bei Leberzirrhose mit portaler Hypertension können ein Palmarerythem, an-



■ **Abb. 1.3** Starrer, entzündlich veränderter Anus mit mehreren tiefen Fissuren und perianalem Erythem bei einem Patienten mit M. Crohn

giomatöse Veränderungen (Lebersternchen) und eine venöse Gefäßzeichnung der Bauchhaut oder des Nabels (Caput medusae) beobachtet werden.

■ Kopf-, Hals- und Thoraxorgane

Pathologische Befunde dieser Organe sind bei pädiatrischen gastroenterologischen Erkrankungen eher weniger bedeutend. Ein leichter Ikterus ist an den Konjunktiven eher erkennbar als an der Haut. Perlèche, Ulzerationen und Stomatitis finden sich häufig bei Patienten mit chronisch-entzündlichen Darmerkrankungen. Die Feuchtigkeit der Mundschleimhaut erlaubt eine Abschätzung des Hydrationszustandes. Die Untersuchung von Herz und Lunge ist immer erforderlich. Pneumonien und basale Pleuritiden können mit einer abdominalen Symptomatik manifest werden.

■ Abdomen

Der abdominalen Untersuchung kommt eine große Bedeutung zu. Unruhe und Abwehr können die Beurteilung erheblich erschweren; hilfreich sind Ablenkung und ggf. eine Palpation bei zugedecktem Abdomen. Form und Größe, Vorwölbung und eingefallene Bauchdecken sollten inspektorisch beurteilt werden. Leber- und Milzgröße sowie tumoröse und entzündliche Resistenzen sind palpatorisch zu erfassen. Besonders ist auf Druckschmerz und Abwehrspannung, Klopfschmerz, Loslassschmerz und lokalisierte Schmerzen zu achten. Eine Vorwölbung des Abdomens und des Nabels deutet auf das Vorhandensein von Aszites hin, der sich durch die Prüfung der Undulation weiter bestätigen lässt. Mittels Auskultation werden die Darmgeräusche quantifiziert (wenige oder keine Darmgeräusche: paralytischer Ileus) und qualifiziert (helle und klingende Darmgeräusche: Obstruktionsileus). In der Inguinalregion ist auf Hernien, Hydrozelen und Hodenanomalien zu achten. Notwendig sind die anale und die

digitale rektale Untersuchung besonders bei Obstipation, rektaler Blutung sowie Verdacht auf M. Hirschsprung, Polypen, Invagination und entzündliche Prozesse im Douglas-Raum. Perianale Veränderungen wie Marisken, Dermatitis, Fisteln und Rhagaden finden sich bei entzündlichen Erkrankungen des Kolons (■ Abb. 1.3).

■ Skelettsystem

Arthritiden und Arthralgien finden sich bei chronisch-entzündlichen Darmerkrankungen.

■ Neurologischer Befund

Bei hepatischer Hyperammonämie, bei Stoffwechselerkrankungen wie M. Wilson, Tyrosinose Typ I, M. Niemann-Pick, M. Gaucher, M. Wolman und Mitochondriopathien sowie bei Störungen der Fettsäureoxidation finden sich eine Lebervergrößerung und auffällige Leberwerte, begleitet von akuten oder chronischen Bewusstseinsstörungen und/oder neurologischen Symptomen.

1.2 Erfassung des Ernährungsstatus

M. B. Krawinkel

Im Kindesalter gilt die „normale“ somatische Entwicklung als grundlegender Indikator für einen guten Ernährungsstatus. Daher kommt der Erfassung von Körpergewicht und Körperlänge/-höhe eine große Bedeutung zu. Daneben gibt es weitere Methoden zur Beurteilung des Ernährungszustandes oder einzelner Aspekte.

1.2.1 Auxiologische und anthropometrische Parameter

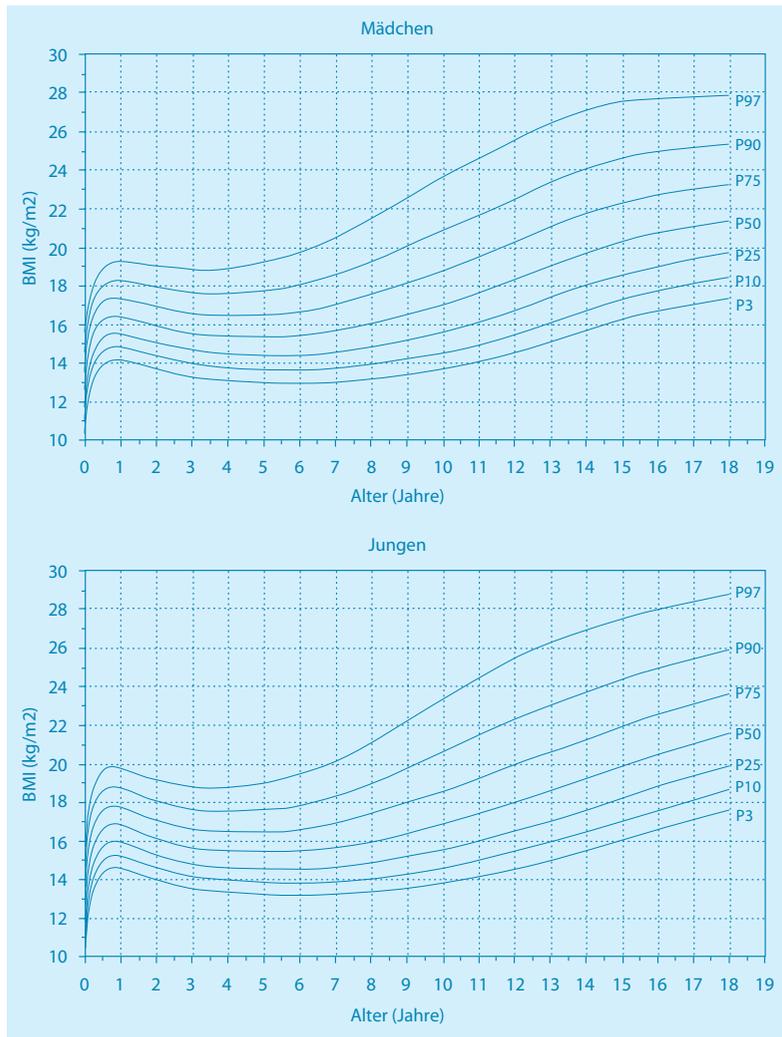
Grundlage jeder Beurteilung des Ernährungszustandes ist die exakte Erhebung von **Körpergewicht** und **Körperlänge/-höhe**.

Der **Body-Mass-Index (BMI)** wird folgendermaßen gebildet:

$$BMI = \frac{\text{Körpergewicht (kg)}}{\text{Körperlänge (m}^2\text{)}}$$

Für die Beurteilung des Ernährungszustandes ausgewachsener Menschen sind international Grenzwerte definiert worden. Für das Kindes- und Jugendalter stehen Entwicklungskurven für den BMI zur Verfügung, die für beide Geschlechter den Verlauf vom ersten Lebensjahr bis zum Ende der Wachstumsphase darstellen (■ Abb. 1.4). Die Verteilung wird entweder in Perzentilen oder als Z-Score angegeben. Letzterem liegt die Standardabweichung in der Referenzbevölkerung zugrunde. Bei der Betreuung mangelernährter Kinder werden die Begriffe „wasting“ für ein Gewicht unterhalb von -2 Standardabweichungen und „stunting“ für eine Länge von weniger als -2 Standardabweichungen vom Referenzmedian verwendet.

Der BMI drückt das Verhältnis des Gewichts zur Länge/Höhe aus. Das Körpergewicht wird längenunabhängig insbe-



■ **Abb. 1.4** Referenzdaten des Body-Mass-Index (BMI) für das Kindes- und Jugendalter. (Aus Kromeyer-Hauschild et al. 2001)

sondere als Verlaufskontrolle zur Beurteilung von kurzfristigen Änderungen des Ernährungszustandes herangezogen.

- ▶ **Extrem kurze und lange Körperlängen (Kleinwuchs und Hochwuchs) können bei Bezug des Gewichts auf die Länge eine scheinbare „Normalisierung“ des Ernährungszustandes trotz hohem oder niedrigem Gewicht zur Folge haben. Insofern sollte im Kindes- und Jugendalter die Körperlänge immer mit Bezug auf altersbezogene Referenzwerte beurteilt werden.**

Während dem Körpermasseindex die gleiche Definition zugrunde liegt wie dem BMI, wird bei der Beurteilung des **Längensollgewichts** das aktuelle Körpergewicht mit längenbezogenen Referenzwerten für das Körpergewicht verglichen. Das Ergebnis wird in Prozent des Medians der Referenzwerte ausgedrückt:

Längensollgewicht = Körpergewicht in % des Medians des auf die Körperlänge bezogenen Gewichts in der Referenzgruppe.

Bei einem Wert von >120 % spricht man von Übergewicht.

Dystrophie wird anthropometrisch definiert als ein Längensollgewicht von <85 % des Medians oder als eine Gewichtsabnahme um mehr als eine Standardabweichung (Gewichtsverlust von >5 % in den vorangegangenen 3 Monaten oder Gewichtsverlust von >10 % in den vorangegangenen 6 Monaten). Auch ein Absinken auf der Gewichts- oder Wachstumskurve im Vergleich zu den Voruntersuchungen um mehr als 2 Hauptperzentilen – bezogen auf die genetische Zielgröße des Patienten – entspricht einer Dystrophie.

Bei stark übergewichtigen und adipösen Kindern in Verbindung mit Kleinwuchs ist an endokrine Störungen (z. B. Hypothyreose, M. Cushing) zu denken.

Unter der genetisch oder familiär determinierten **Zielgröße** versteht man einen Wert, der sich als arithmetisches Mittel der Körperlängen beider leiblicher Eltern plus 6,5 cm für Jungen und minus 6,5 cm für Mädchen errechnet. Um der Modifikation dieses Wertes durch Umwelteinflüsse Rechnung zu tragen, wird er mit einem Vertrauensbereich von $\pm 8,5$ cm angegeben.

Zur Beurteilung von Gewicht und Länge unter Bezug auf das Alter kann es notwendig sein, neben dem chronologischen Alter das biologische oder **Skeletalter** zu schätzen. Dazu wird eine Röntgenaufnahme der linken Hand mit standardisiert angefertigten Handaufnahmen von Kindern und Jugendlichen verglichen, die eine langsame (verzögerte), zeitgemäße oder schnelle (beschleunigte) Knochenentwicklung zeigen. Bei Entwicklungsverzögerung oder -akzeleration sollten Gewicht und Länge auf das biologische Alter bezogen interpretiert werden.

1.2.2 Körperzusammensetzung, bioelektrische Impedanzanalyse (BIA) und Hautfaltendicke

Die Bestimmung der Körperzusammensetzung ist indiziert, wenn der Frage nachgegangen werden soll, zu welchen Anteilen das Körpergewicht auf das Körperwasser, das Fett und die Magermasse entfällt. Bei der **bioelektrischen Impedanzanalyse (BIA)** wird die elektrische Kapazität des Organismus bei Durchströmung mit einem schwachen elektrischen Strom gemessen. Der Messung liegt die Vorstellung zugrunde, dass Wasser, Fett und die Zellmembranen der Gewebe in unterschiedlichem Maß zum Gesamtwiderstand und zur Gesamtkapazität beitragen.

Zur Messung werden nach Entfettung der Hautareale Elektroden jeweils unmittelbar proximal der Hand- und Sprunggelenke auf die Haut aufgebracht. Ein mit den Elektroden verbundener Stromgenerator erzeugt einen Wechselschwachstrom von etwa 0,8 μ A, der durch den Organismus fließt.

► Bei Patienten mit Herzschrittmachern darf die Messung nicht durchgeführt werden.

Das Messgerät – in Geräteeinheit mit dem Generator bzw. Transformator – zeigt den Widerstand (Resistance) und die Gesamtkapazität (Reactance) an. Letztere wird als Verschiebung des Phasenwinkels α gemessen.

Auswertungsalgorithmen (nach Lukaski u. Bolonchuk 1988)

- Magermasse: $0,406$ (Kinder unter 16 Jahren) bzw. $0,340$ (Jugendliche ab 16 Jahren) \times [Körperlänge (cm²)/Resistance] + $0,273 \times$ Körpergewicht (kg) + $15,34 \times$ Körperlänge (m) + $4,56 \times 1$ (Jungen) bzw. 0 (Mädchen) – $0,127 \times$ Alter (Jahre) – $12,44$ (Deurenberg et al. 1991)
- Fettmasse: Körpergewicht minus Magermasse
- Körperwasser: $0,277 \times$ [Körperlänge (cm²)/Resistance] $\times 0,14 \times$ Körpergewicht (kg) – $0,08 \times$ Alter (Jahre) + $2,9 \times 1$ (Jungen) bzw. 0 (Mädchen) + $4,65$

Bei der **Körperfettwaage** wird lediglich mit 2 Elektroden gemessen, in der Regel unter den Füßen der stehenden Messperson. Wegen des auf die untere Körperhälfte beschränkten

Stromflusses ist die Messung weniger informativ, gerade was das abdominale Fett betrifft. Manche Geräte haben zusätzliche Elektroden, die mit beiden Händen angefasst werden, um mit 4 Punkten messen zu können.

Ältere, z. T. extrem aufwendige Methoden zur Untersuchung der Körperzusammensetzung (z. B. Ganzkörperkaliumbestimmungen) sind durch die BIA aus dem klinischen Gebrauch verdrängt worden, obwohl die verschiedenen Methoden nicht immer zu übereinstimmenden Ergebnissen führen (Mast et al. 2002).

In der Praxis kann auch die Messung der **Hautfaltendicke** einen Hinweis auf den Körperfettanteil geben. Dazu werden mit einem geeichten Kaliber Messungen am Oberarm, am Rücken unter der Skapula und am Bauch durchgeführt und die Ergebnisse in einen Algorithmus eingesetzt (hier als Beispiel die Verwendung der Trizepshautfaltendicke, THF, nach Dezenberg et al. 1999):

$$\text{Körperfettanteil (\%)} = (0,332 \times \text{Gewicht in kg}) + (0,230 \times \text{THF in cm}) + (0,641 \times 2 \text{ für Frauen und Mädchen bzw. } 1 \text{ für Männer und Jungen}) + 0,875 - 8,004$$

Für die Bestimmung des Körperfetts anhand der Hautfaltendickemessung wird eine mittlere Abweichung von 4,67 % für Jungen und 7,81 % für Mädchen angegeben (Hammond et al. 1994). Gegenüber der hier nicht besprochenen Deuteriumverdünnungsmethode beträgt die Abweichung $1,8 \pm 3,2$ % (Barrera et al. 1997).

1.2.3 Ruheenergieumsatz und indirekte Kalorimetrie

Grundlage der biochemischen Energiegewinnung im Organismus ist die Oxidation von Kohlenstoff zu Kohlendioxid. Das bedeutet, dass anhand der Sauerstoffaufnahme und der Kohlendioxidexhalation der **Energieumsatz** indirekt bestimmt werden kann. Im Unterschied zu einer direkten Kalorimetrie wird die Wärmeproduktion nicht gemessen, was methodisch sehr aufwendig wäre.

Erfolgte die Messung ursprünglich in einem Ganzkörper-Bodyplethysmograph, so wird heute in der Regel lediglich eine Haube benutzt, die so über den Kopf der liegenden Messperson platziert wird, dass die **Erfassung der Atemgase** möglich ist. Das Kalorimeter kann für die Intensivmedizin auch in Verbindung mit dem Beatmungsgerät eingesetzt werden; dazu werden die Atemgase an entsprechenden Sensoren vorbeigeleitet. Um die gemessenen Werte für Sauerstoffaufnahme und Kohlendioxidabgabe mit alters- und geschlechtsspezifischen Referenzwerten vergleichen zu können, sind folgende Rahmenbedingungen definiert:

- Zeitpunkt und Dauer der Messung,
- zeitlicher Abstand zur Nahrungsaufnahme,
- Ruhe (nicht Schlaf).

Dem Ruheenergieumsatz synonym ist der Grundumsatz oder die „basal metabolic rate“. Daneben können durch

entsprechende Anordnung des Messsystems auch Energieumsätze bei körperlicher Aktivität untersucht werden, z. B. in Verbindung mit einem Ergometer. Zur Berechnung des Energieumsatzes aus dem Sauerstoffverbrauch und der Kohlendioxidabgabe stehen Formeln zur Verfügung, in die neben den Messwerten das Körpergewicht und das Alter eingehen. Bei Säuglingen und Kleinkindern werden auch Messungen im Schlaf durchgeführt, die dann aber nicht mit Referenzwerten vergleichbar sind, die unter anderen Bedingungen gewonnen wurden.

Neben der Kalorimetrie kann der Energieumsatz auch anhand der **Formel von Harris und Benedict für Erwachsene** abgeschätzt werden:

- Ruheenergieverbrauch (Männer) = $66,6 + 13,75 \times \text{Körpergewicht (kg)} + 5,003 \times \text{Körperlänge (m)} - 6,775 \times \text{Alter (Jahre)}$
- Ruheenergieverbrauch (Frauen) = $65,1 + 9,563 \times \text{Körpergewicht (kg)} + 1,85 \times \text{Körperlänge (m)} - 4,676 \times \text{Alter (Jahre)}$

Weiterhin gibt es Algorithmen, die den Energieumsatz aus Änderungen der Pulsfrequenz während körperlicher Aktivität abschätzen. Diese Verfahren sind jedoch für Kinder nicht validiert.

1.2.4 Stickstoffbilanz

Global gesehen ist Wachstum im Normalbereich der wichtigste indirekte Indikator einer ausreichenden Eiweißaufnahme. Die Stickstoffbilanz (aufgenommener minus mit Stuhl und Urin ausgeschiedener Stickstoff) ist im Wesentlichen dann von Bedeutung, wenn ein hartnäckiger Katabolismus überwunden werden soll. Für die Stickstoffbilanz ist es wesentlich, dass das gesamte Nahrungseiweiß qualitativ und quantitativ erfasst wird; die Bestimmung in den Ausscheidungen ist methodisch relativ einfach.

- **Eine positive Stickstoffbilanz ist ein Hinweis auf eine effektive Proteinsynthese des Organismus.**

1.2.5 Stabile Isotope

Als Methode wissenschaftlicher nichtinvasiver In-vivo-Ernährungsstudien hat sich die Markierung von Nährstoffen durch stabile Isotope bewährt. So können Verdauung, Resorption, Stoffwechsel und Ausscheidung der Nährstoffe oder ihrer Substrate mittels einer intrinsischen Markierung (im jeweiligen Nährstoff) verfolgt werden. Der hohe Aufwand für die Markierung der Nährstoffe steht einer breiten klinischen Anwendung entgegen. Lediglich der **H₂-Atemtest** hat sich in der klinischen Routine zur Beurteilung der Verdauungsleistung durchgesetzt.

1.2.6 Sonographie

Die Sonographie ist keine primäre Methode zur Beurteilung des Ernährungszustandes, sondern hat nur für spezielle Fragestellungen Bedeutung. Anhand der Echogenität kann z. B. der Fettgehalt der Leber geschätzt werden. Intraabdominelles Fett ist eher gering echogen. Ultraschalluntersuchungen sind in der Regel nicht validiert und weisen eine erhebliche Varianz zwischen verschiedenen Untersuchern auf, wenn nicht streng definierte Regeln und technische Standards eingehalten werden, z. B. für die Messung von Distanzen, Flächen und Volumina; für Letztere existieren altersspezifische Referenzwerte, welche eine Beurteilung ermöglichen.

1.2.7 Röntgenuntersuchungen

Die derzeit am weitesten verbreiteten röntgenologischen Untersuchungsverfahren mit Ernährungsbezug sind im Kindesalter die Beurteilung der **Skelettreifung** und beim Adulten die Messung der **Knochendichte** (► Abschn. 2.7). Bei Letzterer kommen je nach Indikation transossäre Verfahren und computertomographische Methoden zur Anwendung. Bei der DXA („dual-energy X-ray absorption“) wird der Knochen durchstrahlt und die Absorption der Strahlung gemessen. Anhand solcher Messwerte können Zustände wie Osteopenie (Knochenarmut), z. B. bei Osteogenesis imperfecta, und Osteoporose quantifiziert und im Verlauf beschrieben werden (T-Score).

Im Rahmen einer langfristigen künstlichen Ernährung ist die Beurteilung der Mineralisation des Knochens ein wichtiger Parameter zur Beurteilung der Versorgung mit Kalzium, Phosphat und Vitamin D.

Die Validierung aller Verfahren der Knochendichtemessung für das Kindesalter ist ungenügend, daher kommen sie im Wesentlichen für Verlaufuntersuchungen bei dem jeweils gleichen Kind infrage. Daten zur Präzision der Messungen liegen für Kinder nicht vor.

1.2.8 Biochemische Untersuchungen

Klinisch-chemische Untersuchungen zur Beurteilung des Ernährungszustandes sind immer und in allen Altersgruppen zur Erfassung von Körperlänge/-höhe und -gewicht nachrangig. Aufschluss geben solche Untersuchungen über folgende Parameter:

- **Proteinstoffwechsel:** Gesamteiweißgehalt, Eiweißelektrophorese, Präalbumin-, Transferrin-, Ferritin-, Coeruloplasmin-, Ammoniak-, Harnstoff- und Kreatininkonzentration;
- **Aminosäurenstoffwechsel:** Aminosäurenchromatographie aus Plasma und Urin, Konzentrationen einzelner Aminosäuren, Hydroxyprolin Spiegel im Urin;
- **Fettstoffwechsel:** Konzentrationen von Triglyceriden, Cholesterin (HDL-, LDL-, VLDL-Cholesterin), freien Fettsäuren (gesättigte sowie einfach und vielfach ungesättigte Fettsäuren) und Ketonkörpern;

■ **Tab. 1.1** Diagnostik der Spurenelemente zur Beurteilung der Ernährung

Spurenelement	Funktion	Funktionelle Parameter
Eisen	Hämoglobinsynthese	Hämoglobinkonzentration, Erythrozytenvolumen, Ferritinspiegel, Transferrinsättigung
Zink	Enzymfunktionen	Aktivität der alkalischen Phosphatase
Kupfer	Enzymfunktionen	Aktivität der alkalischen Phosphatase
Selen	Enzymfunktionen	–
Jod	Schilddrüsenfunktion	Schilddrüsenvolumen, T_3 , T_4 , freies T_4 und TSH
Mangan	Enzymfunktionen	–
Chrom	Glukosetoleranz	Befunde des oralen Glukosetoleranztests
Fluor	Knochen- und Zahnmineralisation	Inspektion des Gebisses

Es werden jeweils die Konzentrationen im Blut bestimmt.
 T_3 Trijodthyronin; T_4 Thyroxin; TSH thyreoideastimulierendes Hormon.

■ **Tab. 1.2** Vitamine: Nutritive Aspekte und Diagnostik

Vitamin	Funktion	Bestimmung	Funktionsbezogene Parameter
Vitamin A	Immunität, Visus	Retinolspiegel, Dosis-Wirkungs-Kurve, Konzentration des Vitamin-A-/retinolbindenden Proteins	Dunkeladaptation, konjunktivale Impressionszytologie
Vitamin D	Knochenaufbau	25-OH-Kalziferol-Spiegel	Aktivität der alkalischen Phosphatase, Knochenstruktur
Vitamin E	Antioxidans	Spiegel, Vitamin-E- und Cholesterinkonzentration	Tocopherolspiegel, thiobarbiturat-reaktive Substanzen (TBARS)
Vitamin K	Hämostase	Spiegel	Quick-Wert, Gerinnungsfaktoren II, VII, IX und X
Folat	Zellproliferation	Spiegel	Segmentierung der Neutrophilen, Erythrozytenvolumen
Vitamin B ₁₂	Hämatopoese	Spiegel	Erythrozytenvolumen und -hämoglobin (MCV, MCH)
Vitamin B ₆	Immunabwehr	Spiegel	Tryptophan- und Methioninkonzentration
Thiamin	Glukosestoffwechsel	Spiegel	–
Niacin	Aminosäurenstoffwechsel	Spiegel	Leucinkonzentration

– **Mineralstoffhaushalt:** Spiegel von Kalzium, Phosphat, Magnesium, Kalium, Natrium, Vitamin D und Parathormon sowie Aktivität der alkalischen Phosphatase.

➤ **Zu beachten ist, dass sowohl Aminosäurespiegel als auch Triglyceridkonzentration und Lipiddifferenzierung im Blut durch die Nahrungsaufnahme beeinflusst werden und daher nur strikt nüchtern gewonnene Befunde verwertbare Ergebnisse liefern. Lediglich der Gesamtcholesteringehalt kann jederzeit bestimmt werden.**

Zur **Beurteilung des Mineralstoffhaushalts** sind neben Blutuntersuchungen besonders auch Konzentrationsbestim-

mungen aus 24-Stunden-Sammelurin oder – bezogen auf die Kreatininausscheidung – aus dem zweiten Morgenurin informativ.

Diagnostisch relevante Aspekte der Spurenelemente im Rahmen der Beurteilung der Ernährung sind in ■ Tab. 1.1 dargestellt.

Die isolierte Bestimmung der Konzentrationen von Spurenelementen im Blut hat geringe Aussagekraft bezüglich der Versorgung des Organismus. Teilweise stehen Bestimmungsverfahren in Geweben oder Blutzellen zur Verfügung, teilweise ist die Bestimmung in langsam wachsenden Strukturen (Haare, Fingernägel) sinnvoll; da die Konzentrationen der Spurenelemente jedoch auch dort zahlreichen Einflussfaktoren unterliegen, ist die Aussagekraft auch dieser Bestimmun-

gen im Wesentlichen nur intraindividuell gegeben, d. h. im Rahmen der Langzeitbeobachtung des einzelnen Patienten.

Schon wegen des Aufwandes und der spezifischen Anforderungen an die kontaminationsfreie Gewinnung und Versendung des Probenmaterials sollten entsprechende Untersuchungen nur in Absprache mit dem Laboratorium durchgeführt werden.

Basisinformationen über nutritive Aspekte von **Vitaminen** und ihre Untersuchung sind  Tab. 1.2 zu entnehmen.

1.2.9 Verzehrerhebungen

Bei den Verzehrerhebungen entscheidet die Fragestellung darüber, welche Methode angewandt wird. Direkte Methoden erfassen retrospektiv (Rückblick, Fragebogen, Anamnese) oder prospektiv (3-, 5- oder 7-Tage-Protokoll) den Verzehr. Im Allgemeinen sollten leere Protokollbögen verwendet werden; lediglich im Food Frequency Questionnaire (FFQ) werden Lebensmittel aus einer Liste abgefragt. Die Verzehrsmengen können sowohl mit den Daten der nationalen Verzehrstudie als auch – nach Erfassung in einem Programmsystem zur Nährstoffanalyse – mit den alters- und geschlechtsspezifischen Zufuhrempfehlungen für Nährstoffe und Energie verglichen werden (DGE 2008).

Bei den Erhebungsmethoden kann man – je nach Fragestellung und Mitarbeit der Probanden und ihrer Familien – unterschiedlich aufwendig vorgehen. Am einfachsten ist das **Abschätzen** der Verzehrsmengen, deutlich aufwendiger das **Abwiegen** der Nahrung und der nicht verzehrten Reste. Am teuersten ist die **Doppelzubereitung**, bei der alle Mahlzeiten in doppelter Menge zubereitet werden, damit man die zweite Mahlzeit qualitativ und quantitativ analysieren kann. Indirekte Erhebungsmethoden wie der Einkaufskorb und die Nahrungsbilanz (nicht die Nährstoffbilanz) haben für die Praxis der pädiatrischen Ernährungsmedizin keine Bedeutung.

Literatur

Literatur zu Abschn. 1.1

- Bandini LG, Must A, Phillips SM, Naumova EN, Dietz WH (2004) Relation of body mass index and body fatness to energy expenditure: longitudinal changes from preadolescence through adolescence. *Am J Clin Nutr* 80(5): 1262–1269
- Barrera MG, Salazar G, Gajardo H, Gattas V, Coward A (1997) Comparative analysis of body composition assessment methods in healthy adult men. *Rev Med Chil* 125(11): 1335–1342
- Coffin CM, Hamilton MS, Pysker TJ et al. (2002) Pediatric laboratory medicine: current challenges and future opportunities. *Am J Clin Pathol* 117(5): 683–690
- DGE (2000) Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr. Gemeinsame Empfehlungen der Deutschen und Österreichischen Gesellschaften für Ernährung sowie der Schweizer Ernährungsgesellschaft. Umschau, Frankfurt

- Derumeaux-Burel H, Meyer M, Morin L, Boirie Y (2004) Prediction of resting energy expenditure in a large population of obese children. *Am J Clin Nutr* 80(6): 1544–1550
- Deurenberg P, Kooy K van der, Leenen R, Weststrate JA, Seidell JC (1991) Sex and age specific prediction formulas for estimating body composition from bioelectrical impedance: a cross-validation study. *Int J Obes* 15(1): 17–25
- Dezenberg CV, Nagy TR, Gower BA, Johnson R, Goran MI (1999) Predicting body composition from anthropometry in pre-adolescent children. *Int J Obes Relat Metab Disord* 23: 253–259
- Elberg J, McDuffie JR, Sebring NG et al. (2004) Comparison of methods to assess change in children's body composition. *Am J Clin Nutr* 80(1): 64–69
- Eto C, Komiya S, Nakao T, Kikkawa K (2004) Validity of the body mass index and fat mass index as an indicator of obesity in children aged 3–5 years. *J Physiol Anthropol Appl Hum Sci* 23(1): 25–30
- Hammond J, Rona RJ, Chinn S (1994) Estimation in community surveys of total body fat of children using bioelectrical impedance or skinfold thickness measurements. *Eur J Clin Nutr* 48(3): 164–171
- Kalkwarf HJ, Khoury JC, Bean J, Elliot JG (2004) Vitamin K, bone turnover, and bone mass in girls. *Am J Clin Nutr* 80(4): 1075–1080
- Kromeyer-Hauschild K, Wabitsch M, Kunze D et al. (2001) Perzentile für den Body-mass-Index für das Kindes- und Jugendalter unter Heranziehung verschiedener deutscher Stichproben. *Monatsschr Kinderheilkd* 149(8): 807–818
- Livingstone MB, Robson PJ, Wallace JM (2004) Issues in dietary intake assessment of children and adolescents. *Br J Nutr* 92(Suppl 2): S213–22
- Lukaski HC, Bolonchuk WW (1988) Estimation of body fluid volumes using tetrapolar bioelectrical impedance measurements. *Aviat Space Environ Med* 59(12): 1163–1169
- Mast M, Sonnichsen A, Langnase K (2002) Inconsistencies in bioelectrical impedance and anthropometric measurements of fat mass in a field study of prepubertal children. *Br J Nutr* 87(2): 163–175
- Pecoraro P, Guida B, Caroli M et al. (2003) Body mass index and skinfold thickness versus bioimpedance analysis: fat mass prediction in children. *Acta Diabetol* 40(Suppl 1): S278–281
- Sanchez-Lastres J, Eiris-Punal J, Otero-Cepeda JL, Pavon-Belinchon P, Castro-Gago M (2003) Nutritional status of mentally retarded children in northwest Spain: II. Biochemical indicators. *Acta Paediatr* 92(8): 928–934
- Schmelzle H, Schroder C, Armbrust S, Unverzagt S, Fusch C (2004) Resting energy expenditure in obese children aged 4 to 15 years: measured versus predicted data. *Acta Paediatr* 93(6): 739–746

Literatur zu Abschn. 1.2

- Bandini LG, Must A, Phillips SM, Naumova EN, Dietz WH (2004) Relation of body mass index and body fatness to energy expenditure: longitudinal changes from preadolescence through adolescence. *Am J Clin Nutr* 80(5): 1262–1269
- Barrera MG, Salazar G, Gajardo H, Gattas V, Coward A (1997) Comparative analysis of body composition assessment methods in healthy adult men. *Rev Med Chil* 125(11): 1335–1342
- Coffin CM, Hamilton MS, Pysker TJ et al. (2002) Pediatric laboratory medicine: current challenges and future opportunities. *Am J Clin Pathol* 117(5): 683–690
- DGE (2008) Die Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr, 1. Aufl., 3. korr. Nachdruck. Umschau, Neustadt
- Derumeaux-Burel H, Meyer M, Morin L, Boirie Y (2004) Prediction of resting energy expenditure in a large population of obese children. *Am J Clin Nutr* 80(6): 1544–1550

- 1
- Deurenberg P, Kooy K van der, Leenen R, Weststrate JA, Seidell JC (1991) Sex and age specific prediction formulas for estimating body composition from bioelectrical impedance: a cross-validation study. *Int J Obes* 15(1): 17–25
- Dezenberg CV, Nagy TR, Gower BA, Johnson R, Goran MI (1999) Predicting body composition from anthropometry in pre-adolescent children. *Int J Obes Relat Metab Disord* 23: 253–259
- Elberg J, McDuffie JR, Sebring NG et al. (2004) Comparison of methods to assess change in children's body composition. *Am J Clin Nutr* 80(1): 64–69
- Eto C, Komiya S, Nakao T, Kikkawa K (2004) Validity of the body mass index and fat mass index as an indicator of obesity in children aged 3–5 years. *J Physiol Anthropol Appl Hum Sci* 23(1): 25–30
- Hammond J, Rona RJ, Chinn S (1994) Estimation in community surveys of total body fat of children using bioelectrical impedance or skinfold thickness measurements. *Eur J Clin Nutr* 48(3): 164–171
- Kalkwarf HJ, Khoury JC, Bean J, Elliot JG (2004) Vitamin K, bone turnover, and bone mass in girls. *Am J Clin Nutr* 80(4): 1075–1080
- Kromeyer-Hauschild K, Wabitsch M, Kunze D et al. (2001) Perzentile für den Body-mass-Index für das Kindes- und Jugendalter unter Heranziehung verschiedener deutscher Stichproben. *Monatsschr Kinderheilkd* 149(8): 807–818
- Livingstone MB, Robson PJ, Wallace JM (2004) Issues in dietary intake assessment of children and adolescents. *Br J Nutr* 92(Suppl 2): S213–22
- Lukaski HC, Bolonchuk WW (1988) Estimation of body fluid volumes using tetrapolar bioelectrical impedance measurements. *Aviat Space Environ Med* 59(12): 1163–1169
- Mast M, Sonnichsen A, Langnase K (2002) Inconsistencies in bioelectrical impedance and anthropometric measurements of fat mass in a field study of prepubertal children. *Br J Nutr* 87(2): 163–175
- Pecoraro P, Guida B, Caroli M et al. (2003) Body mass index and skinfold thickness versus bioimpedance analysis: fat mass prediction in children. *Acta Diabetol* 40(Suppl 1): S278–281
- Sanchez-Lastres J, Eiris-Punal J, Otero-Cepeda JL, Pavon-Belinchon P, Castro-Gago M (2003) Nutritional status of mentally retarded children in northwest Spain: II. Biochemical indicators. *Acta Paediatr* 92(8): 928–934
- Schmelzle H, Schroder C, Armbrust S, Unverzagt S, Fusch C (2004) Resting energy expenditure in obese children aged 4 to 15 years: measured versus predicted data. *Acta Paediatr* 93(6): 739–746