Ernährung des pädiatrischen Intensivpatienten

Dr. Tobias Rothoeft

Universitäts-Kinderklinik Bochum

Ein ewiges Problem…

„…after the first few days following trauma, advantage should be taken of the heightened synthetic process in the subsequent reconstructive stage to ensure that nothing is lacking in the diet which will ensure optimal convalescence, and every aid which surgery and the ancillary sciences can bring to this process should be sought.“

D P Cuthbertson, Br J Nutr. 1950; 4: 232-42.

„Areas of consensus and controversy in critical care nutrition für children“

Area	Consensus	Controversy or gaps in knowledge
Energy requirement	estimates from equation are unreliable	role of hypocaloric diet in non-obese kids
Protein requirement	requirement is increased during critical illness	role of specific AA
Route of nutritient delivery	enteral route is preferred, PN should be delayed	post-pyloric feeding? PPI?
Enteral intolerance	stepwise approach aids delivery	use of gastric residual volume?
Immunonutrition	supplementation with glutamine not beneficial	

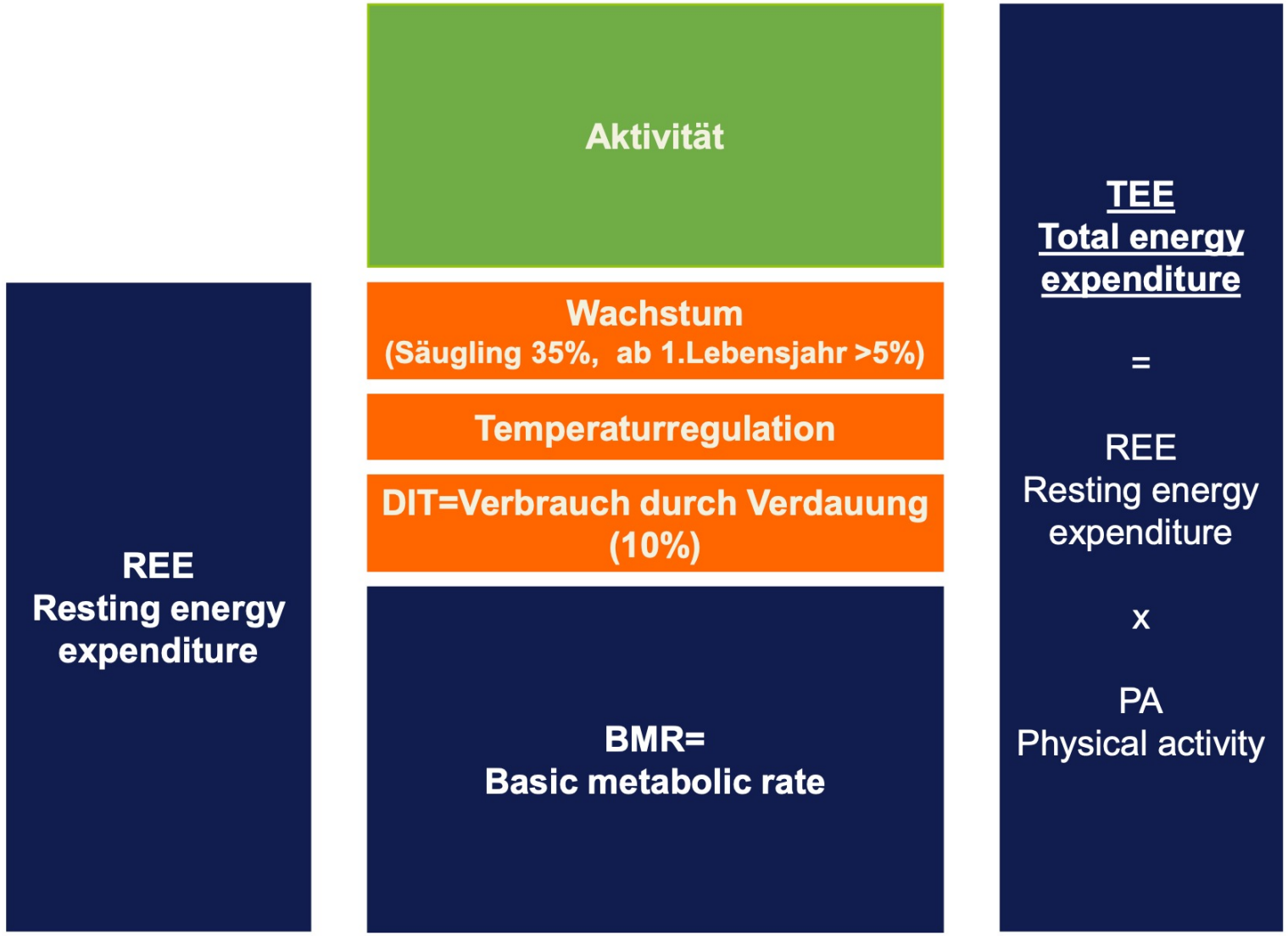
NEJM. 2016; 374: 12

Erhebung des Ernährungsstatus

- bei Aufnahme bzw. innerhalb von 48 h nach Aufnahme:
  - Gewicht
  - BMI (z-Scores: <-3: schwere Unterernährung, -3 bis -2: mittel, -2 bis -1 mild)
  - altersbezogene Gewichts-Perzentile (falls die Länge nicht bestimmt werden kann; ggf. ulnare Länge verwenden)
  - Umfang des Oberarms im Alter von 6-60 Monaten recht konstant (<11,5 cm schwere Unterernährung, 11,5-12,5 cm Unterernährung, 12,5-13,5 cm fragl. Unterernährung, >13,5 cm normal)
  - Kopfumfang bei Patienten <36 Monate

JPEN. 2013; 37: 460-481
Int Care Med. 2020; 46: 411-425
Encyclopedia of Food and Health, 2016

Bestimmung Kalorienbedarf

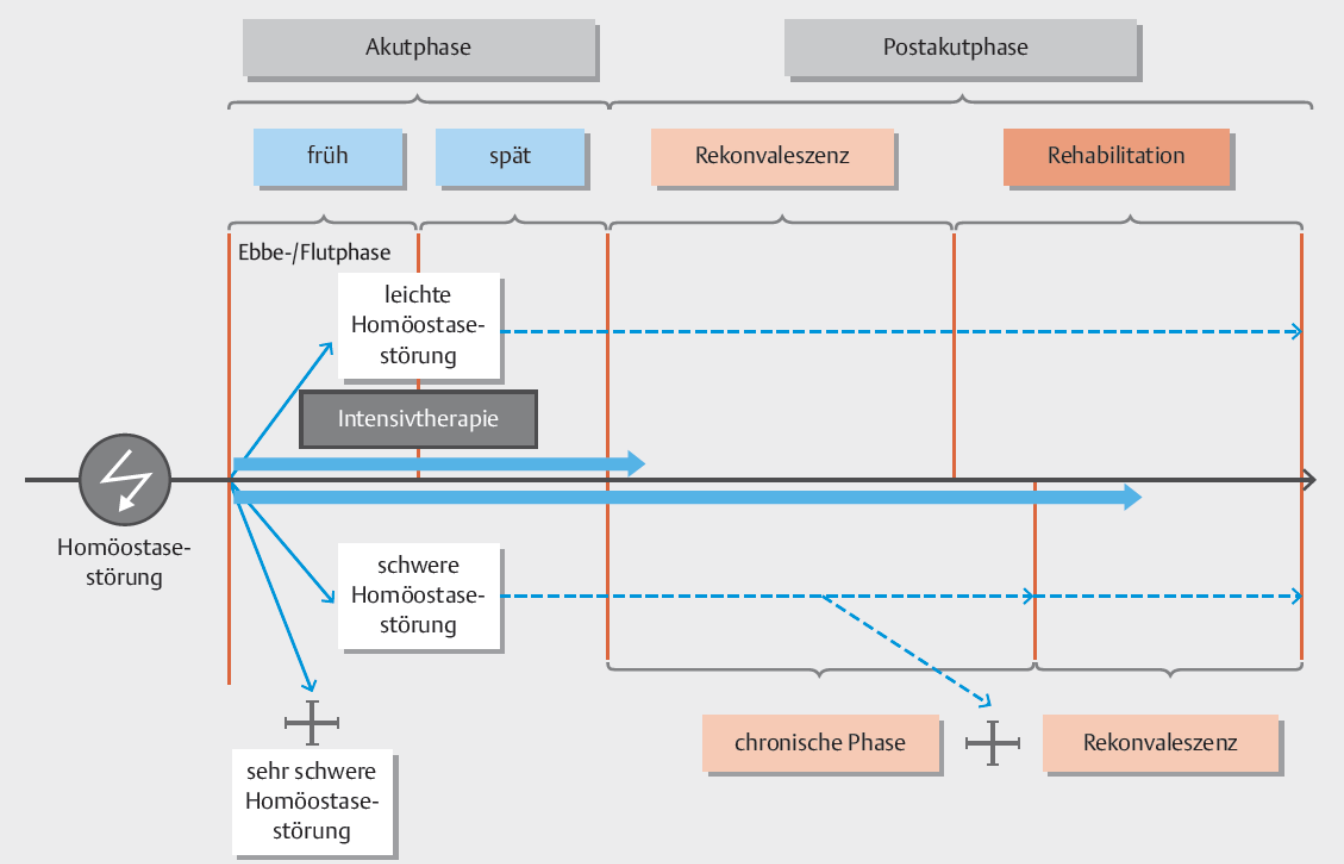


Altersabhängig:

- Säugling: 650-850 kcal/d
- Kleinkind: 1300-1800 kcal/d
- Adoleszent: 2500-3000 kcal/d

Stark abhängig von der Aktivität!

Graphik geklaut von: Prof. Nadja Haiden



- initial „Ebbephase“ mit vermindertem HZV / O_2-Verbrauch / Metabolismusrate 48-72 h nach Trauma
- „Flutphase“ innert 5 Tagen nach Trauma mit Insulinresistenz, Lipolyse, Proteolyse, erhöhter Körpertemperatur, Hypermetabolie

Erkrankungsphase	Organdysfunktion	Inflammation	metabolischer Zustand	ungefähre Dauer/ Zeitraum (Tage)
Akutphase				
frühe Akutphase	schwere oder zunehmende (Mehr-)Organdysfunktion	progrediente Inflammation	katabol	1 – 3
späte Akutphase	stabile oder sich bessernde Organdysfunktion	regrediente Inflammation	katabol-anabol	2 – 4
Postakutphase				
Rekonvaleszenz/Rehabilitation	weitgehend wiederher-gestellte Organfunktion	Resolution der Inflammation	anabol	> 7
chronische Phase	persistierende Organ-dysfunktion	persistierende Immun-suppression	katabol	> 7

Ebbe & Flut

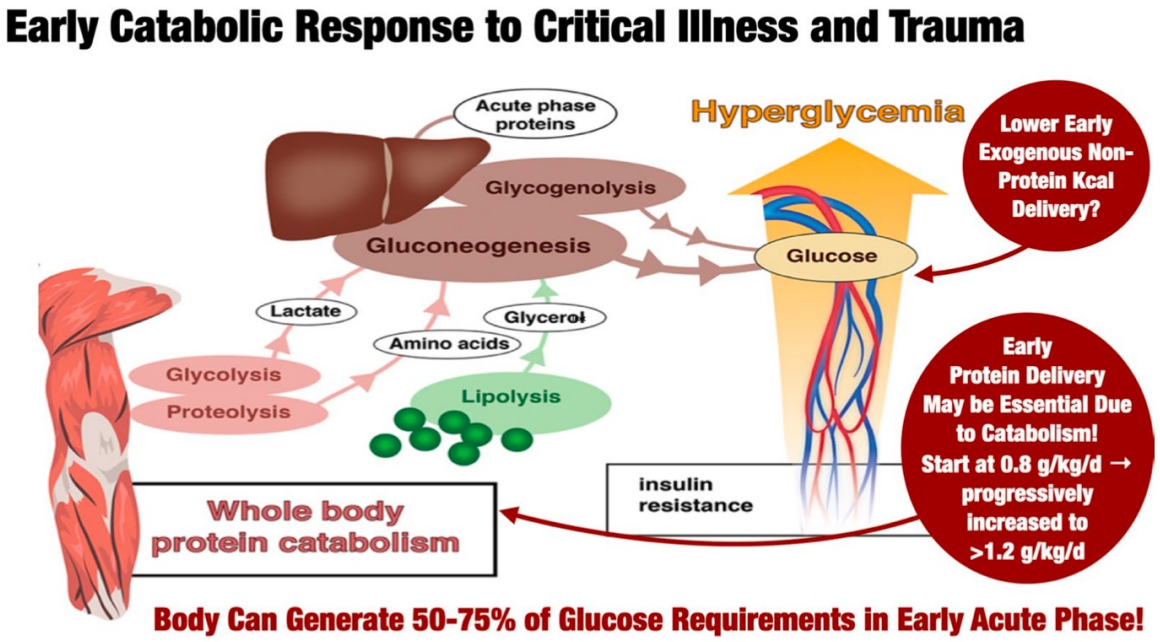
Ebbe & Flut

„After the period of lowered metabolic activity or “ebb”, which we have termed shock and which is initiated by the actual trauma to the cells, direct or indirect, the metabolic activity rises with the onset of what may to be termed traumatic inflammation. This process precedes actual repair and is characterised by hyperæmia, exudation, leucocytic emigration and so on; it may be considered to constitute the “flow”.“

D P Cuthbertson, Lancet. 1942; 239: 433-437

Postaggressions-Stoffwechsel

- katabole Stoffwechsellage direkt nach Trauma / chirurgischem Eingriff
- Katecholamine, Glukagon und Kortisol werden vermehrt sezerniert & bewirken Insulinresistenz
- TNF-α, IL-1 & IL-6 sowie weitere Zytokine bewirken Proteinkatabolismus, erhöhte Lipolyserate & erhöhteGluconeogenese



Graphik aus:
Anesthesiology. 2015;123:1455–72.

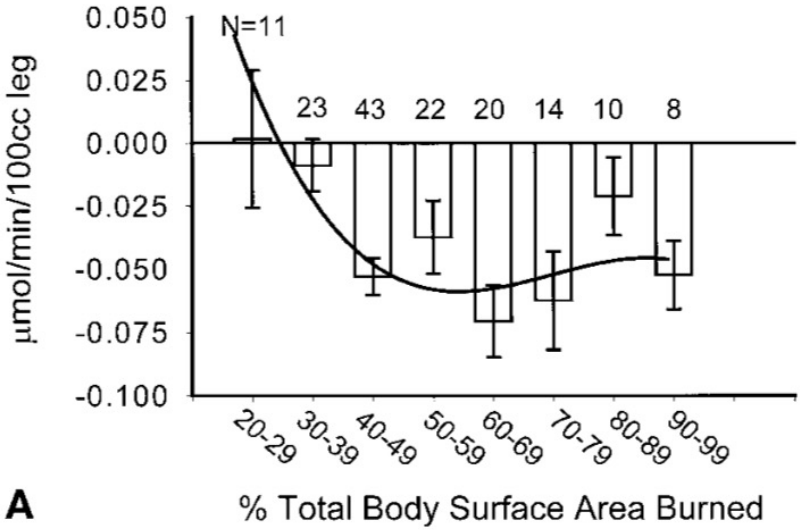
Postaggressions-Stoffwechsel

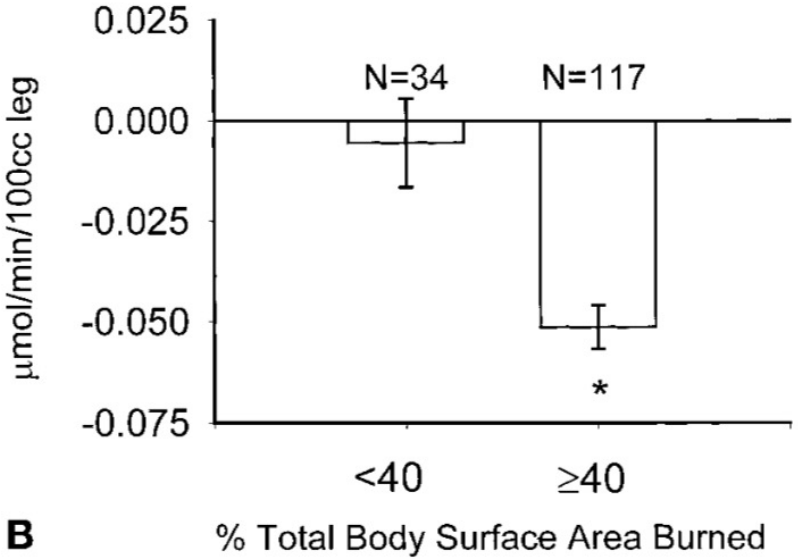
- **Kohlehydratstoffwechsel**
  - gesteigerte Gluconeogenese in der Leber, verminderte Glucoseaufnahme v.a. in die Muskulatur
  - gesteigerte Glucosebildung kann kaum durch Insulin beeinflußt werden
- **Fettstoffwechsel**
  - vermehrte Fettoxidation körpereigener Fette
  - es entstehen Ketonkörper als gut wasserlösliche, rasch verfügbare Energieträger
  - Ketonkörper unabhängig von Leber und Hormonen in ZNS und Muskulatur verwertbar

Postaggressions-Stoffwechsel

- **Proteinstoffwechsel**
  - Abbau von Muskelprotein fast unabhängig von Glucose- und Nährstoffzufuhr
  - Verlust von bis zu 400 g Muskelprotein pro Tag bei Erwachsenen
  - Obligate Katabolie kann durch frühe enterale Eiweißzufuhr partiell gebremst werden, deutlich weniger durch parenterale Eiweißzufuhr

Veränderung der REE durch Trauma

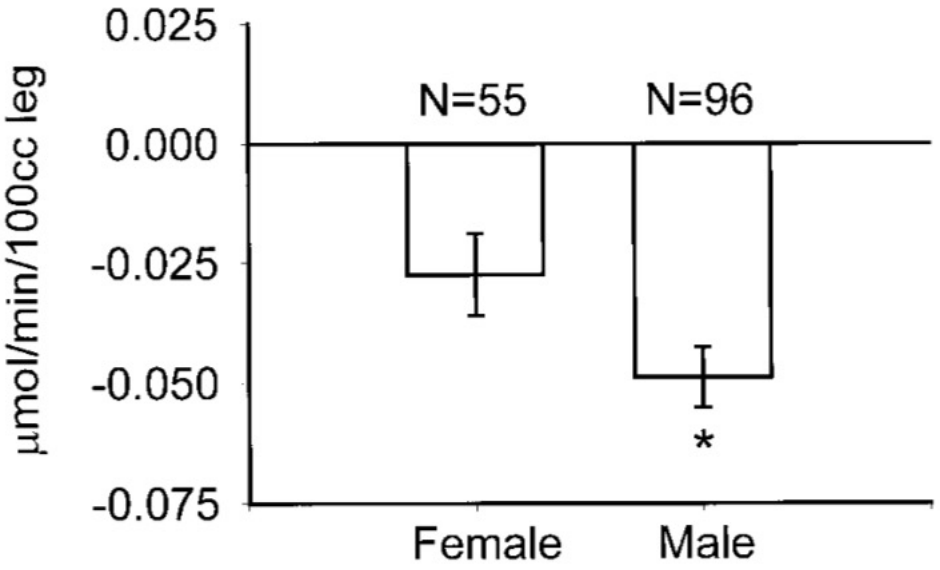




„Burn size significantly correlates with the degree of catabolism in a cubic rather than linear fashion. Increases in burn size beyond 40% TBSA do not predict a more negative protein net balance.“

Ann Surg. 2000; 232: 455–465

Veränderung der REE nach Trauma modifiziert durch das Geschlecht

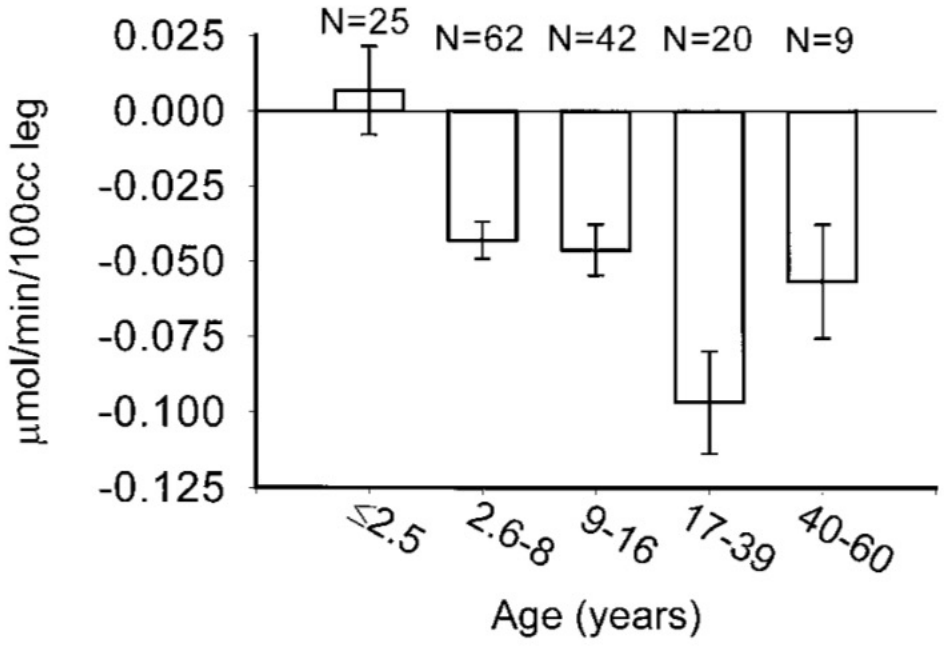


„…greater degree of protein catabolism appeared in males than in females.“

male subjects included in this study were older (male age 13.2 ± 1.4 years vs. female age 7.8 ± 1.0 years, $P < .01$) and heavier (43 ± 3 kg vs. 28 ± 3 kg, $P < .01$)

Ann Surg. 2000; 232: 455–465

Veränderung der REE nach Trauma modifiziert durch das Alter



„…infants (and young toddlers) do not mount the same catabolic response that older subjects do.“

Ann Surg. 2000; 232: 455–465

Empfohlene mittlere Energiezufuhr

- Ideal: indirekte Kalorimetrie (aber macht das irgendwer???)
- Empfohlen: Schofield-Gleichung (ohne Verwendung von Stress-Faktoren)

Empfohlene mittlere Energiezufuhr			
Lebensalter (Jahre)	Mittlere Energiezufuhr (kcal/kgKG/d)		
	Akute Phase	Stabile Phase	Erholungsphase
0-1	45-50	60-65	75-85
1-7	40-45	55-60	65-75
7-12	30-40	40-55	55-65
12-18	20-30	25-40	30-55

Empfohlene mittlere Energiezufuhr

0-3 Jahre

Source	Gender	Equation
WHO	male	REE = 60.9 × Wt − 54
	female	REE = 61 × Wt − 51
Schofield (W)	male	BMR = 59.48 × Wt − 30.33
	female	BMR = 58.29 × Wt − 31.05
Schofield (WH)	male	BMR = 0.167 × Wt + 1517.4 × Ht − 617.6
	female	BMR = 16.25 × Wt + 1023.2 × Ht − 413.5
Harris-Benedict	male	REE = 66.47 + 13.75 × Wt + 5.0 × Ht − 6.76 × age
	female	REE = 655.10 + 9.56 × Wt + 1.85 × Ht − 4.68 × age

*Wt = body weight in kilograms; Ht = Length in meters.

JOURNAL OF PEDIATRIC GASTROENTEROLOGY AND NUTRITION

3-10 Jahre

Source	Gender	Equation
WHO	male	REE = 22.7 × Wt + 495
	female	REE = 22.4 × Wt + 499
Schofield (W)	male	BMR = 22.7 × Wt + 505
	female	BMR = 20.3 × Wt + 486
Schofield-(WH)	male	BMR = 19.6 × Wt + 130.3 × Ht + 414.9
	female	BMR = 16.97 × Wt + 161.8 × Ht + 371.2
Harris-Benedict	male	REE = 66.47 + 13.75 × Wt + 5.0 × Ht − 6.76 × age
	female	REE = 655.10 + 9.56 × Wt + 1.85 × Ht − 4.68 × age

JOURNAL OF PEDIATRIC GASTROENTEROLOGY AND NUTRITION

10-18 Jahre

Source	Gender	Equation
WHO	male	REE = 12.2 × Wt + 746
	female	REE = 17.5 × Wt + 651
Schofield (W)	male	BMR = 13.4 × Wt + 693
	female	BMR = 17.7 × Wt + 659
Schofield (WH)	male	BMR = 16.25 × Wt + 137.2 × Ht + 515.5
	female	BMR = 8.365 × Wt + 465 × Ht + 200
Harris-Benedict	male	REE = 66.47 + 13.75 × Wt + 5.0 × Ht − 6.76 × age
	female	REE = 655.10 + 9.56 × Wt + 1.85 × Ht − 4.68 × age

JOURNAL OF PEDIATRIC GASTROENTEROLOGY AND NUTRITION

Man kann das also auch individuell errechnen, die Tabelle auf der vorhergehenden Folie ist allerdings einfacher. Aber weniger genau…

JPGN. 2005; 41: S5-S11.

Postaggressions-Stoffwechsel

Veränderung der REE eines Kindes in der ersten Woche nach Lebertransplantation

JPEN. 2012; 36: 685-689

Empfohlene mittlere Energiezufuhr

Energy Measurement With Indirect Calorimetry (kcal/kg/d)[a]	
Preoperative	Postoperative
116	6 d: 75
Not analyzed	2 d postoperative: High stress[c]: 58 ± 12.2 Low stress[c]: 39.4 ± 9.5 8 d postoperative: High stress[c]: 50.7 ± 12.0 Low stress[c]: 66.4 ± 15.1
Not analyzed	2.6 y postoperative: 56.9 ± 7.7 Control: 58.4 ± 7.7
58 ± 11	62 ± 10
43 ± 11	1 d: 39 ± 8 2 d: 39 ± 7 3 d: 41 ± 6
59 ± 9	1 w postoperative: 49 ± 9
Not analyzed	0-5 d: 43 0-10 d: 63
57 ± 20	Not analyzed

Zusammenstellung verschiedener Studien zur Messung der REE an kritisch kranken Kindern prä- & postoperativ

JPEN. 2012; 36: 685-689

Über- und Unterernährung sind deletär

- Unterernährung führt zu:
  - Proteinabbau mit verminderter Muskelmasse
  - Immunsupression
  - Verzögerte Wundheilung
  - Nosokomiale Infektionen
- Überernährung führt zu:
  - höheres CO_2 mit evtl. verzögertem Weaning
  - Hyperglykämie
  - Steatosis hepatis
  - Erhöhte Mortalität

Grundsätzlich zu bedenken…

- Verzögerung parenterale Ernährung um 7 Tage nach Aufnahme verbessert Outcome, auch bei Neonaten & dystrophen Kindern (PePaNIC-Trial)
- PN mit 25% REE in ersten 48 h nach Aufnahme ohne EN erhöht Mortalität

- Zufuhr von 60% der erforderlichen Proteinmenge (EN) innerhalb von 10 d nach Aufnahme verringert Mortalität
- 60% der erforderlichen Kalorien kumulativ (EN + PN) innerhalb von 4-7d nach Aufnahme verringert Mortaliät vs. Erreichen diese Ziels nach >7 d

NEJM. 2016; 374: 1111-1121
JPEN J Parenter Enteral Nutr. 2020; 44: 1096-1103.
JAMA Netw Open. 2018; 1: e182668
Am J Clin Nutr 2015; 102: 199–206.
Am J Clin Nutr. 2021; 114: 1859-1867.

Grundsätzlich zu bedenken…

- „…the association between lower mortality and a prudent nutrient delivery strategy, achieving 60% of the prescribed goal by Day 7, was seen with both EN and EN + PN routes of delivery.“ „…median EN nutrient adequacy was 10% at the time of PN initiation.“
- PN initiiert an Tag 4 assoziiert mit besserem Outcome verglichen mit verzögertem Beginn von PN an Tag 7 (Studie mit erwachsenen Patienten)

- „Identifying and treating the cause of shock has priority over the initiation of EN. Similarly, in uncontrolled life-threatening hypox- aemia and hypercapnia, EN should be delayed until the symptoms are resolving.“

Am J Clin Nutr. 2021; 114: 1859-1867.
Lancet North Am Ed 2013; 381: 385–93.
Intensive Care Med. 2017; 43: 380–398.

Glucosezufuhr

Empfohlene mittlere Glucosezufuhr			
	Zufuhr in mg/kgKG/min bzw. [g/kgKG/d]		
	Akute Phase	Stabile Phase	Erholungsphase
28 d-10 kgKG	2-4 [2,9-5,8]	4-6 [5,8-8,6]	6-10 [8,6-14]
11-30 kgKG	1,5-2,5 [2,2-3,6]	2-4 [2,8-5,8]	3-6 [4,3-8,6]
31-45 kgKG	1-1,5 [1,4-2,2]	1,5-3 [2,2-4,3]	3-4 [4,3-5,8]
>45 kgKG	0,5-1 [0,7-1,4]	1-2 [1,4-2,9]	2-3 [2,9-4,3]

„…parenteral glucose provision should be sufficient to avoid hypoglycaemia but not excessive to prevent hyperglycaemia…“

Int Care Med. 2020; 46: 411-425
Monatsschrift Kinderheilkunde 2020; 168: 634–643.

Glucosezufuhr – Insulin?

- Hyperglykämie erhöht Mortalität und verlängert Aufenthalt auf der PICU.
- Enterale Ernährung verbessert Glucosetoleranz durch vermehrte Insulinausschüttung. Verringerter Insulinbedarf bei enteraler Ernährung.
- bei Glucose-Intoleranz unter 2-4 g/kg/d Zufuhr von Insulin

„…in our practice, there was consensus to target blood glucose levels below 180 mg/dl (10 mmol/l) but there was not consensus about the lower limit of the target range.“

Surviving Sepsis Campaign Guidelines 2020

J Pediatr. 2005; 146: 30-34.
JPEN. 2020; 44: 308-317.

Proteinzufuhr

Empfohlene Proteinzufuhr	
Lebensalter	Zufuhr g/kgKG/d
0-28 Tage	1,5-3,0
1 Monat-3 Jahre	1,0-2,5
3-12 Jahre	1,0-2,0 (-3,0)
12-18	1,0

Beginn erst nach einigen Tagen; Ziel sind 60% der maximalen Menge nach 4-7 Tagen.

Um 1 g Aminosäuren zu verwerten, sind 30–40 kcal nötig.

Erst ab einer Aminosäurezufuhr von 1 g/ kgKG und Tag ist eine positive Stickstoffbilanz möglich.

Int Care Med. 2020; 46: 411-425
Monatsschrift Kinderheilkunde 2020; 168: 634–643.

Fettzufuhr

Empfohlene Fettzufuhr	
Lebensalter (Jahre)	Zufuhr g/kgKG/d
0-1	0,6*-3 (-4)
1-18	0,6*-2 (-3)

25-40% der nicht-Eiweiß-Energie sollten (nach einigen Tagen) in Form von Fett zugeführt werden.

*Min. 0,1 g/kgKG Linolensäure empfohlen; dies entspricht 3 ml/kg SMOF i.v. = 0,6 g/kgKG Fett

- Bei kritisch kranken Kindern (v.a. bei Sepsis) Triglyzeridkonzentrationen häufig kontrollieren und die Fettzufuhr ev. reduzieren (nicht stoppen).
- Erhöhte Triglyceridwerte können durch zu hohe Glukosezufuhr (Lipogenese) verursacht werden (Ziel: <250 mg/dl bei Säuglingen <1 Jahr, ansonsten <400 mg/dl unter laufender Infusion).

Int Care Med. 2020; 46: 411-425
Monatsschrift Kinderheilkunde 2020; 168: 634–643.

Elektrolytbedarf

Empfohlene mittlere Zufuhr von Natrium, Kalium & Chlorid			
Lebensalter (Jahre)	Zufuhr (mmol/kgKG/d)		
	Natrium	Kalium	Chlorid
<1	2-3	1-3	2-4
1-2	1-3	1-3	2-4
3-6	1-3	1-3	2-4
6-12	1-3	1-3	2-4
13-18	1-3	1-3	2-4

Empfohlene Zufuhr von Calcium, Phosphat & Magnesium			
Lebensalter	Zufuhr (mmol/kgKG/d)		
	Calcium	Phosphat	Magnesium
0-6 Monate	0,8-1,5	0,7-1,3	0,1-0,1
7-12 Monate	0,5	0,5	0,15
1-18 Jahre	0,25-0,4	0,2-0,7	0,1

Monatsschrift Kinderheilkunde 2020; 168: 634–643.

Vitaminbedarf

Empfohlene mittlere Tageszufuhr von Vitaminen		
Vitamin	Säuglinge (pro kgKG/d)	Kinder & Jugendliche (pro Tag)
Vitamin A (I.E.)	150-300	150
Vitamin D (I.E.)	40-150	400-600
Vitamin E (I.E.)	2,8-3,5	11
Vitamin K (I.E.)	10	200
Vitamin C (mg)	15-25	80
Vitamin B_1 (mg)	350-500	1200
Vitamin B_2 (µg)	150-200	1400
Nicotinamid/Niacin (mg)	4-6,8	17
Vitamin B_6 (µg)	150-200	1000
Panthothensäure (mg)	2,5	5
Biotin (µg)	5-8	20
Folsäure (µg)	56	140
Vitamin B_{12} (µg)	0,3	1

Monatsschrift Kinderheilkunde 2020; 168: 634–643.

Spurenelementbedarf

Empfohlene mittlere Zufuhr von Spurenelementen				
Spurenelement	Empfohlene Zufuhr (µg/kgKG/d)			Max. Dosis/d
	0-3 Monate	3-12 Monate	1-18 Jahre	
Zink	250	100		5 mg
Kupfer	20	20	2050	0,5 mg
Selen	2-3	2-3	2-3	100 µg
Chrom	-	-	-	5 µg
Mangan	≤1	≤1	≤1	50 µg
Molybdän	0,25	0,25	0.25	5 µg
Jod	1	1	1	-
Eisen	50-100	50-100	50-100	5 mg

Int Care Med. 2020; 46: 411-425
Monatsschrift Kinderheilkunde 2020; 168: 634–643.

Laborkontrollen

Laborkontrollen & Kontrolluntersuchungen	
Kurzzeit-PE (wöchentlich)	Langzeit-PE (alle 1-3-12 Monate)
Anthropometrie	Anthropometrie
Na, K, Cl, Ca, P, Mg	Ferritin bzw. Eisenstatus
BGA	Zinkstatus
AP	Kupfer & Coeruloplasmin
Triglyceride & dir. Bili	Iod
Glucose	Selen
Harnelektrolyte, Ca, P	Mangan
	Ca-, P- & Vitamin-D-Status

Int Care Med. 2020; 46: 411-425
Monatsschrift Kinderheilkunde 2020; 168: 634–643.

Beginn enterale Ernährung

- Möglichst früh!!! <24 h nach Aufnahme (wir versuchen 6 h)
  - Studienlage eindeutig (pädiatrisch)
- frühe enterale Zufuhr wichtig für Erhalt der Motilität
- Messung der Magenreste zur Steuerung der Zufuhr schwierig, da meist Magenatonie bei noch erhaltener Darmperistaltik; Magenreste führen zu verminderter enteraler Zufuhr weitere Minderung der enteralen Passage
- schnellerer Nahrungsaufbau = kürzerer PICU-Aufenthalt

J Paediatr Child Health. 2018; 54: 480-486.
Clin Nutr ESPEN. 2018; 26: 42-46.

Beginn enterale Ernährung

- Ziel: 60% der erforderlichen Kalorien an Tag 4-7
- auch bei Einsatz von Vasopressoren oder an ECMO
- Kontra-Indikationen für enterale Ernährung:
  - hämodynamisch instabil
  - abdominelles Kompartment
  - GI-Blutung
- strukturierte Protokolle hilfreich!

J Paediatr Child Health. 2018; 54: 480-486.
Clin Nutr ESPEN. 2018; 26: 42-46.

Beginn parenterale Ernährung

- Möglichst spät!
  - Studienlage eindeutig (pädiatrisch)
- Bei nicht möglicher enteraler Ernährung; ggf. bei <10% der erforderlichen Kalorien an Tag 3-4 durch enterale Zufuhr
- Beginn mit geringer Menge und gradueller Steigerung
- Ziel: 60% der erforderlichen Kalorien an Tag 4-7 durch enterale und parenterale Ernährung kombiniert

J Paediatr Child Health. 2018; 54: 480-486.
J Spional Disord. 1999; 12: 197-205
Clin Nutr ESPEN. 2018; 26: 42-46.
Am J Clin Nutr. 2021; 114: 1859-1867.

„…Enteral feeding is not contraindicated in children with septic shock after adequate hemodynamic resuscitation who no longer require escalating doses of vasoactive agents or in whom weaning of vasoactive agents has started.“

Surviving sepsis campaign guidelines 2020

Zugangsweg enterale Ernährung

- gastral / duodenal / jejunal
- Studienlage nicht eindeutig
- evtl. Vorteile bei duodenlanen / jejunalen Sonden:
  - schnellerer Nahrungsaufbau
  - weniger Erbrechen
  - kürzere Beatmungsauer
  - zu erwägen bei gastraler Immotilität
- Bei gastraler Ernährung: Bolusgabe etwas besser als kontinuierliche Zufuhr

Indian J Crit Care Med. 2015; 19: 71-75.
Eur J Clin Nutr. 2021;75:1337-1348.
JPEN J Parenter Enteral Nutr. 2018; 42: 205-211.

Anlage duodenale / jejunale Sonde

- evtl. besserer Erfolg nach Gabe von MCP 0,1 mg/kgKG 30 min vor Anlage-Versuch (Kinder 6-14 Jahre 2,5-5 mg, >14 Jahre 10 mg)

„…the tube was lubricated with sterile gel and inserted from the nostril to the stomach in a supine position, with the head tilted at 30◦ elevation. The position of the inserted tube was confirmed by injecting air into the stomach.
Then, the patient was turned to his/her right side down onto the bed, and the tube was pushed down to the pre-measured length with a corkscrew technique and fixed onto the patient’s nose. The patient remained on the same position for at least 3 h after the insertion.“

Front Pediatr. 2021; 9: 739247-739252

Prokinetika - Erythromycin

- Niedrige Dosis: 1,5-2,5 mg/kg/Dosis enteral alle 6 h
- Intermediäre Dosis: 5 mg/kg/Dosis enteral alle 6 h
- Hohe Dosis (anti-mikrobielle Dosis): 10-12,5 mg/kg/Dosis enteral alle 6-8 h (ist bei Neonaten <14 Tagen PNA mit einem 10-fach erhöhten Risiko einer hypertrophen Pylorus-Stenose verbunden)
- NICHT bei Patienten unter Immunsuppressiva (Interaktion mit Immunsuppressiva-Spiegeln)

Ann Pharmacother. 2005; 39: 706-11.
Pediatr Neonatol, 2012, 53: 34-40.

Prokinetika – Amoxicillin/Clavulansäure

- Amoxicillin-Clavulansäure 2x 10 mg/kgKG

  …if administered into the small bowel lumen before ingestion of a meal, has been shown to induce the development of duodenal phase III-type contractions in the duodenum…

Pediatr Gastroenterol Hepatol Nutr. 2020; 23: 521-530.

Prokinetika - Metoclopramid

- 0.1 bis 0.15 mg/kg/Dosis (max. 10 mg) alle 6-8 h
- max. 3-4 Gaben (max. Tagesdosis: 0.5 mg/kg/**Tag**)

- Extrapyramidale Symptome bei höheren Dosierungen wahrscheinlicher!
- Interaktionen: Posaconazol (↓), Sirolimus (↑), Tacrolimus (↑)

„…we suggest against the routine use of prokinetic agents for the treatment of feeding intolerance in children with septic shock or other sepsis-associated organ dysfunction.“

Surviving Sepsis Campaign Guidelines 2020

Opiat-Antagonisten

- Methylnaltrexon 0,15 mg/kgKG s.c. 1x tgl.

  …is safe and may be effective when given subcutaneously as a 0.15 mg/kg single dose to pediatric oncology patients…

- Naloxon p.o. (0,4-) 1-2 mg p.o. 3-4 x tgl.

  kann ggf. resorbiert werden und akuten Entzug auslösen

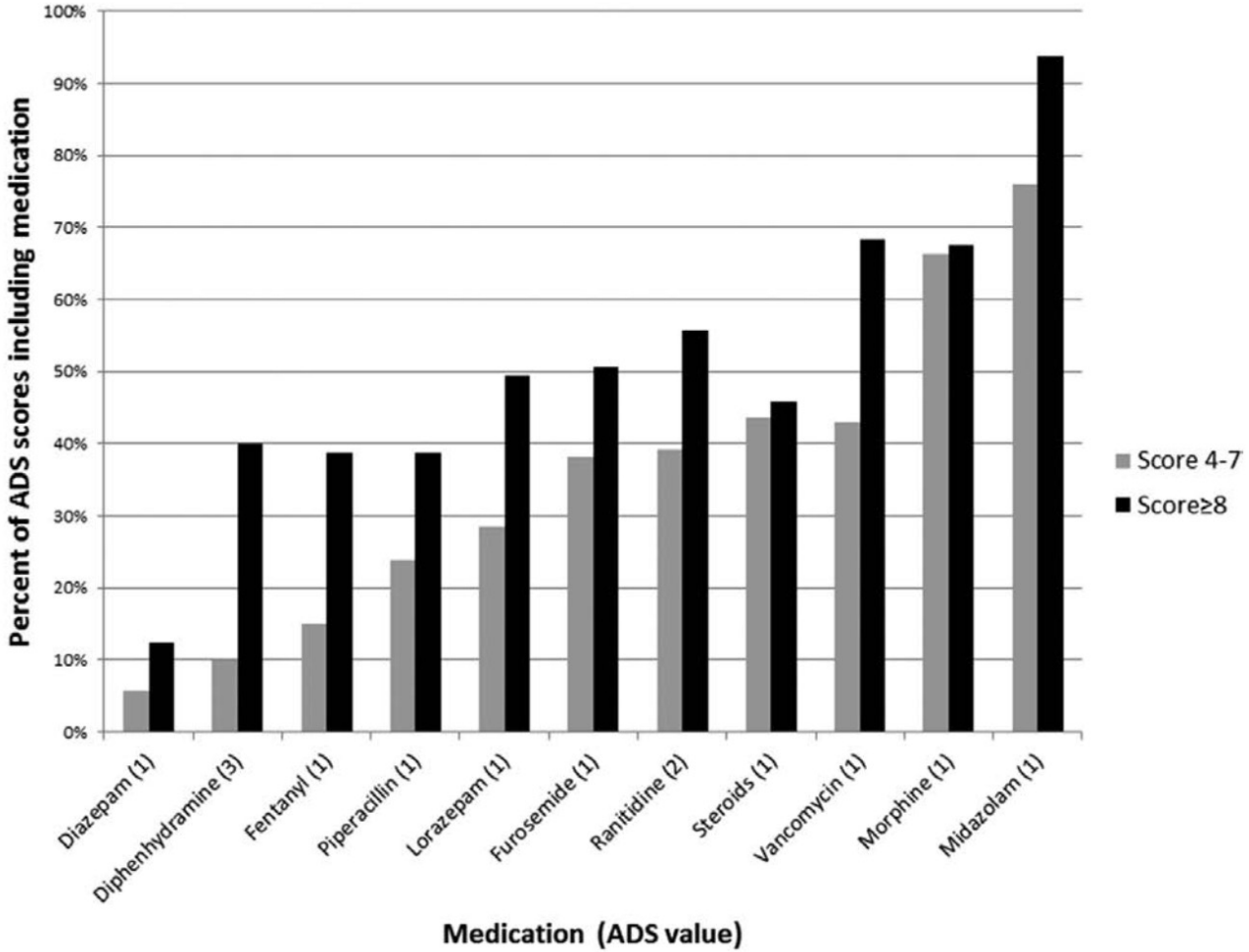
Pediatr Blood Cancer. 2013; 60: 1667-1670.
Pediatr Crit Care. 2006; 7: 252-254

Refeeding-Syndrom

- …potenziell lebensbedrohlicher Symptomkomplex, der bei langfristig mangelernährten Patienten bei Wiederaufnahme einer adäquaten Nahrungszufuhr auftreten kann. Dabei manifestiert sich ein Refeeding-Syndrom meist innerhalb der ersten Woche nach Nahrungsbeginn.
- bei Auftreten einer Hypophosphatämie (< 0,65 mmol/l) als Surrogatmarker eines Refeeding-Syndroms unter klinischer Ernährung Reduktion der vorbestehenden Kalorienzufuhr auf ein Minimum (5 – 6 kcal/kg aktuelles KG/Tag?) vornehmen. Bei nicht mehr substitutionspflichtigen Phosphatkonzentrationen sollte die Kalorienzufuhr schrittweise wieder gesteigert werden.

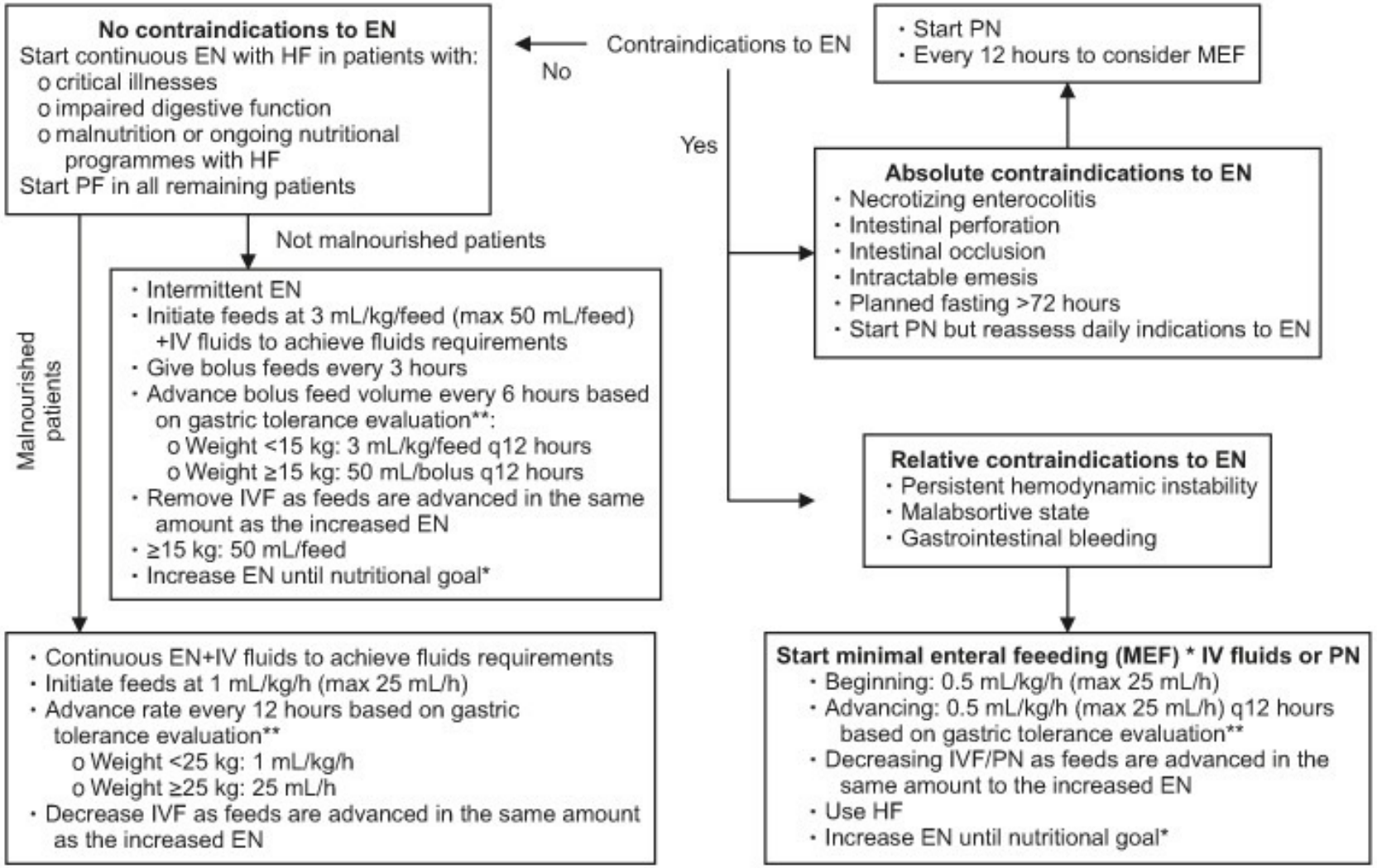
Anticholinerg wirksame Medikation und enteraler Nahrungsaufbau

- korreliert mit verzögertem enteralen Nahrungsaufbau
- „…ADS scores range from 0 (none) to 1 (potential effect), to 2 (observed effect), or to 3 (effect almost always occurs)…“



Pediatr Crit Care Med. 2018; 19: 917–924.
Pediatr Crit Care Med. 2021; 22:1083-1087.

Beispiel: Protokoll für enterale Ernährung



Pediatr Gastroenterol Hepatol Nutr. 2020; 23: 521–530.

Algorithmus für EN an ECMO

ECMO Day 1

- Assess energy requirement
  - Indirect calorimetry, if available
  - Equations: World Health Organization, Schofield (consider omitting stress factor)
- Assess protein requirement
  - Pediatric: Protein 1.5-2.5g/kg/day
  - Neonate: Protein 2-3g/kg/day

ECMO Day 2

- Any contraindications to EN? (e.g. high doses of vasopressor, hemodynamic instability, ileus, obstructive intestinal pathology, unrepaired CDH)
  - No: aim to start with trophic feeds within first 48 hours
  - Yes: consider starting PN (by Day 5-7 if no contraindications)

>48 hours of ECMO

- Feed escalation guidelines
  - Escalate as per unit feeding protocol, if available
  - Additional considerations:
    - Prokinetics if significant feed intolerance
    - PN if unable to establish feeds by Day 5-7
    - Micronutrient monitoring and supplementation if on CRRT
  - Repeated assessments to titrate nutritional provision accordingly

Front. Nutr. 2021; 8: 666464-666470.

Kurze Zusammenfassung:

Wie kommt die Nahrung ins Kind?
Enteral! Beginnen in den ersten 24 h., z.B. 3 ml/kg (max. 50 ml) alle 3-4 h über Magensonde, rasch steigern nach Verträglichkeit.

Wieviel soll es werden?
60% des erforderlichen Bedarfs bis zum Ende der ersten Woche nach Traum / Krankheitsbeginn

Wann parenteral? Parenteral nur, wenn keine enterale Zufuhr über einige Tage möglich. 4-5 Tage gerne warten.

Für wen gilt das?
Eigentlich für alle…die hämodynamisch stabil sind und einen GI-Trakt haben

„Critically ill patients start their acute journey in very different conditions determined by age, previous nutritional status, and severity of acute insult. The body is able to generate an important endogenous glucose production in the early phase at the expense of protein catabolism for gluconeogenesis. Loss of lean body mass is extremely rapid, with a loss of 15% to 20% of muscle mass within the first 10 d of acute illness. Some extrinsic energy deficit is tolerable; however, exceeding a cumulated balance of -50 kcal/kg should be prevented by an early and progressive ramping up of enteral nutrition during first 48 h when possible. Protein delivery should be closely monitored to achieve 1.2 to 1.3 g/kg daily. Opposing enteral and parenteral feeding is no longer rational: Supplemental parenteral nutrition or parenteral nutrition should not be delayed in the presence of compromised gut function beyond day 3 (-5).“

Nutrition. 2019; 59. 188-194