

Abschlussvortrag GESKES – Zertifikatskurs 2022  
Marlies Aebli Bissig; Ernährungsberaterin BSc; KSGl

# Indirekte Kalorimetrie versus Berechnungsformeln -Was taugt für die Praxis der ErnährungsberaterIn?

# Inhalt

- Fragestellung
- Indirekte Kalorimetrie (IC) früher und heute
- Eine Auswahl an Berechnungsformeln
- Wie genau sind die Berechnungsformeln im Vergleich zur IC?
- Praxistest, bzw. erste Gehversuche mit dem IC-Gerät
- Nutzen und Einsatzgebiete der IC
- Schlussfolgerungen für die Praxis der Ernährungsberaterin

# Fragestellung

- Bei welcher Patientengruppe ist der Einsatz einer indirekten Kalorimetrie (IC) sinnvoll?
- Wie nahe kommen sich IC und Berechnungsformeln?
- Welchen Platz hat die IC in der Praxis der Ernährungsberatung?

# Indirekte Kalorimetrie **früher**

- Zeitaufwändig (Aufwärmzeit, Messdauer)
- Genauigkeit der Messung?
- Aufwändig in Wartung, Kalibrierung
- Grosse Geräte; Bedienerfreundlichkeit?
- Teuer
- Geringer Einsatz in der Praxis

# Indirekte Kalorimetrie heute

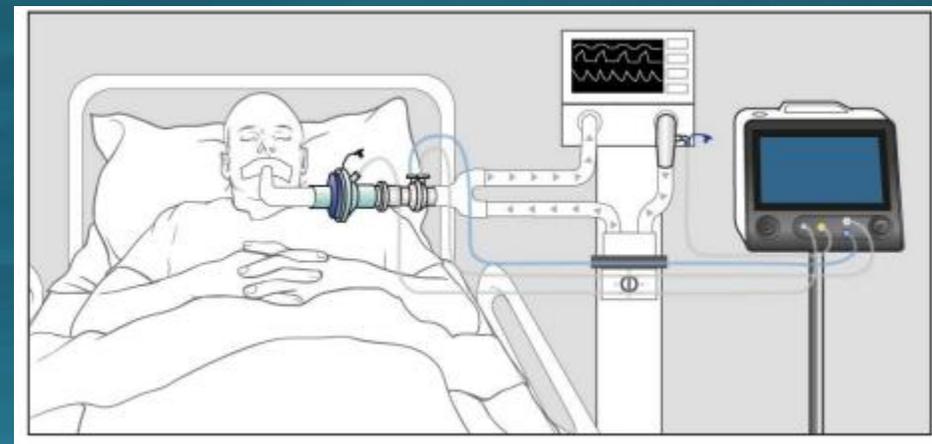
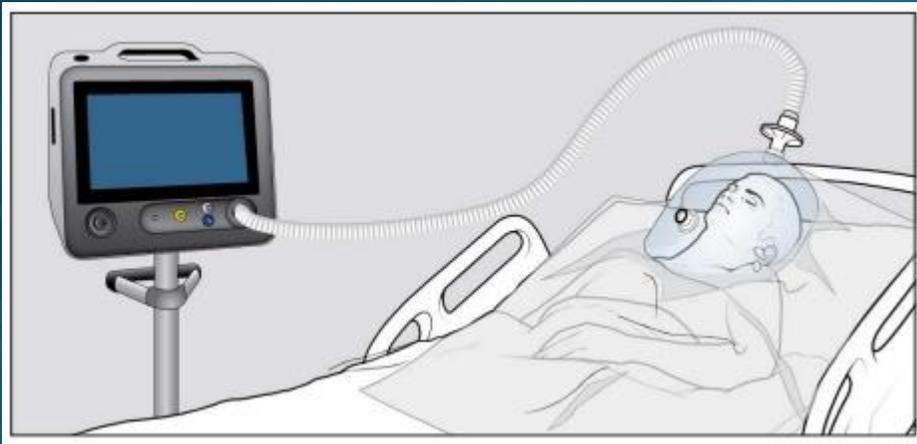
- Deutlich kürzere Messdauer
- Genauere Messung
- Bedienerfreundlich
- Kleineres Gerät
- Erschwinglicher Preis

= Q-NRG®



Oshima et al, The clinical evaluation of the new indirect calorimeter developed by the ICALIC project, Clinical Nutrition 39 (2020) 3105 - 3111

# Indirekte Kalorimetrie heute



Q-NRG Betriebsanleitung, Fassung 3.0 (12/2020)  
REF C04717-05-91, Deutsche fassung

# Eine Auswahl an Berechnungsformeln

WHO - Schätzformel

Mifflin St.Jeor

Schofield - Gleichung

Ireton – Jones Gleichung

Harris und Benedict 1918

DGEM - Schätzformel

BMR – Faktoren der AKE

# Eine Auswahl an Berechnungsformeln

## Harris und Benedict (Harris & Benedict, 1918)

Frauen:

$$\text{REE (kcal/d)} = 655.1 + (\text{Körpergewicht in kg} \times 9.6) + (\text{Grösse in cm} \times 1.8) - (\text{Alter} \times 4.7)$$

Männer :

$$\text{REE (kcal/d)} = 66.5 + (\text{Körpergewicht in kg} \times 13.8) + (\text{Grösse in cm} \times 5) - (\text{Alter} \times 6.8)$$

Theobald St et al «Ernährungstherapie, ein evidenzbasiertes Kompaktlehrbuch», 2021, UTB-Verlag; S368 – S376

→ die Formel wurde 1984 durch Roza A, Shizugal H angepasst

# Eine Auswahl an Berechnungsformeln

## Mifflin St.Jeor (Mifflin et al., 1990)

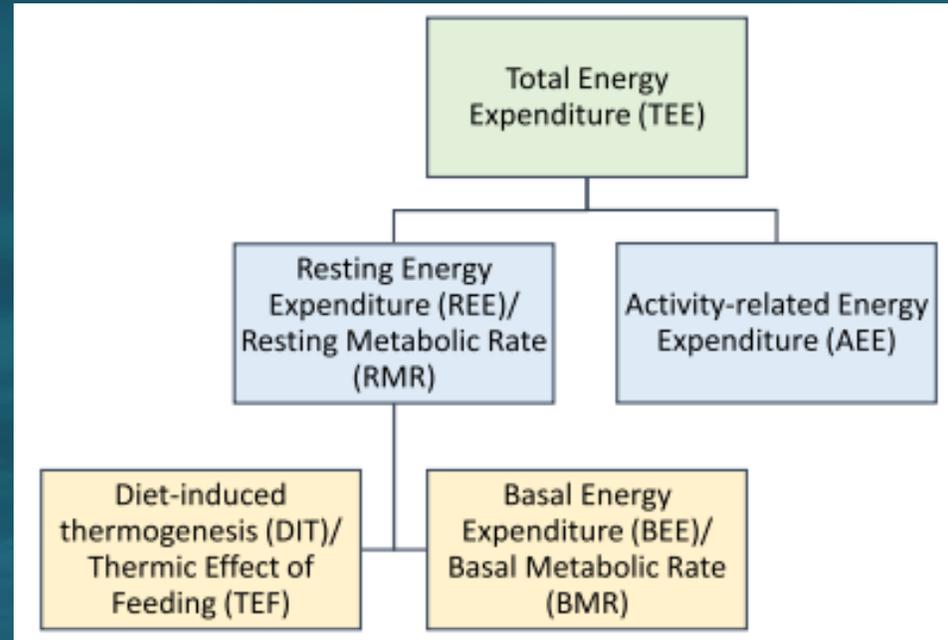
Frauen:

$$\text{REE (kcal/d)} = 10 \times \text{Gewicht (kg)} + 6.25 \times \text{Grösse (cm)} - 5 \times \text{Alter (J)} - 161$$

Männer:

$$\text{REE (kcal/d)} = 10 \times \text{Gewicht (kg)} + 6.25 \times \text{Grösse (cm)} - 5 \times \text{Alter (J)} + 5$$

# Energiebedarf



→ Beeinflussung der BMR durch z.B. Hypo-/Hyperthyreose, Verbrennungen, Traumata und Sepsis

Kreymann G et al. Energieumsatz und Energiezufuhr, Aktuelle Ernährungsmedizin 2007; 32, Supplement 1: S8-S12

Moonen et al., Energy expenditure and indirect calorimetry in critical illness and convalescence: current evidence and practical considerations, Journal of Intensive Care (2021) 9:8

# Wie genau sind Berechnungsformeln im Vergleich zur IC?

- Schätzungen gelten als genau, wenn sie +/- 10 % im Vergleich zur IC liegen
- Gerade bei Intensivpatienten können die Berechnungsformeln nur eine Genauigkeit von 50 – 70 % erreichen

Bendavid I et al, "The centenary of the HarriseBenedict equations: How to assess energy requirements best? Recommendations from the ESPEN expert group", Clinical Nutrition 40 (3), 690-701, 2021

- Die Ungenauigkeit steigt insbesondere bei einem BMI > 35 – 40 an

Frankenfield DC et al, "Validation of several established equations for resting metabolic rate in obese and nonobese people", Journal of THE AMERICAN DIETETIC ASSOCIATION 2003, Vol 103 Number 9, 1152 - 1159

# Wie genau sind Berechnungsformeln im Vergleich zur IC?

## Harris und Benedict (Harris & Benedict, 1918)

- wurde mit einer jungen, normalgewichtigen und eher kleinen Population entwickelt
- Haupttendenz ist eine Überschätzung von ca.10 % (bis 20%) des BMR
- Harris & Benedict überschätzt insbesondere den REE bei Männern mit BMI > 50
- Ungenau bei Untergewicht (BMI < 18.5)
- wird bei kritisch Kranken nicht empfohlen
- Wird die Harris-Benedict-Formel mit dem «Adjusted body weight» angewendet, so wird der REE bei BMI > 40 praktisch zu 100 % unterschätzt

Kreymann G et al. Energieumsatz und Energiezufuhr , Aktuelle Ernährungsmedizin 2007; 32, Supplement 1: S8-S12

Elke G et al. Klinische Ernährung in der Intensivmedizin, Aktuelle Ernährungsmedizin 2018; 43: 341–408

Frankenfield DC et al, "Validation of several established equations for resting metabolic rate in obese and nonobese people", Journal of THE AMERICAN DIETETIC ASSOCIATION 2003, Vol 103 Number 9, 1152 - 1159

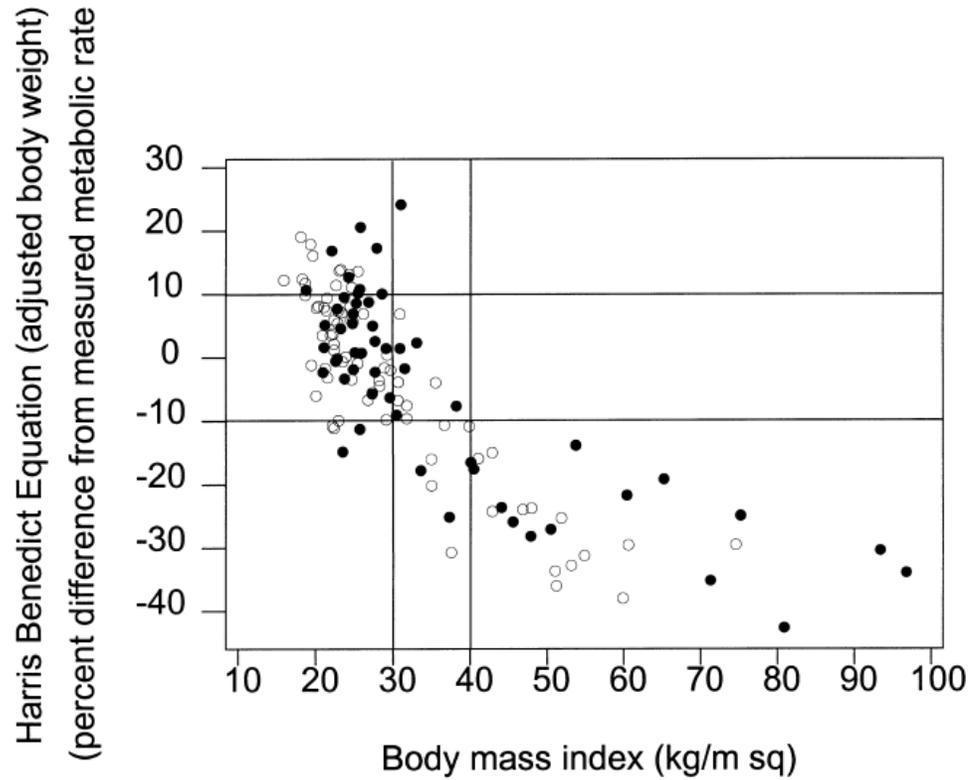


FIG 2. Accuracy of Harris-Benedict equation using adjusted body weight in obesity, over the range of BMI. Horizontal band between +10% and -10% of measured resting metabolic rate indicates range considered accurate. Vertical lines at BMI 30 and 40 separate the obesity groups. Solid circles represent men, open circles represent women.

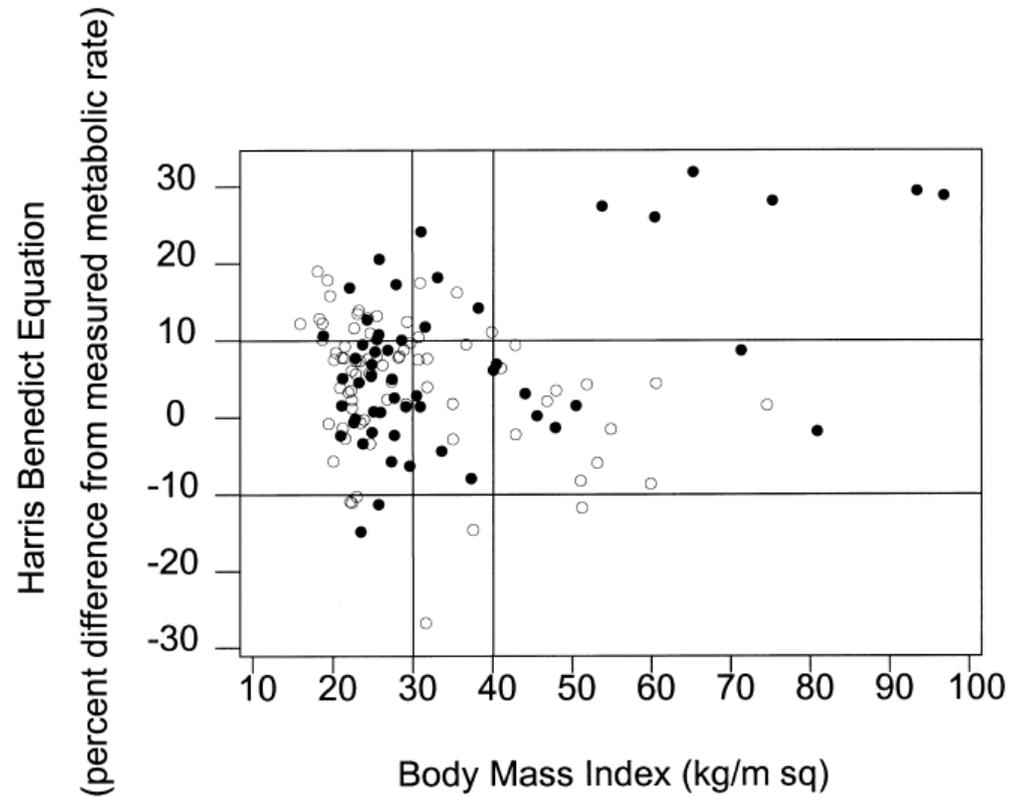


FIG 1. Accuracy of Harris-Benedict equation over the range of BMI. Horizontal band between +10% and -10% of measured resting metabolic rate indicates range considered accurate. Vertical lines at BMI 30 and 40 separate the obesity groups. Solid circles represent men, open circles represent women.

Frankenfield DC et al, "Validation of several established equations for resting metabolic rate in obese and nonobese people", Journal of THE AMERICAN DIETETIC ASSOCIATION 2003, Vol 103 Number 9, 1152 - 1159

# Wie genau sind Berechnungsformeln im Vergleich zur IC?

- Die Ungenauigkeiten steigen auch bei Untergewicht, sowie steigendem Alter
- Bei Krebspatienten ist das Risiko erhöht für eine Unterschätzung des Energiebedarfes (bis 15 – 20 %)
- Berechnungsformeln welche die Körperzusammensetzung (fettfreie Masse) berücksichtigen, scheinen nicht genauer zu sein als Formeln mit Verwendung des Körpergewichtes

Bendavid I et al, "The centenary of the Harris Benedict equations: How to assess energy requirements best? Recommendations from the ESPEN expert group", Clinical Nutrition 40 (3), 690-701, 2021

**Die Mifflin – Formel zeigt über den gesamten BMI – Verlauf die «beste» Übereinstimmung**

Frankenfield DC et al, "Validation of several established equations for resting metabolic rate in obese and nonobese people", Journal of THE AMERICAN DIETETIC ASSOCIATION 2003, Vol 103 Number 9, 1152 - 1159

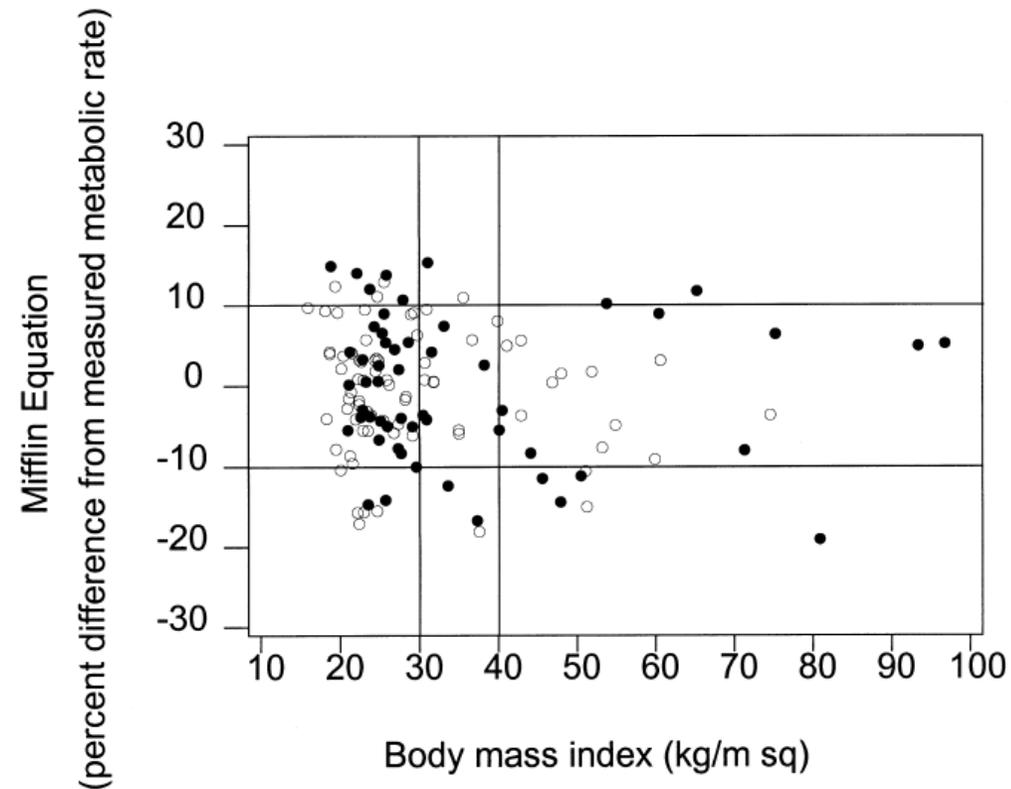


FIG 4. Accuracy of Mifflin equation over the range of BMI. Horizontal band between +10% and -10% of measured resting metabolic rate indicates range considered accurate. Vertical lines at BMI 30 and 40 separate the obesity groups. Solid circles represent men, open circles represent women.

# Praxistest, bzw. erste „Gehversuche“

Fallbeschreibung: 67-jährige Patientin, 42 kg, 162 cm, BMI 16.0,  
Diagnose Bronchiektasen nach rezidivierenden Pneumonien

Durchführung mit der Canopy-Haube, morgens nach > 10 h  
Nüchternphase

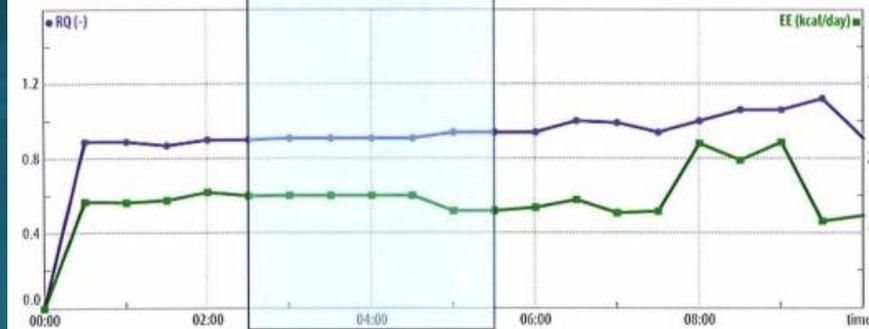
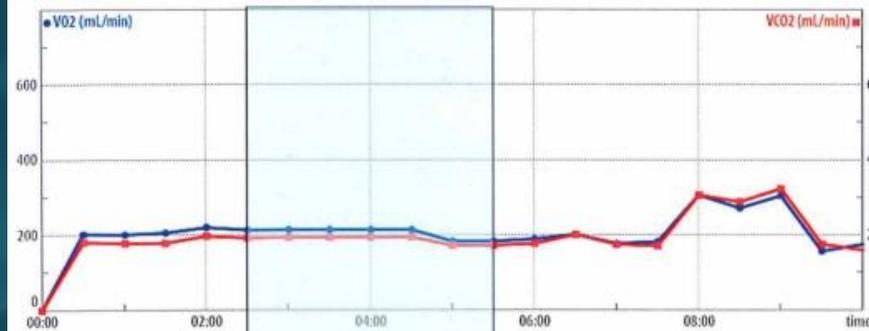
# Bei spontan atmenden Patienten (Messung mit Canopy-Haube) zu beachten:

- Nüchternphase von > 8 Stunden
- Keine vorangehende körperliche Aktivitäten
- Gutes Abdichten der Haube (vermeiden von Lecks)
- Haube muss toleriert werden

# Praxistest, bzw. erste „Gehversuche“

Person	ID	Geschlecht	Alter	Gewicht	Größe	BMI (kg/m <sup>2</sup> )	
	1306122	Weiblich	67	42.0 kg	162.0 cm	16.0	
Vergleichswerte	Körperposition	Agitation	Sedierung	Körpertemperatur (°C)	Ruhephase	Nahrungskarenz	UN (g/Tag)
ESPEN(25kcal/kg/day)	Liegend	Niedrig	N/A	37	30 Min - 1 Std	>8 Std	0.0

## Indirekte Kalorimetrie - Canopy-Test



notizen

REE			RQ
<b>1448</b>			<b>0.91</b>
138 %pred			npRQ: --
kcal/day			Vp
			<b>21.0</b>
V02	VC02	L/min	
<b>205</b>	<b>187</b>		
mL/min	mL/min	FeCO2	
			<b>1.27</b>
Substrate			FeO2
FAT	CHO	PRO	<b>19.61</b>
<b>30</b>	<b>70</b>	<b>0</b>	%
(%)	(%)	(%)	
Variabilität			MW Intervall
V02	VC02	<b>03:00</b>	
<b>7</b>	<b>5</b>	min	
%	%	Dauer	
			<b>00:10:00</b>
			min

# Praxistest, bzw. erste „Gehversuche“ mit dem IC – Gerät

REE nach

Harris und Benedict: 1035 kcal (71.5 % der IC-Messung)

Mifflin St.Jeor: 1205 kcal (83.2 % der IC-Messung)

# Einsatzgebiete der IC

- **sehr tiefe und sehr hohe BMI**, da Berechnungsformeln dort den höchsten Grad an Unter-/Überschätzung haben

Bendavid I et al, "The centenary of the Harris Benedict equations: How to assess energy requirements best? Recommendations from the ESPEN expert group", Clinical Nutrition 40 (3), 690-701, 2021

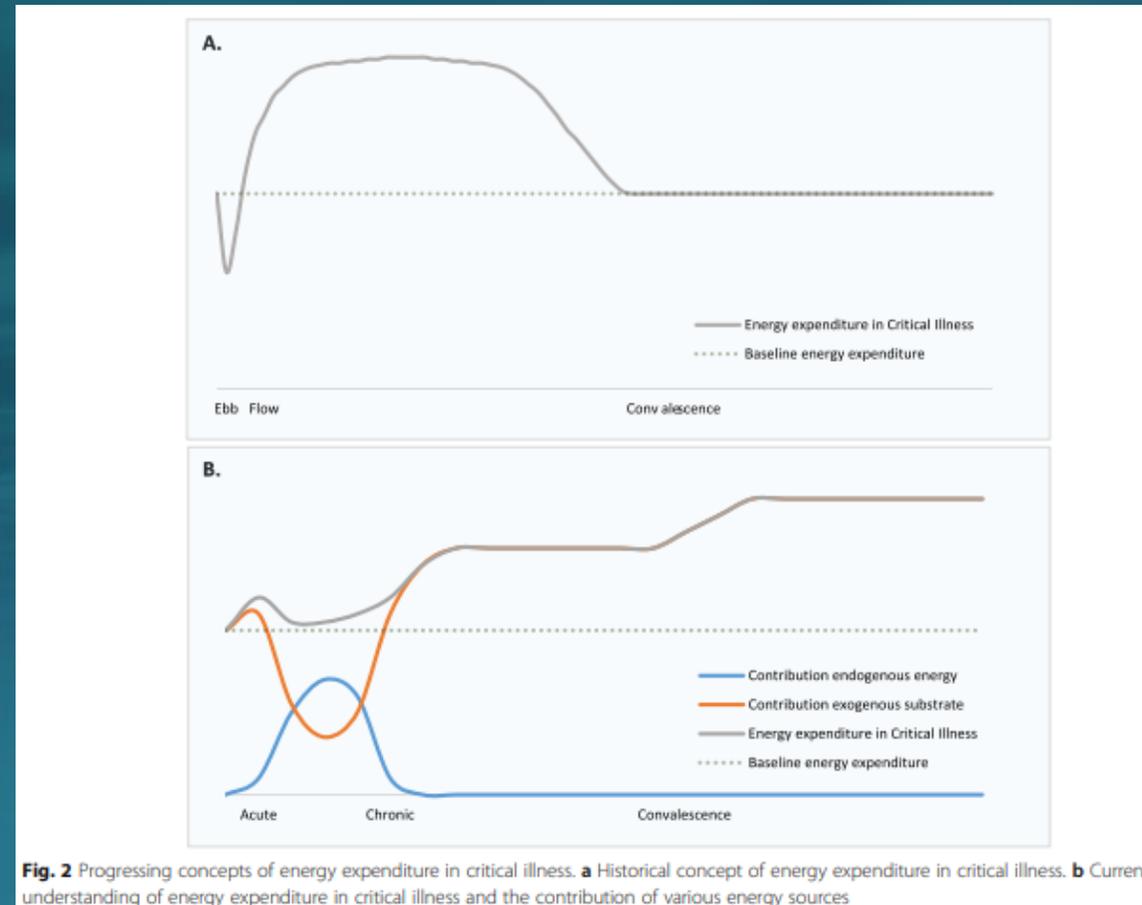
- **Intensiv – Patienten** (v.a. mit Bedarf an klinischer Ernährung und dynamischen Stoffwechseleränderungen)

Singer P et al, "ESPEN guideline on clinical nutrition in the intensive care unit", Clinical Nutrition 38 (2019) 48 - 79

# Nutzen der IC

- misst den aktuellen Energiebedarf/-verbrauch und ermöglicht eine individuelle Ernährungstherapie
- Kann Über- und Unterernährung verhindern und dadurch z.B. die Mortalität beeinflussen
- Instrument das allen beteiligten Disziplinen und dem Patienten die Bedeutung einer «bedarfsdeckenden» Ernährung aufzeigt («ich liege ja nur herum und verbrauche nicht viel»)

# Nutzen der IC am Beispiel des kritisch kranken Patienten



**Fig. 2** Progressing concepts of energy expenditure in critical illness. **a** Historical concept of energy expenditure in critical illness. **b** Current understanding of energy expenditure in critical illness and the contribution of various energy sources

# Schlussfolgerungen

- «Snapshot»

Auch die IC gibt nur einen momentanen Wert an – bei verändernden Bedingungen (Stoffwechsellage, Therapieänderungen) ist auch der BMR eine Variable!

→ Messungen wiederholen!

Bendavid I et al, "The centenary of the Harris Benedict equations: How to assess energy requirements best? Recommendations from the ESPEN expert group", Clinical Nutrition 40 (3), 690-701, 2021

- Die IC sollte im klinischen Setting durch die Ernährungsberatung konsequenter angewendet werden (enteral-/parenteral ernährte Patienten, tiefe und hohe BMI)
- Es braucht weitere Studien, die z.B. den Nutzen einer IC-angepassten Ernährungstherapie belegen

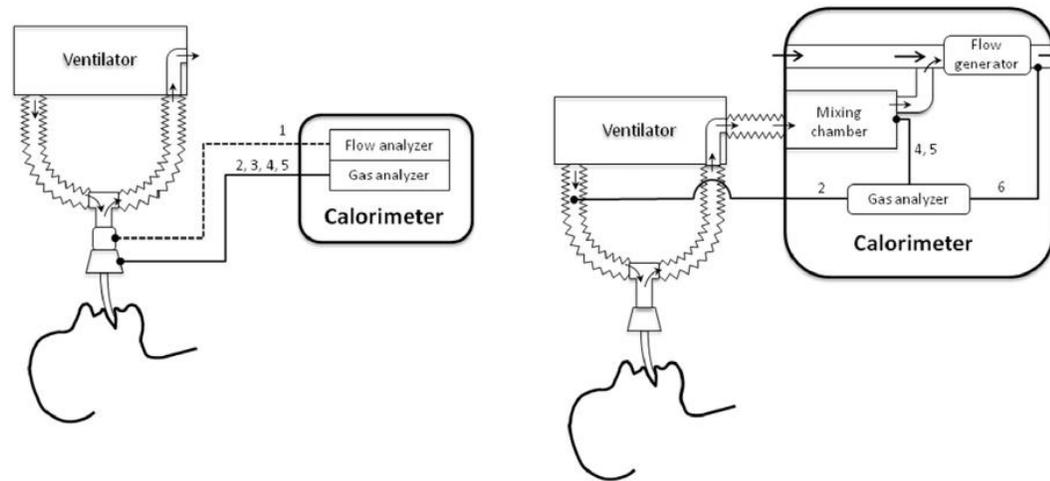
# Schlussfolgerungen

- Berechnungsformeln sind gratis, schneller verfügbar ...
- Flexiblere Anwendung verschiedener Berechnungsformeln, je nach Patient
- Unklar: Kostenvergütung/-abrechnung
- Vorhandene Personal - Ressourcen für eine routinemässige Anwendung?

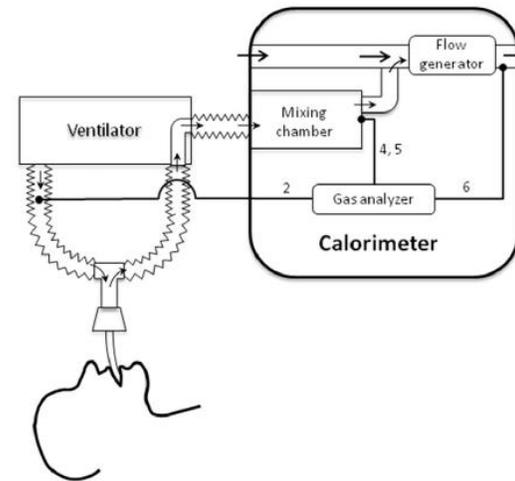
Besten Dank!  
Fragen?

# Darstellungen IC

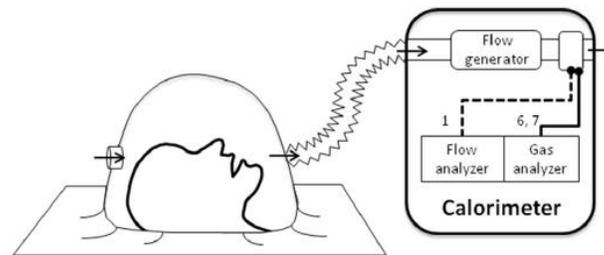
T. Oshima et al. / Clinical Nutrition 36 (2017) 651–662



a. Breath by breath



b. Mixing chamber



c. Canopy

# Anhang

Klinische Situationen, die eine sorgfältige Interpretation des Energieverbrauchs durch indirekte Kalorimetrie bedürfen:

- Körperliche Unruhe oder instabile Sedierung und/oder Analgesie
- Luftleckagen (>10% des Minutenvolumens)
- Instabile Körpertemperatur (> $\pm 1$  C Änderung in der letzten Stunde)
- Instabiler pH-Wert (> $\pm 0,1$  Veränderung in der letzten Stunde)
- Sauerstoffanreicherung ( $FiO_2 > 60\%$ )
- Organunterstützungstherapien: Nierenersatz oder Leberunterstützungstherapie (pH-Veränderungen bei intermittierender Durchführung), ECMO (direkte  $O_2$ -Versorgung des Blutes und  $CO_2$ -Entfernung aus dem Blut)

# Anhang

## Messhäufigkeit auf der Intensivstation

Bei instabilen Patienten:

1. Messung nach 3 -4 Tagen auf der Intensivstation
2. Folgemessungen alle 1 – 2 Tage, um der dynamischen Stoffwechselsituation gerecht zu werden.

# Anhang

- Respiratorischer Quotient: Verhältnis von entstandenem  $\text{CO}_2$  zu verbrauchtem  $\text{O}_2$

beträgt bei reiner Glukoseoxidation 1,0 (6/6), während es bei Palmitinsäureoxidation 0,7 (16/23) beträgt. Im Allgemeinen ist der respiratorische Quotient umso höher, je geringer der Anteil an Lipiden und je höher der Kohlenhydratanteil in der Nahrung ist. Bei typischer Ernährung liegt der respiratorische Quotient bei ca. 0,85.

# Anhang

## Energiebedarf - Begriffe

Grundumsatz (GU)/Basal Metabolic Rate (BMR)

+/-

Ruheenergieumsatz/Resting Metabolic Rate (RMR)/Resting Energy Expenditure (REE)

- Häufig synonyme Verwendung
- Messung des Grundumsatzes unter standardisierten Bedingungen
- Ermittlung durch direkte Kalorimetrie in Kalorimeter-Kammer ist teuer
- Ermittlung durch indirekte Kalorimetrie in der Praxis anerkannt

Physische Aktivität/Physical Activity (PA) oder Leistungsumsatz

- Zweitgrösste Komponente des tägl. Energieverbrauches
- Sehr variabel in Abhängigkeit der Skelettmuskulatur

Nahrungsinduzierte Thermogenese (NIT)/Thermogenetic Effect of Food (TEF)

- Macht ca.8 % des tägl.Energiebedarfes aus
- Energie die für Digestion, Absorption, Umwandlung und Speicherung von energieliefernden Produkten

Kreyman G et al. Energieumsatz und Energiezufuhr , Aktuelle Ernähr. Med 2007; 32, Supplement 1: S8-S12

Theobald St et al «Ernährungstherapie, ein evidenzbas.Kompaktlehrbuch», 2021, UTB-Verlag;S368 – S376