

Möglichkeiten und Grenzen einer qualitativen, computergestützten Stoffwechselanalyse und ihrer klinischen Anwendungen

Prof. Dr. Karl L. Birnberger TU München

In einer Gesellschaft, die körperliche Fitness, ein „ideales“ Körpergewicht, sexuelle Attraktivität und Langlebigkeit zu ihren Zielen gemacht hat, beschäftigen sich viele Menschen mit den Mitteln und Wegen diese Ideale zu erreichen.

Der aus diesen Wünschen entstandene Markt wird von einer Vielzahl von – nicht selten selbsternannten- Ratgebern bedient, die Richtlinien für gesunde Ernährung, Training und gelegentlich auch geistige Schulung verbreiten.

Dabei ist es wie auf anderen Gebieten: die Vertreter der verschiedenen Schulen stimmen bei den erwünschten Zielen überein, die Wege dorthin sind jedoch durchaus umstritten und unterliegen nicht selten einem modischen Wandel.

Trotz des eindrucksvollen Bemühens vieler Menschen um Gesundheit, zeigen epidemiologische Untersuchungen in allen westlichen Gesellschaften, dass die Zahl der Patienten mit Übergewicht, Bluthochdruck, Diabetes und seine Folgeerkrankungen zunimmt und diese Erkrankungen sogar zu einem immer früheren Zeitpunkt im Leben auftreten.

Wie kann dieser scheinbare Widerspruch erklärt werden?

Man könnte vermuten, dass die Ratschläge für ein gesundes Leben unwirksam, oder die Methoden falsch gewählt sind.

Es scheint auch möglich, dass das neue Gesundheitsbewusstsein einen Teil der Bevölkerung nicht erreicht.

Der wesentliche Punkt in der vorliegenden Untersuchung ist die Messung des respiratorischen Quotienten (RQ) in der Atemluft gesunder Erwachsener mit unterschiedlichem Ernährungs- und Trainingszustand. Mit Hilfe der Messung des RQ in Ruhe ist es möglich qualitative Aussagen über den Stoffwechsel von Kohlenhydraten und Fetten zu machen. Von besonderem Interesse war dabei die Frage, ob die Messung der RQ eine unkomplizierte Methode ist, Änderungen des Stoffwechsels und des Trainingszustandes anzuzeigen.

Methodik:

Zur Diagnostik des Respiratorischen Quotienten und der dafür im Zellstoffwechsel anteilmäßig verwendeten Metaboliten Glukose und Fette wurde das Stoffwechsellmesssystem e-scan der Firma Figurwell verwendet. Das Messsystem arbeitet nach dem Prinzip der indirekten Kalorimetrie. Hierbei atmen die Probanden im Ruhezustand über ein Mundstück, das mit Verbindungsschläuchen mit dem Messgerät verbunden ist.

Um den gesamten Luftstrom zu erfassen, trugen die Probanden während der Messung eine Nasenklammer. Das Messsystem erfasst über Volumenstromsensoren während des Tests jeden einzelnen Atemzug (breath to breath). Folgende Parameter werden bestimmt:

1. Ausgeatmetes Volumen Luft (in Liter)
2. Atemfrequenz
3. Prozentualer Anteil Sauerstoff in der ausgeatmeten Luft (FeO_2)
4. Prozentualer Anteil Kohlenstoffdioxid in der ausgeatmeten Luft (FeCO_2)

Aus den Gaswerten werden der Respiratorische Quotienten (RQ) und die daraus abgeleitete prozentuale Glukose und Fettverbrennung bestimmt und ebenfalls bei der Auswertung der Messung dargestellt. Der respiratorische Quotient (RQ) beschreibt das Verhältnis der Menge (Volumen in ml) des ausgeatmeten Kohlenstoffdioxids (CO_2) im Vergleich zu der Menge (Volumen in ml) des aufgenommenen Sauerstoffes (O_2).

$$\text{RQ} = \frac{V(\text{CO}_2)}{V(\text{O}_2)}$$

Bei stoffwechselgesunden Europäern liegt der Respiratorische Quotient in Ruhe bei 0,82 (Schmidt, Lang 2005).

Der RQ hängt ab von der Art des verstoffwechselten Substrates und ist ernährungs- und belastungsabhängig. Der RQ liegt bei einer Ernährung mit einem hohen Anteil an Kohlenhydraten bei 1,0. Ein RQ = 0,7 zeigt einen Fettstoffwechsel von 100%. Die RQ - Werte zwischen 0,7 und 1,0 ergeben eine anteilmäßige Verstoffwechslung beider Brennstoffe. Zum Beispiel ergibt ein RQ = 0,82 einen Glukosestoffwechsel von 40 % und einen Fettstoffwechsel von 60% (Schmidt, Lang 2005).

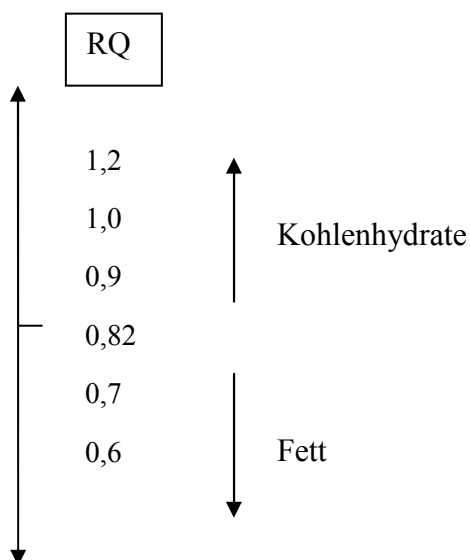


Abb. 1

Wird bei einer Versuchsperson ein hoher RQ gemessen, $RQ \geq 1$, und liegt demnach ein 100 prozentiger Glukosestoffwechsel vor, bedeutet dies, dass keine Fette verstoffwechselt werden. Wenn die Versuchsperson im Tagesverlauf wenig oder keine Fette verbraucht, kann auch keine Fett- bzw. Gewichtsreduktion stattfinden. Zumal ein hoher Zuckerstoffwechsel darüber hinaus mit einer hohen Insulinausschüttung in Verbindung steht, die Ihrerseits den Fettstoffwechsel verhindert.

Umgekehrt entspricht ein niedriger RQ (0,7) einem hohen Fettstoffwechsel und führt in Kombination mit einem erhöhten Energieverbrauch zu einer Körperfett- bzw. Gewichtsreduktion.

Dies veranlasste uns zur Arbeitshypothese, dass Probanden mit Übergewicht ($BMI > 27$) und hohem Respiratorischen Quotienten ($RQ > 0,90$) durch Umstellung der Ernährung und angepasstem Training Veränderungen beim RQ in Richtung 0,7 (hoher Fettstoffwechsel) und eine Abnahme des Körpergewichtes erreichen sollten.

Zunächst wurde bei einer Kontrollgruppe „stoffwechselgesunder“, normalgewichtiger, sportlich trainierter Probanden (12 Eishockeyspieler) der RQ, der Stoffwechselumsatz in Kcal und das Körpergewicht ermittelt. Diese Daten wurden als Vergleichswerte verwendet. Die Teilnehmer der Kontroll- sowie der Versuchsgruppe erhielten die Vorgabe 3 Stunden vor dem Test nichts mehr zu essen, nicht zu rauchen und nur Wasser zu trinken. Zusätzlich sollte am Testtag kein sportliches Training absolviert werden.

Die Versuchsgruppe bestand aus 20 übergewichtigen Personen (18 Frauen; 2 Männer), die sich in einem privaten Fitness-Club zu Training und Ernährungsberatung angemeldet haben. Ihr Ziel war Gewichtsreduktion.

Zu Beginn der Beratung erfolgte ein ausführliches Anamnesegespräch, bei dem Vorerkrankungen, Medikamenteneinnahme, sportliche Aktivitäten und das Ernährungsverhalten abgefragt wurden. Das Ernährungsverhalten wurde durch eine Checkliste, bei der Lebensmittelgruppen nach Häufigkeit des wöchentlichen Verzehrs abgefragt wurden. Außerdem beschrieben die Versuchspersonen exemplarisch die Haupt- und Zwischenmahlzeiten eines beliebig gewählten Tages. Danach erfolgte die erste Stoffwechselformung, bei der die einzelnen Stoffwechselformparameter, wie bei der Kontrollgruppe, eruiert wurden.

Anhand der ermittelten Daten erhielten die Probanden einen Ernährungsplan, der nach den Prinzipien der saisonalen, und regionalen Küche erstellt wurde. Zusätzlich war die Zufuhr von stark raffinierten Kohlenhydraten begrenzt.

Parallel zum Ernährungsplan erhielten die Versuchspersonen einen individuell abgestimmten Trainingsplan. Er bestand aus Krafttraining, bei dem die Hauptmuskelgruppen an

Sequenztrainingsgeräten trainiert wurden, und einem Teil Ausdauertraining. Die Trainingshäufigkeit lag bei 2-3 Trainingseinheiten pro Woche je 60 Minuten. Die Kontrollmessungen des Stoffwechsels und des Brennstoffprofils (RQ, Zucker und Fettstoffwechselanteil) erfolgten im zweiwöchigen Rhythmus.

Ergebnisse der Messung des respiratorischen Quotienten bei der Kontroll- und bei der Versuchsgruppe:

Die Probanden der Kontrollgruppe waren alle aktiven Sportler mit gutem Trainingszustand, sie hatten kein Übergewicht und ernährten sich bewusst und ausgeglichen. Es war daher nicht verwunderlich, dass sie den für gesunde Mitteleuropäer typischen respiratorischen Quotienten um 0,8 aufwiesen.

Bei den Versuchspersonen handelte es sich um Probanden, die Übergewicht hatten, vergeblich versucht hatten, Gewicht zu verlieren und die auch einer ausgeglichenen Ernährung keinen besonderen Wert beimaßen. Wie Abbildung 2 zeigt, waren die respiratorischen Quotienten dieser Probanden bei oder über 1,0, bereits in dem Bereich, in dem ausschließlich Kohlenhydrat-Stoffwechsel und damit kein Abbau von Fett stattfand. In der Kontrollgruppe lag das arithmetische Mittel des respiratorischen Quotienten bei 0,82, in der Versuchsgruppe bei 1,05 (Abb. 2).

Nachdem die Probanden der Versuchsgruppe eine Diätberatung, insbesondere Hinweise zu einer kohlenhydratreduzierten Diät, erhalten hatten, begannen sie dreimal wöchentlich ein körperliches Training nach dem Zirkelprinzip. Dabei wurden Kraftübungen und Ausdauertraining kombiniert. Schon nach einwöchiger Diät und Training, zu einem Zeitpunkt also, an dem nur wenig Gewichtsreduktion messbar war, sank der respiratorische Quotient der Probanden auf Werte zwischen 0,8 und 0,9. Nach vier Wochen lag der mittlere respiratorische Quotient bei 0,84. Zu diesem Zeitpunkt lag der durchschnittliche Gewichtsverlust bei 4,5 Kilogramm. Es gibt also deutliche Hinweise darauf, dass die Änderung des respiratorischen Quotienten dem Gewichtsverlust zeitlich voraus geht und der respiratorische Quotient in Ruhe ein guter Indikator für die Effektivität der Diät ist.

Die Probanden wurden in vierwöchigem Abstand über einen Zeitraum von drei Monaten beobachtet, hierbei ergab sich keine weitere Veränderung des respiratorischen Quotienten, obwohl sich der Trainingszustand stetig besserte.

Unsere Ergebnisse weisen also darauf hin, dass die Messung des RQ in Ruhe ein wertvoller Indikator am Beginn einer Diät oder eines Trainingsprogramms ist, da ein effektiver Gewichtsverlust mit RQ-Werten von 1,0 in der Regel nicht möglich ist.

Ein Zusammenhang des RQ mit dem Trainingszustand und dem Körpergewicht scheint nicht zu bestehen.

Da sich ein Abweichen von einem Diätprogramm sehr schnell durch Änderung des RQ, und nur sehr langsam durch eine Änderung des Körpergewichts zeigt, ist die RQ-Messung in Ruhe eine sensible, kostengünstige und durchaus aussagekräftige Leitlinie für das Erreichen eines normalen Körpergewichts.

Ref.: Schmid, Lang: Physiologie des Menschen, Springer Verlag 2005.

