

(1957). — 135. VAGUE, J., JOUVE, A., DELAAGE, M. et TEITELBAUM, M., Doc. Scientif. Guigoz 41, 215 (1958). — 136. VONCK, Voeding 20, 425 (1959). — 137. VON SCHÖN, A. et HÄNNIG, Dtsch. med. Wschr. 1959, 1385—1399. — 138. VERDONK, G., Tschr. Gastro-Enterol. 3, 465—506 (1960). — 139. a) VERDONK, G., Verh. Vlaam. Akad. Geneesk. Belg. 20, 147—200 (1958); b) VERDONK, G., Verh. Vlaam. Akad. Geneesk. Belg. (sous presse). — 140. VERDONK, G., GROEN, J., WILLEBRANDS, A., TIGNIG, K., KESTER, M. et PIERFORD, P., Essential fatty acids. 4th Intern. Confer. on Lipids p. 147 (London 1958). — 141. VERDONK, G., Voeding 21, 324—352 (1960). — 142. VAN ITALLIE, T. B., TENNETT, T. M., SEBRELLE, W. H. et BERGEN, S. F., Proc. Soc. Exp. Biol. Med. 102, 676—679 (1956). — 143. WALKER, W. J., Amer. J. Med. 14, 654 (1953). — 144. WELLS, W. W. et ANDERSON, S. C., J. Nutr. 68, 541—549 (1959). — 145. WHITE, F. D., Observations on coronary heart disease in epidemiological population studies. Abstracts of the 3rd World Congress of Cardiology, p. 43 (Brussels 1958). — 146. WILGRAM, G., Amer. J. Clin. Nutr. 6, 274—279 (1958). — 147. WILKINSON, J., LEVERE, A. H., BOZIAN, R. C., CRAFT, G. et JACKSON, A. S., Metabolism 4, 338 (1958). — 148. WILSENS, S. L., Arch. Int. Med. 79, 129—147 (1947). — 149. YERUSHALMI, J. et HILLEBOE, H. E., N. Y. J. Med. 57, 2343 (1957). — 150. YUDKIN, L. d'après SCHETTLER, Med. Ernährung. 1, 191—195 (1960).

Adresse de l'auteur:

Prof. Dr. G. VERDONK Département Universitaire de Diététique, Faculté de Médecine, Université de l' Etat Drève Pasteur 2, GAND. (Belgique)

*Aus der Ganz-Mávag Poliklinik der Stadt Budapest (Ungarn)
(Direktor: Dr. J. Regös)*

Röntgenologischer Beitrag zur Bestimmung des Ernährungszustandes

Von BLASIUS BUGYI

(Eingegangen am 25. Januar 1961)

Weiche Röntgenaufnahmen der Extremitäten lassen am besten unterscheiden Knochen, Muskulatur und Fettgewebe. Bei dicken Leuten ist die Breite des Fettgewebes wesentlich größer als bei mageren Personen, wo die Schichtdicke des Fettgewebes auffallend klein ist. Diese Feststellung wurde bis vor wenigen Jahren nicht verwertet, wie auch die sog. Weichteil-Röntgen-diagnostik ein recht vernachlässigtes Gebiet darstellte, welches nun durch die Forschungen vom BONSE, FRANTZELL, ZUPPINGER u. a. ein ebenbürtiges Kapitel der Röntgendiagnostik geworden ist.

In der Ernährungsphysiologie betrachtet man den Ernährungszustand als eine wichtige, sogar unerlässliche Größe, wenngleich dessen Bestimmung noch keineswegs als eindeutig fixiert zu betrachten ist. Körpergewicht und die verschiedenen Indizes der gegenseitigen Verhältnisse von Körpergewicht und Körperhöhe sind in dieser Hinsicht nur mit Vorbehalten zu verwenden. Die Fettmenge des Organismus sollte bei der Beurteilung des Ernährungszustandes bestimmt werden, aber das Körpergewicht ist keineswegs eine eindeutige Funktion des Fettgehaltes.

Schon vor Jahrzehnten hat man an den verschiedenen Regionen des Körpers die Fettfalten geprüft bzw. durch gewissen Druck Falten gebildet,

um daraus auf die Menge an Fettgewebe zu schließen. Die Faltenmethode ist aber subjektiver Natur, kann nicht an allen Körperstellen verwendet werden und hat den großen Fehler, daß die Faltengröße sich mit dem Druck verändert. Da die im Röntgenbild wahrnehmbare, wenig schattengebende Schicht dem subkutanen Fettgewebe entspricht, ergibt sich die naheliegende Frage, ob die Faltenmethode nicht durch die mehr objektive quantitative und reproduzierbare röntgenologische Fettgewebe-Bestimmung ersetzt werden kann. Dieser Idee entsprechend, haben die Forscher des Fels-Forschungsinstitutes im Yellow Spring (USA), so vor allem GARN, REYNOLDS, SONTAG u. a. in ihren Wachstumsforschungen den Fettgehalt des menschlichen Organismus röntgenologisch untersucht und sind zu interessanten physiologischen und Wachstumsergebnissen gekommen. Wir haben in unseren Untersuchungen die von ihnen angegebene Methode mit entsprechenden Modifikationen verwendet.

Die Fettalte ist bei dicken Leuten an verschiedenen Körperregionen festzustellen, wie es in den künstlerischen Darstellungen tatsächlich auch geschieht. BROZEK und Mitarb., GARN, REYNOLDS u. a. haben verschiedene Körperregionen sowohl mit der Original-Faltenmethode, als röntgenologisch untersucht. Ihre Untersuchungen bezogen sich auf die obere und die untere Extremität, auf die Rippenhöhe X–XI, auf die Höhe der Crista iliaca und auf die Breite des Trochanter majors. Die Resultate der oben erwähnten Forscher im großen und ganzen bestätigend konnten wir feststellen: *Breite des Fettgewebes im Röntgenbild mm = 0,70 mit Kaliber gemessene Faltengröße* (1).

Da die Falte immer doppelt ist und infolge des Drucks etwas verkleinert wird, entspricht die Fettgewebsbreite in der Röntgenaufnahme den wahren Verhältnissen. Da in der Ernährungswissenschaft meist die Kalibermessungen bekannt sind, möchten wir die mit Kaliber gemessene Faltengröße angeben: *Faltenwert (mit Kaliber gemessen) = 1,4 Breite des Fettgewebes in der Röntgenaufnahme bestimmt* (2)

Da die Faltenbestimmungen und auch die röntgenologische Fettgewebs-Dickemessung dazu dient, sich über den Fettgehalt des menschlichen Organismus orientieren zu können, war wichtig festzustellen, wie die gemessenen Fettgewebsdicken sich zum Fettgehalt verhalten und weiterhin, welcher funktioneller quantitativer Zusammenhang zwischen der Fettgewebsdicke und dem Fettgehalt des Organismus besteht. Diesbezügliche Untersuchungen können sinngemäß nur orientierender Art sein und dürfen kaum als genaue Zahlenwerte betrachtet werden. Die Untersuchungen von GARN, von BROZEK u. a. haben bewiesen, daß die Fettgewebs-Breite in der Höhe des Trochanter majors bei Männern, in der Höhe der Crista iliaca bei Frauen, weiterhin die mediale Schenkelfettgewebs-Breite und endlich die Rippenhöhe X–XI. am besten Auskunft über den Gesamtgehalt des Organismus zu geben im Stande sind, während die Breiten des Fettgewebes an anderen Körperregionen mehr die lokalen Verhältnisse repräsentieren als den Gesamtgehalt. — Auf Einzelheiten möchten wir hier nicht eingehen, sondern auf die Arbeiten von BROZEK und von GARN hinweisen.

1 kg Fett entspricht verschiedenen Falten bzw. Dicken des Fettgewebes an den verschiedenen Körperregionen. In unserer Population konnten wir die folgenden Gleichungen berechnen:

$$\text{Fett kg} = \text{Breite des Fettgewebes in der Crista iliaca Höhe} + 5 \text{ mm} \quad (3)$$

$$\text{Fett kg} = 1,25 \text{ Breite des Fettgewebes in der Höhe des Trochanter major} + 7 \quad (4)$$

$$\text{Fett kg} = 6,0 \text{ Breite des Fettgewebes der medialen Schenkelregion} + 5 \quad (5)$$

In Kenntnis dieser Zusammenhänge kann man auf den Ernährungszustand mit gewisser Sicherheit schließen. Das Körpergewicht besteht grob genommen aus zwei Komponenten: 1. Fettgewebe und 2. Nichtfettgewebe, bzw. $K. G. = N. F. + k. \text{ Breite des Fettgewebes}$ (6) wo „N. F.“ Nicht-Fett-Anteil des Körpergewichtes, d. h. eine Konstante hinsichtlich des Ernährungszustandes darstellt. Faktor $K.$ ist bei den verschiedenen Körperregionen unterschiedlich wie es aus den Gleichungen (3)–(5) zu erscheinen ist. Bei Männern haben sich auch bei uns wie bei GARN die Fettgewebsdicken-Bestimmungen der Trochanter-Höhe bewährt, bei Frauen haben wir ebenfalls die Crista iliaca-Region hinsichtlich der Breite des Fettgewebes geprüft. Diese Untersuchungen haben sich bestens bewährt und konnten ohne irgendwelche Schwierigkeit ausgeführt werden. Methodisch haben wir die Vorschriften von GARN bzw. BROZEK nicht befolgt. Sie bestimmen die Breite des Fettgewebes in Röntgenaufnahmen von rund 1,5–2,0 m und schlagen vor, daß die Röntgenaufnahmen aus möglichst großer Entfernung – d. h. als Fernröntgenaufnahmen von 5 m oder noch mehr – gemacht werden sollen. In unseren Kontrolluntersuchungen fanden wir die Fernröntgenmethode keineswegs nötig, ebenfalls konnten wir kaum Differenzen nachweisen, wenn wir an Stelle von 2 m auf die Entfernung 1 m übergegangen sind. Diese methodische Angabe halten wir deswegen für nötig, weil nur bei Ausführung der Röntgenaufnahmen in den üblichen Einstellungen usw. die röntgenologische Bestimmung des Ernährungszustandes in die alltägliche klinische Praxis einführbar ist.

Neben der Bestimmung des Ernährungszustandes von Personen, deren Ernährungszustand praktisch als stabil zu betrachten ist, haben wir die praktisch wichtige Frage untersucht, wie Entfettungskuren den Ernährungszustand beeinflussen, ob der Gewichtsverlust nur das Fettgewebe betrifft oder ob auch andere Organe beeinflußt werden. Wir haben bei den Fällen mit Obesitas zur Entfettungskur PRELUDIN (Boehringer und Söhne Ingelheim) verabreicht und die Breite des Fettgewebes bei Männern in der Trochanter-Höhe, bei Frauen in der Crista iliaca-Höhe im Laufe der Entfettungskur verfolgt. Wir konnten in allen Fällen eine Körpergewichtsabnahme feststellen. Die Breite des Fettgewebes wurde wesentlich vermindert. Die Verminderung steht in direkter Beziehung zu der Ausgangsbreite des Fettgewebes. Diesbezüglich konnten wir folgende Relation beobachten:

Verminderung der Breite des Fettgewebes in mm = 0,5 Ausgangsbreite des Fettgewebes – 2 (7).

Preludin hat nur die Fettgewebs-Breite vermindert, ohne die Muskulatur-Breite zu beeinflussen. Je größer die Breite des Fettgewebes, d. h. die aus den Gleichungen (3)–(5) berechenbare Fettmenge des menschlichen Organismus war, um so stärker war auch die Entfettungswirkung des Preludins. Bei minimaler Breite des Fettgewebes ist keine Verminderung des Fettgehaltes zu erwarten.

GARN hat vor einigen Jahren die Abmagerung von Studenten infolge von reiner Kalorieneinschränkung untersucht und hat ähnliche Resultate erhalten.

Zusammenfassend möchten wir feststellen, daß die mit dem üblichen Röntgenaufnahmenverfahren aber mit einer verminderten Spannung hergestellten Röntgenaufnahmen der Trochanter major- bzw. der Crista iliaca-Region gute Auskunft zu geben im Stande sind über den Ernährungszustand. Die Breite des Fettgewebes steht in direktem Verhältnis zu dem Gesamtfett-

gehalt des menschlichen Organismus und man kann auf Grund der Dickenbestimmung des Fettgewebes auf die Gesamtmenge des Fettes im Organismus verhältnismäßig einfach folgern. Die Entfettungskur ebenso wie die Kalorien einschränkung verursachen eine Verminderung der Breite des Fettgewebes. Diese Verminderung ist abhängig von der ursprünglichen Fettpolsterdicke.

Die röntgenologische Bestimmung des Fettgewebes ermöglicht eine einfache Bestimmung des Ernährungszustandes. In der Ernährungsphysiologie wird das Verkalkungsmaß densimetrisch auf Grund der Röntgenaufnahmen gewisser Knochen — so vor allem vom Calcaneus, einzelne Metatarsalien usw. — bestimmt. Wir glauben, daß die oben besprochenen Ernährungszustands-Röntgenuntersuchungen mit den Kalk- bzw. Mineralstoffwechsel-Bestimmungen gekoppelt werden können, um so eine quantitative ernährungsphysiologische Röntgenuntersuchung zu schaffen. Derartige Untersuchungen sollen womöglichst reihengemäß ausgeführt werden, wozu wir nicht die übliche Röntgenaufnahme-Methode, sondern mehr die Schirmbildphotographie mit einer kleinen Röhrenspannung (50–60 KV.) mit der ODELCA-Kamera besonders günstig finden.

Literatur

BONSE, G., Über Röntgenweichteildiagnostik Röntgenstrahlen (Werksarchiv der C. H. F. Müller Röntgenwerk) **1959**, 28–35. — BROZEK, J., Am. J. Phys. Anthropol. **11**, 147–180 (1953). — BUGYI, B., La radiophotographie quantitative physiologique Mitteilung an der IV. Tagung für Radiophotographie Rumäniens (Bukarest 1960). — FRANTZELL, A., Radiology of muscles, skin and subcutaneous tissue. In: J. W. LAREN: Modern trends in diagnostic Radiology. II. Series (London 1953) 239–250. — GARN, S. M., Human Biol. **29**, 337–353 (1957). — Science **124**, 178–179 (1956). — Science **125**, 550–551 (1957). — GARN, S. M. und BROZEK, J., Science **124**, 682 (1956). — GARN, S. M. und GORMAN, E. L., Human Biol. **28**, 407–413 (1956). — GARN, S. M. und HARPER, R. V., Human Biol. **27**, 39–49 (1955). — REYNOLDS, E. L., The Distribution of Subcutaneous Fat in Childhood and Adolescence. Mon. Soc. for Research in Child Development. 15. Serial No. 50. No. 2. 1–189. 1951. — ZUPPINGER, A., Die theoretischen Grundlagen und Möglichkeiten der röntgendiagnostischen Weichteiluntersuchung. Fschr. Röntgenstr. Ergbd. **43** (1935).

Anschrift des Verfassers:

Dr. BLASIUS BUGYI, Ganz-Mávag-Poliklinik Budapest (Ungarn)