

Mitteilung aus der Ganz-MÁVAG-Poliklinik (Direktor: Dr. med. J. Regös)
der Stadt Budapest (Ungarn)

Einfaches metrisches Verfahren zur Bestimmung des Körperbaus und die derart erhaltenen Meßwerte an männlichen Jugendlichen

Von *Blasius Bugyi*

Mit 7 Tabellen

(Eingegangen am 24. März 1972)

Jan Matiegka (1921) hat als erster versucht, an Hand einfacher anthropometrischer Messungswerte die körperliche Zusammensetzung des Menschen zu beurteilen. Von dieser Zeit an häuften sich die Methoden, deren Ziel die Verfeinerung und Exakterstellung dieser Untersuchungen war. Die zu verwendenden Apparaturen wurden jedoch immer komplizierter, teurer und weniger handlich einerseits, andererseits erforderten die Bestimmungen oft mehrere Personen und immer eine wesentlich länger dauernde Zeit. Die Notwendigkeit einer einfach auszuführenden, keine Apparatur benötigenden anthropometrischen Methode zur Beurteilung des Körperbaus blieb aber dauernd aktuell. Eine derartige Möglichkeit wurde in dem Verfahren von *T. A. Enilina* und *N. N. Saksonow* gegeben, die unlängst (Oktober 1971) bei über 500 Schwerathleten der Sowjetunion ihre Methode verwendet haben. Die Methode von *Enilina* und *Saksonow* ist eine Weiterentwicklung des ursprünglichen Verfahrens von *Matiegka*. Es werden an Hand einfacher anthropometrischer Bestimmungen das Knochengewebe (O), die Muskulatur (M) und das Körperfett (F) bestimmt.

Material

Wir haben bei sportlich tätigen Industrie-Lehrlingen, Jungarbeitern und Angestellten männlichen Geschlechts der Ganz-MÁVAG-Diesellokomotiv-, Brücken- und Pumpenfabrik je Jahrgang 20 Personen zwischen 14 bis 20 Jahren ohne irgendwelche Auswahl untersucht. Es wurden das Körpergewicht (W) in kg, die Körperhöhe (H) in cm angegeben, und an Hand des Nomogramms von *J. Szendroy* (*Szendröy*) jun. und *L. P. Cecchini* (1954) haben wir aus H und W die Körperfläche in m² (KFL) entnommen. Die Körpermaße der untersuchten, insgesamt 140 männlichen Jugendlichen waren die folgenden:

Tab. 1. Körpergewicht, Körperhöhe und Körperfläche der von uns untersuchten männlichen Jugendlichen der Ganz-MÁVAG-Werke

Lebensalter:	14	15	16	17	18	19	20 Jahre
Körperhöhe in cm:							
Mittelwert:	152	160	164	166	170	172	175
Streuung:	6,2	5,9	5,8	5,8	6,0	6,1	6,4
Körpergewicht in kg:							
Mittelwert:	40,0	45,2	48,6	54,0	58,5	63,0	66,8
Streuung:	3,2	4,1	4,6	4,1	4,2	5,3	5,8
Körperfläche in m ² :	1,30	1,44	1,50	1,59	1,65	1,78	1,80

Meßmethode und Ergebnisse

1. *Matiegka* bestimmte die Breite der vier Extremitätengelenke, des Ellbogens, der Hand, des Knies und des Sprunggelenkes an beiden Körperseiten und hat daraus das gesamte *Knochengewicht* gefolgert. *Enilina* und *Saksonow* bestimmten mit dem anthropometrischen Meßzirkel die bikondyläre Breite des Femurs und des Humerus, die Distanz zwischen den beiden Processi styloidei beider Unterarmknochen und die bimalleoläre Distanz am Sprunggelenk. Die Messungen waren an der oberen Extremität an der rechten und an der unteren Extremität an der linken Körperseite ausgeführt.

Knochengewicht = Konstante₁ × Breite der vier untersuchten Gelenke zum Quadrat erhoben × Körperhöhe. [Gleichung 1]

Tab. 2. Breite des Extremitätengelenkes bei den 14- bis 20jährigen männlichen Jugendlichen

Alter:	14	15	16	17	18	19	20 Jahre
bikondyläre Breite des Femurs cm:							
Mittelwert:	9,4	9,9	10,1	10,6	10,4	10,6	10,8
Streuung:	1,2	1,2	1,5	2,1	2,2	1,6	1,5
bikondyläre Breite des Humerus cm:							
Mittelwert:	5,3	5,5	5,7	6,0	6,1	6,2	6,2
Streuung:	1,4	2,1	1,8	1,6	2,1	1,9	1,8
bistyloideale Distanz am Handgelenk cm:							
Mittelwert:	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,5	5,2
Streuung:	2,8	2,5	2,2	2,3	1,9	3,1	3,5
bimalleolare Distanz am Sprunggelenk in cm:							
Mittelwert:	6,2	6,5	6,8	6,9	7,2	7,7	8,3
Streuung:	3,1	2,9	2,8	2,9	2,5	2,5	2,1
Mittelwert der Gelenksbreiten in cm:	6,3	6,5	6,8	7,0	7,1	7,3	7,6
Quadrat des Mittelwertes der Gelenksbreiten in cm:	40,0	42,2	46,2	49,0	51,0	53,0	58,0
Knochengewicht in kg:							
Körperhöhe × Gelenksbreite ²	6,12	6,70	7,40	8,10	8,60	9,10	10,10

wenn wir die Konstante₁ als 0,1 annehmen und die Körperhöhe in Meter ausdrücken.

2. Da der Großteil des *Körperfettes* subkutan gelegen ist, wird die subkutane Fettgewebsschicht gemessen und mit der Körperfläche multipliziert erhalten wir das – subkutan gelegene – Körperfett, welches in guter Relation zum gesamten Körperfett ist. Die Unterhautfettgewebsschicht wird durch die Hautfalten- (HF-)Methode gemessen. Es wird die Haut mit der darunter gelegenen Unterhautfettgewebsschicht in Falte erhoben und an deren Basis mit einem standardisierten Kaliber die Hautfaltengröße gemessen. In der erhobenen HF ist die Haut und das Unterhaut-

fettgewebe in doppelter Schicht enthalten. Wenn die Hautfalte halbiert wird, erhalten wir die eigentliche Haut- und Unterhautfettgewebsbreite (d). An den verschiedenen Körperstellen hat HF bzw. d unterschiedliche Zahlenwerte. Zur Berechnung eines mittleren Wertes ist die Bestimmung der HF an mehreren, sogar vielen Körperstellen wünschenswert. *Matiegka* nahm die Bestimmung der HF nur an wenigen Körperstellen vor. *Enilina* und *Saksonow* haben die HF-Messungen an 14 Körperstellen ausgeführt, wobei sie immerhin die regionale Verteilung des Körperfettes beurteilen wollten. Wenn nicht die regionale Verteilung des Fettansatzes zu bestimmen gefordert wird, sondern vielmehr das Erhalten von Informationen über das Körperfett, dann kann man sich verständlicherweise mit einer kleineren Anzahl von Meßpunkten der HF begnügen. Wir haben am Oberarm – am Triceps-Punkt –, am Unterarm, am Schenkel und am Bein die HF mit dem international anerkannten HF-Kaliber von *Lange* und *Brozek* – sog. Minnesota-Typ des HF-Kalibers – gemessen.

Tab. 3. Hautfaltengrößen an den Extremitäten bei den 14- bis 20jährigen männlichen Jugendlichen in mm

Alter:	14	15	16	17	18	19	20 Jahre
Am Oberarm, rechts:							
Mittelwert:	8,0	8,0	7,5	7,0	6,0	6,0	5,0
Streuung:	3,5	4,0	4,0	3,0	3,0	3,5	4,0
Am Unterarm, rechts:							
Mittelwert:	6,0	6,5	6,0	5,5	5,0	5,5	6,5
Streuung:	3,5	4,0	4,0	3,0	3,5	3,5	4,0
Am Schenkel, links:							
Mittelwert:	11,0	10,5	11,0	12,0	11,0	10,0	11,0
Streuung:	8,0	7,5	7,5	8,0	7,5	8,5	8,0
Am Bein, links:							
Mittelwert:	6,0	7,0	6,0	6,0	5,0	6,0	6,0
Streuung:	4,0	4,5	4,5	3,0	3,5	4,0	4,5
Mittelwert der Hautfalten mm:	7,8	8,0	7,6	7,6	6,8	6,9	7,1
Unterhautfettgewebsbreite ($\frac{1}{2}$ Hautfaltenwert) mm:	3,9	4,0	3,8	3,8	3,4	3,5	3,6
Körperfett in kg = Konstante ₂ × Unterhautfettgewebsbreite in mm × Körperfläche in cm ² / Konstante ₂ wird als eins angenommen.							
Körperfett in kg:	5,05	5,60	5,63	6,05	5,56	6,08	6,50

[Gleichung 2]

3. Die Muskulaturmenge kann aus dem Umfang (Perimeter, Circumferenz) der Extremitäten, an deren Mitte mit dem üblichen Meßband der Schneider gemessen, berechnet werden. Es werden am rechten Oberarm und Unterarm, am linken Schenkel und Bein in ihrer Mitte die Umfangsgrößen gemessen. Wenn ein Querschnitt von der Extremität gemacht würde, sollte man dann in der Mitte des Querschnittes den Knochen finden. Die Muskulatur liegt ringartig um den Knochen. Als äußerer Ring unter der Hautfläche ist das Unterhautfettgewebe zu finden. Die Breite des Un-

terhautfettgewebes (d) wird in Form der Hautfalte (HF) bestimmt. Die Knochenmenge ist praktisch zu vernachlässigen. Bei der Beurteilung der Extremitätenmuskulaturbestimmung aus dem Extremitätenumfang und dem Unterhautfettgewebe kann in Form der Subtraktion von $d = \frac{HF}{2}$ in die Rechnung genommen werden.

Muskulatur in kg = Konstante₃ × Körperhöhe in Meter

$$\times \left(\frac{\text{mittlerer Umfang der Extremitäten}}{2\pi} - \frac{HF}{2} \right) \text{ zum Quadrat erhoben} \quad [\text{Gleichung 3}]$$

Tab. 4. Umfangsgrößen der Extremitäten bei den 14- bis 20jährigen Jugendlichen in cm angegeben:

Alter:	14	15	16	17	18	19	20 Jahre
Oberarm:							
Mittelwert:	25,0	25,6	26,6	27,6	28,2	30,2	30,5
Streuung:	9,2	9,6	9,5	8,4	8,4	7,3	7,5
Unterarm:							
Mittelwert:	22,0	22,4	23,4	24,4	25,2	26,4	26,7
Streuung:	10,1	9,8	12,0	9,5	12,3	10,5	12,3
Schenkel:							
Mittelwert:	44,5	45,4	47,5	49,0	51,0	53,0	54,0
Streuung:	15,2	15,6	16,3	19,2	15,3	19,5	23,0
Bein:							
Mittelwert:	29,1	29,6	31,0	33,0	33,0	35,1	35,5
Streuung:	10,3	12,3	15,5	11,0	9,0	8,0	7,5

Es wurden aus den Umfangsgrößen und der Hautfaltengröße die Muskelaturmaße an den einzelnen Körperstellen berechnet nach der Formel:

$$m = \frac{Q}{2 \cdot \pi} - \frac{HF}{2} \quad [\text{Gleichung 4}]$$

Tab. 5. Muskelaturmenge an den einzelnen Körperstellen

Alter:	14	15	16	17	18	19	20 Jahre
Oberarm:							
$\frac{Q}{2\pi}$	3,96	4,07	4,25	4,40	4,49	4,81	4,85
$m = \frac{Q}{2 \cdot \pi} - \frac{HF}{2}$	3,56	3,67	3,88	4,05	4,19	4,51	4,65
Unterarm:							
$\frac{Q}{2\pi}$	3,50	3,57	3,73	3,88	4,01	4,20	4,25
$m = \frac{Q}{2 \cdot \pi} - \frac{HF}{2}$	3,20	3,27	3,43	3,51	3,76	3,93	3,87
Schenkel:							
$\frac{Q}{2\pi}$	7,06	7,25	7,55	7,80	8,12	8,45	8,60
$m = \frac{Q}{2 \cdot \pi} - \frac{HF}{2}$	6,45	6,70	7,00	7,20	7,57	7,95	8,05

Bein:								
$\frac{Q}{2\pi}$	4,62	4,71	4,94	5,26	5,26	5,69	5,64	
$\frac{Q}{2 \cdot \pi} - \frac{HF}{2}$	4,32	4,36	4,64	4,94	5,01	5,39	5,34	
Mittelwert der oberen vier Muskelgrößen	$\frac{Q}{2 \cdot \pi}$				$\frac{HF}{2}$:
	4,4	4,51	4,74	4,92	5,14	5,43	5,48	
Quadrat dieser Größen:	19,4	20,5	22,5	24,3	26,5	29,5	30,1	
Muskulaturmenge in kg = Konstante ₃ ×	$\left(\frac{Q}{2 \cdot \pi} - \frac{HF}{2} \right)^2$		× Körper-					
höhe (in Meter)								[Gleichung 5]
	29,5	32,8	26,8	40,3	45,0	50,8	52,6	

angenommen, daß die Konstante₃ mit eins gleichzusetzen ist.

Diskussion der Ergebnisse

Nach der Annahme von *J. Matiegka*, *Enilina* und *Saksonow* u. a. soll die Summe dieser drei grundlegenden Körperbestandteile praktisch das Körpergewicht ergeben. Dementsprechend sind eigentlich die Zahlenwerte der einzelnen Körperkomponenten zu hoch angerechnet, da die inneren Organe bei der derartigen Drei-Komponenten-Berechnung des Körperbaus mit inbegriffen werden.

Tab. 6. Die drei Körperbestandteile mengenmäßig angegeben in kp:

Alter:	14	15	16	17	18	19	20 Jahre
Knochensystem:	6,12	6,70	7,40	8,10	8,60	9,10	10,10
Körperfett:	5,05	5,60	5,63	6,05	5,65	6,08	6,50
Muskulatur:	29,50	32,80	36,80	40,30	45,00	50,80	52,60
Zusammen:	40,17	45,10	49,83	54,45	59,16	65,98	69,20
gemessenes Körpergewicht in kg:	40,00	45,20	48,60	54,00	58,50	63,00	66,80
Differenz der beiden Körpergewichte:	+0,17	-0,10	+1,23	+0,45	+0,66	+2,98	+2,40 kg
Mittelwert der Differenzen:	1,12 kg Streuung: 1,18 kg						

Aus der Tab. 6 ist zu ersehen, daß die Körperbestandteile, nach dem Prinzip *J. Matiegkas* geprüft und nach der Methode *Enilina* und *Saksonow* bestimmt und bewertet, eine einfache, verhältnismäßig wenig zeitraubende und für Reihenuntersuchungen besonders geeignete Methode darstellen. Diese Berechnungsweise behandelt gesondert das Knochensystem und die Muskulatur neben dem Körperfett. *A. R. Behnke* hat vor 30 Jahren auf die praktische Bedeutung der Unterteilung des Körpers in das Körperfett und in das sog. Magergewicht, d. h. fettloses Körpergewicht, hingewiesen. Meist werden zur Zeit die Untersuchungen des Körperbaus zur Beurteilung des Körperfettes und des Magergewichtes ausgeführt. Dementspre-

chend haben wir die beiden „mageren“ Körperbestandteile summiert (siehe Tab. 7).

Tab. 7. Beurteilung des Magergewichtes und des Körperfettes in kg

Alter:	14	15	16	17	18	19	20 Jahre
Knochengewebe:	6,12	6,70	7,40	8,10	8,60	9,10	10,10
Muskulatur:	29,50	32,80	36,80	40,30	45,00	50,80	52,60
Magergewicht:	35,62	39,50	44,20	48,40	53,60	59,90	62,70
Körpergewicht, gemessen in kg:	40,00	45,20	48,60	54,00	58,50	63,00	66,80
Magergewicht in kg:	35,62	39,50	44,20	48,40	53,60	59,90	62,70
Differenz:	4,38	5,70	4,40	5,60	4,90	3,10	4,10
Körperfett nach <i>Enilina</i> und <i>Saksonow</i> , berechnet in kg:	5,05	5,60	5,63	6,05	5,65	6,08	6,50
Differenz:	+0,67	-0,10	+1,23	+0,45	+0,75	+2,98	+2,40
Mittelwert der Differenzen:	+1,19 kg Streuung: 1,2 kg						

Nach kritischer Wertung der Zahlenangaben, die durch das Verfahren von *Enilina* und *Saksonow* zu erhalten sind, ist festzustellen, daß die mit diesem Verfahren erhaltenen Zahlenwerte den wahren Verhältnissen wohl entsprechen und deshalb mit gutem Erfolg eben an solchen Untersuchungsstellen verwendet werden können, wo es auf Reihenuntersuchungen größerer Gruppen – Sportvereine, Sportschüler, Jungarbeiter, Lehrlinge u. a. – ankommt.

Zusammenfassung

Es wurde die vor kurzem erschienene Methode der sowjetischen Autoren *Enilina* und *Saksonow* an 140 männlichen Jugendlichen zwischen 14–20 Lebensjahren zur Beurteilung des Knochengewichtes, des Körperfettes und der Muskulatur angewendet. Die Einfachheit und daß keinerlei besondere Apparaturen zu diesen Untersuchungen notwendig sind, ermöglicht die Verwendung dieses sich bestens bewährten Verfahrens zur Beurteilung des Körperbaus bei Jugendlichen.

Literatur

Behnke, R. A., Ann. New York Acad. **110**, 450–460 (1963). – *Bugyi, B.*, Z. Morphol. Anthropologie **61**, 207–216 (1969). – *Bugyi, B.*, Médecine du Sport **45**, 248–268 (1971). – *Bugyi, B.*, Z. Morphol. Anthropologie **63**, 306–322 (1972). – *v. Döbeln, W.*, Acta Med. Scand. **165**, 37–40 (1959). – *Enilina, T. A.* und *N. N. Saksonow*, Teorija i Praktika Fiz. Kult (Theorie und Praxis der Körperkultur) (russ.), No. 10, 29–36 (1971). – *Matiegka, J.*, Amer. J. Physical Anthropology **4**, 223–23 (1921). – *Sendroy, J. jr.* und *L. P. Cecchini*, The determination of human body surface from height and weight. Naval Medical Research Institute. Naval Medical Center. Bethesda Maryland. Research Report **12**, 385 (1954).

Anschrift des Verfassers:

Chefarzt Dr. med. habil. Dr. phil. *Blasius Bugyi*, Budapest V (Ungarn),
Ferenczy István utca 18