



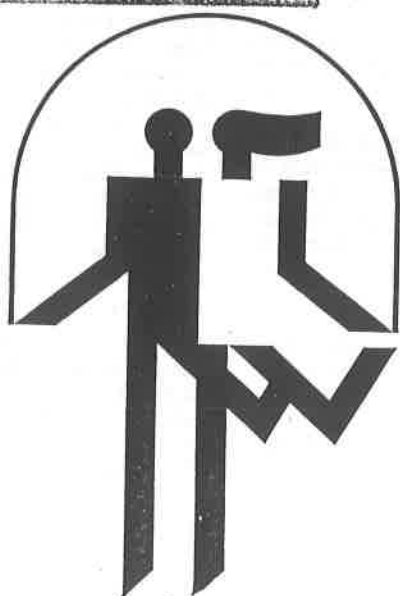
7/82

31. Jahrgang

EVP 1,50 Mark

Index 33 524

ISSN 0563-4458



Theorie
und
Praxis
der
Körper
kultur

Seit mehreren Jahrzehnten ist das Biomechaniklabor des Moskauer Zentralinstituts für Körperkultur und Sport durch hervorragende wissenschaftliche Leistungen weltbekannt. Die Publikationen des wissenschaftlichen Leiters, Professor V. M. Zaciorskij, zum Thema „Die körperlichen Eigenschaften des Sportlers“ gehören heute zur grundlegenden Literatur der Studienrichtung Sportwissenschaft. Aus der breiten Palette wissenschaftlich wertvoller Beiträge des Labors Biomechanik soll der interessierte Leser in der DDR auf den erreichten Stand bei der mathematischen Modellierung (S. Ju. Alešinskij), auf die vielfältige Anwendung der Stereophotogrammetrie (V. V. Tjupa) und auf die neuesten Erkenntnisse zur Biomechanik des Muskels (A. S. Aruin) aufmerksam gemacht werden. Die Massenverteilung innerhalb des menschlichen Körpers stellt einen wesentlichen Untersuchungsgegenstand der Biomechanik dar, dem sich insbesondere V. N. Selujanov widmete.

In dem 1981 in russischer Sprache erschienenen Buch „Die Biomechanik des menschlichen Bewegungsapparates“ der Autoren Zaciorskij, Aruin und Selujanov wird eine zusammenfassende Darstellung der bisherigen Erkenntnisse zur Massenverteilung innerhalb des

menschlichen Körpers sowie zur Biomechanik der Gelenke und der Skelettmuskeln gegeben.

Den I. Teil des Kapitels „Massengeometrie“ veröffentlichten wir in unserem Heft 6/82. Das Kapitel enthält die bisher vollständigste Literaturübersicht zu diesem Thema. Sie ist dem nachfolgenden II. Teil angefügt. Die vorgestellte Radioisotop-Methode dürfte für einen ausgedehnten Kreis von Sportwissenschaftlern, und darüber hinaus für Wissenschaftler angrenzender Bereiche, z. B. Orthopädie und Anthropometrie, von Interesse sein.

Die im II. Teil enthaltenen Daten über die Massen-Trägheits-Charakteristika unter sportartspezifischen Aspekten stellen eine beträchtliche Erweiterung der untersuchungsmethodischen Grundlagen der Biomechanik dar.

Das Buch, dem das Kapitel entnommen wurde, enthält weiterhin eine Anlage, in der eine praktikable Anleitung zur Abschätzung der individuellen Massen-Trägheits-Charakteristika auf der Basis üblicher anthropometrischer Daten gegeben wird.

In Abhängigkeit von der konkreten biomechanischen Aufgabenstellung sollten diese Ergebnisse von uns genutzt werden.

V. M. Zaciorskij / A. S. Aruin /
V. N. Selujanov

Massengeometrie des menschlichen Körpers (II)

Angaben über die Massengeometrie des Körpers

Lage des Körperschwerpunkts (KSP)

Ein Vergleich der Literaturangaben wird in Tabelle VI gegeben. Unsere eigenen Ergebnisse sind in Tabelle VII dargestellt. Die auf die Lage des KSP wirkenden Hauptfaktoren sind:

- a) Geschlecht – Im allgemeinen ist die relative Höhe des KSP bei Frauen um 0,5 bis 2 % niedriger als bei Männern.
- b) Alter – In den ersten Lebensjahren der Kinder ist die relative Lage (Höhe) des KSP bedeutend höher als bei Erwachsenen (bis zu 10 bis 15 %), wobei sie zum fünften Lebensjahr in etwa die Werte erreicht, die für Erwachsene typisch sind, dann bis ins hohe Alter unverändert bleibt und nur durch die Altersinvolution verändert wird.
- c) sportliche Spezialisierung – Bei Sportlern mit beträchtlicher Hypertrophie der Muskeln der unteren Extremitäten (Eisschnellläufer, Fußballspieler) liegt der KSP tiefer (Tab. VII).
- d) Konstitution – Die Unterschiede zwischen Versuchspersonen mit unterschiedlicher Kon-

stitution sind beträchtlich (G. S. Kozyrev 1962). Die Regressionsgleichung zur bisher genauesten Bestimmung der absoluten KSP-Lage bei Männern hat folgendes Aussehen:

$$y = 11,066 + 0,675 x_1 - 0,173 x_2 - 0,289 x_3$$

wobei

y – Höhe des KSP über den Fußsohlen (in cm)

x_1 – Körperlänge

x_2 – Unterschenkelumfang

x_3 – Rumpflänge

ist (Korrelationskoeffizient 0,94; Standardabweichung 1,25 cm; Anzahl der Varianten zu jedem Parameter 100).

Entsprechend dem Korrelationskoeffizienten berücksichtigt diese Gleichung 88,8 % der gesamten Dispersion der Veränderungen der Lage des KSP des menschlichen Körpers (Determinations-Koeffizient 0,8886).

Zur Berechnung der relativen Lage des KSP wurde die Regressionsgleichung berechnet, bei welcher das Verhältnis von Masse des Rumpfes zur Masse des Körpers das Argument x_1 ist und das Verhältnis des Brustdurchmessers in sagittaler Richtung zum Abstand zwischen den Darmbeinschaufeln das Argument x_2 . Die Gleichung sieht folgendermaßen aus:

$$y = 52,11 + 10,308 x_1 + 0,949 x_2$$

Der Korrelationskoeffizient beträgt 0,95. Der Standardfehler bei der Beurteilung der Funktion 19,5 %. Der Determinations-Koeffizient beträgt 0,907. Folglich gelang es, mehr als 90 % der Veränderung des Parameters in dieser Gleichung zu berücksichtigen, und nur 10 %

Tabelle VI. Lage des Körperschwerpunkts des menschlichen Körpers (Mit $\pm$ sind die Fehler des Mittelwertes gekennzeichnet.)

Autor	Anzahl der Vpn.	Jahr	cm	o/oo	anatomische Orientierungen
Männer					
Borelli	—	1680	—	—	zwischen Gesäß und Schambein
Weber	—	1836	—	568	8,7 cm oberhalb des Promontorium
Harless	3	1860	—	573 bis 580	am oberen Rand des 2. Kreuzbeinwirbels
Basler	—	1931	82,7 bis 102,6	—	—
Ivanickij	650	1965	—	545 bis 580	vom 1. bis zum 5. Kreuzbeinwirbel
Bernstein	—	1926	—	—	4,5 cm oberhalb des Hüftgelenks
Damir	—	1944	—	572	—
Bunak	—	1941	—	580 bis 610	—
Kozyrev	300	1962	95,0 $\pm$ 0,32	571 $\pm$ 1,27	vom 4. Lenden- bis 5. Kreuzbeinwirbel
Santschi u. a.	66	1963	97,5 $\pm$ 0,4	—	—
Bolonkin	30	1973	89,8 bis 105,5	579,5	—
Bolonkin	50	1973	98,0 $\pm$ 0,4	—	—
Frauen					
Harless	3	1860	—	550 bis 563	am oberen Rand des 2. Kreuzbeinwirbel
Damir	—	1944	—	564	—
Kozyrev	125	1962	87,5 $\pm$ 0,31	559 $\pm$ 1,06	vom 5. Lenden- bis zum 1. Steißbeinwirbel
Raioina Radsport	47	1976	91,6 $\pm$ 0,6	554 $\pm$ 1,5	1. bis 2. Kreuzbeinwirbel
Schwimmen	90	—	94,8 $\pm$ 0,5	561 $\pm$ 0,9	5. Lenden- bis 1. Kreuzbeinwirbel
Tennis	80	—	—	557 $\pm$ 1,6	1. Kreuzbeinwirbel

Tabelle VII. Lage des KSP bei Sportlern und Nichtsportlern

Vpn.	Anzahl der Vpn.	KSP-Höhe cm		%		Unterschied zur KSP-Lage im Vergleich zu Nichtsportlern o/oo
		$\bar{x}$	σ	$\bar{x}$	σ	
Nichtsportler Gruppe 1	26	99,04	4,1	565,4	11,3	—
Nichtsportler Gruppe 2	18	100,3	3,9	568,9	5,6	+3,5
Eisschnellauf	12	99,4	1,4	558,6	8,6	-6,8
Fußball	16	99,3	3,7	560,7	9,2	-4,7
Spring 1/a	10	98,6	3,1	560,1	3,0	-5,3
Boxen	12	97,9	3,7	566,9	5,9	+1,5
Rudern	6	104,6	2,6	569,0	8,1	+3,6
gesamte Auswahl	100	99,5	3,7	564,4	9,3	-1,0

gehen auf den Anteil nicht bestimmter Faktoren zurück.

Die bisher prognostischste Regressionsgleichung ($\bar{R} = 0,937$; $\sigma = 1,5$) zur Bestimmung der Höhe des KSP (y , cm) bei weiblichen Sportlerinnen (gemischte Gruppe, bestehend aus Radsportlerinnen, Tennisspielerinnen und Schwimmerinnen hoher Qualifikation, $n = 217$), wurde von L. P. Raicina ermittelt. Diese Gleichung beinhaltet im Sinne unabhängiger Variablen Angaben über die Beinlänge (x_1 , cm), Körperlänge in liegender Position (x_2 , cm) und Beckenbreite (x_3 , cm):

$$y = -4,667 + 0,289 x_1 + 0,383 x_2 + 0,301 x_3$$

Regressionsgleichung zur Bestimmung der Körperlänge in liegender Position ($R = 0,973$, $= 1,33$):

$$y = -7,445 + 1,059 x \text{ (cm)}$$

wobei x = Körperlänge in aufrecht stehender Position (cm) ist.

Viele Wissenschaftler nehmen an, daß zwischen der Lage des KSP des Menschen in liegender und stehender Position ein Unterschied besteht, der mit der Verschiebung der inneren Organe, der Muskelmasse und der Umverteilung des Blutes zusammenhängt. G. S. Bolonkin (1975) entdeckte unter Anwendung einer Methodik mit veränderlichem Neigungswinkel der Auflageplatte, daß dieser Unterschied etwa 4% der Körperlänge ausmacht. Gleichzeitig fand aber Page (1974) bei einem Vergleich seiner Werte (Körperlänge, KSP-Höhe) mit denen von Santschi u. a. (1963), daß solch ein Unterschied nicht besteht. Diese Autoren bestimmten die KSP-Lage mit Hilfe der Methode des physikalischen Pendels in stehender sowie sieben weiteren Positionen. Diese Methode stellt sich folgendermaßen dar: Die Versuchspersonen wurden auf großen Schaukeln fixiert, sodann wurde ihnen eine Schwingung mit der Amplitude von ± 1 Grad erteilt. Nach der Bestimmung der Schwingungsperiode wurde die Schaukellänge verändert und von neuem in beschriebener Art und Weise verfahren. Die Kenntnis der Schwingungsperioden bei verschiedener Pendellänge gestattet die Lösung eines Gleichungssystems mit zwei Unbekannten: Trägheitsmoment des Körpers bezüglich des Massenzentrums und Abstand von Drehachse zum Massenzentrum. Die Genauigkeit der Methode lag bei 0,5% (Versuchspersonen waren 66 Flieger). Page stellte seine Versuchsgruppe (und die von Santschi u. a.) nach den Parametern Körperlänge und Lage des KSP gegenüber und fand keine signifikanten Unterschiede. Da er selbst die KSP-Lage in liegender Position ermittelte, kam er zu dem Schluß, daß die Veränderungen der KSP-Lage bei Veränderung der Position (stehend oder liegend) nicht größer als 1% sein können.

Die relative Lage der sagittalen und frontalen Ebenen durch den KSP sind undefiniert; sie tragen nur ungenügende Information über die Massengeometrie des Körpers. Es ist lediglich zu bemerken, daß im allgemeinen der rechte Teil des Körpers schwerer ist als der linke.

Die relative Lage der sagittalen und frontalen Ebenen durch den KSP sind undefiniert; sie tragen nur ungenügende Information über die Massengeometrie des Körpers. Es ist lediglich zu bemerken, daß im allgemeinen der rechte Teil des Körpers schwerer ist als der linke.

Trägheitsradien des Körpers

Die Trägheitsmomente des Körpers ändern sich bei Veränderung der Körperposition. Sie können auf der Grundlage der bekannten Daten über die Massengeometrie der einzelnen Segmente des Körpers berechnet werden. Aus diesen beiden Gründen wurde die experimentelle Bestimmung der Trägheitsmomente nicht oft vorgenommen. Die von verschiedenen Autoren angeführten Daten (Tab. VIII) unterscheiden sich kaum voneinander. Die vollständigste Untersuchung führten Santschi u. a. (1963) durch.

Die Untersuchungen von Romadanowskij (1972), Bolonkin u. a. (1973) gaben diesen Autoren die Möglichkeit, Regressionsgleichungen aufzustellen, die es erlauben, mit 6% Genauigkeit das Trägheitsmoment bezüglich der durch die Fußsohlen verlaufenden Achse abzuschätzen.

Diese Gleichung lautet:

$$y = 0,043 \cdot G \cdot l^2$$

wobei G – Gewicht der Versuchsperson
 l – Körperhöhe

ist.

Gewicht und Körperhöhe sind nach übereinstimmenden Aussagen von G. S. Bolonkin und

Tabelle VIII. Trägheitsmomente des menschlichen Körpers (Körper gestreckt, Hände seitlich angelegt)

Trägheitsmomente bezüglich KSP (kg cm s ²)	Autoren		Hochmuth, 1967 Männer	Santschi, 1963 Männer 66
	Tichonov, 1973 Männer 22	Frauen 11		
frontal	99,08 $\pm$ 13,0	97,0 $\pm$ 10,5	107 bis 130	94 $\pm$ 17,0
sagittal	101,8 $\pm$ 25,8	100,1 $\pm$ 13,0	100 bis 120	105 $\pm$ 18,3
Breitenachse	20,7 $\pm$ 3,0	16,1 $\pm$ 2,6	10 bis 12	10 $\pm$ 22,0

Santschi u. a. die Hauptfaktoren, die auf die Trägheitsmomente des Menschen wirken.

Gewichte (Massen) der Segmente des Körpers

Die Berechnung der relativen Werte der Segmentmassen wird in der Biomechanik beginnend bei den Arbeiten von Harless (1860) und Braune, Fischer (1889) durchgeführt und benutzt. Vergleichswerte sind in Tabelle IX

(Männer) und in Tabelle X (Frauen) aufgeführt.

Die Unterschiede beim Parameter „Masse des Oberschenkels“ (siehe Spalte — eigene Ergebnisse) sind auf Besonderheiten der Segmentierung zurückzuführen.

Unabhängig von der Popularität, die die Daten über die relativen Segmentmassen (oder wie man auch sagt — Gewichtskoeffizienten) bei

Tabelle IX. Relative Massen der Körpersegmente des menschlichen Körpers (Männer)

	Autoren								eigene Ergebnisse
	Harless 1860	Braune Fischer 1889	Fischer 1906	Demp- ster 1955 b	Clauser u. a. 1969	Bern- stein 1947	Matsui 1958	Plagen- hoef 1971	
Anzahl der Ver- suchspersonen	2	3	1	8	13	76	1	35	100
Charakter der Untersuchungen									
	an Leichen (Sezierung)				8	am lebenden Organismus			
						Wägung	mathema- tische Modellie- rung	Wasser- ver- drängung	Radioisotop- Methode
Kopf	7,6	7,0	8,8	8,1	7,9		7,8		6,940 ± 0,707
Rumpf	45,6	46,1	45,2	49,7	50,7	52,95	47,9	55,4	43,457 ± 1,569
Oberarm	3,3	3,3	2,8	2,8	2,6	2,65	2,7	3,3	2,707 ± 0,243
Unterarm	1,7	2,1	2,0	1,6	1,6	1,82	1,5	1,9	1,625 ± 0,140
Hand	0,84	0,8	0,8	0,6	0,7	0,7	0,9	0,65	0,614 ± 0,083
Oberschenkel	11,9	10,7	11,0	9,9	10,3	12,2	10,1	10,5	14,165 ± 0,998
Unterschenkel	4,4	4,8	4,5	4,6	4,3	4,65	5,4	4,5	4,330 ± 0,305
Fuß	2,0	1,8	2,1	1,4	1,5	1,46	1,9	1,45	1,371 ± 0,155

Tabelle X. Relative Massen der Körpersegmente des Menschen (Frauen)

	Autoren						
	Bernstein 1947		Kjeldsen 1972		Matsui 1958	eigene Ergebnisse	
Anzahl der Versuchspersonen	76	76	7	6	1	9	6
Charakter der Untersuchungen							
	Wägung	Wasserverdrängung			anthropo- metrisch	Radioisotop- Methode	
		Student- innen	Tänzer- innen	Turner- innen		Schwimmer- innen	Fechter- innen
Hände	1,1	1,0	1,0	1,03	1,0	1,0	1,1
Unterarme	3,64	3,1	2,9	3,21	2,6	2,8	3,1
Oberarme	5,20	6,0	5,8	5,49	5,2	5,6	6,5
Füße	2,58	2,4	2,7	2,48	3,0	2,8	2,4
Unterschenkel	9,68	10,5	11,0	10,98	10,8	9,6	9,6
Oberschenkel	25,63	23,0	24,3	16,52	22,4	29,4	31,0
Rumpf, Hals und Kopf	—	54,0	52,3	60,24	55,0	48,8	46,3

biomechanischen Berechnungen genießen, können diese Parameter nicht als genügend genau bezeichnet werden (besonders bei der Arbeit mit Versuchspersonen, die extreme Körperabmessungen aufweisen). Dies hängt damit zusammen, daß der Zusammenhang zwischen Segmentgewicht und Körpergewicht nicht durch die Regressionsgleichung

$$y = a \cdot x$$

wobei a = relatives Segmentgewicht
($a = y/x$ = Gewicht des Segments/
Körpergewicht)

ist, ausgedrückt werden kann. Selbst im einfachsten Fall hat dieser Zusammenhang die Form

$$y = a_0 + a_1 x$$

Als Beweis soll die Regressionsgleichung dienen, die in Tabelle XI angeführt ist. In keinem Falle ist das absolute Glied der Gleichung gleich Null.

Die Analyse der Tabellen und Korrelationsfelder erlaubt folgenden Schluß: Der Zusammenhang zwischen Segmentmasse und Körpermasse ist in den meisten Fällen linear; bei allen Segmenten unterscheidet sich das Korrelationsverhältnis kaum vom Korrelationskoeffizienten. Es besteht lediglich eine gewisse Tendenz zur Nichtlinearität beim Zusammenhang zwischen der Masse des mittleren Ab-

schnitts des Rumpfes und der Körpermasse. Diese Tendenz kann sich dadurch verstärken, daß in die Untersuchungsgruppe Personen einbezogen werden, die eine erhöhte Körpermasse durch eine große Masse des mittleren Abschnitts des Rumpfes — also durch beträchtliche Fettablagerungen im Bauchbereich — aufweisen.

Es wird ersichtlich, daß die Gewichtskoeffizienten nur dann zu benutzen sind, wenn Gewicht und Körperhöhe der Versuchsperson in der Nähe der Mittelwerte unserer Untersuchungsgruppe liegen (Tab. XII). Im Falle beträchtlicher Abweichungen von diesen Mittelwerten in der einen oder der anderen Richtung führt die Benutzung der Gewichtskoeffizienten zu beträchtlichen Fehlern. Dies hängt damit zusammen, daß nicht eine Regressionsgerade, deren Gleichungen in Tabelle XI angeführt sind, durch den Koordinatenursprung verläuft und deshalb bei Abweichungen des Körpergewichts vom mittleren Wert der Gewichtskoeffizient die Segmentmasse mit einem systematischen Fehler bestimmt.

Für die Bestimmung der Segmentmassen kann man entweder die Regressionsgleichung aus Tabelle XI benutzen oder aber die genaueren Gleichungen, bei denen als Argumente das Gewicht und die Höhe des Körpers dienen (s. Anlage, Tab. II)¹, oder aber man benutzt die aus-

Tabelle XI. Regressionsgleichungen zur Berechnung der Masse (y) einzelner Segmente mittels der Körpermasse (x)
Fehlen der quadratischen Gleichung bedeutet, daß die lineare Gleichung genügend sicher ist

Segment	Regressionsgleichung	R	η	Standardfehler
Fuß	$y = 0,259 + 0,01 x$	0,66		0,107
	$y = 0,0001 x^2 + 0,0292 x - 0,44$		0,66	0,107
Unterschenkel	$y = 0,141 + 0,041 x$	0,85		
	—	—	—	—
Oberschenkel	$y = -0,799 + 0,153 x$	0,89		0,717
	$y = -0,0019 x^2 + 0,447 x - 11,56$		0,89	0,693
Hand	$y = 0,109 + 0,0046 x$	0,58		0,060
	—	—	—	—
Unterarm	$y = 0,165 + 0,0139 x$	0,78		0,102
	—	—	—	—
Oberarm	$y = -0,142 + 0,029 x$	0,83		0,178
	$y = 0,0003 x^2 + 0,0786 x - 1,96$		0,84	0,175
Kopf	$y = 3,243 + 0,024 x$	0,57		0,327
	$y = 0,0002 x^2 + 0,0547 x + 2,13$		0,57	0,327
Rumpf, oberer Abschnitt	$y = -0,078 + 0,161 x$	0,78		1,176
	$y = 0,0004 x^2 + 0,0871 x + 2,614$		0,78	1,175
mittlerer Abschnitt	$y = -2,222 + 0,194 x$	0,81		1,268
	$y = 0,0031 x^2 - 0,2811 x + 15,8$		0,83	1,233
unterer Abschnitt	$y = -0,348 + 0,117 x$	0,71		1,051
	$y = 0,0013 x^2 - 0,0831 x + 6,961$		0,72	1,047

Tabelle XII. Mittlere Werte der Massen-Trägheitscharakteristika der Segmente des menschlichen Körpers (100 Männer)

m – Masse in kg
 M_s – Lage des Massenmittelpunkts auf der Längsachse des Segments (%)
 $m\%$ – Verhältnis von Segmentmasse zu Körpermasse (%)
 K_1 – Verhältnis des Trägheitsradius bezüglich der sagittalen Ebene des Segments zu seiner Länge (%)
 K_2 – Verhältnis des Trägheitsradius bezüglich der Frontalebene des Segments zu seiner Länge (%)
 K_3 – Verhältnis des Trägheitsradius bezüglich der Längsachse des Segments zu seiner Länge (%)
 σ – mittlerer quadratischer Fehler des Parameters

Segment	m $\bar{x} \pm \sigma$	M_s $\bar{x} \pm \sigma$	$m\%$ $\bar{x} \pm \sigma$	K_1 $\bar{x} \pm \sigma$	K_2 $\bar{x} \pm \sigma$	K_3 $\bar{x} \pm \sigma$
Fuß	0,997 0,141	55,85 3,65	1,371 0,155	25,7 0,95	25,4 0,80	12,4 1,24
Unterschenkel	3,160 0,439	40,47 2,81	4,330 0,305	28,1 0,63	27,5 0,61	11,4 1,96
Oberschenkel	10,360 1,568	45,49 1,94	14,165 0,998	26,7 0,99	26,7 0,99	12,1 0,93
Hand	0,447 0,072	63,09 4,85	0,644 0,083	28,5 2,16	23,3 1,71	18,2 2,30
Unterarm	1,177 0,161	57,26 3,26	1,625 0,140	29,5 0,86	28,4 0,65	13,0 1,51
Oberarm	1,980 0,319	55,02 4,19	2,707 0,243	32,8 1,61	31,0 1,245	18,2 3,27
Kopf	5,018 0,393	50,02 2,23	6,940 0,707	30,3 1,29	31,5 1,34	26,1 2,10
Rumpf, oberer Abschnitt	11,654 1,873	50,66 2,24	15,956 1,529	50,5 3,74	31,99 1,71	46,5 4,64
Rumpf, mittlere Abschnitt	11,953 2,176	45,02 2,12	16,327 1,725	48,2 4,24	38,3 2,43	46,8 5,60
Rumpf, unterer Abschnitt	8,164 1,492	35,41 3,01	11,174 1,428	35,6 2,05	31,9 2,37	34,0 3,00

Tabelle XIIIa. Relative Lage der Massenmittelpunkte der Segmente des menschlichen Körpers (Männer/in %). Die nach der Jahreszahl des Erscheinens stehenden Zahlen in Klammern geben die Anzahl der Versuchspersonen an

Segmente	Autoren								
	Harless 1860 (1)	Fischer 1906 (1)	Braune, Fischer 1899 (3)	Dempster 1955b (8)	Clauser u. a. 1969 (13)	Bernstein 1947 (76)	Matsui 1958 (2)	Plagenhoef 1971 (35)	eigene Ergebnisse (100)
Kopf	36	37	–	43	47	37	–	–	50,0 ± 2,2
Rumpf	50	43	39	–	38	–	52	34	44,5 ± 1,62
Oberschenkel	43	47	44	43	37	39	42	43	45,5 ± 2,0
Unterschenkel	44	36	42	43	37	41	41	–	40,5 ± 2,8
Fuß	44	46	43	43	45	–	50	–	44,1 ± 3,6
Oberarm	43	49	47	44	51	46	46	43	45,0 ± 4,2
Unterarm	42	44	42	43	39	41	41	43	42,7 ± 3,2
Hand	36	47	–	51	48	–	50	–	37,0 ± 4,8

sagefähigsten anthropometrischen Parameter (s. Anlage, Tab. VI).¹

Lage der Massenmittelpunkte der Segmente

Vergleichsdaten über die Lage der Massenmittelpunkte der Glieder auf ihren Längsachsen

sind in Tabelle XIII a und b aufgeführt. In Abb. 11 (Teil I, Heft 6/82, d. Red.) wurden die anthropometrischen Punkte gezeigt, von welchen bei der Bestimmung der Abstände bis zum Massenmittelpunkt ausgegangen wird (Radioisotop-Methode). Die Regressionsgleichungen

Tabelle XIII b. Relative Lage der Massenzentren der Segmente des menschlichen Körpers (Frauen/in %). Die nach der Jahreszahl des Erscheinens stehenden Zahlen in Klammern geben die Anzahl der Versuchspersonen an

Segmente	Autoren			eigene Ergebnisse	
	Bernstein 1947 (76)	Matsu 1958 (1)	Kjeldsen 1972 (76)	Schwim- merinnen (9)	Fech- terinnen (6)
Kopf	63	45	50	51,6 ± 6,0	55,6 ± 3,0
Rumpf	—	52	57	45,0 ± 5,0	45,4 ± 4,0
Oberschenkel	40	42	43	46,1 ± 2,0	47,4 ± 3,0
Unterschenkel	42	42	42	40,3 ± 3,0	39,6 ± 2,0
Fuß	—	50	50	40,1 ± 6,0	44,6 ± 4,0
Oberarm	48	46	46	44,0 ± 2,0	45,0 ± 2,0
Unterarm	42	42	43	42,6 ± 1,0	43,0 ± 2,0
Hand	—	50	46	35,0 ± 3,0	37,9 ± 2,0

Tabelle XIV. Verhältnis von Trägheitsradius zu Segmentlänge, in %, Männer

K_o - Verhältnis von Trägheitsradius bezüglich des Massenzentrums zur Segmentlänge
 $K_{prox.}$ - Verhältnis von Trägheitsradius bezüglich der Breitenachse durch das proximale Gelenk zur Segmentlänge
 $K_{dist.}$ - Verhältnis von Trägheitsradius bezüglich der Breitenachse durch das distale Gelenk zur Segmentlänge

Segment	Fischer, 1906 1 Vp.		Dmpster, 1955 b 8 Vp.		Contini, 1970 42 Vp.	eigene Ergebnisse 100 Vp.
	K_o links	K_o rechts	K prox.	K dist.	K_o	K_o
gesamte obere Extremität	31	30	645	596	25,0 ± 0,79	
Oberarm	31	29	542	645	27,2 ± 4,85	32,8 ± 1,6
Unterarm					29,2 ± 1,23	29,5 ± 0,9
Hand			587	577	26,7 ± 0,67	28,5 ± 2,2
Unterarm mit Hand	32	29	827	565		
gesamte untere Extremität	32	32	560	650	29,6 ± 0,73	
Oberschenkel	31	31	540	653	28,1 ± 0,74	26,7 ± 1,0
Unterschenkel	26	24	328	643	28,1 ± 0,74	28,1 ± 0,6
Fuß			690	690		25,7 ± 1,0
Unterschenkel mit Fuß	35	33	735	572	33,4 ± 0,66	

für die angenäherte Abschätzung der Lage der Massezentren sind in Tabelle II und III der Anlage 1 aufgeführt. Bei der biomechanischen Analyse von Bewegungen wird im allgemeinen vorausgesetzt, daß die Lage der Massezentren der Extremitäten unverändert ist (dies entspricht der Vereinfachung, daß die durch Umverteilung des Blutes und der Lymphe sowie Verschiebung der Muskeln hervorgerufene Umverteilung der Masse längs der Längsachse

des Segments unbedeutend sei). Bei der Analyse von Bewegungen des Oberkörpers können diese Vereinfachungen zu beträchtlichen Fehlern führen. Deshalb führte Parks (1959) detaillierte Untersuchungen des Oberkörpers durch. Er zerschnitt ihn in Abständen von einem Inch (2,54 cm). Für jedes Segment wurde dabei die Masse und die Länge des Massezentrum bestimmt (Abb. 12). Dies gibt die Möglichkeit, fehlerhafte Bestimmungen der

Linie der Schwerpunkte

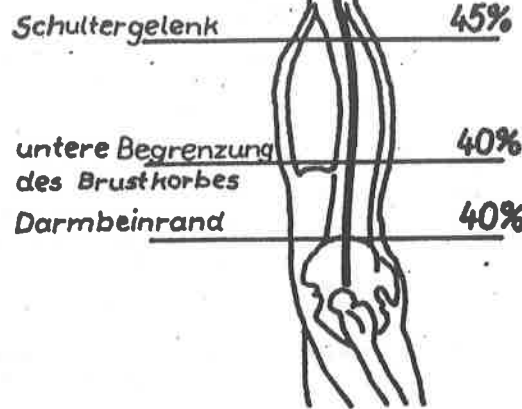


Abb. 12. Lage der Schwerpunkte einzelner Schnittebenen des Rumpfes (nach Parks/1959).

Lage des Massenschwerpunkts des Oberkörpers bei Krümmung und Streckung, wie sie bei der Ausführung komplizierter sportlicher Übungen auftreten, zu vermeiden.

Momente und Trägheitsradien der Körpersegmente

In Tabelle XII und XIV sind die Werte für Trägheitsmomente und -radien aufgeführt, die aus Literaturquellen entnommen wurden bzw. unsere eigenen Ergebnisse sind. Es muß bemerkt werden, daß nur die Radioisotop-Methode die Bestimmung der Trägheitsmomente für drei zueinander senkrecht stehende Ebenen zuläßt. Die entsprechenden Regressionsgleichungen zur Abschätzung der Trägheitscharakteristika der Segmente auf der Grundlage anthropometrischer Parameter sind in Tabelle V der Anlage 1 aufgeführt.

Anmerkung

¹ Gemeint ist die auch im Vorspann zum vorliegenden Abdruck des Kapitels „Massengeometrie des menschlichen Körpers“ erwähnte Anlage zum Buch. Die Tabellen sind folglich nicht in der ausschnittweisen Übersetzung enthalten.

Literaturübersicht

Quellen in russischer Sprache:

- Bernstejn, N. A.: Biomechanika dlja instruktorov. Moskau: „Novaja Moskva“ 1926.
Bernstejn, N. A.: O postroenij dviženij. Moskau: „Medgiz“ 1947.
Bolonkin, G. S. u. a.: Trudy MIREA. 1973, Bd. 63, S. 194 bis 222.

Bunak, V. V.: Antropometrija. Moskau: „Narkomprosa RSFSR“ 1941.

Gurfinkel, V. S., und V. A. Safronov: Ustrojstvo dlja izmerenija momentov inercii različnyh častej tela čeloveka. Patentschrift Nr. 255483. Bulletin „Izobretenija, prom. obrazcy i tovarnye znaki“ 1969, Nr. 33.
Gernet, M. M., und V. N. Tichonov: Teor. i Prakt. fiz. Kul't. Moskau (1967) 11, S. 27 bis 30.

Gusev, N. G.: Spravočnik po radioaktivnym izlučenijam i zaščite. Moskau: „Medgiz“ 1956.

Damir, A. M.: Dokl. Akad. nauk SSSR. Bd. XVII, Nr. 2, 1944, S. 28.

Jevgen'eva, L. Ja.: Issledovanija izmenenij dviženij gimnasta pri ovladenii priemami na brus'jach. Moskau: Autorref. Diss. A 1951.

Zaciorskij, V. M., S. K. Sarsanija und M. G. Sereda: Sposob izmerenija momentov inercii neodnorodnych nesvobodnyh tel. Patentschrift Nr. 427698 mit Priorität vom 9. Juni 1972, Bulletin „Izobretenija, prom. obrazcy i tovarnye znaki“ 1976, Nr. 19.

Zaciorskij, V. M., I. G. Indichenko und G. G. Kolobov: Teor. i Prakt. fiz. Kul't. Moskau (1973) 8, S. 54 bis 57.

Zaciorskij, V. M., S. Ju. Alesinskij, K. Bartonietz u. a.: In: Biomechanika. Trudy RMIITO, Bd. XIII, Riga: 1975, S. 537 bis 548.

Ivanickij, M. F.: Anatomija čeloveka. Moskau: FiS 1965.

Kozyrev, G. S.: Centr tjažesti čeloveka v norme i pri nekotorych zabolevanijach oporno-dvigatel'nogo apparata. Charkov: Autorref. Prom. B 1962.

Lipovskij, V. I., und I. S. Morejnis: In: Biomechanika. Trudy RMIITO, Bd. XIII, Riga: 1975, S. 232 bis 234.

Martirosov, E. G. u. a.: In: Materialy itogovoj Konferencii za 1975 g. VNIIFK. Moskau: 1976

Rajcina, L. P.: Morfologičeskie osobennosti i položenie centra tjažesti u nekotorych grupp sportmenok. Moskau: Autorref. Diss. A 1976.

Romadanovskij, O. A., u. a.: In: Materialy konf. 1. Med. in-ta. Moskau: 1972, S. 256 bis 259.

Sarsanija, S. K., u. a.: In: Materialy 1. Vsesojuzn. nauč. konf. po biomechanike sporta. Moskau: 1974, Teil 1, S. 57 bis 58.

Selujanov, V. N.: In: Biodynamika sportivnoj tehniki Red. V. M. Zaciorskij, Moskau: GZOLIFK, 1978, S. 9 bis 48.

Spiridonov, V. P.: In: Materialy konf. molodych učenyh GZOLIFK. Moskau: 1974, S. 93 bis 96.

Quellen in anderen Sprachen:

Amar, J.: The human motor. New York: E. P. Dutton und Co. 1920.

Barter, J. T.: Estimation of the mass of body segments. WADC Technical Report 57-260, Wright-Patterson Air Force Base, Ohio: 1957.

Bastler, A.: Fortschritte der Medizin. 1931, Bd. 11, S. 310 bis 328.

Baster, S. M.: In: R. C. Nelson (Hrsg.): Proceedings of the Pennsylvania State University biomechanics conference, University Park, Penn. 1971.

Borelli, J. A.: De motu animalum. – Lugduni Bata-vorum, 1680.

Bouisset, S., und V. E. Pertuzon: In: Biomechanics, 1969, Medizin und Sport, Bd. 2. Basel: Karger, S. 106.

Braune, W., und O. Fischer: In: Abhandlungen der mathematisch-physikalischen Classe der Königl. Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften. 1889, Bd. 26, S. 561 bis 672.

- Brooks, C., und A. Jacobs: Med. Sci in Sports. 1975, Bd. 7, S. 290 bis 294.
- Casper, R. M.: On the use of gamma ray images for determination of human body segment parameters. Unpublished master's thesis, Pennsylvania State University 1971.
- Cavanagh, P. R., und R. J. Gregor: In: Biomechanics IV. R. Nelson und Ch. Morehouse (Hrsg.). Baltimor: University Park Press 1974, S. 524 bis 537.
- Clouser, C., J. McConville und J. Young: Weight, volume and center of mass of segments of the human body. AMRL T. R. 69-70, Wright-Patterson Air force Base, Ohio: 1969.
- Contini, R.: Body segment parameters. Technical Report, 1584.03., New York: University School of Engin. and Sciences, Juni 1970.
- Contini, R.: Artificial limbs. 1972, Teil II, Bd. 16, N. 1, S. 1 bis 19.
- Dempster, W. T.: Space requirements the seated operator. WADC Technical Report 55-159. Wright-Patterson Air Force Base, Ohio: 1955b.
- Drillis, R., R. Contini und M. Bluesten: Artificial limbs. 1964, Bd. 8, Nr. 1, S. 44 bis 64.
- Duggar, B. C.: Human Factors. 1962, Bd. 4, Nr. 3, S. 131 bis 148.
- Fenn, W. C., A. Brody und A. Pettrilli: Amer. J. Physiology. 1931, Bd. 97, S. 1 bis 14.
- Fischer, O.: Theoretische Grundlagen für eine Mechanik der lebenden Körper mit speziellen Anwendungen auf einige Bewegungsvorgänge an Maschinen. Berlin: B. G. Teubner 1906.
- Fujikawa, K.: Okijamas Folia Anatomica Japonica. 1963, Bd. 39, S. 117 bis 125.
- Hanavan, E. P.: A mathematical model of the human body. AMRL Technical Report 64-102, Wright-Patterson Air force Base, Ohio: 1964.
- Harless, E.: In: Abhandlungen der mathematisch-physikalischen Classe der Koeniglichen Bayrischen Akademie der Wissenschaften. 1860, Bd. 8, S. 69 bis 96 und 257 bis 294.
- Hay, J. G.: In: Kinesiology IV. 1974, S. 43 bis 52.
- Hay, J. G., J. Dapena u. a.: In: J. Biomechanics, 1977, Bd. 10, S. 269 bis 277.
- Hochmuth, G.: Biomechanik sportlicher Bewegungen. Berlin: Sportverlag 1967.
- Kjeldsen, K.: Body segments weights, limb lengths and the location of the center of gravity in college women. University of Massachusetts, Thesen zur Dissertation 1972.
- Kulwicki, P. V. u. a.: Weightless man: Self-rotation techniques. AMRL Technical Report, 1962, S. 62 bis 129.
- Matsui, H.: A new method to determine the center of gravity of a human body by somatometry. Tokyo: Taiiku no Kagakusha, (in japanisch) 1958.
- Meeh, C.: Z.-t. Biol., 1895, Bd. 31, S. 125 bis 147.
- Miller, D., R. Nelson: Biomechanics of sport. Lea a a Febiger, Philadelphia: 1973.
- Mori, M., W. Yamamoto: In: Acta Anat., 1959, Bd. 37, S. 305 bis 388.
- Page, H. L.: In: Ergonomics. 1974, Bd. 17, S. 603 bis 612.
- Parks, J. L. J.: An electromyographic and mechanical analysis of selected abdominal exercises. University of Michigan, 1959, unveröffentlichte Thesen zur Dissertation, zitiert bei Plagenhoef, 1971.
- Plagenhoef, S.: Patterns of human motion - a cinematographic analysis. Engelwood Cliffs: N. Y. Prentice Hall 1971.
- Santschi, W. I. u. a.: Moments of inertia and centers of gravity of the living human bodü. AMRL TDR, 1963, S. 63 bis 136.
- Weber, W., und E. Weber: Mechanik der menschlichen Gewerkezeuge. Göttingen: 1836.
- Whitsett, C. E.: Some dynamic response characteristics of weightless man. AMRL Technical Report 63-118, W-P. Air Force Base, Ohio: 1963.
- Williams, M., und H. Lissner: Biomechanics of human motion. Philadelphia: W. B. Saunders Co., 1962, S. 129 bis 138.
- Zook, D. E.: In: Amer. J. Dis. Children. 1932, Bd. 43, S. 1347 bis 1432.

BETRACHTUNGEN

Zum Beschluß des Zentralkomitees der KPdSU und des Ministerrates der UdSSR „Über die weitere Ausprägung des Massencharakters von Körperkultur und Sport“ vom September 1981

Die auf dem XXVI. Parteitag der KPdSU festgelegten Maßnahmen eröffnen neue Perspektiven für die entwickelte sozialistische Gesellschaft in der UdSSR. Die KPdSU orientiert auf

die Stärkung des Wirtschaftspotentials, auf die Erhöhung des Volkswohls, auf die Vervollkommen des politischen Systems der Sowjetgesellschaft sowie auf die Sicherung friedlicher Bedingungen für die schöpferische Arbeit der Sowjetmenschen. [10, S. 579 und 586] Der erreichte Stand des entwickelten Sozialismus in der UdSSR [5] stellt höhere Anforderungen an das bewußte Handeln der Sowjetbürger. Dabei läßt sich die KPdSU von der Leninschen Erkenntnis leiten, die unter anderem auf dem VIII. Gesamtrussischen Sowjetkongreß so formuliert wurde: „Hier bewahrt sich einer der tiefsten Gedanken des Marxismus, der zugleich außerordentlich einfach und verständlich ist. Je größer der Schwung, je größer das Ausmaß der geschichtlichen Aktionen, desto größer die Zahl der Menschen, die an diesen Aktionen teilnehmen, und umgekehrt, je tiefer die Umgestaltung, die