

JAROSLAV ČERMAK

DIE ENTWICKLUNG DER HERZGRÖSSE BEI 12—18 JÄHRIGEN KNABEN

Mitteilung: Längsschnittuntersuchung der Änderungen der linearen Herzdiameter, der Herzfläche und des Herzvolumens, ihrer Wechselbeziehungen und ihrer Beziehungen zu den somatometrischen Grundkriterien

Die Frage der Normalität der Herzgrösse ist eines der Grundprobleme bei der Beurteilung der Änderungen des Herzvolumens. Seine absoluten Werte weisen in den einzelnen Alterskategorien grosse interindividuelle Unterschiede auf. Diese sind durch die Unterschiede in den Körperdimensionen verschiedener Individuen und damit auch in der Menge der Masse der metabolisch aktiven Gewebe gegeben, die das Herz mit oxidiertem Blut versorgt. Um die Herzgrösse von Individuen mit der verschieden grossen Körpermasse (dem Körpergewicht) vergleichen zu können, müssen die relativen Werte des Herzvolumens beurteilt werden, keinesfalls die absoluten Werte.

Mit diesem Problem bemühte sich bereits einer der Begründer der volumetrischen Festsetzung der Herzgrösse, *Kahlstorf*, in seiner Arbeit vom Jahre 1932 auseinanderzusetzen. Die Umrechnung des Herzvolumens auf kg „Nacktgewicht“ des Körpers nannte er den Herzquotienten. Dieselbe Umrechnung auf die Gewichtseinheit, bzw. auf die Einheit der Körperoberfläche oder der Körpergrösse verwendete später eine Reihe anderer Autoren (z. B. 25, 26, 36, 41).

Bei Wertung der Herzgrösse bei Kindern und Jugendlichen, deren Körpermasse namentlich in der Periode der Wachstumsakzeleration sehr rasch zunimmt, stossen wir auf die gleichen Probleme. Einen Überblick über die Änderungen der absoluten und relativen Werte des Herzvolumens bei 10 bis 19jährigen Knaben vermittelten *Musshoff* und Mitarb. in ihrer Querschnittstudie (36). Durch Querschnittuntersuchungen lassen sich jedoch nicht alle Besonderheiten dieser Altersperiode erfassen. Zweck dieser Mitteilung ist es deshalb, die bereits

gewonnenen Erkenntnisse durch weitere zu ergänzen, die im Laufe langfristiger Beobachtung einer Gruppe gesunder, normal entwickelter Knaben erlangt wurden. Ausser den Grundwerten des Herzvolumens für die einzelnen Altersjahrgänge zwischen dem 12. und 18. Lebensjahr enthält die Mitteilung Unterlagen zur Wertung der Normalität des Herzvolumens bei der männlichen Population der erwähnten Altersperiode.

UNTERSUCHUNGSGUT UND ARBEITSMETHODIK

In den Jahren 1962—1968 untersuchten wir eine Gruppe von im Jahre 1950 geborenen Schülern aus Prager Schulen. In den ersten vier Jahren (1962—1965) umfasste das Untersuchungsgut 91 Schüler. Im Hinblick darauf, dass eine Anzahl Knaben aus verschiedenen Gründen volle sieben Jahre an den Untersuchungen nicht regelmässig teilnehmen konnte, wählten wir zur Schlussverarbeitng nur die Ergebnisse jener ($n = 40$), die jedes Jahr untersucht wurden.

Die Knaben wurden stets in den Monaten April bis Juni untersucht. Hierbei waren wir bemüht, im grossen und ganzen für jeden einzelnen den gleichen Untersuchungstermin einzuhalten wie im Jahr vorher.

Die Herzgrösse untersuchten wir teleröntgenographisch im Liegen auf dem Rücken. Die Aufnahmen machten wir in der Sagittal- und Seitenprojektion während der Inspiration bei ruhigem Atmen durch den halbgeöffneten Mund. Die Atmungsphase beobachteten wir mit Hilfe eines Apparates eigener

Konstruktion. Sein Prinzip sowie die Beschreibung der Technik der Röntgenuntersuchung und des Messens der Röntgenaufnahmen beschrieben wir in früheren Mitteilungen (Čermák 1967a, b). Zur Errechnung des Herzvolumens verwendeten wir die Formel nach Rohrer (1916) und Kahlstorf (1932) in der Modifikation Musshoffs und Reindells (1965):

$$V = 0.4 \cdot Lg \cdot Lt \cdot t_{\max} 90^\circ.$$

Mit Lg bezeichnen wir den Längs-, mit Lt den Breiten- und mit $t_{\max} 90^\circ$ den grössten Tiefendurchmesser des Herzens, gemessen in horizontaler Lage senkrecht der Längsachse des Körpers. Zur Errechnung der Herzfläche (A) verwendeten wir die von Van Zwaluwenburg und Ungerleider-Gubner (1924) eingeführten Modifikation, deren Formel von der für die Fläche der Ellipse

$$A = q \frac{\pi}{4} \cdot Lg \cdot Lt$$

abgeleitet ist.

Mit Hilfe der Korrelationsmethode haben wir die Beziehung des Herzvolumens zur Körpergrösse und zum Körpergewicht, die Menge der fettfreien Körpermasse und des Fettes,¹⁾ die Beziehung der einzelnen Herzdiameter zum Herzvolumen sowie einige andere Beziehungen festgestellt. Die lineare Regression $y = ax + b$ wurde mit der Methode der kleinsten Quadrate mit Hilfe der Normalgleichungen

$$a_1 x_1 + nb - \sum y_1$$

$$a_1 x_1^2 + b_1 x_1 = \sum x_1 y_1$$

errechnet.

Bei der Arbeit verwenden wir folgende statistische Symbole: Mittelwert (\bar{x}), massgebliche Abweichung (s), mittlerer Fehler des Mittelwertes ($e\bar{x}$), Variationskoeffizient (V_x), Korrelationskoeffizient (r). Die statistische Signifikanz bei $p < 0,05$ bezeichnen wir x, $p < 0,01$ mit xx, $p < 0,001$ mit xxx.

BESPRECHUNG DER UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE

1. Somatische Entwicklung

Die Entwicklung der somatischen Grundkriterien, der Körpergrösse und des Körpergewichts (Tabelle 1) entsprach bei unserem Untersuchungsgut den Normen für die tschechoslowakische männliche Population des gegebenen Alters. Im Hinblick auf das Wachstum der Körpergrösse in der Beziehung zum Kalenderalter kann man die untersuchten Knaben nach den Normen Kapalíns und Prokopec (Abb. 1) unter die grossen Knaben (Kapalín, 1967) einreihen. Hierbei sind wir uns dessen bewusst, dass

¹⁾ Das Messen der Körperdensität wurde von Dr. med. J. Pařízková, CSc., vorgenommen (16).

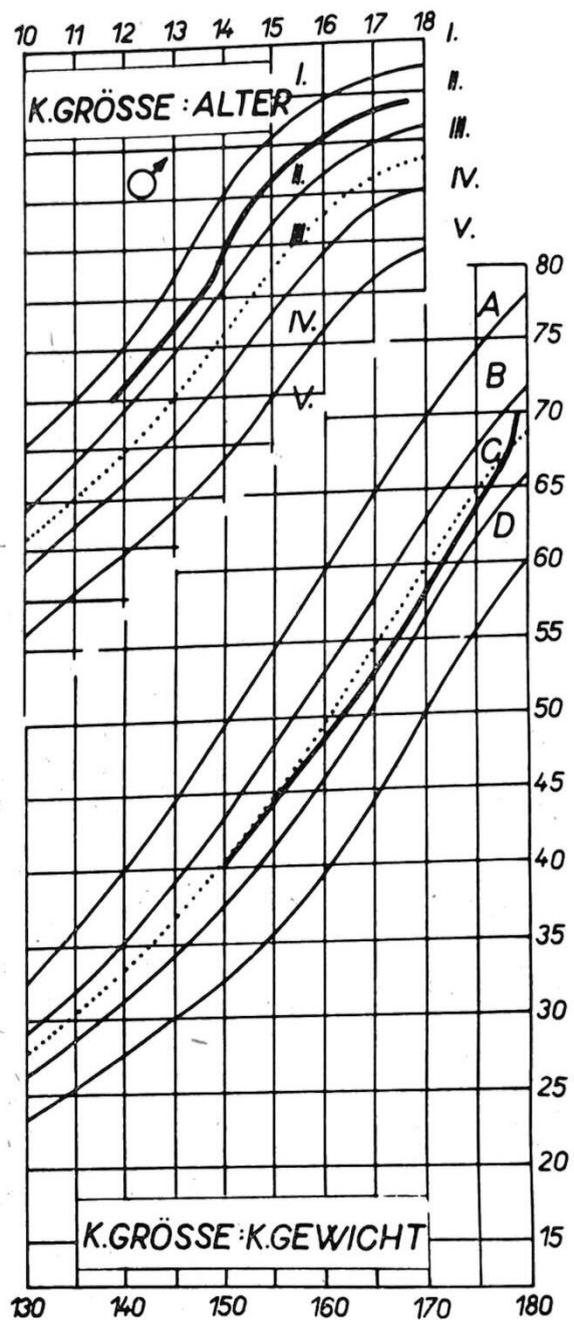


ABB. 1. Die Körpergrösse des Untersuchungsgutes in der Beziehung zum Lebensalter und zum Körpergewicht.

seit der Zeit, als die Unterlagen für diese Norm gewonnen wurden, die Körpergrösse der tschechoslowakischen Population des gegebenen Alters in Übereinstimmung mit dem sekulären Trend zunimmt. Die Proportionen zwischen der Körpergrösse und dem Körpergewicht ändern sich im Laufe der Beobachtungsperiode praktisch nicht und sie entsprechen dem Durchschnitt der tschechoslowakischen gleichalten männlichen Population mit Ausnahme des letzten Beobachtungsjahres, wo die Gewichtszunahme in der Beziehung zum Wachstum der Körpergrösse gegenüber der Norm etwas grösser war, ohne jedoch vom gegebenen Kanal abzuweichen. Auch nach Wetzls Netz (Bena, 1950) kann die

TABELLE 1.

Die somatischen Grundkriterien des Untersuchungsgutes zwischen dem 12.—18. Lebensjahr

Jahr	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968
\bar{x} (n = 40) s $e \bar{x}$ V_x							
Alter	11,7	12,6	13,7	14,6	15,8	16,7	17,7
Jahre	0,34	0,32	0,32	0,34	0,33	0,35	0,36
	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06
	2,9	2,5	2,3	2,3	2,1	2,1	2,0
K. Grösse	150,0	155,6	163,1	169,9	175,3	177,9	179,0
cm	6,31	7,05	8,18	7,59	6,12	5,79	5,52
	1,02	1,14	1,33	1,23	0,99	0,94	
	4,2	4,5	5,0	4,5	3,5	3,2	3,1
K. Gewicht	40,51	44,88	51,01	58,18	64,33	67,23	70,36
kg	5,29	6,55	7,89	8,50	7,86	6,62	6,44
	0,86	1,06	1,28	1,38	1,27	1,07	1,04
	13,1	14,6	15,5	14,6	12,2	9,8	9,2
\bar{x} (n = 91) s $e \bar{x}$ x_{\max} x_{\min}							
K. Grösse	150,1	155,6	163,3	170,3			
cm	5,84	6,61	7,06	7,59			
	0,61	0,69	0,74	0,80			
	137,2	142,0	146,0	155,0			
	173,0	179,3	185,8	184,5			
K. Gewicht	40,54	44,77	50,83	58,48			
kg	5,39	6,47	7,66	8,34			
	0,57	0,68	0,80	0,88			
	30,40	34,30	34,31	43,30			
	56,71	63,55	69,78	78,04			

TAB. 2.

Die Jahreszuwächse (in % der Ausgangswerte) einzelner Kriterien der somatischen Entwicklung und der Herzgrösse

Jahre	12—13	13—14	14—15	15—16	16—17	17—18	Δ %	
							12—14	12—18
K. Grösse	+3,7	+5,0	+4,6	+3,6	+1,7	+0,7	+8,7	+19,3
K. Gewicht	+11	+15	+18	+15	+7	+8	+26	+74
FFKM/kg	+12	+20	+15	+16	+15	+8	+32	+86
Fett/kg	+3	-8	+30	+8	-29	+2	-5	+7,8
Fett %	-6	-19	+5	+3	-13	-13	-25	-43
Brustkorbtiefe	+11	+5	+8	+5	-1	+2	+16	+30
Brustkorbbreite	+4	+5	+13	+9	-	-	+9	+31
Lg	+6	+6	+4	+2	+5	-	+12	+23
Lt	+3	+10	+4	+4	+2	-	+13	+23
t max	+6	+4	+5	-	+4	-3	+10	+16
Tr	+4	+5	+3	+4	+2	-	+9	+18
Herzfläche	+7	+16	+12	+6	+7	-	+23	+48
Herzvolumen	+13	+20	+16	+11	+11	-2	+33	+69
HV/K. Grösse	+13	+14	+10	+10	+3	-3	+27	+47
HV/K. Gewicht	+2	+6	-1	-4	+3	-6	+8	0
HV/FFKM	+3	+0,4	-0,4	-3	-1,3	-6,7	+2,6	-8
HV/Fett	+13	+48	+29	-63	+7	+53	+61	+88

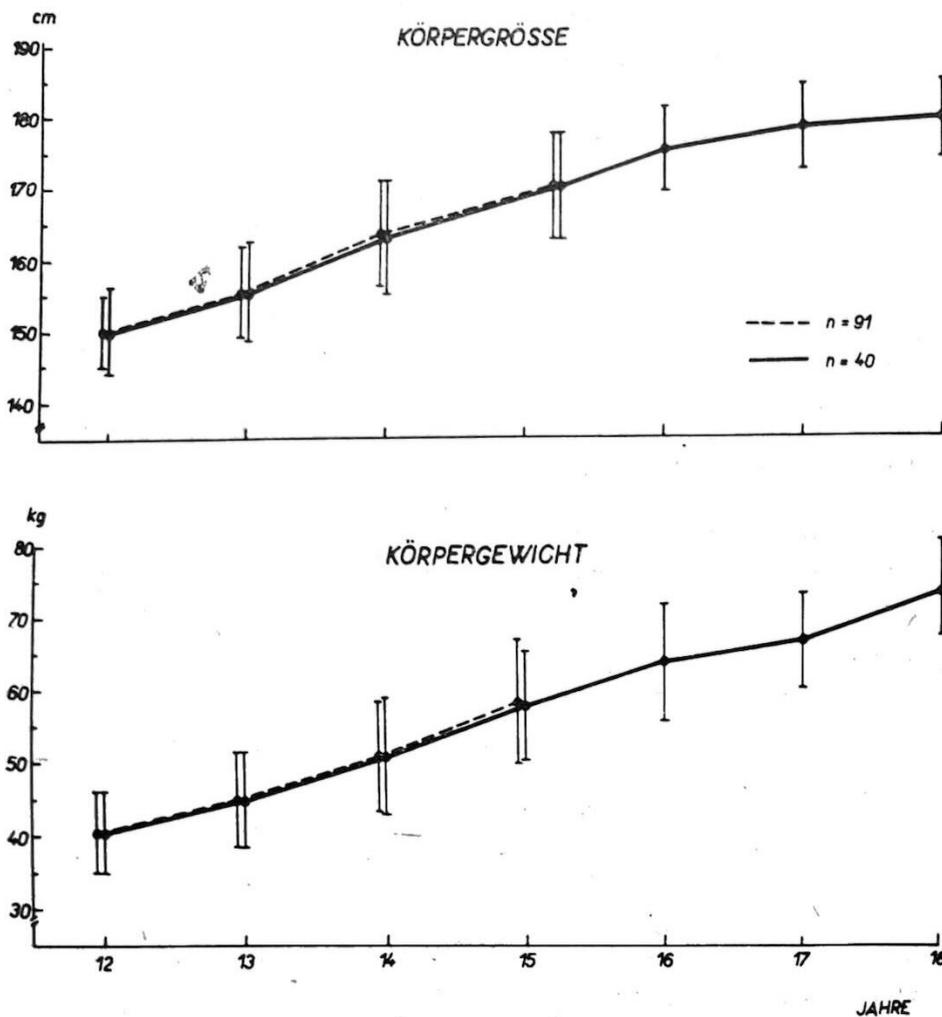


ABB. 2. Die Änderungen der Körpergröße und des Körpergewichtes des Untersuchungsgutes zwischen dem 12.–18. Lebensjahr. Die Körperentwicklung zwischen dem 12.–15. Jahr verläuft in gleicher Weise bei einem zahlenmässig stärkeren ($n = 91$) und bei einem zahlenmässig kleineren ($n = 40$) Untersuchungsgut.

Entwicklung unseres Untersuchungsgutes als normal angesehen werden. Sie verläuft im Kanal B₁.

Da wir bei der Planung des langfristigen Experimentes mit einem natürlichen Abgang gerechnet haben, untersuchten wir im ersten Jahr 138 Knaben. Im Jahre 1965 hatten wir die Möglichkeit, die Ergebnisse von 91 alljährlich komplex untersuchten Knaben auszuwerten, im Jahre 1968 nur mehr von 40. Es interessierte uns daher, ob die Entwicklung der beobachteten Kriterien bei beiden verschiedenen grossen Untersuchungsgruppen die gleiche ist. Wie aus Abb. 2 anschaulich hervorgeht, stimmt die somatische Entwicklung beider Gruppen im Mittel absolut überein. Man kann deshalb voraussetzen, dass die bei der zahlenmässig kleineren Untersuchungsgruppe ($n = 40$) ermittelten Gesetzmässigkeiten in der Periode zwischen dem 15.–18. Lebensjahr auch für die zahlenmässig stärkere Gruppe gelten werden. Wie wir weiter zeigen, wird diese Ansicht auch durch die signifikante Übereinstimmung in den Mittelwerten anderer bei beiden Untersuchungsgruppen ermittelten Kriterien unterstützt.

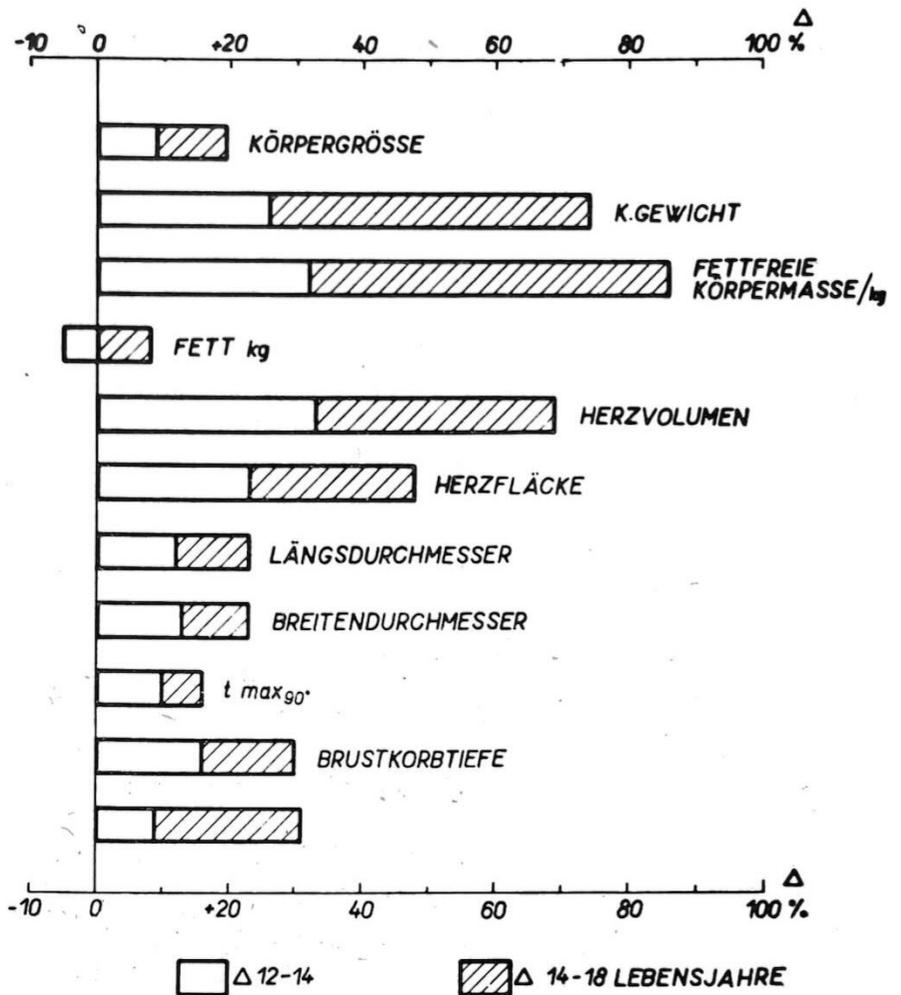
Die durchschnittlichen Jahreszuwächse der Körpergröße liegen im 12. bis 15. Lebensjahr zwischen 3,6–5 % des Ausgangswertes (Tab. 2), in den darauffolgenden zwei Jahren verringern sie sich rasch, so dass Wachstum der Körpergröße bei

unserem Untersuchungsgut im 17. Lebensjahr fast beendet war.

Die jährliche Gewichtszunahme bewegt sich im 12.–16. Lebensjahr zwischen 4,4–7,2 kg/Jahr (11–18 % des Ausgangswertes) und im 17.–18. Lebensjahr beträgt sie noch 3,1 kg (8 %).

Die Menge der fettfreien Körpermasse (FFKM) vergrössert sich während der ganzen Beobachtungszeit (16). Der grösste Zuwachs erfolgt zwischen dem 13.–14. Lebensjahr (plus 20 %), in den weiteren drei Jahren beträgt er 15–16 %. Den geringsten Zuwachs fanden wir ebenso wie bei der Gewichtszunahme zwischen dem 17.–18. Lebensjahr (plus 8 %). Der Fettanteil am Körpergewicht verringert sich im Laufe der Beobachtung, und zwar am meisten zwischen dem 12.–14. Lebensjahr. Sein prozentualer Rückgang stimmt in diesem Jahr praktisch mit dem Zuwachs der fettfreien Körpermasse überein. Das bedeutet, dass sich in diesem Lebensjahr im Organismus ein signifikanter qualitativer Umbau abspielt. Zwischen dem 14.–16. Lebensjahr steigt vorübergehend der Fettanteil am Körpergewicht. In den weiteren zwei Jahren verzeichnet er wiederum einen markanten Rückgang. In der Praxis bedeutet dies, dass die gesamte Fettmenge (in kg) bei einem Durchschnittsgewicht des Untersuchungsgutes von 45 kg bei den Dreizehn-

ABB. 3. Die prozentualen Zuwächse der Mittelwerte der einzelnen gemessenen Kriterien in der Periode zwischen dem 12.—14. und dem 14.—18. Lebensjahr.



jährigen nahezu die gleiche ist wie bei den Achtzehnjährigen bei einem Körpergewicht von 70 kg (6,74, bzw. 7,15 kg).

Wenn wir die Änderungen der einzelnen Kriterien für die ganze siebenjährige Periode (Abb. 3) werten, verzeichnet die Körpergröße einen Zuwachs um 19 %, das Körpergewicht um 74 %, die fettfreie Körpermasse um 86 % und die Fettmenge um nur 8 %, im Hinblick auf die bei den Zwölfjährigen gemessenen Ausgangswerte.

2. Lineare Herzdiameter und die Herzfläche

Bisherige Ermittlungen:

Die linearen Herzdiameter und die Herzfläche wurden zur Wertung der Herzgröße in der Zeit verwendet, bevor die Gleichungen zur Errechnung des Herzvolumens abgeleitet und die Vorzüge der Herzvolumetrie (Dietlen 1907, Hammer 1952, Moritz 1928) begründet wurden, aber auch nach dieser Zeit (Bárdoš et al. 1957, Filip 1926, Hilbisch 1923, Král 1939).

Hilbisch vermutet aufgrund der durch Untersuchung einer zahlenmässig ziemlich starken Gruppe ($n = 500$) gesunder Normalpersonen gewonnenen Erfahrungen, dass die unidimensionale Ermittlung

der Herzgröße fast so verlässlich ist, wie ihre Beurteilung nach der Herzfläche.

Wir selbst fanden schon früher eine sehr enge Abhängigkeit vom Längsdurchmesser, bzw. Breitendurchmesser und dem nach der modifizierten R o h r e r—K a h l s t o r f Formel errechneten Herzvolumen.

Jetzige Ermittlungen:

Der Längsdurchmesser vergrößert sich vom 12. bis zum 17. Lebensjahr (Tab. 3, 4). Mit Ausnahme der Periode zwischen dem 15.—16. Jahr, wo sich der Längsdurchmesser nur geringfügig vergrößert, betragen seine Jahreszuwächse 4—6 % des Ausgangswertes. Ebenso wie beim Längsdurchmesser können wir auch bei dem Breitendurchmesser sein Wachstum bis zu dem 17. Lebensjahr verfolgen. Die Jahreszuwächse betragen 2—4 %, ausgenommen der grosse Zuwachs zwischen dem 13.—14. Lebensjahr (plus 10 %).

Im Unterschied von den ersten zwei Jahren vergrößert sich der grösste Tiefendurchmesser in der Sagittalprojektion ($t_{max 90^\circ}$) im wesentlichen nur bis zu dem fünfzehnten Jahr, und dies mehr oder weniger parallel mit der Vergrößerung der Brustkorbtiefe.

TAB. 3.

Alter/Jahre	12	13	14	15	16	17	18
	\bar{x} (n = 40)						
	s						
	e \bar{x}						
	V_x						
Lg cm	12,8 1,84 0,30 14,4	13,6 0,79 0,13 5,8	14,3 0,98 0,16 6,8	14,9 0,86 0,14 5,8	15,1 1,87 0,30 12,4	15,8 0,80 0,13 5,1	15,7 0,81 0,13 5,1
Lt cm	9,5 0,53 0,09 5,6	9,8 0,59 0,10 6,0	10,7 0,86 0,14 8,1	11,1 0,76 0,12 6,9	11,5 0,66 0,11 5,7	11,7 0,78 0,13 6,7	11,7 0,65 0,11 5,6
t max 90° cm	9,1 0,68 0,11 7,5	9,6 0,59 0,10 6,1	10,0 0,72 0,12 7,2	10,5 1,11 0,18 10,5	10,5 0,69 0,11 6,6	10,8 0,77 0,13 7,2	10,6 0,81 0,13 7,6
Tr cm	12,3 0,76 0,12 6,2	12,8 0,76 0,12 6,0	13,3 0,90 0,13 6,8	13,8 0,87 0,14 6,3	14,3 0,75 0,12 5,2	14,5 0,75 0,12 5,2	14,5 0,94 0,15 6,5
Neigungswinkel	35,4 4,18 0,68 11,8	3,66 * 3,37 0,55 9,2	37,3 4,57 0,74 12,3	38,7 3,81 0,62 9,8	38,8 3,81 0,62 9,8	38,6 3,90 0,63 10,1	39,0 3,84 0,62 9,9
A cm ²	88,2 8,75 1,42 9,9	94,1 10,32 1,67 11,0	108,7 14,73 2,39 13,5	119,5 19,36 3,14 16,2	124,6 11,28 1,83 9,1	130,8 13,93 2,26 10,7	130,6 12,99 2,11 10,0

In den sieben Jahren, in denen wir unser Untersuchungsgut beobachteten, vergrößerten sich übereinstimmend der Längsdurchmesser und der Breitendurchmesser um 23 %, der grösste Tiefendurchmesser in der Sagittalprojektion dann um 16 % (Abb. 3). Das grösste Wachstum dieser linearen Herzdiameter spielt sich zwischen dem zwölften und dem fünfzehnten Jahr ab und ist bei allen drei Diametern praktisch das gleiche, es beträgt 15—17 %.

Die Neigung der langen Herzachse ändert sich im Laufe der sieben Jahre unserer Beobachtung in Mittelwerten im wesentlichen nicht.

Der Transversaldurchmesser des Herzens (Tr), der in dem dreissiger Jahren dieses Jahrhunderts von einer Reihe Autoren als einziger Massstab der Herzgrösse verwendet wurde, wird heute für die Beurteilung der Änderungen der Herzgrösse praktisch nicht mehr angewandt. Von allen gemessenen linearen Diametern unterliegt er nämlich am leichtesten Änderungen. Seine Grösse kann durch die Herzrotation entlang der Längsachse, durch die Lage des Zwerchfells usw. beeinflusst werden. Im Hinblick auf die Längsachse des Herzens hat Tr keine konstante Beziehung und ist im Verhältnis zu ihr ein schräger Diameter (Mushoff 1965). So wie

die übrigen linearen Herzdiameter vergrößert sich auch Tr bis zum 17. Jahr. Seine Jahreszuwächse bewegen sich von 2—5 % des Ausgangswertes, sie sind vor allem von der Vergrößerung des Herzens in Richtung seiner Längsachse, teilweise auch von der Vergrößerung des Breitendurchmessers abhängig.

Die Herzfläche vergrößert sich ebenso wie der Längs-, Breiten- und Transversaldurchmesser bis zum 17. Lebensjahr. Ihr Zuwachs zwischen dem 12. bis 14. Jahr beträgt die Hälfte des Gesamtzuwachses zwischen dem 12.—18. Lebensjahr. Zusammenfassend lässt sich also sagen, dass sich das Herz zwischen dem 12.—15. Jahr in allen seinen Massen harmonisch vergrößert. Zwischen dem 15.—17. Jahr vergrößert sich indessen überwiegend die Herzfläche zugleich mit dem Wachstum des Brustkorbs in die Breite und Länge.

Am Beispiel eines von unseren Untersuchten können die Änderungen in der Herzkontur in der Sagittal- und Seiten-Herzaufnahme demonstriert werden (Abb. 4). Die Konturen sind nach den angefertigten Röntgenaufnahmen abgezeichnet. Die Änderungen des Brustkorbs in die Länge sind zum Teil durch die Änderungen der Höhe des Zwerchfells erfasst. Seine Lage war bei unserer Art der Röntgen-

untersuchung konstant (praktisch immer im gleichen Interkostalraum) da wir stets bei ruhiger Inspiration exponiert haben.

3. Das Herzvolumen

Bisherige Ermittlungen bei Kindern:

Bis zum Jahre 1950 wurden Untersuchungen des Herzvolumens von Kindern nur vereinzelt vorgenommen (Kjellberg et al. 1949, Lemhkuhl 1939). Die erste selbständige Arbeit widmete Lind (1950) diesem Problem. Er untersuchte Kinder bis zu zwei Jahren. 6–10jährige Knaben untersuchten Blümchen und Mitarb. (1966) und 10–19jährige Knaben Musshoff und Mitarb. (Musshoff et al. 1961). In ihrer Abhandlung bringen Musshoff und Reindell (1969) unpublizierte Ergebnisse Keuls und Mitarb. (1969) aus Untersuchungen von Kindern bis zu 6 Jahren. Wir selbst untersuchten ausser der longitudinalen Beobachtung unseres Untersuchungsgutes von Knaben (nicht publiziert) 10–16jährige Mädchen ($n = 154$) und 12–15jährige Schwimmerinnen ($n = 57$). Während einer Zeit von vier Jahren untersuchten wir auch eine Gruppe junger Schwimmer ((Čermák 1973, Čermák, Tůma 1968).

Jetzige Ermittlungen:

Im Laufe der siebenjährigen Beobachtung unseres Untersuchungsgutes ermittelten wir, dass sich das Herzvolumen bis zum 17. Lebensjahr vergrössert (Tab. 5, 6). Seine Änderungen zwischen dem 12.–15. Jahr sind praktisch die gleichen ohne Rücksicht auf die zahlenmässige Stärke des Untersuchungsgutes (Abb. 5). Zwischen dem 17.–18. Jahr finden wir in den Mittelwerten des ganzen Untersuchungsgutes keinen Zuwachs mehr.

In unseren früheren Mitteilungen (Čermák 1968, 1969, 1972) haben wir gezeigt, dass die Jahreszuwächse des Herzvolumens nicht gleich gross sind. Ohne Rücksicht auf die zahlenmässige Stärke des Untersuchungsgutes fanden wir den

grössten Zuwachs stets zwischen dem 13.–14. Lebensjahr. In diesem Jahr ist er praktisch doppelt so gross, als die Jahreszuwächse zwischen dem 15. bis 17. Lebensjahr. Wenn sich das Herzvolumen zwischen dem 12.–18. Lebensjahr um 69% des Ausgangswertes vergrössert, entfällt die Hälfte dieses Zuwachses (d. s. 33%) auf die Periode zwischen dem 12.–14. Lebensjahr (Abb. 3). Der prozentuale

TAB. 4. Lineare und flächige Hauptmaße des Herzens bei 12–15jährigen Knaben

Alter/Jahre	12	13	14	15
\bar{x} ($n = 91$) s $e\bar{x}$ $x_{i\min} - x_{i\max}$				
Lg cm	13,1 0,68 0,07 11,6–14,0	13,6 0,77 0,08 12,0–15,7	14,4 0,86 0,09 12,4–16,5	15,0 0,78 0,08 13,4–17,2
Lt cm	9,6 0,59 0,06 8,2–11,2	9,8 0,65 0,07 8,2–11,7	10,7 0,75 0,08 8,9–12,8	11,2 0,79 0,08 9,3–13,6
$t_{\max} 90^\circ$ cm	9,0 0,86 0,09 7,0–11,0	9,6 0,70 0,07 8,3–11,8	10,1 0,74 0,08 8,3–12,6	10,4 0,76 0,08 8,6–12,6
Tr cm	12,3 0,74 0,07 10,8–14,2	12,8 0,77 0,08 11,1–15,0	13,4 0,96 0,10 11,0–16,4	14,0 0,93 0,10 12,1–16,3
Neigungswinkel	35,4 4,27 0,45 23–45	36,2 3,60 0,38 26–44	37,0 4,27 0,45 29–45	38,5 4,20 0,44 27–47
A cm ²	89,0 8,26 0,87 74–113	95,0 9,78 1,03 74–128	109,4 13,29 1,39 85–137	118,8 13,45 1,42 90–166

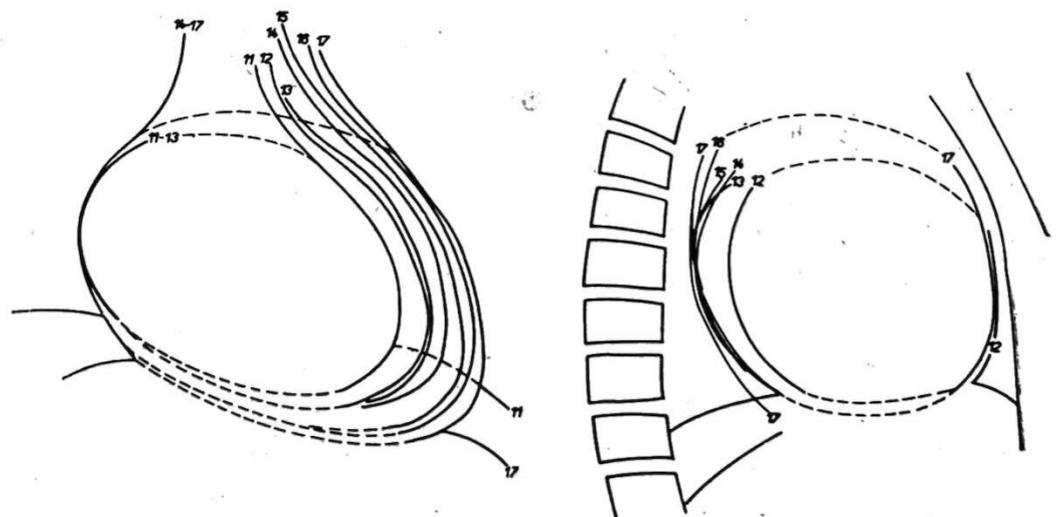


ABB. 4. Die Änderungen in der Herzkontur in der Sagittal- und Seitenprojektion bei einem der untersuchten Knaben (M. V.) im Laufe des Wachstums und des Jugendalters.

Alter/Jahre	12	13	14	15	16	17	18
\bar{x} (n = 40)							
s							
e \bar{x}							
V_x							
Herzvolumen	465,0 68,5 14,7	524,8 75,1 14,3	618,4 114,0 18,5 18,4	692,8 111,9 18,2 16,2	743,1 94,9 15,4 12,8	793,1 108,8 17,7 13,7	784,7 106,3 17,3 13,6
Herzvcolumen Größe	3,0 0,36 0,06 12,0	3,4 0,40 0,06 11,8	3,8 0,54 0,09 14,4	4,1 0,53 0,09 13,1	4,4 0,93 0,15 21,2	4,5 0,57 0,09 12,7	4,4 0,60 0,09 12,1
Herzvcolumen Gewicht	11,3 1,25 0,20 11,1	11,5 1,06 0,17 9,0	12,1 1,24 0,20 10,2	12,0 1,46 0,24 12,1	11,6 1,35 0,22 11,7	11,9 1,23 0,20 10,3	11,2 1,18 0,19 10,6
Herzvcolumen ATH	13,5 1,54 0,25 11,4	13,8 1,21 0,20 8,8	13,9 1,48 0,24 10,6	13,8 1,35 0,22 9,7	13,5 1,23 0,20 9,1	13,3 1,50 0,24 11,3	12,4 1,14 0,18 9,2
Herzvcolumen Fett	86,8 49,00 7,95 56,4	98,2 51,24 8,31 52,2	139,9 106,74 17,32 76,3	164,6 31,04 5,04 18,9	110,3 71,31 11,57 64,6	117,6 46,55 7,55 39,6	163,3 107,27 17,40 65,7

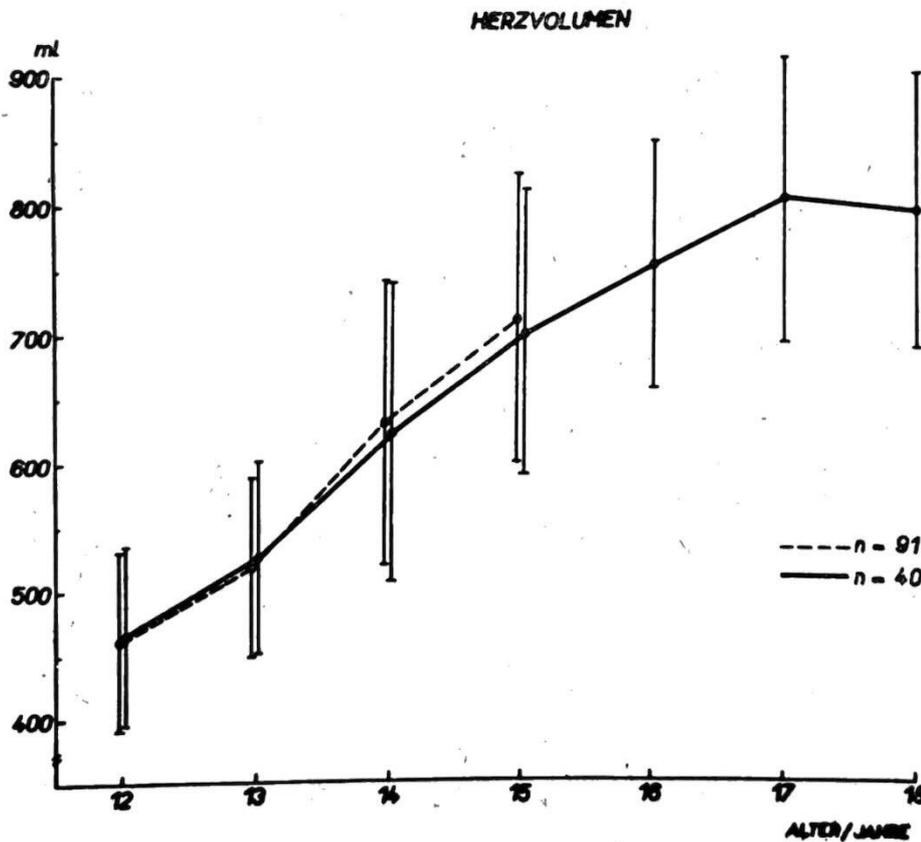
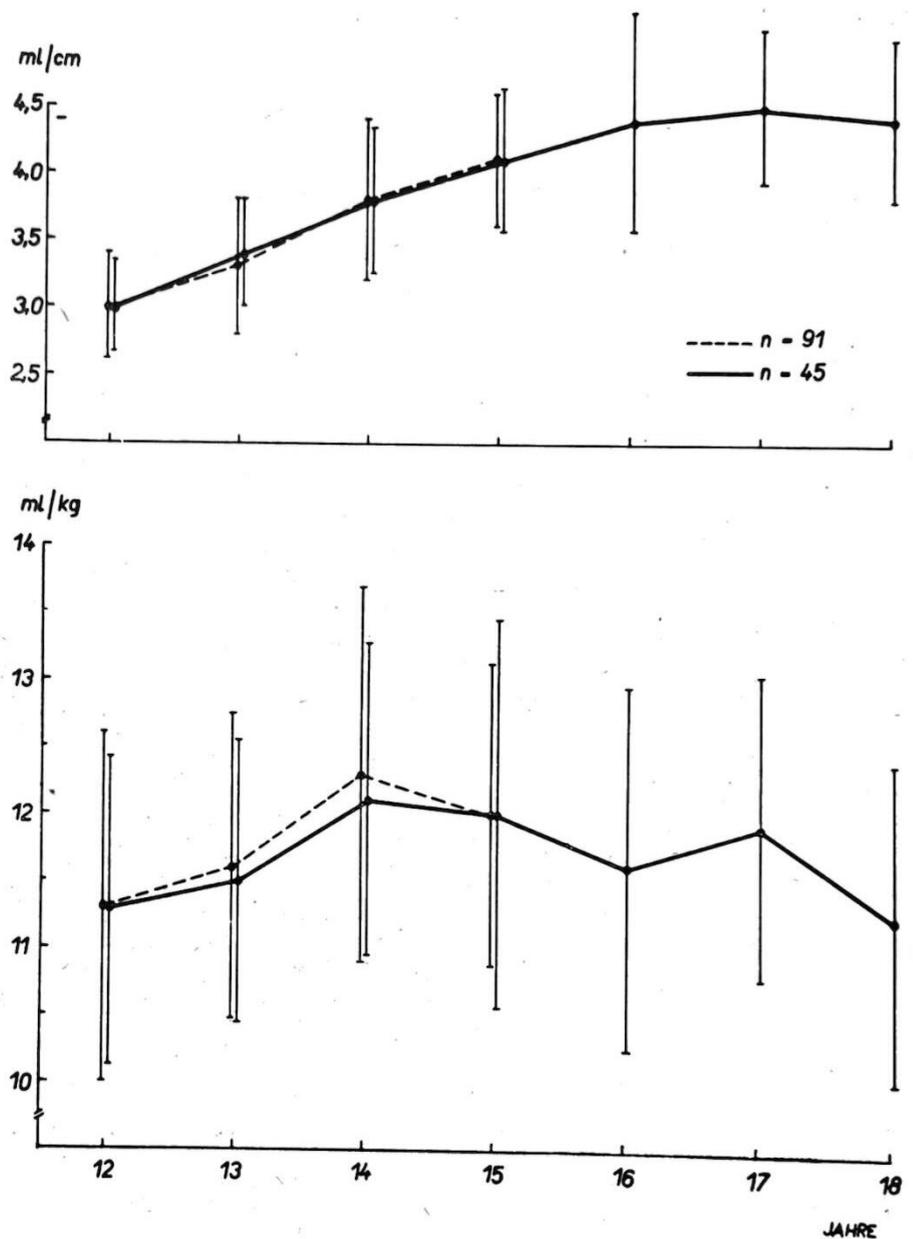


ABB. 5. Die Absolute Werte des Herzvolumens des Untersuchungs-gutes zwischen den 12. bis 18. Lebensjahr.

ABB. 6. Die relativen Werte des Herzvolumens umgerechnet auf cm der Körpergröße (oben) und auf kg des Körpergewichtes (unten) bei 12–18jährigen Knaben. Bei der ungleichen Anzahl der Knaben im Untersuchungsgut ändern sich die Mittelwerte in den einzelnen Jahren zwischen dem 12. bis zum 15. Lebensjahr nicht wesentlich.



Gesamtwuchs des Herzvolumens in den sieben Beobachtungsjahren stimmt am meisten mit der Gewichtszunahme (69 % bzw. 74 %) überein. Zwischen dem 12.–15. Lebensjahr weisen jedoch die prozentualen Jahreszuwächse die beste Übereinstimmung mit den Zuwächsen der aktiven Körpermasse auf (Čermák, Pařízková 1975).

Wir nehmen an, dass unser Untersuchungsgut von Knaben zwischen dem 12. bis 15. Lebensjahr zahlenmässig genügend stark war, so dass die gewonnenen Mittelwerte als Normen für unsere gleichalte männliche Population betrachtet werden können. Die markante Übereinstimmung in den Grundkriterien der somatischen Entwicklung und der Körperzusammensetzung zwischen dem 12. bis 15. Lebensjahr unserer Knaben und ebenso auch die Übereinstimmung in den Werten des Herzvolumens bieten die Voraussetzung dafür, dass die bei einem Untersuchungsgut ($n = 40$) zwischen dem 15.–18. Lebensjahr gewonnenen Mittelwerte gleich verlässlich sein werden. Um zu prüfen, ob die zahlenmässige Stärke unseres Untersuchungsgutes

unter diesem Gesichtspunkt ausreichend war, testierten wir die erlangten Ergebnisse bei beiden Untersuchungsgruppen in allen Jahren unserer Beobachtung. Hierzu verwendeten wir die von Reissenauer (39) empfohlene Methode und die Gleichung

$$\Delta = u_p \frac{s}{\sqrt{n-1}}$$

aus der dann die Gleichung abgeleitet wird

$$n = u_p^2 \frac{\hat{s}^2}{\Delta^2}$$

wobei Δ die erwünschte Präzision des gemessenen Mittelwertes, \hat{s} die Schätzung der massgeblichen Abweichung vom Grunduntersuchungsgut und u_p das Niveau der statistischen Signifikanz bedeutet, auf dem wir testen.

Für unseren Bedarf wählten wir das Testen auf dem Niveau von 95 % Verlässlichkeit, die im Hinblick auf die bedeutende Variabilität der biologischen Werte ausreichend ist. Bei Festsetzung der

Messpräzision gingen wir von den bekannten Angaben über den Fehler der angewandten Methodik der Bestimmung des Herzvolumens aus, der mit 3 bis 5 % (Musshoff, Reindel 1965, 1969) angegeben wird. Für das Testen rechneten wir mit einem Fehler von 5 %.

Bei dieser Art des Testens stellten wir fest, dass die untersuchte Auswahl in allen Beobachtungsjahren genügend gross ist, ebenso die Präzision der gewonnenen Mittelwerte, um sie als Normen für die gesunde männliche Population in dieser Altersgrenze ansehen zu können. Diesen Schluss haben wir noch mit einer weiteren Methode überprüft. Die zahlenmässige Verarbeitung aller in den letzten drei Jahren unserer Beobachtung gewonnenen Angaben zeigte, dass die bei dem vierzigköpfigen Untersuchungsgut festgestellten Mittelwerte mit denen übereinstimmen, die wir auch an einem zahlenmässigen stärkeren Untersuchungsgut ermittelt haben.

Bei 16jährigen Knaben beträgt das Herzvolumen bei $n = 51$ $741,2 \pm 94,91$ ml, bei 17jährigen $799,7 \pm 114,72$ ml ($n = 53$) und bei 18jährigen $796,4 \pm 127,37$ ml ($n = 42$).

Genauere Angaben in dieser Hinsicht bringen wir in unserer nächsten Arbeit.

4. Die relativen Werte des Herzvolumens

Das auf die Körpergrösse bezogene Herzvolumen (HV/cm) erhöht sich analog wie seine absoluten Werte bis zum 17. Lebensjahr ohne Rücksicht auf die zahlenmässige Stärke des Untersuchungsgu-

tes. Zwischen dem 12.—16. Lebensjahr betragen seine Jahreszuwächse 10—14 % des Ausgangswertes. Das auf kg des Körpergewichtes bezogene Herzvolumen (Kahlstorf's „Herzquotient“) erhöht sich zwischen dem 12.—14. Lebensjahr und vom 15. Jahr verzeichnet es, mit Ausnahme der Zeitspanne zwischen dem 16.—17. Jahr abermals einen rückläufigen Trend. Sein Wert im 18. Lebensjahr stimmt praktisch mit dem beim gleichen Untersuchungsgut im 12. Lebensjahr ermittelten Wert überein (Abb. 6).

Wie wir bereits zeigten, sind diese Veränderungen durch die Disproportion zwischen den Jahreszuwächsen des Körpergewichtes und des Herzvolumens bedingt (Abb. 7). Diese Disproportionen und damit auch die Änderungen des erwähnten Quotienten sind um so grösser, je grösser die Belastung ist, der das Kreislaufsystem in der Pubertät ausgesetzt ist (Čermák 1969, 1973).

5. Die Wechselbeziehungen zwischen den linearen Herzdiametern und ihre Beziehung zur Herzfläche und zum Herzvolumen

Die erwiesenen engen Beziehungen zwischen dem Längsdurchmesser und dem Breitendurchmesser (Tab. 7) weisen auf die harmonische Vergrösserung der Herzfläche im Laufe der ganzen Beobachtungsdauer hin, das heisst bis zur Beendigung des Wachstums.

Die Beziehungen dieser beiden Diameter zum Transversaldurchmesser des Herzens sind mit Ausnahme des vierzehnten Lebensjahres ziemlich eng.

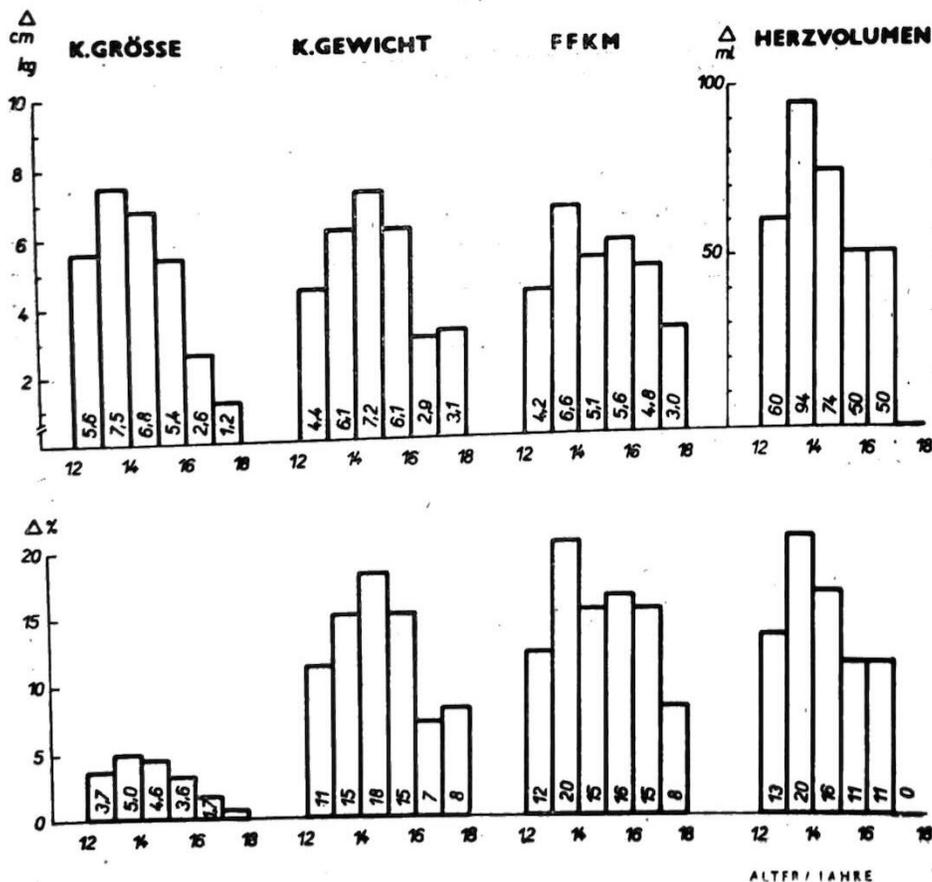


ABB. 7. Aus den Jahreszuwächsen der einzelnen gemessenen Werte ist die ungleiche Dynamik ihrer Änderungen im Laufe des Wachstums und des Jugendalters ersichtlich.

Alter/Jahre	12	13	14	15
	\bar{x} ($n = 91$) s x $x_{\text{imin}} - x_{\text{imax}}$			
Herzvolumen ml	458,6 68,4 7,2 321—641	518,1 71,8 7,5 409—701	627,1 111,7 11,7 428—889	703,9 110,3 11,6 461—1 043
Herzvolumen Größe	3,0 0,40 0,05 2,2—4,0	3,3 0,48 0,05 2,5—4,2	3,8 0,58 0,07 2,7—5,1	4,1 0,49 0,06 2,9—5,7
Herzvolumen Gewicht	11,3 1,33 0,24 8,7—14,2	11,6 1,16 0,12 8,7—14,0	12,3 1,37 0,20 9,9—15,9	12,0 1,14 0,15 9,3—15,7
Herzvolumen ATH	13,4 1,48 0,16 9,5—17,1	13,6 1,25 0,13 10,3—16,9	14,0 1,54 0,16 10,7—19,1	13,9 1,34 0,14 11,5—18,2
Herzvolumen Fett	88,2 47,94 5,03 26,1—274,2	100,3 57,70 6,05 34,1—245,9	127,3 88,89 9,33 42,8—524,7	104,4 47,79 5,01 25,4—264,6

Die Beziehung zwischen dem grössten Tiefendurchmesser des Herzens und dem Längsdurchmesser ist hingegen nur episodisch und auch wenig eng, ebenso wie die Beziehung zwischen t_{max} und dem Breitendurchmesser des Herzens.

Die Beziehung dieser beiden Diameter (Lg, Lt) zu t_{max} bestimmt auch die Beziehung zwischen t_{max} und der Herzfläche, die wir auf einem niedrigen Grad der Enge nur bei den 13 und 14jährigen Knaben nachgewiesen haben.

Wenn wir die Beziehung zwischen den einzelnen linearen Herzdiametern und dem Herzvolumen beurteilen, sehen wir, dass der Längs- und Breitendurchmesser einen hohen Grad der Enge aufweist. Das bedeutet, dass es möglich ist, aus diesen beiden Diametern in der beobachteten Altersperiode mit einem bestimmten Verlässlichkeitsgrad auf die Grösse des Herzvolumens zu schliessen.

6. Die Beziehung des Herzvolumens zum Lebensalter

Bisherige Ermittlungen:

Bei Säuglingen und Babys ($n = 202$), von denen etwa ein Viertel nicht voll ausgetragen waren, ermittelte Lind (1950) die Abhängigkeit des Herzvolumens vom Lebensalter ($r = 0,883 \pm 0,015$). An einem grösseren Untersuchungsgut ($n = 293$) von Kindern bis zu zwei Jahren zeigte er, dass sich das Herzvolumen vom 1. bis zum 17. Monat vergrös-

sert. Die mit gemessenen Werten durchbrochene Kurve verläuft leicht asymptotisch. Keul und Mitarb. (1969) ermittelten für die gleiche Abhängigkeit bei ein- bis sechsjährigen Knaben $r = 0,816$ ($n = 58$) und bei gleichalten Mädchen ($n = 49$) $r = 0,809$. Bei 10—19jährigen Knaben ($n = 225$) fanden Musshoff und Mitarb. (1961) die annähernd lineare Beziehung zwischen der Herzgrösse und dem Lebensalter ($r = 0,809 \pm 0,023$). In allen diesen Fällen handelte es sich um Querschnittuntersuchungen, d. h. um verschiedene Auswahlen von Personen in einzelnen Altersjährgängen.

Jetzige Ermittlungen:

Unser im Längsschnitt beobachtetes Untersuchungsgut von Knaben war, wie die kleinen Variationskoeffizienten (Tabb. 1) zeigen, die sich in den einzelnen Jahren zwischen 2,0—2,9 % bewegen, altermässig homogen. Wir erachteten es nicht für erforderlich, die Beziehung zwischen dem Herzvolumen und dem Kalenderalter durch einen Korrelationskoeffizienten auszudrücken. In den einzelnen Beobachtungsjahren ist diese Beziehung nicht nachweisbar und aus den Ergebnissen der ganzen Untersuchung genügend ersichtlich. Darüber hinaus vermuten wir, dass wie aus unseren Befunden und aus denen unserer weiteren Mitarbeiter, die an der langfristigen Beobachtung des gleichen Untersuchungsgutes teilnahmen (Pařízková, Šprynarová 1976), hervorgeht, dass die Zeitspanne zwischen dem 10.

bis 18. Lebensjahr auf einige qualitativ unterschiedliche Perioden aufgeteilt werden kann. Zu erschen ist dies aus der Qualität und der Schnelligkeit der Änderungen, die bei den morphologischen und funktionellen Parametern beobachtet werden können. Von diesem Gesichtspunkt aus wäre es notwendig, diese Zeitspanne in kürzere Zeitabschnitte zu teilen, und zwar bis zum Eintreten der Pubertät, die Dauer ihres Verlaufs und von ihrem Abschluss bis zur Beendigung der somatischen Entwicklung. Aus diesem Grunde halten wir es nicht für angemessen, in diesem ganzen Zeitraum die Beziehungen zwischen dem Kalenderalter und dem Herzvolumen mit Hilfe einer Korrelationsanalyse zu ermitteln. Es interessierte uns aber, wie regelmässig sich die Werte des Herzvolumens bei den Individuen im Laufe ihrer Entwicklung und in ihrer Jugendalterperiode erhöhen. Da wir dieser Frage eine selbständige Mitteilung widmen wollen, prüften wir für die Zwecke dieser Arbeit nur orientierungshalber die Beziehungen zwischen den gemessenen Werten bei Individuen in zweijährigen Zeitabständen, d. h. zwischen dem 12. bis 14., dem 14. bis 16. und dem 16. bis 18. Lebensjahr. In allen diesen Perioden fanden wir bei dem ganzen Untersuchungsgut eine enge Beziehung zwischen den Individualwerten ($r = 0,8083, 0,8176, 0,8476, p < 0,001$), die Zeugnis ablegt von der guten Stabilität dieser Werte im Laufe der untersuchten

Altersperiode. Man kann demnach sagen, dass sich die Entwicklung des Herzvolumens bei Einzelwesen in ihrem Trend nicht wesentlich von den Änderungen der Mittelwerte des ganzen Untersuchungsgutes unterscheidet. Wenn wir die Kurve mit diesen Mittelwerten durchbrechen (Abb. 8) zeigt sich, dass die Beziehung zwischen dem Kalenderalter und dem Herzvolumen bis zum 15. Lebensjahr im grossen und ganzen linear ist. Zwischen dem 15. bis 17. Jahr verläuft die Kurve asymptotisch. Die mit den von M u s s h o f f und Mitarb. (1961) genannten Mittelwerten durchbrochene Kurve jeweils für zwei Alterjahrgänge, ist flacher. Die Querschnittuntersuchung verschiedener Auswahlen, namentlich in der Periode so grosser Änderungen, die für die Zeit der Pubertät und der Jugendalterperiode charakteristisch sind, ist jedoch mit einem grösseren Fehler belastet als die langfristige Untersuchung einer Auswahl.

Im 17. Lebensjahr erreichten unsere Versuchspersonen bereits Werte, die sich nicht wesentlich unterscheiden von jenen ($722 \pm 90,6$ ml), die wir selbst (15) bei untrainierten erwachsenen Männern ($22,6 \pm 1,42$ Jahre, $n = 16$) gefunden haben. Sie stimmen auch mit den Angaben über die Grösse des Herzvolumens bei Männern zwischen 20. bis 60. Lebensjahr überein, wie sie K ö n i g und Mitarb. (1961) angeben. Wir können deshalb abschliessend sagen, dass sich das Herzvolumen bei der gesun-

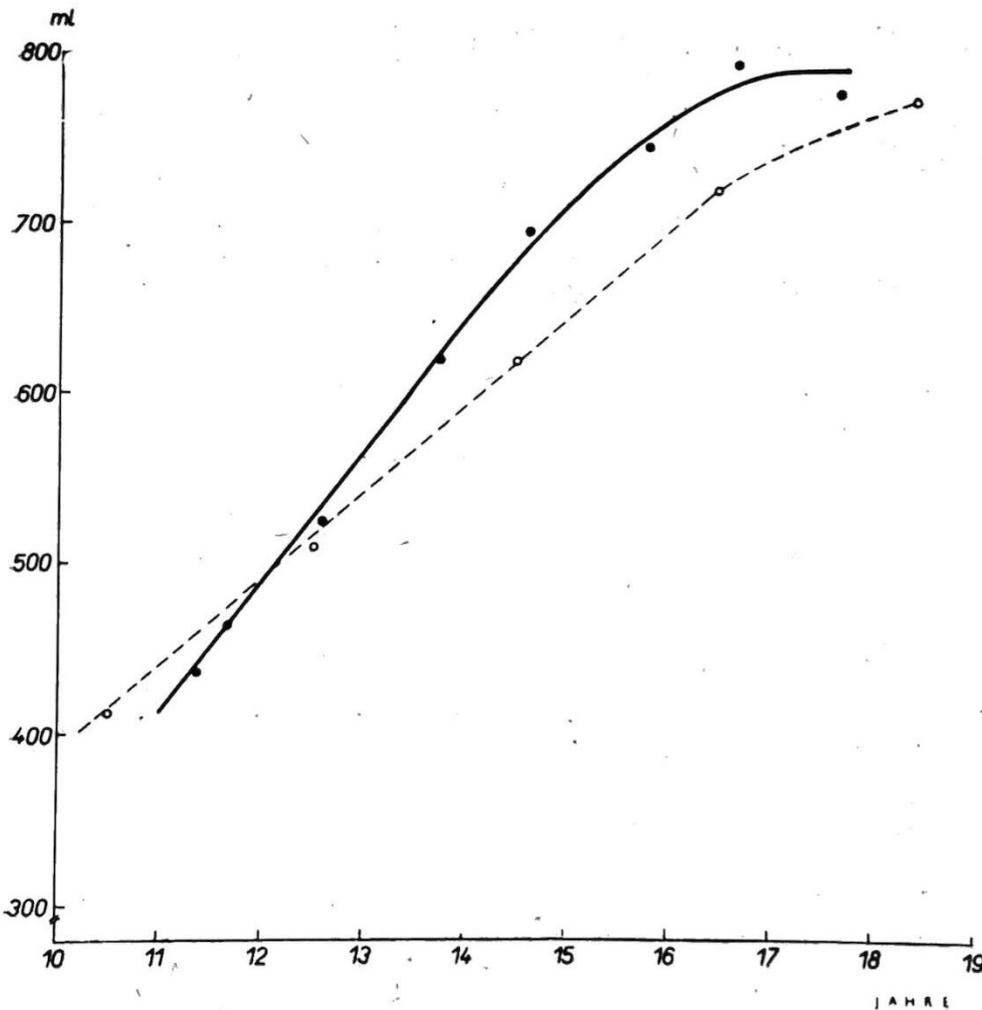


ABB. 8. Die Beziehung der absoluten Werte des Herzvolumens zum Alter. Die volle Linie = die Ergebnisse unserer Längsschnittuntersuchung des gleichen Untersuchungsgutes von Knaben. Die unterbrochene Linie = die Ergebnisse der Querschnittuntersuchung 10-19jähriger Knaben (Musshoff und Mitarb. 1961), wobei die Mittelwerte jeweils für zwei benachbarte Altersjahrgänge angegeben sind.

TAB. 7.

Beziehungen zwischen den linearen Herzdiametern und Abhängigkeit der Herzfläche und des Herzvolumens von ihnen bei 12—18jährigen Knaben

Alter/Jahre	12	13	14	15	16	17	18
Lg : Lt	,0057	,6783***	,7076***	,8077***	,2382	,5739***	,6939***
Lg : t _{max}	—,0404	,4104*	,3857*	,0633	,3371*	,2000	,1060
Lg : Tr	,4075*	,8193***	,0082	,7847***	,4247**	,7583***	,5831***
Lg : A	,3405*	,9159***	,9136***	,4997**	,4026*	,8546***	,9125***
Lg : HV-	,4152*	,8681***	,8610***	,8109***	,4749**	,7166***	,7359***
Lt : t _{max}	,2982	,3295*	,3314*	,2132	,2004	,2056	,1887
Lt : Tr	,4204**	,6540***	,1241	,6195***	,3701*	,3563*	,3536*
Lt : A	,8646***	,9144***	,9145***	,5560***	,8736***	,9148***	,9267***
Lt : HV-	,3868	,8188***	,8394***	,8605***	,7787***	,7944***	,7862***
t _{max} : Tr	,3052	,5977***	,2405	,1699	,3345*	,2789	,1855
t _{max} : A	,2657	,4042*	,3899*	—,0716	,1946	,2311	,1644
t _{max} : HV-	,4132*	,7097***	,6947***	,4807**	,6675***	,6006***	,6837***
Tr : A	,7167***	,8035***	,0721	,3747*	,5285***	,6066***	,5116**
Tr : HV-	,2624	,8545***	,1447	,6626***	,5954***	,5589***	,4802**

den männlichen Population durch den Einfluss der natürlichen Entwicklung bis zum 17. Lebensjahr vergrössert und sich dann nicht mehr ändert.

7. Die Beziehung zwischen den somatometrischen Kriterien und der Körperzusammensetzung einerseits und den linearen Herzdiametern, der Herzfläche und dem Herzvolumen andererseits

Bisherige Ermittlungen:

Die äusserst grosse Spanne der Werte des Herzvolumens, die häufig bei sehr nichthomogenen Untersuchungsgruppen gemessen wurden, führte eine Reihe Autoren dazu, dass sie Abhängigkeiten des Herzvolumens von einzelnen somatischen Kriterien feststellten (Björck 1944, Kahlstorf 1923, Ludwig 1939). Diese Beziehungen wurden am häufigsten zum Körpergewicht und zur Körperoberfläche, weniger oft zur Körpergrösse festgestellt. Die Mehrheit dieser Befunde wurde bereits von anderen Autoren zusammengefasst, und zwar sowohl aus Erwachsenenuntersuchungen (Musshoff 1965, Musshoff, Reindell 1969) als auch bei Kindern (Lind 1950, Musshoff, Reindell 1969).

Aufgrund seiner reichen Erfahrungen schliesst Hammer (1928), dass die Form des Herzens von der Form des Brustkorbs beeinflusst wird. Bei Personen mit breitem, flachem Brustkorb fand er Herzen mit grosser Fläche, hingegen bei Personen mit engem und tiefem Brustkorb Herzen mit grossem Tiefendurchmesser.

Der Gedanke, dass die Herzgrösse unmittelbar beeinflusst wird von der Menge der aktiven Körpergewebe ist nicht neu. Angenommen haben dies schon im Jahre 1922 Smith und Bloedorn; sie hielten die Körperoberfläche für den Massstab dieser Menge, da spezifische Methoden zur präzisen Bestimmung der Körperzusammensetzung da-

mals noch nicht bekannt waren. Auch Kahlstorf formuliert im Jahre 1933 seine Ansicht, dass die Menge aktiver Gewebe enger mit dem Herzvolumen korrelieren müsse als das Körpergewicht, wie folgt: „Zweifelloos würde sich eine noch konstantere Beziehung zum Muskelgewicht ableiten lassen, wenn die Möglichkeit gegeben wäre, dies mit annähernder Genauigkeit schätzen zu können.“ Wir selbst haben zum ersten Mal die Beziehungen zwischen dem Herzvolumen und der Menge der fettfreien Körpermasse sowie des Fettes bei 13-jährigen obesen ($n = 30$) und proportional entwickelten ($n = 29$) gesunden und nicht trainierenden Knaben (Čermák 1965) geprüft. Das gleiche auch bei Untersuchungsgruppen schwerarbeitender ($n = 40$) erwachsenen Männer (Čermák, Bosák 1970). Bei diesen Untersuchungsgruppen fanden wir hochsignifikante Beziehungen sowohl zur Menge der fettfreien Masse als auch zur Fettmenge.

Jetzige Ermittlungen:

Wir konstatierten, dass von den linearen Diametern mit dem Wachstum der Körpergrösse der Breitendurchmesser des Herzens am engsten korreliert, und zwar zwischen dem 12.—17. Lebensjahr (Tab. 8), demnach während der ganzen Zeit des Wachstums des Herzvolumens. Der Wert des Korrelationskoeffizienten liegt in dieser Zeit bei 0,463—0,767. Hingegen korrelieren das Körpergewicht und die Menge der fettfreien Masse bis auf Ausnahmen, mit allen linearen Herzdiametern während der ganzen Dauer unserer Untersuchung. Bei signifikanten Beziehungen bewegt sich der Wert r in Abhängigkeit vom Körpergewicht zwischen 0,333—0,813 und in Abhängigkeit von der fettfreien Masse zwischen 0,326 bis 0,814. Der grösste Tiefendurchmesser (t_{max}) weist von den in Betracht kommenden somatischen Kriterien die engste und dauernde Abhängigkeit von der Tiefe des Brust-

TAB. 8.

Beziehungen zwischen der Körpergröße (1), dem Körpergewicht (2), der fettfreien Körpermasse (3) und Brustkorbtiefe (4) auf der einen, und den Herzdimensionen auf der anderen Seite bei 12—18jährigen Knaben

Alter/Jahre	12	13	14	15	16	17	18
(1) Lg	,1704	,5840***	,7371***	,6449***	,2195	,3241	,3492*
Lt	,5585***	,5025**	,7411***	,7667***	,5135**	,4628**	,3121
t _{max}	,1448	,4492**	,3303*	,2616	,3473*	,2520	,2225
Tr	,3653*	,4675**	,1633	,4142*	,1545	,1067	—,0111
(2) Lg	,2206	,6569***	,7570***	,6730***	,3325*	,4855**	,3085
Lt	,3036	,5963***	,6565***	,6229***	,3366*	,4557**	,3231
t _{max}	,4626**	,5810***	,5619***	,3089	,4122*	,4637**	,5296***
Tr	,6691***	,8130***	,1061	,7229***	,5529***	,5732***	,5455***
(3) Lg	,3257*	,7630***	,8419***	,7668***	,4510**	,5460***	,6122***
Lt	,4094*	,5636***	,6982***	,7297***	,4812**	,3718*	,5570***
t _{max}	,3268*	,5511***	,4693**	,2344	,4233**	,2966	,4762**
Tr	,7383***	,8142***	,1267	,7446***	,5685***	,4549**	,4947**
(4) Lg	—,0967	,2022	,3051	,3404*	,0590	,2727	,1196
Lt	—,0954	,1128	,2251	,3797*	,0836	,2387	,0808
t _{max}	,4585**	,5511***	,7213***	,5396***	,6977***	,6108***	,2910
Tr	,0593	,3434*	,3473*	,3151	,1230	,3225	,4096*
	—,0359	,1715	,2939	—,0525	,0358	,2974	,1115
	,0084	,3425*	,5074**	,6195***	,3851*	,5058**	,2466

korbs auf ($r = 0,297-0,721$). Da die Tiefe des Brustkorbs während der ganzen Dauer unserer Untersuchung mit dem Körpergewicht erheblich korreliert (16), weist auch t_{max} in den einzelnen Untersuchungsjahren eine ziemlich enge Abhängigkeit vom Körpergewicht auf.

Die Herzfläche und das Herzvolumen verzeichnen, analog wie die lineare Herzmasse eine durchlaufend engere Abhängigkeit von der Menge der fettfreien Körpermasse ($r = 0,379-0,830$, bzw. $0,490-0,842$), als von der Körpergröße und vom Körpergewicht (Tab. 9). Im Unterschied von unseren Befunden bei obesen Knaben (Čermák 1965) oder schwerarbeitenden Männern mit verschiedenem Grad Übergewicht (Čermák, Bosák 1970) haben wir bei diesem Untersuchungsgut im Laufe der ganzen Beobachtungsdauer keine Abhängigkeit des Herzvolumens von der absoluten oder relativen Fettmenge im Körper nachgewiesen. Diese Beziehung hat im Gegenteil reziproken Charakter.

Wenn wir versuchen, aus den beobachteten Beziehungen Schlüsse zu verallgemeinern, können wir sagen, dass wir die grösste Anzahl signifikanter Abhängigkeiten und auch mit dem höchsten Grad der Enge zwischen dem 13.—14. Lebensjahr unseres Untersuchungsgutes finden, das heisst in der Periode der grössten Entwicklungsänderungen, die wir bei unserem Untersuchungsgut sehen könnten. Man kann demnach sagen, dass sich auch in der Periode des pubertalen Wachstumsspurts bei einem gesunden Kind die beobachteten Beziehungen harmonisch entwickeln.

Die erwähnten Abhängigkeiten, die wir bei einem 40 köpfigen Untersuchungsgut testeten, haben praktisch in allen Fällen den gleichen Charakter auch bei einem zahlenmässig stärkeren Untersu-

chungsgut ($n = 91$), das wir bis zum 15. Lebensjahr unserer Knaben beobachteten.

SCHLUSSFOLGERUNGEN

1. In der somatischen Entwicklung weicht unser Untersuchungsgut im Mittel nicht ab von den Normen für die tschechoslowakische männliche Population der gegebenen Altersperiode. Bei zahlenmässig unterschiedlichen Knabengruppen ($n = 91$, resp. 40) stimmen die Mittelwerte der Körpergröße und des Körpergewichtes zwischen dem 12.—15. Lebensjahr absolut überein.

2. Die Jahreszuwächse der Körpergröße nehmen bis zu dem 14. und die des Körpergewichtes bis zu dem 15. Lebensjahr zu. In darauffolgenden Jahren nehmen die Jahreszuwächse wieder ab.

3. Das Wachstum der linearen Herzdiameter und der Herzfläche ist im 17. Lebensjahr abgeschlossen.

4. Zwischen dem 12.—15. Lebensjahr haben alle drei Grunddiameter des Herzens (der Längs-, Breiten- und Tiefendurchmesser) einen praktisch gleichen Anteil am Wachstum des Herzvolumens. Zwischen dem 15.—17. Lebensjahr vergrössert sich dann das Herz überwiegend nur in der Herzfläche, parallel mit dem Wachstum des Brustkorbs in die Breite und Länge.

5. Das Herzvolumen vergrössert sich bis zum 17. Lebensjahr. In diesem Jahr erreicht es die für erwachsene Männer zwischen dem 20.—60. Jahr angegebenen Werte.

6. Seine Jahreszuwächse sind nicht gleich. Die grössten verzeichneten wir zwischen dem 12.—14. Lebensjahr. Während der Gesamtzuwachs in sieben Jahren 69% beträgt, vergrössert sich das Herzvo-

TAB. 9.

Beziehungen zwischen den Kriterien der somatischen Entwicklung auf der einen und der Herzfläche (A), bzw. dem Herzvolumen (HV) auf der andern Seite bei 12—18jährigen Knaben

	12	13	14	15	16	17	18
Höhe: A	,6224***	,5995***	,8248***	,4823**	,5266***	,4544**	,3490*
Gewicht: A	,5138**	,6823***	,7475***	,3194	,4063**	,5384***	,3593*
FFKM/kg: A	,6701***	,7268***	,8299***	,3788*	,5979***	,5061**	,6406***
Fett/kg: A	—,0989	,0942	—,1386	—,0488	—,2568	—,1415	—,2202
Fett/%: A	—,1997	—,1256	—,2727	—,1697	—,2929	—,2655	—,2718
Höhe: HV	,5436***	,6750***	,7685***	,7478***	,5152**	,3870*	,3698*
Gewicht: HV	,4862**	,7760***	,8144***	,7400***	,4959**	,5527***	,5743***
FFKM/kg: HV	,5971***	,7925***	,8416***	,7934***	,6504***	,4902**	,7464***
Fett/kg: HV	—,2111	,1763	—,0203	—,0181	—,1904	—,0745	—,0446
Fett/%: HV	—,2624	—,0644	—,1737	—,3631	—,2677	—,1626	—,1238

lumen zwischen dem 12.—14. Jahr um 33% des Ausgangswertes.

7. Statistische Prüfung der Präzision der gewonnenen Mittelwerte des Herzvolumens im Hinblick auf die zahlenmässige Stärke unseres Untersuchungsgutes hat gezeigt, dass die untersuchte Auswahl in allen Jahren genügend gross ist. Die Mittelwerte können also als Normen für die gesunde männliche Population der entsprechenden Altersspanne angesehen werden.

8. Die Beziehung des Längs- und des Breiten-durchmessers des Herzens zu der Herzfläche und zu dem Herzvolumen weist bei 13—18jährigen Knaben einen hohen Grad der Enge auf. Das bedeutet, dass aus beiden diesen Diametern ziemlich gut auf die Grösse des Herzvolumens zu schliessen ist.

9. Das Körpergewicht zeigt im Vergleich zu der Körpergrösse engere Beziehungen zu dem Längs-, Breiten- und Tiefendurchmesser des Herzens bei 13, 14, 15 und 17jährigen Knaben. Die signifikanten Beziehungen ($p < 0,01$, resp. $< 0,001$) zeigen Werte des Korrelationskoeffizienten zwischen 0,4557—0,7570.

10. Die Herzfläche und das Herzvolumen korrelieren bei 12—18jährigen Knaben am engsten mit dem Körpergewicht und hauptsächlich mit der fettfreien Körpermasse. Für die Beziehung Körpergewicht: Herzfläche fanden wir r zwischen 0,3194 bis 0,7475, für die Beziehung FFKM: Herzfläche r zwischen 0,3788—0,8299 ($p < 0,05$, resp. $< 0,001$). Für die entsprechenden Beziehungen Körpergewicht: Herzvolumen $r = 0,4862$ —0,8144 ($p < 0,01$, resp. $< 0,001$), FFKM: Herzvolumen $r = 0,4902$ bis 0,8416 ($p < 0,01$, resp. $< 0,001$).

ZUSAMMENFASSUNG

Das Untersuchungsgut Prager Knaben des gleichen Geburtsjahrgangs (1950) beobachten wir durch sieben Jahre von ihrem 12. bis zum 18. Lebensjahr. Zwischen dem 12.—15. Jahr untersuchten wir von dem ursprünglich 138 köpfigen Untersuchungsgut alljährlich im gleichen Jahresters-

min 91 Knaben, zwischen dem 16.—18. Lebensjahr 40 Knaben. Wir verfolgten die Änderungen der linearen Diameter, der Herzfläche und des Herzvolumens sowie ihre Wechselbeziehungen. Ebenso verfolgten wir die Entwicklung der Beziehungen dieser Werte zu den somatometrischen Grundkriterien in allen Jahren, in denen wir die Untersuchungen unserer Knaben durchführten. Im Hinblick auf die grosse Homogenität des Untersuchungsgutes, das sich in seiner somatischen Entwicklung von den Normen für unsere gleichalte männliche Population nicht unterschied, können wir die gewonnenen Mittelwerte der beobachteten Kriterien als Normen für unsere männliche Population der genannten Altersperiode betrachten.

SUMMARY

The group of boys (all were born in the year 1950) was under investigation for seven years period, beginning from the 12th year up to the 18th year of their age. The original number of boys ($n = 138$) decreased within the 12th and the 15th year to 91 boys and within the 16th and the 18th year it maintained on 40 boys in our investigated group. The changes of linear diameters, heart surface and heart volume and their mutual relations were evaluated each year in the same season. In addition the changes of all these data in relation to the basic somatometric parameters of boys was investigated. Regarding the high homogeneity of our boys group, which somatic development was identical with the norms of our normal boys population, we can consider the average values of all investigated heart parameters as standard values of our relevant age men population.

SCHRIFTTUM

BÁRDOŠ G., KOMADEL L., KREZE A.: Über die physiologische Vergrößerung des Herzens III. skiagraphische Ausmasse. *Bratisl. lék. listy (Medizinische Blätter Bratislava, 37, 1957, 129—140 (slowakisch).*

- BENA E.: Wertung des Wachstums und der Ernährung in Individualfällen bei Kindern und Jugendlichen. In: *Repetitorium prakt. lékaře (Repetitorium des praktischen Arztes)* SZN 1955, II. umgearbeitete Auflage, 63–72 (tschechisch).
- BIJURCK A.: On the relationship between the heart volume and various physical factors. *Acta radiol.* 25, 1944, 373–378.
- BLUMICHEN G., ROSSKAMM H., REINDELL H.: Herzvolumen und körperliche Leistungsfähigkeit bei 6 bis 8jährigen und 8–10jährigen Knaben. *Z. Kreislauforsch.*, 55, 1966, 10, 1012–1016.
- ČERMÁK J.: Das Herzvolumen bei Fettleibigen. I. Das Herzvolumen und seine Beziehung zur Körpergröße, zum Gewicht und zur Körpermasse bei obesen und proportional entwickelten Knaben. *Arch. Kreislauforsch.* 47, 1965, 3–4, 234–245.
- ČERMÁK J.: Die bei 11jährigen Knaben teleröntgenographisch festgestellte Herzgröße. *Čs. Radiol.*, 21, 1967a, 1, 33–42 (tschechisch).
- ČERMÁK J.: Die bei 12jährigen Knaben teleröntgenographisch festgestellte Herzgröße und die Wechselbeziehung einiger Kriterien der Herzgröße. *Čs. Radiol.*, 21, 1967b, 1, 21–32 (tschechisch).
- ČERMÁK J.: Das Herzvolumen als Kriterium der körperlichen Leistungsfähigkeit und der Kreislaufbelastung. *Čas. lék. čes.*, (Zeitschrift der tschechischen Ärzte) 107, 1968, 1546–1551 (tschechisch).
- ČERMÁK J.: Die Änderungen des Herzvolumens in der Entwicklungsperiode bei 12–15jährigen Knaben im Vergleich mit den Veränderungen der somatometrischen Grundkriterien. Langfristige Studie. *Cardiologia (Basel)* 53, 1969, 99–106.
- ČERMÁK J.: Die Änderungen des Herzvolumens und der somatometrischen Grundkriterien bei 12–18jährigen Knaben. (Langfristige Studie) *Čs. Pediat.*, 27, 1972, 10, 493–495 (tschechisch).
- ČERMÁK J.: Changes of the heart volume and of the basic somatometric indices in 12–15 years old boys with an intense exercise regime. A long-term study. *British J. Sports Med.* 7, 1973, 1–2, 241–244.
- ČERMÁK J. Nicht publiziert.
- ČERMÁK J., TUMA S.: Der Einfluss des einjährigen Trainings auf die Zuwächse des Herzvolumens bei Schülern der Klassen mit experimentalem Schwimmunterricht. In: II. Internationaler Kongress über die körperliche Leistungsfähigkeit der Jugendlichen, *Olympia, Prag*, 1968, 117–202 (tschechisch).
- ČERMÁK J., BOSÁK V.: Das Herzvolumen bei Fettleibigen. III. Mitt.: Einfluss des markanten Übergewichtes auf das Herzvolumen bei schwerarbeitenden Männern. *Arch. Kreislauforsch.* 62 1970, 12–24.
- ČERMÁK J., ROSSKAMM H., HASELMANN G., MORGENSTERN A., SKINNER J.: Performance changes during a six-months' training on a bicycle ergometer in young untrained men. In: *Physical fitness*, Ed. V. Seliger, *Universita Karlova (Karls-Universität) Prag*, 1973, 113–117.
- ČERMÁK J., PAŘÍZKOVÁ J.: Changes in heart volume, basic somatometric indicators and body composition during growth and adolescence. Longitudinal study in healthy boys aged 12–18 years. *Rev. Czech. Med.* 21, 1975, Nr. 3, p. 134–147.
- DIETLEN H.: Über Größe und Lage des normalen Herzens und ihre Abhängigkeit von physikalischen Bedingungen. *Dtsch. Arch. klin. Med.* 88, 1907, 55.
- FILIP L.: Beurteilung der Leistungsfähigkeit des Herzens für Sportzwecke. *Čas. lék. čes.* (Zeitschrift der tschechischen Ärzte), 65, 1926, 113, 166, 218, 251, 1618, 1660, 1691 (tschechisch).
- HAMMER G.: Die Herzfläche als Massstab für die Herzgrößenbestimmung. *Fortschr. Röntgenstr.* 38, 1928, 1000–1015.
- HILBISH T. F.: The significance of cardiac mensuration by roentgenological methods. *Bull. John Hopk. Hosp.* 90, 1952, 382–384.
- KAHLSTORF A.: Über eine orthodiographische Herzvolumenbestimmung. *Fortschr. Röntgenstr.* 45, 1932, 123 bis 146.
- KAHLSTORF A.: Über Korrelationen der linearen Herzmasse und des Herzvolumens. *Klin. Wschr.* 12, 1923, 262–265.
- KAPALÍN V.: Wertung der Entwicklung der Kinder und Jugendlichen. *Lékařské repetitorium (Medizinisches Repetitorium)*, SZN, 1967, 100–114 (tschechisch).
- KEUL J. und Mitarb.: Zitiert nach K. Musshoff und H. Reidell, 1969.
- KJELLBERG S. R., RUDHE U., SJÜSTRAND T.: The relation of the cardiac volume to the weight and surface area of the body, the blood volume and the physical capacity for work. *Acta radiol.* 31, 1949, 113 to 122.
- KÖNIG K., REINDELL H., MUSSHOF K., ROSSKAMM H., KESSLER M.: Das Herzvolumen und die körperliche Leistungsfähigkeit bei 20–60jährigen gesunden Männern. II. Mitteilung. *Arch. Kreislauforsch.* 25, 1961, 1–2, 37–67.
- KRÁL J.: Die Herzgröße in verschiedenem Alter bei ununterbrochen trainierenden und wettkämpfenden Sokolturnern. *Čas. lék. čes.* (Zeitschrift der tschechischen Ärzte), 78, 1939, 982–986 (tschechisch).
- LEHMKUHL H.: Röntgenologische Untersuchungen des Herzens im Kindesalter. *Jb. Kinderhk.*, 123, 1939, 66–79.
- LILJESTRAND G., LYSHOLM Z., NYLIN G., ZACHRISSON C. G.: The normal heart volume in man. *Amer. Heart J.* 17, 1939, 406–415.
- LIND J.: Heart volume in normal infants. A roentgenological study. *Acta radiol. (Stockholm) suppl.* 82, 1950.
- LUDWIG H.: Röntgenologische Beurteilung der Herzgröße. *Fortschr. Röntgenstr.* 59, 1939, 1–52.
- MORITZ F.: Zur Beurteilung der Herzgröße. *Fortschr. Röntgenstr.*, 38, 1928, 993–999.
- MUSSHOF K.: Die Ergebnisse der röntgenologischen Volumenbestimmung über die normale Herzgröße. *Fortschr. Röntgenstr.*, 102, 1965, 237, 380.
- MUSSHOF K., REINDELL H.: Zur Röntgenuntersuchung des Herzens in horizontaler und vertikaler Körperstellung. *Dtsch. Med. Wschr.*, 81, 1965, 1001–1008.
- MUSSHOF K., REINDELL H.: Herzmasse. In: Diethelm L., Olsson O., Strnad F., Vieten H., Zuppinger A.: *Handbuch der medizinischen Radiologie*. Springer Verl., Berlin – Heidelberg – N. York, 1969, 34–115.
- MUSSHOF K., REINDELL H., KÖNIG K., KEUL J., ROSSKAMM H.: Das Herzvolumen und die körperliche Leistungsfähigkeit bei 10–19jährigen gesunden Kindern und Jugendlichen. I. Mitt. *Arch. Kreislauforsch.*, 35, 1961 (1–2), 12–36.
- PAŘÍZKOVÁ J., ŠPRYNAROVÁ Š.: Longitudinal study of the changes in body composition, body build and aerobic capacity in boys of different activity from 11 to 15 years. 2. Int. Seminar für Ergometrie, Berlin 1967. Ed. *Institut f. Leistungsmedizin*, Berlin 1967, 115–128.
- PROKOPEC J.: Die Akzeleration der somatischen Entwicklung und die Geschlechtsreife. Vorgetragen im Seminar: Die Entwicklungsakzeleration der Jugendlichen und ihre Auswirkungen in der Körperkultur und im Sport. *Prag*, 12. 6. 1973.
- REISENAUER R.: Methoden der mathematischen Statistik. SNTL, Verlag technischer Literatur, Prag 1970, ss. 239 (s. 65) (tschechisch).
- ROHRER F.: Volumenbestimmung von Körperhöhlen und Organen auf orthodiographischem Wege. *Fortschr. Röntgenstr.*, 24, 1916, 285–294.
- SCHWALB H.: Untersuchung über Ökonomie und Leistungsfähigkeit des Kreislaufes im mittleren Lebensalter. *Arch. Kreislauforsch.*, 56, 1968, 151–235.
- SMITH H. W., BLOEDORN W. A.: Zitiert nach Lind.
- UNGERLEIDER H. E., GUBNER R.: Evaluation of Heart size Measurements. *Amer. Heart J.*, 24, 1924, 494–510.

Dr. med. Jaroslav Čermák, CSc.
Forschungsinstitut der Fakultät
für Körperkultur und Sport
der Karls-Universität, Prag.
Újezd 450
Prag 1