

Der wachsende Schädel

I. Das Neurokranium. Statistische Auswertung

The growing skull

Part I. Neurocranium. Statistical considerations

Von

K. GEFFERTH

I. Kinderklinik der Medizinischen Universität Semmelweis, Budapest

Eingegangen am 21. Juni 1975

An den in den Jahren von 1951 bis 1968 angefertigten Schädelaufnahmen der Röntgenabteilung der I. Universitätskinderklinik Budapest wurden Strecken bzw. Distanzen und Winkel mit der Tub. sellae als Ausgangspunkt gemessen. Das Lebensalter erstreckte sich vom 1. Lebenstag bis zur Nachpubertät und wurde in 26 bei jüngeren Kindern kürzere, bei älteren längere Lebensperioden umfassende Gruppen eingeteilt. Neugeborene und Säuglinge unter 35 Tagen wurden in 3 Gruppen eingereiht. Insgesamt wurden die Aufnahmen von 540 Knaben und 496 Mädchen ausgewertet und die Resultate den Geschlechtern nach geteilt in 4 Tabellen, je 2 für die Strecken und je 2 für die Winkel, dargestellt. Vom Gehirnschädel wurden 9 Strecken und 3 Winkel ausgewertet. Es ließ sich feststellen, daß der Gehirnschädel der Mädchen bereits in den ersten Lebensperioden kleiner als der der Knaben ist und daß der Unterschied mit dem Alter ausgeprägter wird. Die Winkelmaße wiesen keine so charakteristische Differenzen auf. Die größten Umwandlungen ereignen sich in den frühesten Lebensperioden.

Measurements were made on the radiographs of the skull of 540 boys and 496 girls obtained in the years 1951–1968. Distances and angles were established with the Tuberculum sellae as the centre. The subjects ranged in age from the first day of life till late puberty. They were divided into 26 groups comprising smaller periods in earlier life, and increasing with age. Results are presented of measurements of 9 distances and 3 angles exclusively concerning the neurocranium. The neurocranium of the girls is smaller than that of the boys from the first day of life and the difference is growing with age. The angles displayed little sex differences. The greater part of the growth of distance takes place in the earliest period of life.

Mehrere Autoren haben umfassende Messungen am Schädel vorgenommen. Von den Europäern sind vor allem HAAS [4], BERGERHOFF [1, 2], BERGERHOFF und STILZ [3], SCHMID und FILTHUT [7], SCHMIDT und Mitarb. [8], TSCHEPOURKOVSKY [10] zu erwähnen. In Japan haben YUTAKA und Mitarb. [11] eigene Messungen vorgenommen, weil sich dort die in

Europa gefundenen Schädelmaße nicht verwenden ließen. Bedenken können aber auftauchen, ob selbst bei den europäischen Völkern, wenn auch nicht so einschneidende, Differenzen bestehen. Die auxologischen Messungen von SEMPÉ und Mitarb. [9] bei französischen und von KUNZE [5], KUNZE und MURKEN [6] bei bayrischen Kindern lieferten nämlich

unterschiedliche Körpermaße und kein einheitliches Wachstumstempo. Vergleicht man außerdem die von den einzelnen Forschern veröffentlichten Schädelmaße, wird es evident, daß sie sich des öfteren nicht decken. Die Ursache dürfte einerseits in der unterschiedlichen Meßmethode liegen, andererseits können vermutlich auch gewisse wahre Abweichungen vorhanden sein, wie es bei den Körpermaßen gefunden wurde. Diese und ähnliche Probleme veranlaßten uns, eigene Schädelmessungen vorzunehmen.

Mittels eigener Untersuchungen, durch eine Einteilung in kleine Gruppen nach physiologischen Lebensperioden, durch separate Auswertung von Knaben und Mädchen hofften wir, manche Fragen klären zu können. Diese waren verschiedener Natur. Um nur die wichtigsten zu nennen: Ob sich die während der Geburt erlittene Modellierung auch in den Meßdaten bemerkbar macht; ob das Wachstum gleichmäßig oder schubweise wie die Längen- und Gewichtszunahme erfolgt; ob das Wachstum in allen Teilen des Schädels harmonisch abläuft oder sich bevorzugte Teile finden lassen; ob und in welchen Phasen der Entwicklung Geschlechtsunterschiede bestehen; und nicht zuletzt wollten wir über eigene Meßdaten verfügen, die u.A. einen Vergleich mit den Ergebnissen anderer Forscher ermöglichen. Zu diesem Zweck haben wir die in unserem Röntgenfilmarchiv befindlichen Schädelaufnahmen ausgemessen. Hiermit werden lediglich die Meßresultate des Gehirnschädels mitgeteilt.

Die Messungen wurden an seitlichen und an in sagittaler Richtung aus einer Fokus-Filmentfernung von 1 m gemachten Aufnahmen vorgenommen. Ausgeschlossen wurden Kinder mit augenfälligen Abweichungen, Geisteskranke und solche mit verschiedenen Dysostosen. Bei Säuglingen und bei Kleinkindern wurden diejenigen mit einem Geburtsgewicht von 2500 bis 4000 g und mit normaler späterer Entwicklung ausgewertet. Es wurde auch späterhin darauf geachtet, daß die Entwicklung zwischen dem 3. und 97. Perzentil der Harvard-Tabelle liege. Im Neugeborenenalter wurden auch die während der Geburt deformierten Schädel mitverwertet. Unter diesen Gesichtspunkten konnten aus den Jahren 1951 bis 1968 die Röntgenaufnahmen von 540 Knaben und 496 Mädchen einer Strecken- und Winkelmessung unterzogen werden.

Als Ausgangspunkt der Messungen wurde das Tub. sellae gewählt, weil es seine Stelle während des Wachstums am geringsten ändert. Die Endpunkte der Meßstrecken wurden in Anlehnung an frühere Autoren gewählt [1, 2, 7], wenn es für unsere Zwecke vorteilhaft schien, andere wiederum wurden unseren Zwecken gemäß modifiziert. Die Modifizierung erfolgte, um gewisse Regionen in ihrer Wachstumstendenz genauer beobachten zu können, und auch dann wenn die Strecke an einem anatomisch genauer determinierten Punkt gemessen werden konnte.

Um die Messungen genauer ausführen und dabei die Röntgenaufnahmen möglichst heil bewahren zu

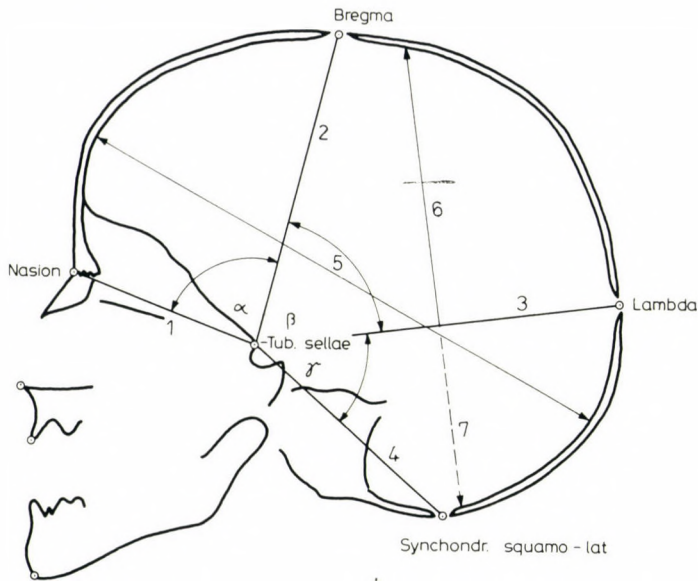


ABB. 1. Seitliches Schädelbild gezeichnet nach dem Röntgenbild. Die im Text angegebenen Orientierungsmerkmale sind mit Punkt markiert. Diese werden immer am äußersten Ende des betreffenden Gebildes angenommen, die Kontur wird an der Innenfläche gezeichnet und gemessen

können, wurden die Filme auf eine horizontale Leuchtfläche gelegt und mit durchsichtigem Papierbedeckt. Dann wurden die Endpunkte der Strecken festgelegt und die innere Kontur des Schädels ausgezogen. Als Endpunkt der Strecken wurden Nasion, Bregma, Lambda und Synchondr. squamo-lat. gewählt und mit einem Punkt markiert. Dann wurden sie mit dem Tub. sellae verbunden und von vorne nach hinten der Reihe nach als Strecke No. 1, 2, 3, 4 markiert (Abb. 1). Die Strecke No. 3 wurde halbiert und eine Senkrechte darauf gezogen, die von der hinteren Schädelgrube bis zur Kalotte reichte: Strecke No. 6. Die unter der Strecke 3 liegende Partie der Strecke No. 6 wurde extra gewertet und als Strecke

No. 7 bezeichnet. Zwischen den am entferntesten liegenden Punkten der Innenkontur gezogene Linie wurde Strecke No. 5 genannt. Diese Strecke repräsentiert die innere Länge des Schädels. Strecke No. 8 wurde auf der sagittalen Aufnahme zwischen den am entferntesten liegenden Punkten gezogen, um die Breite des Schädels feststellen zu können. Strecke No. 9 gibt die auf den sagittalen Aufnahmen meßbare Höhe des Schädels an. Für diesen Zweck wurden die zwei untersten Punkte der Schädelgrube mit einer Linie verbunden. Auf diese horizontale Linie wurde vom obersten Punkt der Schädelwölbung eine Senkrechte gezogen (Abb. 2). Die durch die Strecken 1, 2, 3, 4 eingeschlossenen drei Winkel mit dem

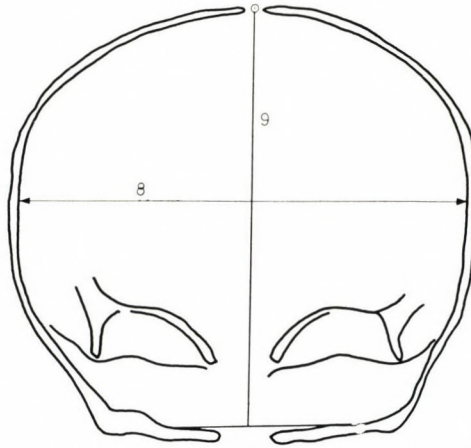


ABB. 2. Schädelbild in sagittaler Richtung. Die untersten Punkte der Schädelbasis sind mit einer Linie verbunden. Darauf wird vom höchsten Punkt des Scheitels in der Mitte des Schädels eine Linie gezogen: Linie 9

Scheitelpunkt am Tub. sellae wurden Winkel α , β und γ genannt. Gleichzeitig wurden Strecken und Winkel auch am Gesichtsschädel gemessen; über diese Messungen werden wir später berichten.

Bei der Feststellung der Orientierungspunkte stoßen wir manchmal auf gewisse Schwierigkeiten. Lag ein Os interparietale vor, so haben wir laut SCHMID und FILTHUT [7] dessen höchsten Punkt als Endpunkt der Strecke No. 3 angenommen. Hat sich die Synchronosis squamo-lateralis geschlossen, oder war sie im späteren Leben nicht mehr als eine Protuberanz erkennbar, wurde die Mitte des Wölbungsbogens zwischen dorsaler Kontur des Foramen occipitale magnum und der Sutura mendosa als Endpunkt der Strecke No. 4 gewählt. Die Strecken wurden mit der Schublehre gemessen, wobei Werte weniger als ein halbes mm vernachlässigt, größer als ein halbes mm als ein ganzes angenommen wurden. Knaben

und Mädchen wurden getrennt gewertet. Die Meßergebnisse wurden in Gruppen eingeteilt. Bei jüngeren Kindern erfassen die Gruppen einen kürzeren, bei den älteren einen längeren Zeitabschnitt. Dementsprechend kamen in Gruppe 1 die 1 bis 7 Tage alten Neugeborenen, in Gruppe 2 die 8 bis 20 Tage alten Säuglinge. In der Gruppe 3 finden wir die 21 Tage bis 35 Tage alten Säuglinge, d. h. grob gerechnet, die 1 Monate alten. Dadurch wurden die ersten 5 Wochen in drei Gruppen eingeteilt. Die nächsten zwei Gruppen, Gruppen 4 und 5, umfassen je einen Zeitraum von einem Monat. Gruppe 6 erstreckt sich von $3\frac{1}{2}$ bis 5 Monate und die nächste Population umfaßt einen Zeitraum vom 5. bis 7. Monat, diese sind also die ein halbes Jahr alten Säuglinge. In der Gruppe 8 finden wir die 7 bis 10 Monate alten und in Gruppe 9 die 10 bis 15 Monate alten, also praktisch die 1 Jahr alten Säuglinge. Die folgenden

Gruppen 11, 12, 13 und 14 erstrecken sich auf je ein halbes Jahr, während die Gruppe 15 auf $\frac{3}{4}$ Jahr, also von $\frac{3}{4}$ bis $4\frac{1}{2}$ Jahren. Von der Gruppe 16 an beträgt der Zeitraum ein ganzes Jahr, lediglich die letzten Populationen bilden eine Ausnahme. Gruppe 26 erstreckt sich bei den Jungen von $14\frac{1}{2}$ bis $17\frac{1}{2}$, bei den Mädchen von $14\frac{1}{2}$ bis 19 Jahren. Die Meßergebnisse sind dem Geschlecht nach getrennt, als arithmetischer Mittelwert $\pm\sigma$ in Tabellen I und II laut Strecken und in Tabellen III und IV laut Winkel ersichtlich.

Wie es zu erwarten war, ist die Zunahme der Streckenmaße bei beiden Geschlechtern im frühesten Alter am größten. Mit wachsendem Alter wird die Zunahme immer bescheidener, sie schien aber sich auch bei den ältesten unserer Kinder fortzusetzen, obwohl nach HAAS [4] das Wachstum bei Männern mit 20 Jahren, bei Frauen mit 17 Jahren beendet ist. BERGERHOFF [1] behauptet, daß sich Form und Größe des Schädels in ständiger Umwandlung befinden; er konnte bei Frauen nach der Pubertät sogar eine Höhenabnahme nachweisen.

Ein eingehender Vergleich mit den Resultaten anderer Autoren fällt aus den Rahmen dieser Ausführungen. Lediglich TSCHÉPOURKOVSKY [10] soll erwähnt werden, der seine Messungen im ersten Dezennium dieses Jahrhunderts vorgenommen hatte. Wenn man nun die Meßdaten gegenüberstellt, bekommt man den Eindruck, daß seither der Schädel größer geworden ist. Der Unterschied ist be-

reits im Säuglingsalter wahrnehmbar und macht bei einzelnen Strecken im Alter von 6 Monaten 5—6 mm aus. Somit dürfte sich die sekuläre Akzeleration auch in den Schädelmaßen bemerkbar machen.

Wenn man die Streckenmaße der Knaben und der Mädchen (Tab. I und II) gegenüberstellt, wird es ersichtlich, daß das Wachstum der Knaben ausgiebiger und etwas schneller ist als das der Mädchen. Der Gesamtzuwachs ist auch größer bei Knaben als bei Mädchen. Auch SCHMIDT und Mitarb. [8] haben diese Differenz festgestellt, obwohl ihre Mitteilungen nur Meßdaten von sagittalen Röntgenaufnahmen aufweisen. Sie haben 49 Strecken ausgewertet und davon waren 23 signifikant größer bei den Knaben.

Betrachten wir die Resultate unserer Winkelmessungen, dann können wir keine so eindeutige Wachstumstendenz wie bei den Streckenmaßen feststellen. Auch das Verhalten der einzelnen Winkel ist abweichend. Während nämlich die Winkel α und γ eine kleine, jedoch deutliche Vergrößerung aufweisen, findet man bei dem Winkel β eine mäßige Verkleinerung (s. Tab. III und IV). Es ist auch bezeichnend, daß der Unterschied zwischen Knaben und Mädchen viel bescheidener bei den Winkeln als bei den Streckenmaßen ist. Außerdem weisen alle drei Winkel eine auffallende Streuung der Werte auf.

Auf eine eingehende Analyse unserer Meßergebnisse wurde verzichtet. Es läßt sich jedoch feststellen, daß

TABELLE III

Winkelmaße des Gehirnschädels von Knaben von Geburt bis Nachpubertät; Mittelwerte
in mm $\pm\sigma$ Mean angles of the neurocranium of boys from birth till late puberty; mm $\pm\sigma$

Gruppe Nr. Group No.	Alter Age	Zahl der Fälle No. of cases	Mittelwert $\pm\sigma$ Mean $\pm\sigma$		
			α	β	γ
No. 1.	1—7 Tage Days	22	4,08 77,64	3,93 68,5	3,7 48,48
No. 2.	8—20 Tage Days	10	3,41 75,9	5,19 70,6	4,03 51,7
No. 3.	3—5 Wochen Weeks	16	3,69 77,67	5,16 68,89	4,03 51,19
No. 4.	5 Wochen—2 ½ Mon. Weeks Months	23	3,38 78,52	6,01 66,56	6,15 53,23
No. 5.	2 ½—3 ½ Monate Months	17	4,26 78,18	4,08 66,59	3,91 55,0
No. 6.	3 ½—5 Monate Months	18	3,59 76,83	4,57 66,17	6,31 57,17
No. 7.	5—7 Monate Months	21	3,75 77,09	7,21 64,28	6,79 58,24
No. 8.	7—10 Monate Months	25	3,13 78,76	5,09 66,44	4,8 57,12
No. 9.	10—15 Monate Months	30	3,58 78,83	4,18 64,55	5,3 57,07
No. 10.	15—21 Monate Months	20	4,51 79,35	2,56 66,3	5,81 57,7
No. 11.	1 ¾—2 ¼ Jahre Years	22	3,98 79,4	4,63 66,86	5,46 57,27
No. 12.	2 ¼—2 ¾ Jahre Years	15	3,64 81,0	3,07 65,4	5,72 57,87
No. 13.	2 ¾—3 ¼ Jahre Years	22	3,45 81,41	5,1 68,14	5,19 58,18
No. 14.	3 ¼—3 ¾ Jahre Years	15	2,83 79,0	2,29 69,87	3,73 58,07
No. 15.	3 ¾—4 ½ Jahre Years	14	4,08 82,28	4,21 64,71	4,07 60,64
No. 16.	4 ½—5 ½ Jahre Years	19	4,3 81,79	3,72 66,53	3,91 58,95
No. 17.	5 ½—6 ½ Jahre Years	21	3,97 83,7	3,05 66,4	3,35 59,05
No. 18.	6 ½—7 ½ Jahre Years	22	3,9 83,82	3,86 66,5	3,87 59,32
No. 19.	7 ½—8 ½ Jahre Years	20	3,22 82,8	4,19 67,5	4,6 57,9
No. 20.	8 ½—9 ½ Jahre Years	20	3,98 84,05	3,76 66,35	2,8 57,5
No. 21.	9 ½—10 ½ Jahre Years	23	3,67 83,91	3,04 68,78	4,44 58,9
No. 22.	10 ½—11 ½ Jahre Years	23	5,97 85,43	3,08 67,3	4,32 57,69
No. 23.	11 ½—12 ½ Jahre Years	20	4,44 85,85	4,18 67,15	3,46 55,45
No. 24.	12 ½—13 ½ Jahre Years	31	4,38 85,45	4,15 67,06	4,38 57,61
No. 25.	13 ½—14 ½ Jahre Years	24	4,86 88,26	4,65 66,59	4,83 55,87
No. 26.	14 ½—17 ½ Jahre Years	27	4,07 88,78	5,21 66,56	4,88 56,67
Insgesamt		540			

TABELLE IV

Winkelmaße des Gehirnschädels von Mädchen von Geburt bis Nachpubertät; Mittelwerte
in mm $\pm\sigma$
Mean angles of the neurocranium of girls from birth till late puberty; mm $\pm\sigma$

Gruppe Nr. Group No.	Alter Age	Zahl der Fälle No. of cases	Mittelwert $\pm\sigma$ Mean $\pm\sigma$					
			α	β	γ			
No. 1.	1—7 Tage	14	76,0	3,66	70,36	3,77	48,64	4,14
No. 2.	8—20 Tage	14	75,86	4,45	70,71	4,7	49,43	4,18
No. 3.	3—5 Wochen	10	77,8	4,94	69,3	6,5	48,78	3,42
No. 4.	5 Wochen—2 ½ Mon.	13	76,3	5,53	69,61	3,8	54,41	4,21
No. 5.	2 ½—3 ½ Monate	15	75,33	5,59	66,2	4,74	56,8	7,38
No. 6.	3 ½—5 Monate	13	76,61	3,62	65,29	4,83	58,15	2,44
No. 7.	5—7 Monate	21	65,05	4,08	64,57	4,4	57,71	5,33
No. 8.	7—10 Monate	16	76,69	3,38	66,87	5,85	55,19	4,45
No. 9.	10—15 Monate	24	79,12	4,1	65,92	3,2	57,17	4,61
No. 10.	15—21 Monate	16	81,06	4,33	64,25	4,27	59,94	4,33
No. 11.	1 ¾—2 ¼ Jahre	17	79,4	4,6	67,4	5,75	59,27	1,98
No. 12.	2 ¼—2 ¾ Jahre	15	82,0	2,48	65,07	2,37	57,36	4,22
No. 13.	2 ¾—3 ¼ Jahre	17	83,12	4,51	64,65	3,32	58,82	4,13
No. 14.	3 ¼—3 ¾ Jahre	11	82,42	2,54	67,6	6,96	58,73	3,04
No. 15.	3 ¾—4 ½ Jahre	19	82,89	5,28	65,26	4,36	58,84	3,82
No. 16.	4 ½—5 ½ Jahre	16	82,0	4,46	65,81	2,61	58,81	3,8
No. 17.	5 ½—6 ½ Jahre	20	82,55	4,57	65,45	4,81	58,8	3,78
No. 18.	6 ½—7 ½ Jahre	18	83,22	3,26	65,72	4,56	57,78	4,22
No. 19.	7 ½—8 ½ Jahre	19	83,1	3,25	66,89	4,23	58,95	4,31
No. 20.	8 ½—9 ¾ Jahre	26	85,23	4,61	66,38	4,49	58,31	3,64
No. 21.	9 ½—10 ½ Jahre	25	85,96	3,98	66,28	3,13	57,36	3,41
No. 22.	10 ½—11 ½ Jahre	25	86,2	3,95	65,12	4,39	56,25	4,28
No. 23.	11 ½—12 ½ Jahre	35	86,91	4,22	66,05	4,37	56,4	3,45
No. 24.	12 ½—13 ¼ Jahre	29	87,86	3,92	66,1	4,05	57,96	2,81
No. 25.	13 ½—14 ½ Jahre	15	88,4	3,49	65,6	2,56	56,13	2,67
No. 26.	14 ½—19 Jahre	33	87,51	5,96	66,02	3,44	57,07	3,84
	Insgesamt	496						

die den Geschlechtern nach erfolgte Auswertung einen eindeutigen Unterschied bezüglich Wachstumstendenz zwischen Knaben und Mädchen zutage gebracht hat.

DANKSAGUNG

Bei der Ausmessung der Strecken und Winkeln und bei der Zusammenstellung der Tabellen hat Assistentin Frau P. Fazekas eine unentbehrliche Hilfe geleistet.

LITERATUR

1. BERGERHOFF, W.: Wachstum und Bauplan des Schädels im Röntgenbild. Fortschr. Röntgenstr. **79**, 745 (1953)
2. BERGERHOFF, W.: Messungen von Winkeln und Strecken an Röntgenbildern des Schädels. Fortschr. Röntgenstr. **77**, 62 (1952)
3. BERGERHOFF, W., STILZ, R.: Die Beugung der Schädelbasis im Röntgenbild. Fortschr. Röntgenstr. **80**, 618 (1954)
4. HAAS, L. L.: Roentgenological skull measurements and their diagnostic applications. Amer. J. Roentgenol. **67**, 197 (1962)
5. KUNZE, D.: Noch kein Stillstand der Akzeleration. Ärztl. Prax. **26**, 811 (1974)
6. KUNZE, D., MURKEN, D.: Diagnostik von Längenalter und Gewichtsalter mit neuen Somatogrammen. Kinderarzt **12**, 222 (1974)
7. SCHMID, F., FILTHUT, I.: Zur Biologie des Schädelwachstums. Mschr. Kinderheilk. **109**, 290 (1961)
8. SCHMIDT, H., FISCHER, E., FEMDEL, H.: Geschlechtsunterschiede des Schädels während des Wachstums. Röntgenbl. **24**, 169 (1971)
9. SEMPÉ, P., SEMPÉ, M., PÉRDON, G.: Croissance et maturation osseuse. Analyse auxologique et radiologique. Théraplix, Paris 1971.
10. TSCHÉPOURKOVSKY, E. M.: Verteilung des Kopfindexes bei den russischen Bauern nach den Kreisen Jowon. Russ. Anthropol. **14**, 44 (1925)
11. YUTAKA, H., YUTAKA, H., CHIKAYOSHI, T., KEINOSUKE, K., SEIJI, M., MITSUYOSHI, E., SUSUMU, M., TOSHIKO, M., KASHIRO, SH., HIROSHI, T., KIYOHARA, N., KIYOTAKE, F., HYONOSUKE, T.: Radiographical measurements of skull in Japanese infants and children. J. Nara med. Ass. **14**, 206 (1963)

Prof. Dr. K. GEFFERTH,
Bókay J. u. 53,
H-1083 Budapest, Ungarn