

DIE MORPHOLOGIE DER SYMPHYSENGEGEND DES KNÖCHERNEN BECKENS BEI DEN MAKAKEN UND IHRE BEDEUTUNG FÜR DIE ALTERSBESTIMMUNG AUF GRUND DES SKELETTES

MILAN DOKLÁDAL, VLADIMÍR NOVOTNÝ

EINLEITUNG

In den letzten Jahrzehnten wird der Morphologie der Primaten, vor allem derjenigen Arten, welche als Labortiere verwendet werden, großes Interesse gewidmet. Trotzdem bleiben unsere Kenntnisse über das Skelett nicht erwachsener Primaten immer noch ziemlich mangelhaft und stützen sich nur auf Beobachtungen an relativ kleinem Material. Es ist uns gelungen, eine größere Anzahl von knöchernen Becken junger und heranwachsender Makaken an unserem Institut für Anatomie in Brno zu sammeln. Nach diesem Material konnten wir die Morphologie verschiedener Merkmale am Becken heranreifender Individuen der Arten *Macaca mulatta* und *Macaca irus* verfolgen. Bei demselben Material wurden in den vergangenen Jahren die Geschlechtsunterschiede am wachsenden Becken, das Wachstum des Os pubis, des Os ischii und des Os sacrum studiert P o l á č e k, N o v o t n ý, 1965; N o v o t n ý, 1967; N o v o t n ý, P á č, 1967; N o v o t n ý, 1968). In der letzten Zeit haben wir unser Interesse der Morphologie der Symphysengegend des Beckens mit besonderer Berücksichtigung des Reliefs der symphysealen Gelenkfläche des Os pubis zugewandt.

Das Relief dieser Gelenkfläche wird beim Menschen häufig als wichtiges Altersmerkmal am Skelett benützt (T o d d, 1920; B u r m a n, W e i n k l e, L a n g s m a n, 1934; K r o g m a n, 1949; H a n i h a r a, 1952; L a n s i n g, 1952; B o y d, T r e v o r, 1953, B r o o k s, 1955; S t e w a r d, 1957; M c K e r n, S t e w a r d, 1957; N e m e s k é r i, H a r s á n y i, A c s á d i, 1960; D o k l á d a l, B e r k a, J a n o u š e k, 1964; D o b r j a k, 1968; D o k l á d a l, 1970 a). Der eine Autor dieser Studie (D o k l á d a l, 1970 b, 1971) hat neulich die altersbedingten Veränderungen der symphysealen Gelenkfläche des Os pubis bei den anthropoiden Affen beschrieben. Bei anderen, vor allem nicht-anthropoiden Primaten wurde dieses Merkmal noch nicht ausführlicher verfolgt.

Über die Morphologie der Primatensymphyse haben wir in der Literatur, die uns zugänglich war, nur ganz vereinzelte Angaben gefunden. Nur B r o e k (1911, 1914) beschrieb in seinen Arbeiten über das Primatenbecken auch kurz die Grundform und die Größe der Symphyse. Aber das Relief der

symphysealen Gelenkfläche wird in seinen Studien nicht erwähnt. B r o e k stützte seine Ausführungen auch auf Beobachtungen an den Becken von Angehörigen der Gattungen *Macaca mulatta* und *Macaca irus*, aber jede der beiden Gattungen war in seinem Material nur mit wenigen Individuen (4–6) ohne genaue Altersbezeichnung vertreten. T o d d (1921, 1923) erwähnt im Zusammenhang mit seinem ausführlichen Studium der symphysealen Gelenkfläche beim Menschen auch die Gestaltung derselben Gelenkfläche bei verschiedenen Affengattungen. Weitere Angaben dieser Art haben wir in der Literatur nicht gefunden.

Mit Rücksicht darauf, daß die primatologische Weltliteratur der letzten Jahrzehnte in unserem Lande nicht laufend zugänglich ist, haben wir im Jahre 1967 an zwei erfahrene morphologische Primatologen, die Professoren Dr. Dr. h. c. A. H. S c h u l t z und Dr. J. B i e g e r t, beide aus Zürich, die Anfrage gerichtet, ob diese Problematik in der letzten Zeit von jemandem bearbeitet wurde. Beide Herren haben nur das negative Ergebnis unserer Literaturnachforschung bestätigt.

Auch diese Tatsache veranlaßte uns zum ausführlichen morphologischen Studium der Primatensymphyse und der möglichen Bedeutung der Symphysengröße und des Symphysenreliefs für die Geschlechts- und Altersdiagnose auf Grund des knöchernen Beckens bei den Makaken. Die Ergebnisse dieses Studiums werden in dieser Mitteilung vorgelegt.

MATERIAL UND METHODIK

Das gesamte Knochenmaterial stammt von Affen, welche in der Aklimatisationsstation für Labortiere in Konárovice bei Kolín umgekommen sind. Die Leichen der Affen wurden im Institut für Anatomie der medizinischen Fakultät der Karlsuniversität in Hradec Králové (Vorstand: Prof. MUDr. J. H r o m a d a, DrSc.) mazeriert und die knöchernen Becken wurden durch Vermittlung des Herrn Prof. MUDr. P. P o l á č e k, DrSc., unserem Institut zur Bearbeitung zur Verfügung gestellt. Bei kompletten Knochenbecken haben wir die Wachstumsveränderungen und Geschlechtsunterschiede verfolgt, die Becken dann in einzelne Knochen zerlegt und bei diesen die Symphysengegend studiert.

Die Gattung und das Geschlecht jedes Affen war uns zuverlässig bekannt. Das Alter wurde bei jedem Skelett auf Grund des Ossifikationszustandes nach *Wagenen* und *Asling* (1958) bestimmt. Das Verwachsen der Knochen, aus denen das Hüftbein entsteht, und das Verschwinden der Y-förmigen Knorpelfuge im Acetabulum erfolgt gleich am Anfang des Geschlechtsreifens. Auf das beendete Wachstum des Beckens deutet das Schwinden des Saumknorpels auf der *Crista iliaca* hin. Bei den Makaken verschwindet die Knorpelfuge im Acetabulum bei den Weibchen im Alter von 1,9 bis 2,0 Jahren und das Wachstum ist im Alter von 5,3 Jahren beendet. Bei den Männchen verschwindet die Y-förmige Knorpelfuge etwas später (im Alter von 2,4 bis 2,7 Jahren) und das Wachstum ist erst im Alter von 6,6 Jahren abgeschlossen. Nach diesen Kriterien sind in unserem Material — 180 Becken von *Macaca mulatta* und *Macaca irus* — einerseits junge Individuen (d. h. jünger als 2 $\frac{1}{4}$ Jahre), andererseits heranwachsende Tiere (d. h. älter als 2 $\frac{1}{4}$ Jahre) vertreten. Diese Klassifikation entspricht den üblichen Altersstufen: *Jugendliche* = *Stadien infans + juvenis I* und *Heranwachsende* = *Stadium juvenis II*. Die genaue Einteilung unseres Materials nach Gattung, Alter und Geschlecht ist in der Tabelle I. übersichtlich angegeben.

TAB. 1

Materialübersicht (Art, Alter, Geschlecht)

		A	B			
MACACA MULATTA	♂	40	6	46	88	180
	♀	28	14	42		
MACACA IRUS	♂	36	11	47	92	
	♀	9	36	45		
		113	67			

A = *infans + juvenis I*. B = *juvenis II*.

Die beschriebene Methode von *Wagenen* und *Asling* ermöglichte uns die Altersgrenze zwischen den jugendlichen und heranwachsenden Tieren ziemlich genau zu bestimmen. Dagegen ist es nicht immer möglich die Heranreifenden von den Erwachsenen nur auf Grund des knöchernen Beckens, zuverlässig zu unterscheiden. Infolgedessen sind in unserem Material höchstwahrscheinlich auch einige jüngere Erwachsene vertreten.

Die Altersgruppen der völlig erwachsenen und alten Affen (Altersgruppen *maturus* und *senilis*) fehlen.

Dieser Lücke in unserem Material sind wir uns völlig bewußt. Wenn wir aber trotzdem unsere Ergebnisse schon heute veröffentlichen, dann geschieht dies hauptsächlich aus zwei Gründen: a) weil die Morphologie der Symphysengegend bei den Primaten bisher wenig bekannt ist, und b) wegen der vorausgesetzten Bedeutung der verfolgten

Merkmale für die praktische Altersschätzung der Primaten auf Grund der Morphologie der Symphysengegend des Beckens.

In Zukunft wollen wir versuchen unser Material mit Skeletten erwachsener und alter Makaken zu ergänzen.

An beiden Hüftbeinen wurden insgesamt 9 metrische und 3 morphoskopische Merkmale verfolgt.

A. METRISCHE MERKMALE DER SYMPHYSENGEGEND:

1. Die Größe der Symphysengegend — die Länge des vorderen Randes des kleinen Beckens.
2. Die Länge des pubischen Segmentes der symphysialen Verbindung — *Symphysislänge*.
3. Die Länge des ischiadischen Segmentes der symphysialen Verbindung.
4. Die Höhe des kleinen Beckens.
5. Die gesamte Höhe des Beckens (ganze Beckenhöhe).
6. Der obere pubische (suprapubische) Winkel.
7. Der transversale Durchmesser des Beckeneinganges.
8. Der untere pubische (subpubische) Winkel.
9. Der innere bituberale Durchmesser.

B. MORPHOSKOPISCHE MERKMALE DER SYMPHYSENGEGEND, welche komplex bewertet wurden:

1. Der vordere und hintere Rand (Kante) der symphysialen Gelenkfläche.
2. Der obere und untere Abschnitt der symphysialen Gelenkfläche.
3. Das Relief der symphysialen Gelenkfläche.

Es handelt sich also im großen und ganzen um die Merkmale, welche auch bei der Beschreibung und Bewertung der Entwicklungsstufe der Symphyse beim Menschen in Betracht genommen werden. Der Symphysenindex (*Dokládál, 1970, 1971*), welcher zur Bewertung der Gesamtform der Symphyse bei den anthropoiden Affen empfohlen wurde, ist zur Beurteilung der Symphyse bei den Makaken nicht geeignet.

ERGEBNISSE UND DISKUSSION

Bei den Säugetieren kommen drei Haupttypen der Verbindung der beiden Hüftbeine in der Symphysengegend vor:

Typus I: *Direkte Verbindung*. Die beiden Hüftbeine sind in der Symphysengegend vollkommen verwachsen.

Typus II: *Indirekte Verbindung*. Die symphysialen Gelenkflächen der beiden Schambeine tangieren einander zwar in der Symphyse, aber die beiden Knochen bleiben völlig getrennt. Die Verbindung vermittelt der knorpelige *Discus interpubicus*. Im Inneren der Symphyse befindet sich in manchen Fällen ein me-

dianer spaltförmiger Hohlraum, das Cavum symphysiale.

Typus III: **Freie Verbindung.** Die ventralen Ränder der beiden Schambeine ragen nicht bis zur Medianebene. Die Verbindung wird durch die Symphysenbänder realisiert.

Es ist zwar nicht möglich das Vorkommen der einzelnen Typen der Symphysenverbindung bei den Vertretern der verschiedenen Ordnungen und Familien der Säugetiere in einen direkten Zusammenhang mit ihrer systematischen (taxonomischen) Position in der Klasse der Säugetiere zu stellen. Trotzdem kann aber angeführt werden, daß bei den niedrigeren Säugetieren die freie und direkte Symphysenverbindung überwiegt, bei den höher stehenden Säugetieren und beim Menschen ist dagegen der üblich vorkommende Typus die indirekte Symphysenverbindung. Die symphysiale Synostose (direkte Verbindung) kommt beim Menschen nur vereinzelt — bei pathologischen Zuständen — vor.

Auch der Gesamtumfang der symphysialen Ge-

lenkfläche ist bei den einzelnen Tierarten verschieden. Im Grundsatz können hier zwei Haupttypen unterschieden werden. Bei den niedriger stehenden Säugetieren treffen wir zumeist eine sog. **lange Symphyse.** An ihrer Ausbildung beteiligen sich neben den Schambeinen in gewissem Maße auch Teile der beiden Rami inferiores der Sitzbeine. Für höhere Säugetiere ist die sog. **kurze Symphyse** typisch, welche am Skelett erwachsener Tiere nur von den ventralen Rändern der Schambeine mit der Facies symphysialis ausgebildet ist.

Für die höheren Primaten und für den Menschen ist die kurze Symphyse und der zweite Symphysentypus, also die indirekte Verbindung, charakteristisch. Nur ganz vereinzelt kommt bei den anthropoiden Affen die direkte Symphysenverbindung vor. In diesen Fällen ist dann das Becken an der Stelle der Symphyse fest verwachsen. Es handelt sich sehr wahrscheinlich um eine der Alterserscheinungen des Skeletts (Dokládál, 1971).

Die Symphysengegend bei den catarrhinen Affen unterscheidet sich von der Symphyse der anthro-

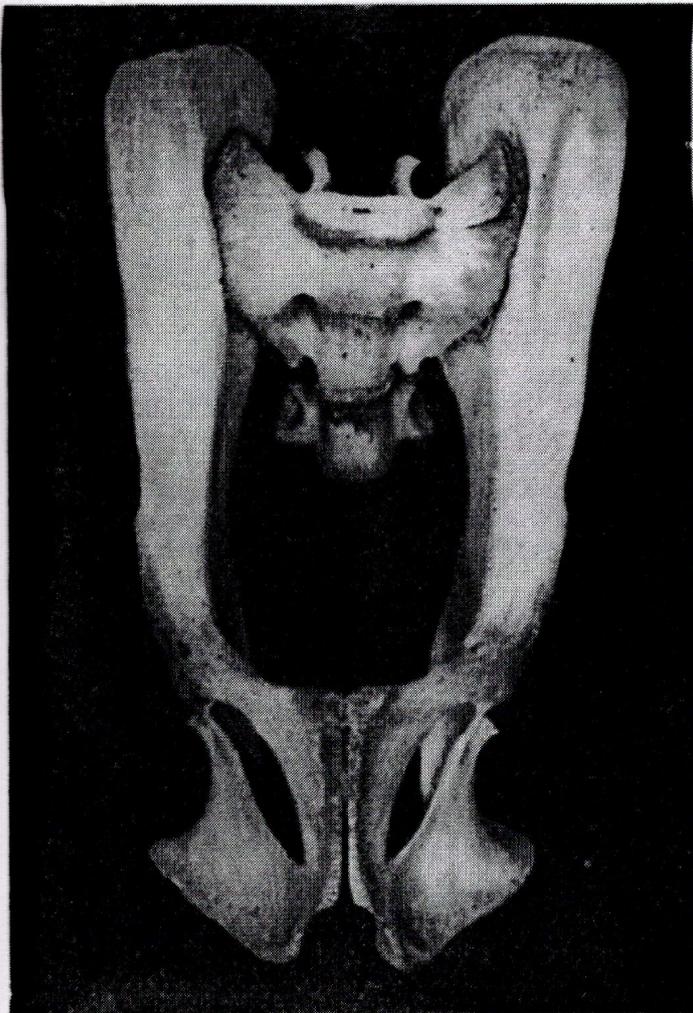


ABB. 1.
Das knöcherne Becken eines Makaken (Gesamtansicht von vorne)

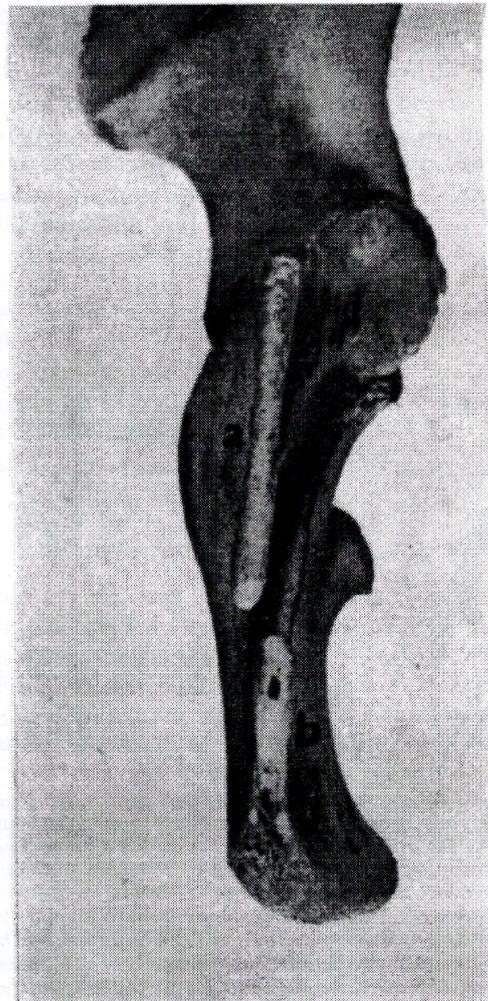


ABB. 2.
Die Symphysengegend bei einem ganz jungen Makaken (infans)

Das pubische (knorpelige) Segment (a) und das ischiadische (bindegewebige) Segment der symphysialen Verbindung sind noch nicht ossifiziert. (Vergrößert)

poiden Affen in einigen grundsätzlichen Merkmalen. Erstens ist diese Gegend im Verhältnis zur ganzen Beckenhöhe relativ sehr hoch und zu ihrer Höhe relativ sehr schlank. Außerdem nimmt sie nicht nur den gesamten vorderen Rand des Schambeines ein, sondern sie erstreckt sich auch in geringerem Ausmaße auf die Pars publica rami ossis ischii (Symphysis pubo-ischiadica, Broek, 1914). Bei erwachsenen Tieren ist die Grenze zwischen dem Scham- und Sitzbein nicht immer deutlich sichtbar. Obwohl in vielen Fällen auf dieser Grenze eine kleine Verdickung vorhanden ist, ist die exakte Feststellung des Ausmaßes der symphyzialen Gelenkfläche sehr schwierig und in manchen Fällen sogar diskutabel.

DIE MORPHOLOGIE DER SYMPHYSENGEGEND

Bei den Makaken kann die Symphysenverbindung in zwei Hauptabschnitte geteilt werden. (Abb. 1, 2, 3, 4.)

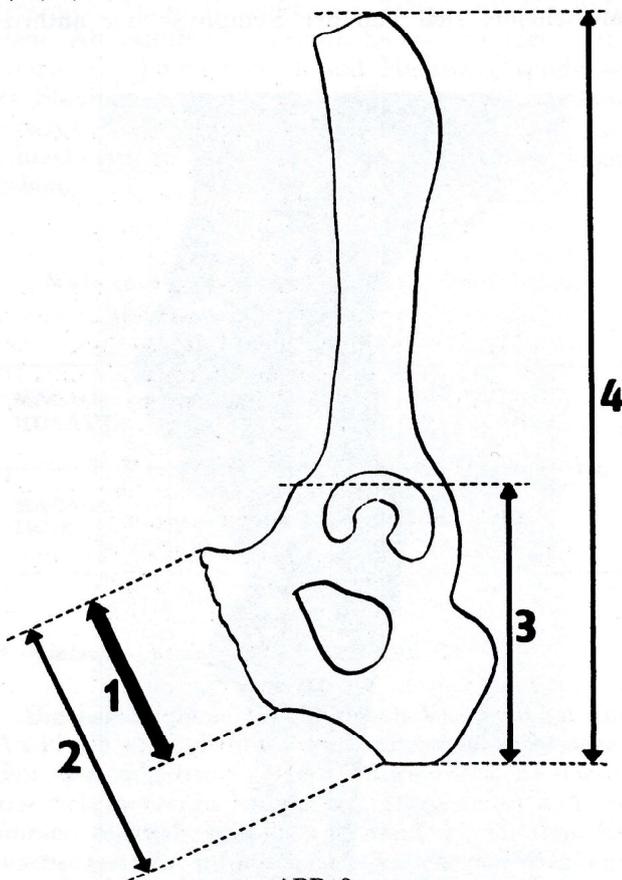


ABB. 3.

1. Symphysenlänge: geradlinige Entfernung des Punktes, in welchem der obere und vordere Rand des kleinen Beckens zusammentreffen, von dem Punkte, in welchem die vorderen Ränder beider Schambeine ihren Kontakt verlieren und auseinandertreten. Damit ist der subpubische Winkel bestimmt
2. Die Länge des vorderen Randes des kleinen Beckens: geradlinige Entfernung des oberen Randes der Symphyse vom vorderen Rand des Tuber ischiadicum
3. Die Höhe des kleinen Beckens: geradlinige Entfernung des Tuberculum iliopubicum (Broek) — d. h. der Stelle, an welcher die Körper des Hüft- und Schambeines zusammenwachsen, zu dem kaudalsten Punkt am Tuber ischiadicum
4. Ganze Beckenhöhe: geradlinige Entfernung des höchsten Punktes der Crista iliaca vom niedrigsten Punkte des Tuber ischiadicum

A. DAS OBERE SEGMENT DER SYMPHYSE ist länger und mäßig abgeplattet. Es nimmt den vorderen Rand des Schambeines ein und entspricht ungefähr der symphyzialen Gelenkfläche beim Menschen. In dorsaler Richtung divergieren die beiden Schambeine bogenförmig voneinander und die Rami superiores bilden den suprapubischen Winkel. Dieser Winkel öffnet sich bis zu der breitesten Stelle des Beckeneinganges (transversaler Durchmesser des Beckeneinganges). Die Reliefe der beiden symphyzialen Gelenkflächen entsprechen einander und die Verbindung wird von dem knorpeligen Discus interpubicus vermittelt, dessen Stärke 1 mm nicht übertrifft. Es handelt sich also um den zweiten Verbindungstypus der Symphyse. Das obere Segment wird infolgedessen als pubisches oder knorpeliges Segment bezeichnet.

B. DAS UNTERE SEGMENT DER SYMPHYSE ist dagegen viel kürzer und dünner. Kaudalwärts geht es in eine ziemlich scharfe Kante über. Das untere Segment liegt schon überwiegend auf der Pars publica ossis ischii. In unterem Segment verlieren die vorderen Ränder der beiden Hüftbeine ihren direkten Kontakt, sie treten auseinander und bilden den subpubischen Winkel, welcher sich kaudal- und dorsalwärts bis zwischen die vorderen Seiten der beiden Tubera ischiadica (Distantia bituberalis interna) erstreckt. Die Verbindung wird durch Symphysenbänder realisiert, welche bogenförmig in den subpubischen Winkel verlaufen. Bei diesem Segment der Verbindung handelt es sich also um

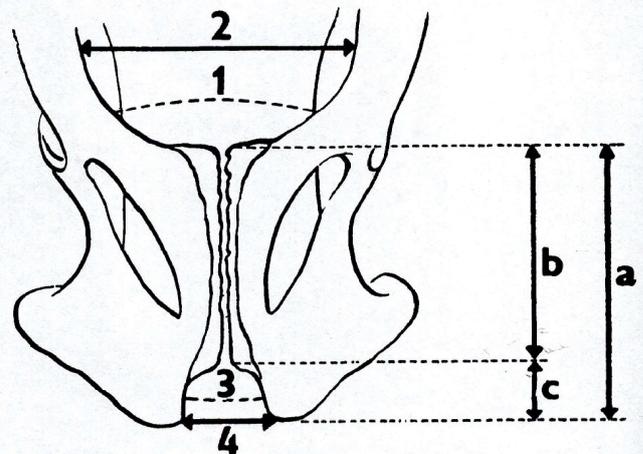


ABB. 4.

Das kleine Becken und die Einteilung der Symphysengegend bei den Makaken

- a = Bereich der Symphysengegend
- b = pubisches (knorpeliges) Segment der Symphysenverbindung-Symphysenlänge
- c = ischiadisches (bindegewebiges) Segment der Symphysenverbindung
- 1 = Der suprapubische Winkel (Winkel zwischen den beiden oberen Ästen der beiden Schambeine)
- 2 = Transversaler Durchmesser des Beckeneinganges (geradlinige Entfernung zwischen den lateralsten Punkten der Linea terminalis)
- 3 = Der subpubische Winkel (Winkel zwischen den beiden unteren Ästen der Schambeine)
- 4 = Der innere bituberale Durchmesser (geradlinige Entfernung zwischen den inneren Rändern der beiden Tubera ischiadica)

den dritten Verbindungstypus der Symphyse. Das untere Segment wird als ischiadisches oder bindewebiges Segment bezeichnet.

Der Bereich der Symphysenverbindung wird bei den Makaken von dem ganzen vorderen Rand des kleinen Beckens bestimmt, d. h. von der Entfernung des ventralsten Punktes, in welchem der obere und untere Rand des kleinen Beckens (identisch mit dem Ramus superior und dem Ramus inferior ossis pubis) zusammentrifft, von derjenigen Stelle, an welcher die vorderen Ränder der Hüftbeine ihren gegenseitigen Kontakt verlieren und in dem subpubischen Winkel auseinandertreten (Abb. 4).

Nach unseren Untersuchungen kann die metrische Charakteristik der Symphysengegend bei den Makaken folgendermaßen zusammenfaßt werden (Abb. 3, 4):

a) Die Symphysengegend ist bei den jungen Makaken im Durchschnitt 3 cm hoch, bei heranwachsenden Tieren 4 cm hoch. Bei der Art *Macaca irus* ist diese Gegend um 2–4 mm kürzer als bei der Art *Macaca mulata*. Die Männchen beider Arten und Altersgruppen weisen eine um 1 bis 2 mm höhere Symphysengegend auf.

b) Das pubische Segment der Symphysenverbindung — die sog. Symphysenlänge ist bei den Heranreifenden 27–29 mm lang. Bei der Art *Macaca irus* ist dieses Ausmaß um 1–2 mm kleiner. Interessant sind die Geschlechtsunterschiede: bei den jugendlichen Männchen ist die Symphysenlänge um 1 mm größer als bei den Weibchen; bei den heranreifenden Weibchen ist die Symphysenlänge dagegen um 2 mm größer als bei den Männchen.

c) Das ischiadische Segment der Symphysenverbindung. Für dieses Segment haben wir folgende mittlere Meßwerte festgestellt: für Jugendliche 8–10 mm und für Heranwachsende 11–15 mm. Auch in diesem Ausmaß sind die Mittelwerte für die Art *Macaca irus* kleiner (bei den Jugendlichen um 1 mm und bei den Heranwachsenden um 3 mm). Bei den Männchen beider Altersgruppen ist dieses Segment um 2 mm, beziehungsweise 3 mm größer.

d) Der subpubische Winkel beträgt bei den Jugendlichen 35° bis 40°. Die pubischen Äste der Sitzbeine, von denen dieses Segment gebildet wird, treten in diesem Winkel bis auf Entfernung von 7 bis 8 mm auseinander (7 mm bei den Männchen 7,7 mm bei den Weibchen). Unter ungefähr demselben Winkel öffnen sich die pubischen Äste der Sitzbeine auch bei den Heranreifenden; nur die Entfernung ist etwas größer: 7,9 mm bei den Männchen und 8,8 mm bei den Weibchen.

e) Der suprapubische Winkel beträgt bei den Jugendlichen 70°. Die Rami superiores der beiden Schambeine laufen bis in eine Entfernung von 22 mm an Stelle des transversalen Durchmessers des Beckeneinganges. Bei den Heranreifenden ist dieser Winkel größer: bei den Männchen 80°, bei den Weibchen 85°. Der transversale Durchmesser des Beckeneinganges mißt bei den Männchen 35 mm und bei den Weibchen 38 mm.

Die festgestellten Unterschiede in den absoluten Werten dieser Ausmaße und Winkel zwischen den beiden Arten sind nicht relevant. Selbst die Geschlechtsunterschiede sind statistisch nicht signifikant. Wir schreiben ihnen deswegen keine größere Bedeutung zu.

Die Symphysenlänge wurde auch von Broek (1914) festgestellt. Er führt an, daß bei den Weibchen die Symphyse kürzer ist als bei den Männchen. Wenn es sich um die Länge der gesamten Symphysenverbindung handelt, dann stimmt seine Angabe mit unseren Befunden völlig überein. Wenn wir aber als Symphysenlänge nur die Länge des pubischen Segmentes betrachten, dann sind unsere Ergebnisse gerade umgekehrt.

Die beiden pubischen Winkel haben eine eher bogenähnliche Form. Infolgedessen ist es sehr schwer sie zu messen. Wir haben die Winkel, vor allem den unteren, nur annähernd gemessen und größeren Wert auf den genau meßbaren transversalen Durchmesser des Beckens gelegt, in welchem die auseinanderlaufenden Winkeläste besser festzustellen sind.

Mit Rücksicht darauf, daß in unserem Material nur Individuen mit nicht völlig vollendetem Wachstum vertreten sind, sind die absoluten Ausmaße der einzelnen Becken von der Altersstufe *infans* bis zur Altersstufe *juvenis II* sehr verschieden. Deswegen haben wir für die Symphysenlänge auch relative Werte berechnet, bezogen zur Länge des vorderen Randes des kleinen Beckens, zur gesamten Beckenhöhe und zur Höhe des kleinen Beckens. Die genauen Definitionen der festgestellten Ausmaße sind auf der Abb. 3 angeführt und die einzelnen berechneten Meß- und Indexwerte sind übersichtlich in der Tabelle II angeführt.

Aus dem Vergleich der Mittelwerte für beide Altersgruppen, Geschlechter und Arten können folgende Schlußfolgerungen gezogen werden:

Die Unterschiede zwischen den beiden Gattungen sind bei allen verfolgten Indexen ziemlich klein und zeigen bei allen untersuchten Gruppen annähernd den gleichen Entwicklungstrend.

Index I: Die Symphysenlänge ausgedrückt in % der Länge des vorderen Randes des kleinen Beckens, d. h. der Länge der gesamten Symphysenverbindung. Dieser Index zeigt den relativen Anteil des pubischen und ischiadischen Segmentes an der gesamten Verbindung. Mit annähernder Sicherheit gilt, daß das pubische Segment $\frac{2}{3}$ der gesamten Verbindung einnimmt. Die Veränderungen dieses Verhältnisses zwischen den Jugendlichen und Heranwachsenden weisen bei unserem Material keine deutlichen Gesetzmäßigkeiten auf.

Index II: Dieser Index drückt die Symphysenlänge in % der gesamten Beckenhöhe aus. Die Symphysenlänge vergrößert sich von der Altersstufe *infans* bis zur Altersstufe *juvenis II* im Durchschnitt um 7–9 mm. Aber im Verhältnis zur gesamten Beckenhöhe bleibt die Symphysenlänge beständig, d. h. die Symphyse wächst ganz gleichmäßig mit dem Wachstum des ganzen Beckens. Bei den Weibchen ist die relative Symphysenlänge, be-

TAB. II

Metrische Beziehungen der Symphyse zu einigen Ausmassen des kleinen Beckens

ART	LEBENS — PERIODE	♂ ♀	INDEX						
			Symphysenlänge × 100 Vorderer Rand des kleinen Beckens	Symphysenlänge × 100 ganze Beckenhöhe		Symphysenlänge × 100 Höhe des kleinen Beckens			
MACACA MULATTA	infans + juvenis I	♂	22,25	33,4	66,68	86,5	25,80	35,9	61,90
		♀	21,96	31,2	70,35	83,3	26,41	33,9	64,06
	juvenis II	♂	27,16	42,3	63,23	112,0	24,24	44,0	61,74
		♀	29,78	44,0	67,75	116,2	25,69	42,1	70,70
MACACA IRUS	infans + juvenis I	♂	21,05	31,2	67,34	87,4	24,09	34,1	59,77
		♀	20,55	29,0	71,65	81,2	25,37	33,1	62,21
	juvenis II	♂	27,00	39,1	69,07	107,8	24,90	41,4	65,12
		♀	27,72	38,9	71,39	105,8	26,30	37,5	74,12
			Symphysen- länge	Vorderer Rand des kleinen Beckens	ganze Beckenhöhe		Höhe des kleinen Beckens		
			(mm)	Ausmasse des kleinen Beckens					

zogen zur gesamten Beckenhöhe, immer etwas kleiner als bei den Männchen. Dieser Befund steht in vollem Einklang mit den früheren Angaben von Broek (1914).

Index III: Völlig abweichend entwickelt sich aber das gegenseitige Verhältnis zwischen der Symphyse und dem kleinen Becken. Dieses Verhältnis wird in dem Index III berechnet, welcher die Symphysenlänge in % der Höhe des kleinen Beckens ausdrückt. Bei den Jugendlichen weist der Index fast gar keine Geschlechtsunterschiede auf. Wenn wir aber die Jugendlichen und Heranreifenden miteinander vergleichen, wird es deutlich, daß die Indexwerte bei den Männchen höchstens um 5 Einheiten, aber bei den Weibchen um volle 12 Einheiten ansteigen. Auf der Altersstufe juvenis II sind die Indexwerte für beide Geschlechter sehr verschieden. Der Unterschied von ungefähr 10 Indexeinheiten ist schon beträchtlich und weist auf den ausgeprägten Sexualdimorphismus hin. Das ist ein Beweis dafür, daß sich die Symphysenlänge im Verhältnis zur Höhe des kleinen Beckens im Laufe des Heranreifens relativ vergrößert. Diese Vergrößerung ist bei den Weibchen markanter als bei den Männchen. Die relative Symphysenlänge beträgt bei den Weibchen 70 % bis 74 % der Höhe des kleinen Beckens, bei den Männchen nur 60 % bis 65 %. Broek (1914) führt für diesen Index abweichende Mittelwerte an: 74 für Männchen und 71 für Weibchen. Die Differenz unserer Befunde liegt darin, daß Broek nur Becken erwachsener Affen untersucht hat, an welchen alle Bänder und Gelenkknorpel erhalten waren. Außerdem scheint es höchst wahrscheinlich, daß Broek die Symphysenlänge

anders gemessen hat als wir*), denn bei der Feststellung dieses Ausmaßes gibt es mehrere Möglichkeiten. Die Geschlechtsunterschiede in der relativen Symphysenlänge im Bezug zur Höhe des kleinen Beckens werden von dem ungleichen Wachstum des Scham- und Sitzbeines bei den beiden Geschlechtern in der Reifezeit hervorgerufen. Bei den Weibchen finden wir ein langes Schambein und ein kurzes Sitzbein: bei den Männchen ist dieses Verhältnis völlig umgekehrt: das Schambein ist relativ kurz und das Sitzbein lang. Von der Entwicklung dieser zwei Knochen ist die Höhe des kleinen Beckens direkt abhängig. Auf dieses Maßverhältnis zwischen dem Wachstum des Scham- und Sitzbeins am Anfang der Reifezeit, das für die endgültige Konfiguration und die Geschlechtsunterschiede am Becken erstklassige Bedeutung besitzt, hat schon früher einer der beiden Autoren (Novotný 1967, 1968) anlässlich seines Studium der Bedeutung des Schambeines für die geschlechtliche Differenzierung des knöchernen Beckens bei nichterwachsenen Makaken hingewiesen. Dieses Studium wurde bei demselben Material durchgeführt, bei dem wir in der vorgelegten Arbeit die Symphysengegend verfolgen.

DAS RELIEF DER SYMPHYSIALEN GELENKFLÄCHE DES SCHAMBEINS

Dieses Merkmal wurde bei den nichthominiden Primaten bisher noch nicht ausführlicher verfolgt. Am Anfang unseres Studiums haben wir versucht dieses Merkmal nach denselben Kriterien zu bewer-

*) eine genaue Beschreibung dieses Ausmaßes fehlt in seiner Arbeit.

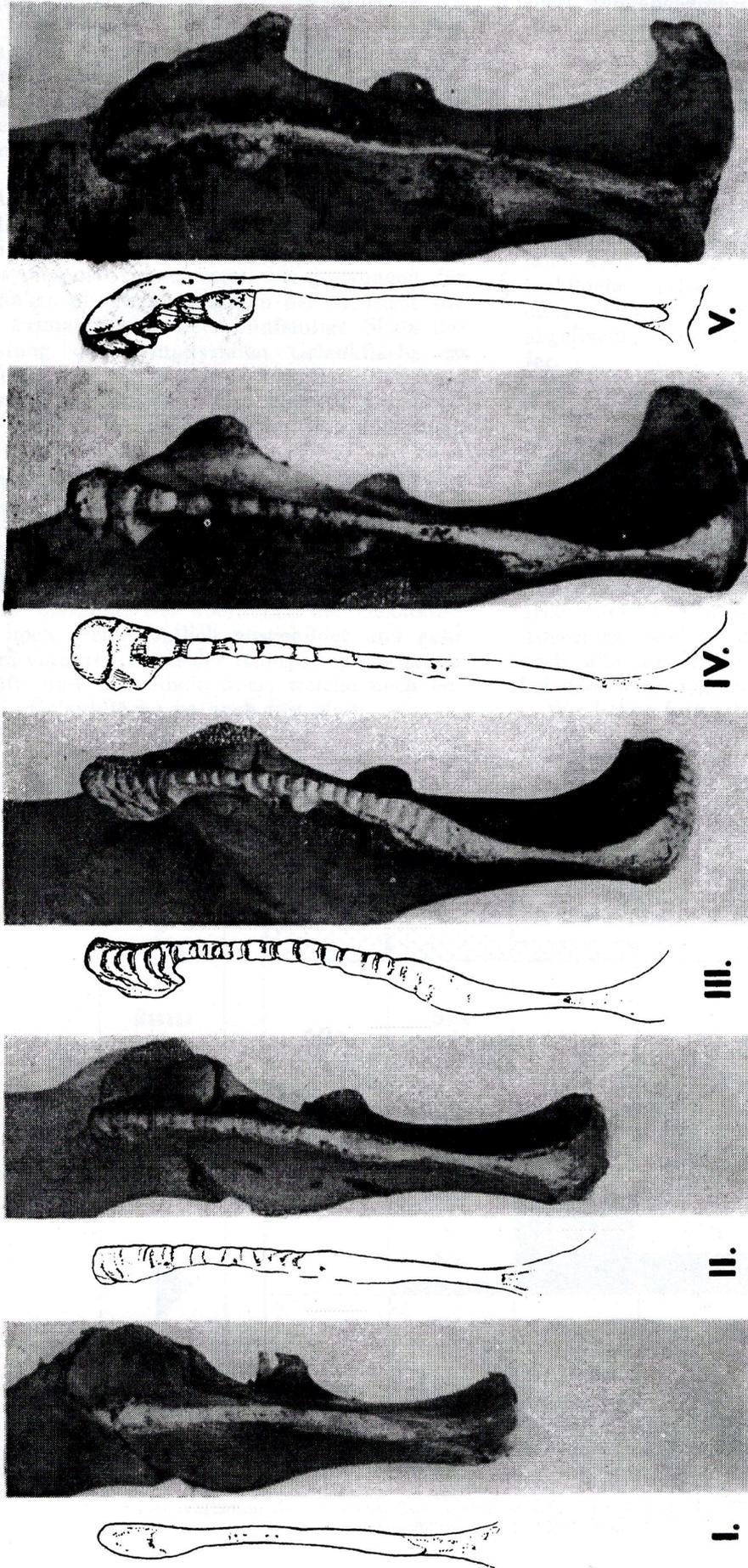


ABB. 5.

Entwicklungsstufen des Symphysenreliefs

Entwicklungsstufe I: Die symphysiale Gelenkfläche ist glatt. Der obere Teil der Gelenkfläche ist noch nicht gut ausgebildet.

Entwicklungsstufe II: Das Relief ist leicht sägezählig. Der obere Abschnitt der Gelenkfläche ist schon eindeutig definiert und abgegrenzt, der untere Abschnitt ist noch nicht deutlich abgegrenzt.

Entwicklungsstufe III: Das Relief ist im ganzen Bereich der Gelenkfläche sägezählig bis großzählig. Das obere Ende ist keulenartig verdickt.

Entwicklungsstufe IV: Das sägezählige bis großzählige Relief bleibt nur im oberen Abschnitt der Gelenkfläche, kaudalwärts wird die Gelenkfläche abgefächert, verdünnt sich und ihr Rand wird schärfer.

Entwicklungsstufe V: Das Relief ist im oberen Teil grob rau. In ihrem unteren Teil bildet die Gelenkfläche eine ziemlich dünne und scharfe Kante.

ten, welche zur Beurteilung des Symphysenreliefs beim Menschen und bei den anthropoiden Affen empfohlen worden sind (Todd, 1921; Nemeskéri, Harsányi und Acsádi, 1960; Dokládál, 1970 u. a.). Aber diese Methode hat sich nicht bewährt und wir mußten sie aufgeben.

Wir konnten zwar feststellen, daß Relief der symphysialen Gelenkfläche als Ganzes eine ziemlich ähnliche entwicklungsgeschichtliche Metamorphose wie bei den höheren Primaten (Mensch und anthropoide Affen) durchmacht, aber in den Einzelheiten weist die Gestaltung des Reliefs eine Reihe von wesentlichen Abweichungen und Besonderheiten auf. Aus diesem Grunde waren wir gezwungen, für die Makaken als Repräsentanten der niedriger stehenden Primaten eine neue fünfstufige Skala der Entwicklung der symphysialen Gelenkfläche zu entwerfen.

Die einzelnen Entwicklungsstadien sind auf der Abb. 5 dargestellt (bei identischer Vergrößerung).

ENTWICKLUNGSSTUFEN DES RELIEFS DER SYMPHYSALEN GELENKFLÄCHE:

Entwicklungsstufe I.: Die symphysiale Gelenkfläche ist noch nicht im ganzen Bereich der Symphyse markant. Der obere Teil der Gelenkfläche ist noch nicht deutlich ausgebildet und geht breit zum vorderen Rand der Knorpelfuge zwischen dem Hüft- und Schambein über, welche noch besteht. Die Gelenkfläche ist noch fast glatt.

Entwicklungsstufe II.: Der obere Abschnitt der Gelenkfläche ist schon eindeutig definiert und abgegrenzt, aber das gilt noch nicht für den unteren Teil. Das Relief ist leicht sägezählig.

Entwicklungsstufe III.: Die beiden Endteile der Gelenkfläche sind schon gut definiert und abgegrenzt, wobei der obere keulenartig verdickt ist. Das Relief ist in ganzem Bereich sägezählig bis großzählig. Man kann sehr gut die einzelnen Furchen und Leisten unterscheiden.

Entwicklungsstufe IV.: Das sägezählig bis großzählig Relief bleibt nur im oberen, immer noch keulenförmig verbreiteten Abschnitt der Gelenkfläche erhalten. Kaudalwärts verschwindet diese Struktur allmählich. Die Gelenkfläche wird abgeflacht, verdünnt sich und ihr Rand wird schärfer.

Entwicklungsstufe V.: Das Relief der Gelenkfläche wird in ihrem oberen Teil grob rauh; in ihrem unteren Teil bildet die Gelenkfläche eine ziemlich dünne und scharfe Kante.

Diese Entwicklungsstufen sind als schematisch anzusehen, denn nur ein kleiner Teil der Gelenkfläche fällt ohne weiteres in eine dieser Stufen. Es gibt viele Übergangsformen, so daß die Klassifikation in gewissem Maß von dem subjektiven Eindruck der untersuchenden Person beeinflusst ist. Allerdings stoßen auf dieselben Schwierigkeiten auch alle ähnlichen morphoskopischen Methoden bei der Bewertung einer Reihe anderer Merkmale.

Wir haben festgestellt, wie weit das Auftreten der

Relief	♂♀	I.	II.	III.	IV.	V.
INFANS + JUVENIS I 	♂	25%	61%	13%		
	♀	40%	51%	8%		
JUVENIS II 	♂		5%	58%	23%	11%
	♀		6%	34%	30%	30%

TAB. III-

Das Auftreten der einzelnen Entwicklungsstadien des Reliefs der symphysialen Gelenkfläche bei den Makaken.

einzelnen beschriebenen Entwicklungsstadien des Reliefs der symphysialen Gelenkfläche von dem Alter der Tiere abhängig ist. Die Ergebnisse dieser Beobachtung sind übersichtlich in der Tabelle III angeführt. Da in der Entwicklung des Symphysenreliefs zwischen den beiden untersuchten Arten *Macaca mulatta* und *Macaca irus* keine wesentlichen Unterschiede festgestellt wurden, haben wir das gesamte Material der beiden Arten in eine Gruppe zusammengefasst.

A) Bei den Jugendlichen, d. h. in der Altersstufe *infans + juvenis I*, ist das Relief der symphysialen Gelenkfläche noch nicht ausdrucksvoll ausgeprägt. Bei 25 % der Männchen- und bei 40 % der Weibchenbecken ist die Oberfläche der Gelenkfläche noch flach — Entwicklungsstufe I — bei mehr als einer Hälfte der Fälle (61 % der Männchen und 51 % der Weibchen) ist die Gelenkfläche leicht sägezählig — Entwicklungsstufe II — und nur bei ungefähr 10 % der Fälle (13 % der Männchen und 8 % der Weibchen) sind auf der Gelenkfläche deutliche Kanten und Furchen oder angeordnete Zähnchen ausgeprägt — sägezähniges Relief (Entwicklungsstufe III). Die Unterschiede zwischen den beiden Geschlechtern (größere Anzahl der Gelenkflächen mit ausdruckslosem Relief bei den Weibchen) gehen auf die unregelmäßige Altersvertretung im Material zurück. Unter den weiblichen Becken gibt es nämlich einen größeren Prozentsatz von Becken der jüngeren Entwicklungsstadien, bei welchen die symphysiale Gelenkfläche noch völlig glatt ist. Die vierte und fünfte Entwicklungsstufe der Symphyse ist bei den Becken von Jugendlichen nicht vorgekommen.

Diese große Variabilität des Reliefs der symphysialen Gelenkfläche in den Altersperioden *infans + juvenis I*, die das Auftreten von allen drei ersten Entwicklungsstufen dokumentiert, ist die beste Bestätigung der Behauptung Todds über den früheren Anfang der symphysialen Metamorphose: „... all mammals with the exception of Man commence to show active pubic metamorphosis during the first life period“ (Todd, 1923). Als die „erste Lebensperiode“ bezeichnet Todd den Zeitraum von der Geburt bis zum Zusammenwachsen von Hüft-, Sitz- und Schambein im Acetabulum, also die Zeitperiode, welche wir als *infans + juvenis I* bezeichnen.

B) Bei den Heranreifenden beider Geschlechter, d. h. in der Altersstufe *juvenis II* ist die erste Entwicklungsstufe — flaches Relief — überhaupt nicht aufgetreten. Die zweite Entwicklungsstufe — leicht sägezähniges Relief — ist ebenfalls ziemlich selten (bei Männchen 5 %, bei Weibchen 6 %). Bei den Männchen hat die dritte Entwicklungsstufe — sägezähniges bis großzähniges Relief — ein absolutes Übergewicht (58 %). Die vierte Entwicklungsstufe — sägezähniges bis großzähniges Relief nur in dem oberen Abschnitt der Gelenkfläche — wurde bei 23 % Individuen gefunden. Die fünfte Entwicklungsstufe — unregelmäßig grobe Gelenkfläche in ihrem oberen Abschnitt — kam nur bei 11 % der Fälle vor. Bei den Becken der Weibchen sind die

drei letzten Entwicklungsstufen (III, IV, V) ungefähr gleichmäßig vertreten und zählen bei jeder Entwicklungsstufe rund 30 %. Die größere Frequenz der vierten und fünften Entwicklungsstufe bei den weiblichen als bei den männlichen Becken kann wahrscheinlich durch das frühere geschlechtliche Reifen der Weibchen erklärt werden.

Es hat sich also gezeigt, daß das Relief der symphysialen Gelenkfläche des Os pubis in beträchtlichem Ausmaß von dem Alter bedingt ist.

Zusammenfassend kann man sagen, daß im frühen Kindesalter das Relief glatt ist, später ist die Oberfläche sägeförmig bis großzählig. Nach der Reifezeit wird die Oberfläche in ihrem unteren Abschnitt wieder glatt und bildet eine scharfe Kante. Im Verlaufe der weiteren Entwicklung (am Anfang des Erwachsenenalters) wird der obere Abschnitt der Gelenkfläche unregelmäßig grob, während der untere Abschnitt sich noch weiter verdünnt und verschärft. Da bei unserem Material die knöchernen Becken von völlig erwachsenen und alten Makaken fehlen (Altersstufen *maturus* und *senilis*), können wir die weitere Entwicklung der Symphyse und des Reliefs ihrer Gelenkfläche auf diesen Altersstufen bisher nicht beurteilen.

Das Symphysenrelief durchläuft bei den Makaken mit zunehmendem Alter im Grundsatz sehr ähnliche Veränderungen wie bei den anthropoiden Affen und beim Menschen. Da aber die somatische Entwicklung bei den Makaken schneller verläuft (die einzelnen Entwicklungs- und Wachstumsstadien dauern kürzere Zeit als bei den anthropoiden Affen und beim Menschen), treten auch die beschriebenen Veränderungen des Reliefs der symphysialen Gelenkfläche relativ früher, d. h. in niedrigerem Alter ein.

Das Relief der symphysialen Gelenkfläche kann ähnlich wie bei den anthropoiden Affen und beim Menschen auch bei den Makaken als eines der nutzbaren Hilfsmerkmale zur Altersbestimmung nach dem Skelett angewandt werden.

ZUSAMMENFASSUNG

1. Auf Grund von 180 knöchernen Becken jugendlicher heranwachsender Makaken der Arten *Macaca mulatta* und *Macaca irus* wurden die metrischen und morphoskopischen Merkmale der Symphysengegend mit besonderer Berücksichtigung des Reliefs der symphysialen Gelenkfläche verfolgt. Bei diesen Merkmalen wurden die Wachstumsveränderungen, Geschlechts- und Artunterschiede festgestellt.

2. Metrisch wurden folgenden Ausmaße der Symphysenverbindung festgestellt: Die gesamte Größe der Verbindung (d. h. die Länge des vorderen Randes des kleinen Beckens), die Länge des pubischen und ischiadischen Segmentes der Symphysenverbindung, der supra- und subpubische Winkel und die metrische Breite der Winkeläste. Zur Beurteilung der Wachstumsveränderungen der Symphyse wurde ihr Verhältnis zur Höhe der Verbindung, zum ganzen Becken und zum kleinen Becken berechnet.

3. Dis Symphyse wächst im Laufe der postnata-

len Entwicklung der Makaken durchaus proportionell mit dem Wachstum des gesamten Beckens. Ihre relative Länge im Bezug zur Höhe des kleinen Beckens vergrößert sich während der Reifezeit bei den Weibchen mehr, als bei den Männchen. Dieses proportionelle Mißverhältnis der Symphysenlänge zur Höhe des kleinen Beckens stellt ein wichtiges Geschlechtsmerkmal dar.

4. Das Relief der symphysialen Gelenkfläche ist vom Alter abhängig. In der Altersperiode infans ist die Gelenkfläche glatt. Später wird das Relief sägezählig bis großzählig. Gegen Ende der Reifezeit verdickt sich das obere Ende der Gelenkfläche keulenartig, während sich ihr unterer Abschnitt in eine scharfe, dünne Kante verwandelt.

5. Das Relief der symphysialen Gelenkfläche bei den Makaken kann ähnlich wie bei den anthropoiden Affen und beim Menschen als eines der Hilfsmerkmale zur Altersbestimmung am Skelett benützt werden.

LITERATUR

- BIEGERT J.: Schriftliche Mitteilung vom 25. Mai 1967.
- BOYD J. D., TREVOR J. C.: Race, sex, age and stature from skeletal material. In: Simpson, K. (Edit.): *Modern trends in forensic medicine*. Pp: 133—152, London, 1953.
- BRIGGS L. C.: *Initiation á l'Anthropologie du Squelette*. Alger, 1958.
- BROEK, v. d. A. J. P.: Ueber Geschlechtsunterschiede im Becken bei Primaten. *Arch. anat. Physiol., Anat. Abt.*: 163—184, 1911.
- BROEK, V. d. A. J. P.: Studien zur Morphologie des Primatenbeckens. *Gegenbauers Morphol. Jahrbuch* 49: 1—118, 1914.
- BROOKS S. T.: Skeletal Age at Death: The Reliability of Cranial and Pubic Age Indicators. *Amer. J. Phys. Anthropol., N. S.*, 13: 567—597, 1955.
- BUGYI B.: Roentgenologische Untersuchungen von Altersveränderungen der Symphyse des Os pubis, des Schlüsselbeines und der Scapula. *Mitt. d. Sektion Anthropologie (Berlin)* 8: 23—27, 1963.
- BURMANN M., WEINKLE I. N., LANGSMAN M. J.: Adolescent Osteochondritis of the Symphysis pubis with a Consideration of the Normal Roentgenographic Changes in the Symphysis pubis. *Brit. J. Joint Surgery, N. S.*, 16: 649—657, 1934.
- DOBRJAK V. I.: Vozrastnyje osobennosti simfiza lobkovyeh kostej. *Voprosy antropologii* 29: 140—147, 1968.
- DOKLÁDAL M., BERKA V., JANOUSEK S.: Die diagnostische Bedeutung der Facies symphysialis ossis pubis für die Altersbestimmung am Skelett. (Tschechisch.) *Vortrag auf dem XII. Kongress tschechoslowak. Gerichtsmediziner in Mariánské Lázně, October 1964* (Bisher noch nicht veröffentlicht).
- DOKLÁDAL M.: Eigene Erfahrungen mit der Altersbestimmung des Skelettes auf Grund des Ausmaßes der Markhöhle in langen Knochen und des Reliefs der Symphyse. (Tschechisch.) *Vortrag auf dem Symposium über Alters- und Geschlechtsbestimmung am Skelett. Prag, 1970* (Im Druck).
- DOKLÁDAL M.: Die Morphologie der symphysialen Gegend des Os pubis bei den Primaten. *Vortrag auf dem III. internat. Primatologen-Kongreß in Zürich, 1970*. (Im Druck in dem Kongreßband.)
- DOKLÁDAL M.: Über den Alterswandel der symphysischen Gelenkfläche des Os pubis bei den anthropoiden Affen. *Z. morphol. Anthropol.* 63: 76—89, 1971.
- HANIHARA V.: On the Age Changes in the Male Japanese Pubic Bone. *J. Anthrop. Soc. Nippon* 62: 245—260, 1952.
- HANSEN, G.: Die Altersbestimmung am proximalen Humerusende und Femurende in dem Rahmen der Identifikation menschlicher Skelettreste. *Wiss. Z. Humboldt- Univ. Berlin, Mathem.-Naturwiss. Reihe* 3: 1—73, 1953/4.
- KROGMAN W. M.: *The Human Skeleton in Legal Medicine*. In: Levinson S. A. (Edit.): *Symposium on medicolegal problems*. London—Philadelphia-Montreal, 1949.
- LANSING A. I.: *Cowdry's Problems of Ageing*. Baltimore, 1952.
- McKERN T. W., STEWART T. D.: Skeletal Age Changes in Young American Males. *Technical Report EP-45 Quartermaster Research + Development Center Natick, Mass.*, 1957.
- NEMESKÉRI J., HARSÁNYI L., ACSÁDI G.: Methoden zur Diagnose des Lebensalters von Skelettfunden. *Anthrop. Anz.* 24: 70—95, 1960.
- NOVOTNÝ V.: Beitrag über die Bedeutung des Os pubis für die Geschlechtsunterschiede der wachsenden Makaken. In: *Akten des anthropolog. Kongresses Brno (Tschechoslowakei) 1965*. *Anthropos* 19 (N. S., 11): 194—196, 1967.
- NOVOTNÝ V.: Über die Bedeutung des Os pubis für die Geschlechtsunterschiede am Becken der Makaken. *Anthropologie (Brno)* 6: 7—17, 1968.
- NOVOTNÝ V., PÁČ L.: Das Kreuzbein bei den juvenilen Makaken. (Tschechisch.) *Vortrag auf dem X. Kongreß tschechoslow. Morphologen in Hradec Králové, 1971*.
- POLÁČEK P., NOVOTNÝ V.: Sex Differences of the Bony Pelvis in Growing Macaques. *Folia Morphol. (Praha)* 13: 145—156, 1965.
- SCHULTZ A. H.: Schriftliche Mitteilung vom 25. Mai 1967.
- STEWART T. D.: Distorsion of the Pubic Symphyseal Surface in Females and its Effect on Age Determination. *Amer. J. Phys. Anthropol., N. S.*, 15: 9—18, 1957.
- TODD T. W.: Age Changes in the Pubic Bone. I. The Male White Pubis. *Amer. J. Phys. Anthropol.* 3: 285—334, 1920.
- TODD T. W.: Age Changes in the Pubic Bone. V. Mammalian Pubis Metamorphosis. *Amer. J. Phys. Anthropol.* 4: 333—406, 1921.
- TODD T. W.: Age Changes in the Pubic Bone. VII. The Anthropoid Strain in the Human Pubic Symphysis. *J. Anat.* 67: 274—294, 1923.
- WAGENEN V. G., ASLING C. W.: Roentgenographic Estimation of Bone Age in the Rhesus Monkey (*Macaca mulatta*). *Amer. J. Anat.* 103: 163—185, 1958.

Doz. Dr. Milan Dokládál, CSc.

Dr. Vladimír Novotný,

Anatomisches Institut der medizinischen Fakultät
der J. E. Purkyně-Universität,
Komenského nám. 2, Brno,
Tschechoslowakei