

Aus dem Pathologischen Institut der Karl-Marx-Universität Leipzig
(Direktor: Prof. Dr. med. habil. G. HOLLE)

Die Bedeutung einiger Knochenkerne für die Reifebestimmung von Kindern* **

Von

HANSJÜRGEN ZSCHOCH und GISELA BIRRINGER

(Eingegangen am 1. Februar 1962)

Die Feststellung des Reifegrades eines Kindes ist von jeher nicht nur für die Pädiatrie und Pathologische Anatomie, sondern auch für die forensische Medizin aus vielerlei Gründen von besonderem Interesse. Zur Bestimmung des Reifegrades werden neben der Körperlänge und zahlreichen weiteren sicheren und unsicheren Kriterien seit über 100 Jahren auch das Vorhandensein oder Fehlen der Knochenkerne in der distalen Femurepiphysse und der proximalen Tibiaepiphysse mit verwertet, besonders deswegen, weil unter Umständen an nur einzeln aufgefundenen Knochen die Frage nach dem Reifegrad beantwortet werden muß.

Die in der Literatur erhobenen Befunde sind unterschiedlich. BÉCLARD teilte 1819 mit, daß sich etwa 15 Tage vor der Geburt, also in der zweiten Hälfte des letzten Schwangerschaftsmonats, in der unteren Epiphyse des Oberschenkels der erste Knochenkern ausbildet, während noch kein einziger anderer langer Knochen einen Ossifikationsbeginn zeigt. Seit dieser Zeit wird der Béclardsche Knochenkern (BKK) als wichtigstes Kriterium der Reife angesehen. Er soll eine Größe von 5 mm haben (CLARA, ESSBACH, HANSEN, KETTLING, MUELLER, PROKOP) und nur bei 12% der Kinder nicht anzutreffen sein (BRANDT, CLARA, HARTMANN). Er kann aber auch bei unreifen Kindern vorhanden sein und dort eine Größe bis zu 4 mm aufweisen (KETTLING).

BÖHM und MILDNER geben bei reifen Kindern eine Größe von 2—2,5 mm, CASPER und VOLTOLINI von über 3 mm, TOLDT von 3—7 mm und OLLIVIER und ROBECHI von durchschnittlich 4 mm an. SAETTELE, SIEBERT und STARCK lehnen die Bewertung des BKK zugunsten des Knochenkernes in der proximalen Tibiaepiphysse (TKK) ab. Dieser soll bei Frühgeborenen fehlen (SIEBERG). Das Auftreten des Knochenkernes im Calcaneus (CKK) wird für den 4. (CORNING) und 6. Fetalmonat (CLARA) angegeben.

Alle diese unterschiedlichen Mitteilungen lassen die alleinige Bewertung besonders des BKK als fragwürdig erscheinen. Die Gründe für die differierenden Befunde sind mannigfaltig. Oft lag nur ein zahlenmäßig kleines Untersuchungsmaterial zugrunde. Zum anderen wurde meist nur ein einziger Knochenkern isoliert betrachtet. Um eine Basis für die Bewertung der Knochenkerne zu bekommen, muß der Reifegrad der untersuchten Kinder mit Hilfe anderer Kriterien bestimmt werden. Hier wurden unterschiedliche Bezugssysteme gewählt, wie Körperlänge, Körpergewicht oder Tragzeit. Da auch diese Faktoren Schwankungen unterworfen sind, kann nur durch Bearbeitung eines größeren statistischen Materials ein einwandfreies Ergebnis erwartet werden. Aus dem Rahmen fallende Befunde wurden nicht näher untersucht. So können z. B. endokrine Störungen

* Herrn Professor HUECK zum 80. Geburtstag gewidmet.

** Auszugsweise vorgetragen auf der Tagung der Nord- und Westdeutschen Pathologen in Wuppertal am 24. und 25. Oktober 1959.

und andere Krankheiten der Mutter einen Einfluß auf die Ossifikationsvorgänge des Kindes haben (BÜRGER, MAYER und HEMMER).

Da die Befunde des Schrifttums sehr unterschiedlich sind, haben wir erneut die Frage aufgeworfen, ob die alleinige Kontrolle der distalen Femurepiphysen auf das Vorhandensein und die Größe des BKK ein brauchbares Kriterium zur Reifebestimmung darstellt, mit welcher Fehlerbreite zu rechnen ist und welche Beziehungen zwischen dem BKK und dem Knochenkern in der proximalen Tibiaepiphysen bestehen. Außerdem wurde das Auftreten und die Größe des Knochenkernes im Calcaneus untersucht.

Bei 300 unausgewählten kindlichen Leichen aus dem laufenden Sektionsgut wurde das Vorhandensein und die Größe des BKK und des TKK festgestellt, bei 150 von ihnen außerdem noch das Vorhandensein und die Größe des CKK. Es handelte sich um Tot- und Lebendgeborene aller Reifestufen. Die obere Altersgrenze wurde bei etwa einem Lebensmonat gezogen. Auch wir stellten fest, daß es nicht genügt, nur einen Schnitt durch die knorpelige Epiphysen zu führen, sondern diese muß in möglichst viele dünne parallele Scheiben zerlegt werden. Wir haben auf diese Weise mehrmals einen Knochenkern finden können, der auf dem ersten orientierenden Schnitt nicht zu sehen war (s. auch CASPER).

Das Vorhandensein bzw. das Fehlen des BKK und TKK ist in Tabelle 1 zusammengestellt¹. Zur Bewertung des Reifegrades wurde die Körperlänge herangezogen (PORTER) und eine solche von 48 cm als Grenze zwischen Unreife und Reife genommen.

Tabelle 1. Häufigkeit des Auftretens des BKK und TKK bei unreifen und reifen Kindern

	Fälle		BKK vorhanden		TKK vorhanden	
	Absolut	Relativ	Absolut	Relativ	Absolut	Relativ
Unreif (unter 48 cm lang)	171	100 %	29	17,0 %	—	—
Reif (über 48 cm lang)	129	100 %	124	96,5 %	114	88 %
Summe	300	100 %	153	51,0 %	114	38 %

Aus Tabelle 1 geht zunächst hervor, daß bei einer Körperlänge von über 48 cm die Knochenkerne in Femur- und Tibiaepiphysen zwar sehr häufig, aber nicht immer vorhanden waren. Bei 129 Kindern von über 48 cm Körperlänge war der BKK in 124 Fällen, der TKK in 114 Fällen nachweisbar. Weiterhin ist in Übereinstimmung mit der Literatur festzustellen, daß der BKK viel früher als der TKK auftritt; letzterer fehlt bei unreifen Kindern unter 48 cm Körperlänge immer, ersterer ist bei reifen Kindern dagegen relativ oft anzutreffen. Daraus ist zu schließen, daß das Vorhandensein eines dieser Kerne zwar einen Hinweis für die Reife, aber keinen Beweis für sie darstellt. Andererseits sind wir jedoch nicht berechtigt, aus dem Fehlen allein des TKK auf die Unreife zu schließen, da auch bei Kindern über 48 cm Körperlänge dieser Kern öfters vermißt wird. Die Differenz zwischen den beiden Relativzahlen des BKK liegt außerhalb des Zufallsbereiches (Sicherung nach KOLLER). Die gleichzeitige Untersuchung beider Knochenkerne läßt folgende Schlußfolgerung zu: Da bei unreifen Kindern der TKK immer und der BKK häufig fehlt, andererseits aber bei reifen Kindern meist beide Knochenkerne vorhanden sind, besteht beim Fehlen beider

¹ Das vollständige Untersuchungsmaterial kann in der Dissertation von G. BIRRINGER, Leipzig 1962, eingesehen werden.

Knochenkerne mit größter Wahrscheinlichkeit Unreife und beim Vorhandensein mit größter Wahrscheinlichkeit Reife. Von den 171 Kindern unter 48 cm Körperlänge können daher 142 mit Sicherheit als unreif bezeichnet werden, da neben den übrigen Reifezeichen beide Knochenkerne fehlen. Von den 129 Kindern über 48 cm Körperlänge sind 112 reif, da beide Knochenkerne vorhanden sind. Somit können von den 300 untersuchten Fällen 254 (= 84,7%) genau bestimmt werden. Die übrigen 46 Fälle (= 15,3%), die in Tabelle 2 zusammengestellt sind, sollen nun eingehender analysiert werden.

Bei 29 Kindern mit einer Körperlänge unter 48 cm fehlte der TKK, während der BKK vorhanden war. 28 dieser Kinder wiesen Körperlängen von 39—47 cm auf. Da der BKK sich bereits im 8.—9. Schwangerschaftsmonat ausbilden kann,

ist sein Vorhandensein bei diesen 28 Kindern nicht verwunderlich. Er ist aber bei solchen Körperlängen nur in Einzelfällen anzutreffen bzw. fehlt unberechenbar oft. Das 29. Kind stellt einen bemerkenswerten Fall dar.

Tabelle 2

Körperlänge	Beide Kerne fehlen	BKK vorhanden, TKK fehlt	BKK fehlt, TKK vorhanden
Unter 48 cm	—	29	—
Über 48 cm	3	12	2

Es handelte sich um ein Frühgeborenes mit einer Körperlänge von 32 cm und einem Körpergewicht von 820 g. Die Sektion ergab eine Anencephalie mit Rachischisis cervicalis et thoracalis, eine Hypoplasie der Nebennieren und eine Hyperplasie der Schilddrüse und des Thymus. Während der TKK fehlte, war der BKK vorhanden und maß 1,5 mm. Dieser Befund an der distalen Femurepiphysen ist ungewöhnlich, und der vorliegende Fall fällt völlig aus dem Rahmen der übrigen Befunde; denn von diesem Fall abgesehen, trat der BKK erstmalig bei einer Körperlänge von 39 cm und einem Körpergewicht von 1050 g auf. Es handelt sich also um eine erheblich verfrühte Ossifikation. Bemerkenswert ist die bei der Sektion festgestellte Hyperplasie von Schilddrüse und Thymus. Es läßt sich zwar nicht sicher feststellen, ob in unserem Fall eine endokrine Überfunktion beim Kind (oder der Mutter?) bestanden hat, es wäre aber immerhin denkbar. Endokrine Wirkungen auf die Ossifikation sind bekannt. Bei einer Hyperthyreose fehlt häufig der BKK und TKK (JORES, MAYER und HEMMER). Andererseits wird die Knochenentwicklung durch eine Überfunktion der Schilddrüse gefördert (BÜRGER). Das gleiche wird für den Thymus vermutet. Bei der echten und Pseudopubertas praecox verläuft die Knochenentwicklung ebenfalls beschleunigt und verfrüht (LABHART). Deshalb halten wir es für möglich, daß die auffällige frühzeitige Bildung des BKK in unserem Falle endokrin bedingt ist.

Die übrigen 17 Kinder, die von der obengenannten Regel abwichen, waren über 48 cm lang. In drei Fällen fehlten beide Knochenkerne. Ein Kind war 48 cm lang und zeigte noch einige Zeichen der Unreife, bei dem 2. und 3. Kind handelte es sich um 52 cm lange Totgeborene; die Ursache des Fehlens beider Knochenkerne bleibt unklar. Da das erste Kind eigentlich unreif war, haben wir nur zwei reife Kinder feststellen können, bei denen beide Knochenkerne fehlten. Deshalb kann an der Regel festgehalten werden, daß das Fehlen beider Knochenkerne mit größter Wahrscheinlichkeit Unreife bedeutet.

Bei 12 Kindern war der BKK vorhanden, während der TKK fehlte. Zehn von ihnen wiesen Körperlängen von 48—50 cm und geringe Unreifezeichen auf. Es handelte sich also um Grenzfälle. Die übrigen beiden Kinder waren 53 cm und 55 cm lang, die Ursache des Fehlens des TKK ließ sich nicht klären. Bei zwei Fällen war nur der TKK nachweisbar. Das eine Kind war 51 cm lang und wies noch geringe Unreifezeichen auf. Alle diese Fälle erlauben folgende Schlußfolgerung: *Ist der BKK vorhanden und fehlt der TKK, so kann das Kind sowohl*

unreif als auch reif sein. Eher ist aber Unreife zu erwarten. Bei diesen Fällen müssen dann die übrigen Kriterien der Reife besonders mit in die Waagschale geworfen werden.

Allgemein wird die Ansicht vertreten, daß bei einem reifen Kind der BKK eine Größe von 5 mm erreicht hat (ESSBACH u.a.). Dies können wir nicht bestätigen. Bei 48 cm Körperlänge war der BKK im Durchschnitt nur 3 mm groß (großer Durchmesser und 24 Einzelfälle). Die Extremwerte betrugen 1,2 mm und 5,5 mm. Da die 48 cm langen Kinder noch als Grenzfälle zwischen Unreife und Reife angesehen werden können, soll ein zweiter Wert hier angeführt werden. Bei einer Körperlänge von 50 cm betrug der große Durchmesser des BKK im Mittel von 20 Einzelfällen 4,7 mm mit Extremwerten von 2,0—6,5 mm. Gleiche Größenschwankungen zeigten auch der kleine Durchmesser des BKK und die Durchmesser des TKK. Bei Bildung größerer Gruppen kann allerdings eine deutliche Größenzunahme der Knochenkerne mit wachsender Körperlänge festgestellt werden (Tabelle 3). Dabei ist die statistische Streuung der Mittelwerte sehr groß. Die Differenzen zwischen den Mittelwerten wurden mit dem „t-Test“ geprüft. Sie liegen bei aufeinanderfolgenden Mittelwerten teils innerhalb, teils außerhalb des Zufallsbereiches. Insgesamt kann jedoch die Größenzunahme der Knochenkerne mit wachsender Körperlänge als gesichert betrachtet werden. Der BKK erreicht zum Zeitpunkt der Reife etwa eine Größe von 3—4 mm, während der TKK ungefähr 2 mm kleiner, d.h. 1—2 mm groß ist. Die Mittelwerte zeigen weiterhin, daß in allen Größenklassen die Differenz zwischen BKK und TKK etwa 2 mm beträgt. Wir möchten aus alledem den Schluß ziehen, daß aus der absoluten Größe der genannten Knochenkerne kein Urteil über den Reifegrad eines Kindes abgegeben werden kann.

Der bisherigen Beurteilung des Vorhandenseins bzw. Fehlens und der Größen des BKK und des TKK lag eine Einteilung der Fälle nach der Körperlänge zu-

Tabelle 3. *Arithmetisches Mittel und quadratische Abweichungen des größeren Durchmessers des BKK und des TKK bei zunehmender Körperlänge*

Körperlänge in cm	BKK	Fallzahl	TKK	Fallzahl
von 28—38	1,5	1	—	—
von 39—42	1,7 ± 1,4	9	—	—
von 43—47	2,8 ± 1,1	19	—	—
von 48—50	3,9 ± 1,3	57	1,7 ± 0,9	48
von 50,5—53	5,0 ± 0,8	34	2,8 ± 0,9	34
von 53,5—55	5,5 ± 1,4	14	3,6 ± 1,5	13
von 56—59	6,6 ± 1,6	19	4,5 ± 1,6	19

Tabelle 4. *Häufigkeit des Auftretens des CKK bei unreifen und reifen Kindern*
Die Differenzen sind bei einer Sicherung nach KOLLER nicht signifikant.

	Fälle		CKK vorhanden	
	Absolut	Relativ	Absolut	Relativ
Unreif (Körperlänge unter 48 cm)	97	100 %	86	88,5 %
Reif (Körperlänge über 48 cm)	53	100 %	52	98,0 %
Summe	150	100 %	138	92,0 %

grunde. Wir haben die gleiche Beurteilung auch bei einer Einteilung nach dem Körpergewicht versucht. Da dieses aber ein sehr unsicheres Kriterium darstellt, konnten keine neuen Gesichtspunkte zur Reifebestimmung gewonnen werden.

Bei 150 unserer Fälle wurde zusätzlich das Vorhandensein und die Größe des Knochenkernes im Calcaneus festgestellt. Die Befunde sind in Tabelle 4 und 5 wiedergegeben.

Bei reifen Kindern ist der CKK fast immer vorhanden, bei unreifen Kindern aber auch relativ oft. Er erscheint erstmalig bei einer Körperlänge von 31,5 cm,

also Anfang des 7. Fetalmonats. Die absolute Größe weist auch wieder im Einzelfall große Schwankungen auf. Mit zunehmender Körperlänge nimmt sie zu. Die Differenzen zwischen den Mittelwerten konnten mit dem „t-Test“ größtenteils gesichert werden. Zum Zeitpunkt der Reife hat der CKK eine Größe von etwa 8—9 mm erreicht. Der Knochenkern im Calcaneus hat also für die Grenzziehung „Unreife—Reife“ keine unmittelbare Bedeutung.

Zusammenfassung

Bei 300 fortlaufenden unausgewählten Sektionen von Kindern aller Reifestufen wurden

die Knochenkerne in der distalen Femurepiphysen und in der proximalen Tibiaepiphysen untersucht, in 150 dieser Fälle außerdem der Knochenkern im Calcaneus. Der Tibiaknochenkern fehlt immer bei unreifen Kindern unter 48 cm Körperlänge. Beim Fehlen der Kerne in Tibia und Femur ist das Kind mit größter Wahrscheinlichkeit unreif, sind beide Knochenkerne vorhanden, ist das Kind mit größter Wahrscheinlichkeit reif. Ist der Knochenkern im Femur vorhanden und fehlt der Tibiaknochenkern, so kann das Kind sowohl unreif als auch reif sein. Zwischen der absoluten Größe der Knochenkerne und dem Reifegrad besteht keine für den Einzelfall praktisch verwertbare Beziehung. Der Knochenkern im Calcaneus hat für die Reifebestimmung keine Bedeutung.

Summary

In 300 consecutive unselected autopsies of infants of all degrees of maturity the bony centers of ossification in the distal femoral epiphysis and in the proximal tibial epiphysis were studied. In addition, in 150 of these cases the bony center of ossification of the calcaneus was examined. The tibial center was always absent in premature infants under 48 cm body length. In the absence of the centers in the tibia and femur the infant most likely would be immature. If both bony centers would be present, the infant most probably would be mature. If the femoral center would be present and the tibial center absent, then the infant might be immature or mature. There is no practical or valuable relationship between the absolute size of the bony centers and the degree of maturity for an individual case. The bony center in the calcaneus has no importance in the determination of maturity.

Literatur

- BECLARD, TH.: *Nouv. J. méd.* (Paris) 4, 107 (1819). Zit. in A. B. N. SCHMIDTMANN.
 BÖHM: Über die forensische Bedeutung des Knochenkerns in der unteren Epiphyse des Oberschenkels der Neugeborenen. *Vjschr. gerichtl. Med.* 14, 28 (1858).
 BRANDT, W.: *Lehrbuch der Embryologie*. Basel: S. Karger 1949.

- BÜRGER, M.: Pathologische Physiologie. Leipzig: Georg Thieme 1958.
- CASPER, L. J.: Praktisches Handbuch der gerichtlichen Medizin. Berlin 1857.
- CLARA, M.: Entwicklungsgeschichte des Menschen. Leipzig: Georg Thieme 1955.
- CORNING, H. K.: Lehrbuch der Entwicklungsgeschichte des Menschen. München: J. F. Bergmann 1925.
- ESSBACH, H.: Paidopathologie. Leipzig: Georg Thieme 1961.
- HANSEN, G.: Gerichtliche Medizin. Leipzig: Georg Thieme 1954.
- HARTMANN, G.: Beiträge zur Osteologie der Neugeborenen. *Vjschr. gerichtl. Med.* **12** (1870).
- JORES, A.: Klinische Endokrinologie. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer 1949.
- KETTLING, J., S. SCHÖNBERG u. F. SCHWARZ: Lehrbuch der gerichtlichen Medizin. Basel: S. Karger 1951.
- KOLLER, S.: Graphische Tafeln zur Beurteilung statistischer Zahlen. Dresden u. Leipzig: Theodor Steinkopff 1953.
- LABHART, A.: Klinik der Inneren Sekretion. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer 1957.
- MAYER, J. B., u. A. HEMMER: Die Embryopathia thyreotica. *Arch. Kinderheilk.* **153**, 123 (1956).
- MILDNER: Benutzung des Knochenkerns in der unteren Epiphyse des Schenkelbeines zu gerichtsärztlichen Zwecken. *Prag. Vjschr.* **28**, 39 (1850).
- MUELLER, B.: Gerichtliche Medizin. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer 1953.
- OLIVIER: Ann. Hyg. publ. (Paris) **27**, 342 (1841). Zit. in A. B. N. SCHMIDTMANN.
- PONSOLD, A.: Lehrbuch der gerichtlichen Medizin. Stuttgart: Georg Thieme 1957.
- POTTER, E. L.: The Pathology of the Fetus and the Newborn. Chicago: Year Book Publ. 1952.
- PROKOP, O.: Lehrbuch der gerichtlichen Medizin. Berlin: Volk & Gesundheit 1960.
- ROBECCHI, E.: Die kindliche Reife. Klinisch und gerichtsmedizinische Bedeutung der Knochenkerne des Knies. *Ref. Dtsch. Z. gerichtl. Med.* **24**, 455 (1934/35).
- SAETTELE, R.: Körpergrößenbestimmung menschlicher Früchte an Hand der Längenmaße einzelner Skeletteile oder deren Diaphysen. *Dtsch. Z. gerichtl. Med.* **40**, 567 (1951).
- SCHMIDTMANN, A. B. N.: Handbuch der gerichtlichen Medizin. Bd. 2, S. 492. Berlin: Hirschwald 1907.
- SIEBERG, C.: Über Vorkommen und Form des proximalen Tibia-Epiphysenkerns bei Neugeborenen. *Dtsch. Z. gerichtl. Med.* **38**, 11 (1943).
- SIEBERT, E. O.: Die Altersbestimmung menschlicher Früchte und ihre gerichtsmedizinische Anwendung. *Dtsch. Z. gerichtl. Med.* **34**, 471 (1941).
- STARCK, D.: Embryologie. Stuttgart: Georg Thieme 1955.
- TOLDT, C.: Die Knochen in gerichtsärztlicher Beziehung. In J. MASCHKA, Handbuch der gerichtlichen Medizin, Bd. 3. Tübingen 1882.
- VOLTOLINI: Der Knochenkern in der unteren Epiphyse des Femur. *Vjschr. gerichtl. Med.* **15**, 95 (1859).
- WEBER, E.: Grundriß der biologischen Statistik. Jena: Gustav Fischer 1956.

Oberarzt Dr. med. H. ZSCHOCH, Pathologisches Institut der Universität,
Leipzig C 1, Liebigstr. 26