

ÜBER DIE HISTOLOGISCHEN VERÄNDERUNGEN BEI DER ENTWICKLUNG DES HALLUX VALGUS

E. TARSOLY

(Eingegangen am 13. Mai, 1961)

Der lebende Organismus ist mit seiner Umgebung eng verbunden, gerade darum kann man bei Untersuchung der anatomischen und histologischen Struktur des Organismus diesen von seiner Umgebung nicht absondern. Die wirksamen Faktoren der Außenwelt ändern zuweilen seine Funktion und seine Struktur so weitgehend, daß sich dort eine neue Gewebeart bildet.

Nach ROUX wirkt die Belastung als Reiz und dieser Reiz nötigt das lebende Gewebe zu einem entsprechenden Umbau.

NAUCK hat die Sehne des *Musc. flex. digitorum* herauspräpariert und vor den Knöchel gesetzt. Da auf diese Weise die Druckkomponente eliminiert wurde, ist die dünne Knorpelschicht von der Oberfläche der Sehne allmählich verschwunden.

GÜNTZ setzt auf Grund von orthopädischen Untersuchungen bei den Sehnen bzw. Kapselbändern eine effektive Knochenbildung voraus, die dann zustande kommt, wenn die verschiedenen Deformitäten infolge erhöhter funktioneller Inanspruchnahme zu einer abnormalen Belastung führen.

HAGYMÁSI fand bei der Untersuchung der Struktur des *Ligamentum acetabuliforme*, daß sich darin von der Belastung abhängig Knorpel- bzw. Knocheninseln bilden.

BENNINGHOFF beschreibt (1924), daß der Knorpel unter unmittelbarer Druckwirkung degeneriert, aber das spezifisch deformierte Perichondrium Knorpel erzeugt. MOSKOFF hat die Beobachtungen von BENNINGHOFF bei den Knorpeln der Trachea bestärkt.

ROUX (1880) unterscheidet zwei Formen der funktionellen Adaptation, die Aktivitätshypertrophie und die Inaktivitätsatrophie. Beide Veränderungen sind quantitativ, da sie eine Zunahme oder Abnahme der vorhandenen Elemente bedeuten.

Laut KROMPECHER bedeutet es ein neues Motiv, wenn das Gewebe qualitativ unter die Wirkung einer neuen biologischen Funktion gelangt, und diese sich von der früheren Funktion *qualitativ* unterscheidet. In diesem Falle differenzieren sich die undifferenzierten Zellen und Gewebe in eine neue Richtung, d. h. es entsteht eine neue Form: dieser Vorgang ist die Neodifferenzierung.

Neben der quantitativen Adaptation von ROUX ist also das Vorkommen der qualitativen Adaptation von ganz besonderer Wichtigkeit.

KROMPECHER hat im Jahre 1935 bewiesen, daß sich das Granulationsgewebe unter mäßiger Druckwirkung zu Knorpel differenziert. Er nahm an, der zunehmende Druck verursache Gefäßverengung, Gefäßverschluß und folglich Anoxie; im so bradytroph gewordenen Gewebe kommt es zu anaerober Glykolyse und es entstehen polymere Polysaccharide (Chondroitinsulfat), die sich mit RITTER-OLESON'scher Färbung nachweisen lassen.

Den Stoffwechsel des auf diese Weise entstandenen Knorpelgewebes haben HADHÁZY, OLÁH, LÁSZLÓ und KOSTENSZKY untersucht. Auf Grund dieser Resultate haben wir das nach Kombinieren der angenommenen Funktion und der äußeren Einwirkung entstandene morphologische Bild untersucht um auf diese Weise den Zusammenhang zwischen dem Entstehen des pathologischen Kondylus und der Belastung der *Articulatio metatarsophalangea hallucis* zu klären.

Material und Methode

Material wurde von 15 Leichen an der medialen Seite der *Articulatio metatarsophalangea hallucis* durch eine keilförmige Inzision entnommen; es enthielt den medialen Teil des Kopfes des ersten Metatarsus, die Basis der vorderen Phalanx, sowie das Gelenk zwischen diesen beiden, zusammen mit der Gelenkkapsel und die auf diesen Teil entfallende Bänder (*Abb. 1*). Das entnommene Material wurde 4—5 Tage lang in Formaldehyd fixiert, mit 7%iger HNO_3 dekalziniert, in Paraffin gebettet, und mit Hämatoxylin-Eosin, Azan und nach Ritter-Oleson gefärbt.

Befunde

1) Zweijähriges Kind. Bei der *Articulatio metatarsophalangea hallucis* waren die gelenksbildenden Enden mit dicker Knorpelschicht überzogen und zeigten zentral chondrale Verknöcherung. Die Bänder um das Gelenk und die Kapsel waren außerordentlich reich an Zellen. Bei dem Knochen bzw. bei den am Knorpel entspringenden Teilen war eine dem Zug des Bandes entsprechende radiale Gestreiftheit zu beobachten, die tief in den Knorpel zu verfolgen war. In den Bändern waren keine Knorpelzellen zu finden. Eine Deformität war nicht vorhanden.

2) 39jähriger Mann (Schneider). Keine Deformität, der den Gelenkkopf einhüllende Knorpel erstreckte sich jedoch weit in kranialer Richtung. Die Fasern des sich anschmiegenden Ligaments waren in grobe Bündel geordnet und enthielten verstreute Knorpelzellen. Basal war ein verkalkter Streifen sichtbar (*Abb. 1a, 1b*).

3) 48 j. Mann (Landwirt). An der medialen Seite der Basis vom ersten Metatarsus war ein sich in zwei Spitzen erhebender pathologischer Kondylus zu sehen. Die zwei Spitzen waren nur durch Bindegewebe verbunden. In der

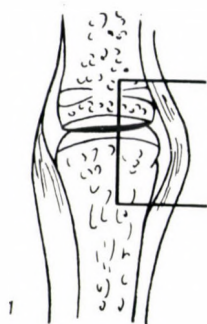


Abb. 1. Normale Articulatio metatarsophalangea hallucis. Der bezeichnete Teil wurde histologisch untersucht

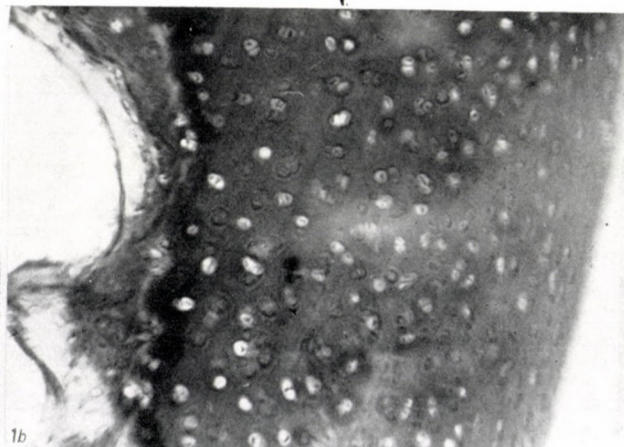
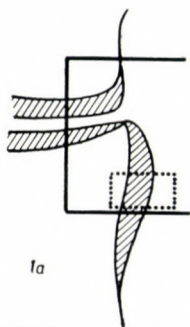


Abb. 1a. Fall 2. Schematisches Bild der Veränderung. An der medialen Seite des Kopfes des ersten Metatarsus bezeichnet die geringe Erhöhung die Veränderung im Querschnitt. Das histologische Bild des punktierten Gebietes ist in Abb. 1b sichtbar

Abb. 1b. Fall 2. Hyalinknorpel an der medialen Seite vom Kopf des ersten Metatarsus. An der linken Seite des unteren Teiles in der Nähe der Knochengrenze ist ein verkalkter dunkler Streifen sichtbar

distalen Spitze verdeckte eine große Anzahl von Knorpelzellen beinahe die Grundsubstanz und zeigte das Bild eines faserigen Knorpels (*Abb. 2a—2b*). In der proximalen Spitze war die faserige Struktur gut wahrzunehmen, aber in der Grundsubstanz lagerten sich um die Knorpelzellen Kalksalze ab. In dem äußeren Teil waren bereits Knochenzellen und Knochensubstanz sichtbar (*Abb. 2c*).

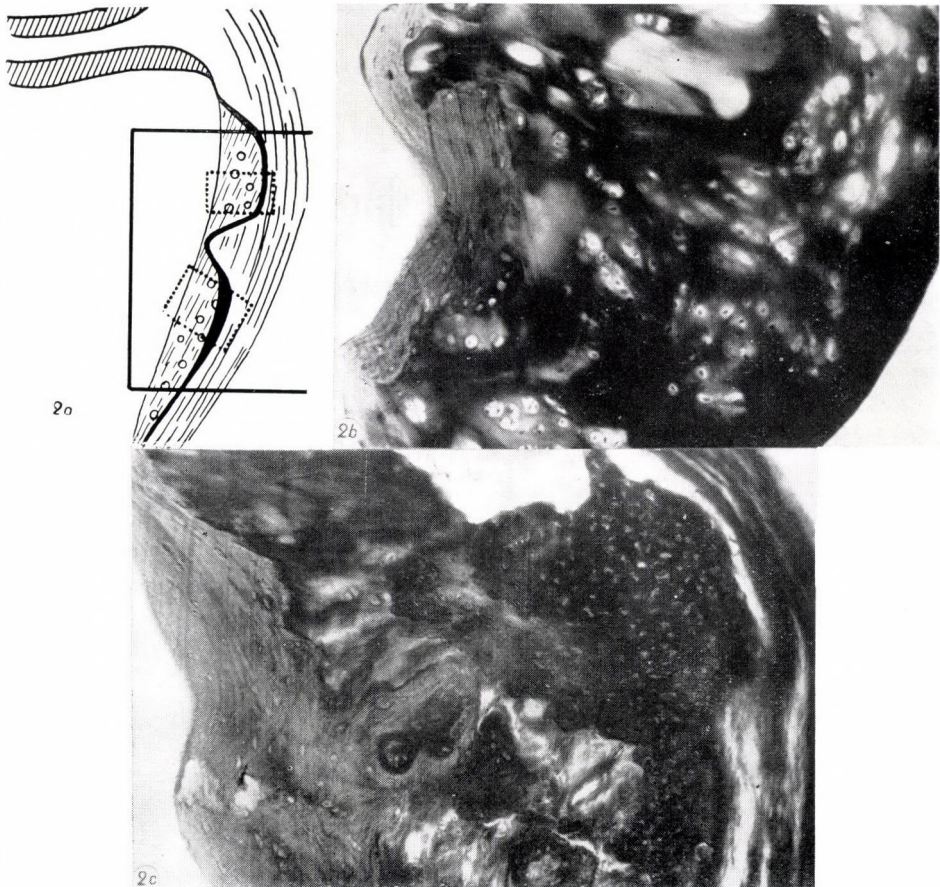


Abb. 2a. Fall 3. Der Kondylus wird durch zwei Spitzen gebildet, die durch Bindegewebe miteinander verbunden sind

Abb. 2b. Fall 3. An der distalen Spitze des Ballens überdecken die Knorpelzellen beinahe vollständig die Grundsubstanz. Faseriger Knorpel

Abb. 2c. Fall 3. Auf dem Knochen in der proximalen Spitze nimmt eine faserknorpelige Schicht Platz. Knochengewebe, an dem oberen Teil subkutan

4) 54 j. Mann (Beamter). Am Metatarsus ein konvexer faserknorpeliger Höcker, in dem sich darüber befindenden Bindegewebe junge Knorpelinseln (*Abb. 3a—3b*).

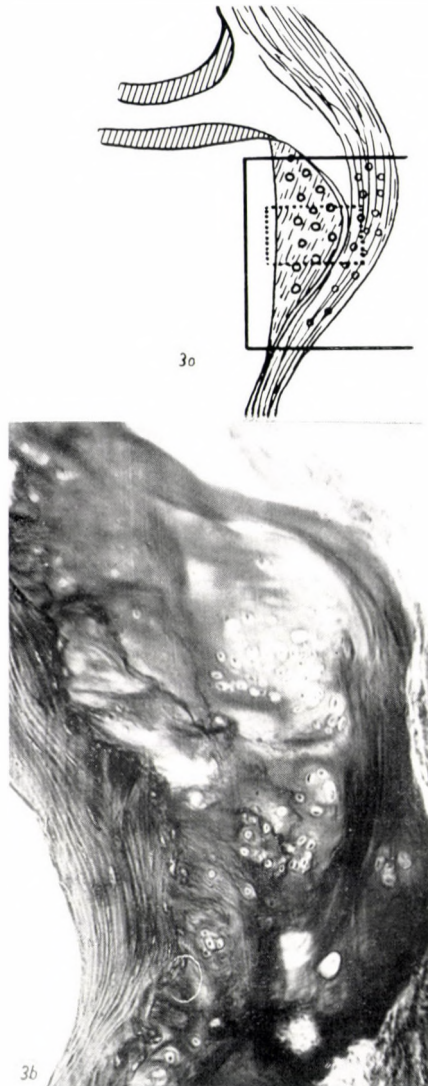


Abb. 3a. Fall 4. Halbkugelförmiger Höcker

Abb. 3b. Fall 4. Im Kondylus Knorpelzellgruppen im Periost und zwischen den Faserbündeln des Bindegewebes

5) 65 j. Hausfrau. Den aus seiner Umgebung herausragenden eckigen Kondylus bilden einige, als Fortsetzung des Gelenkknorpels ins Bindegewebe eingehüllte Knorpelinseln. Auf der Basis des Kondylus befindet sich eine oberflächliche Hyalinknorpelschicht, die mit dem Hyalinknorpel des Gelenk- kopfes nicht zusammenhängt. Kalksalzablagerung in der Grundsubstanz.

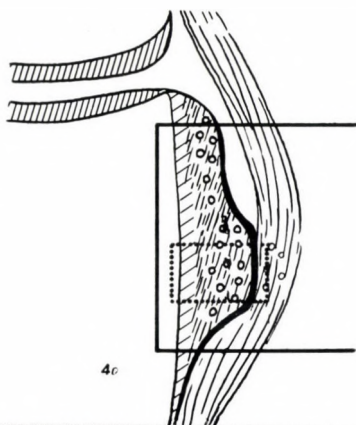


Abb. 4a. Fall 5. Eckiger Ballen der 65 Jahre alten Frau ist fest mit dem basalen Knochen verbunden

Abb. 4b. Fall 5. In dem Ballen auf der Oberfläche des Knochens Hyalinknorpel und in Bindegewebehüllen eingeschlossene Knorpelzellengruppen

6) 60 j. Frau. Der als Doppelbogen herausragende Höcker ist weich, beweglich, bei dem Ursprung der Bänder und oberhalb der Gelenkkapsel bilden die unregelmäßigen Fasern ein konsistentes Gewebe, in dem häufig Knorpelzellen zu finden sind (Abb. 5a—5b).

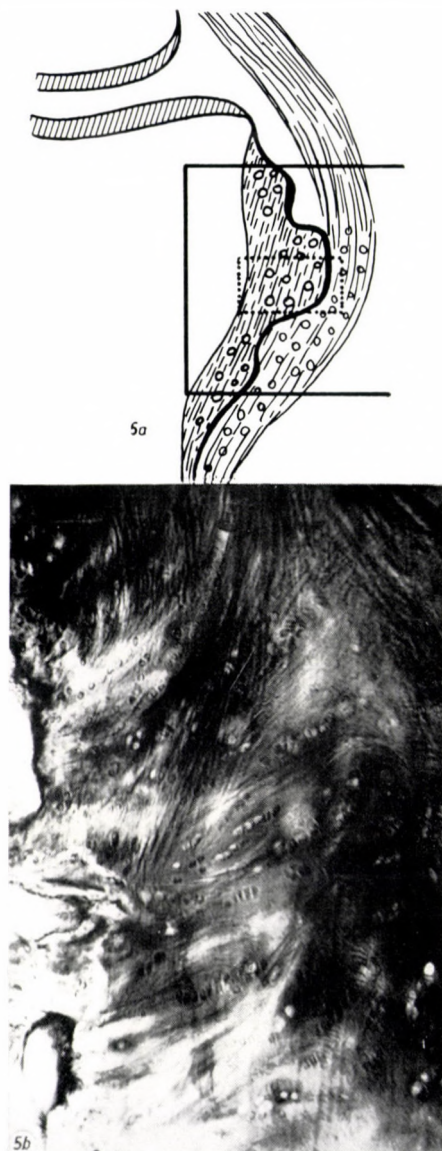


Abb. 5a. Fall 6. Schematisches Bild des beweglichen verhältnismäßig weichen Kondylus

Abb. 5b. Fall 6. Unregelmäßig verlaufende starke Fasern bei dem Ursprung der Gelenkkapsel und der Bänder, mit zahlreichen Knorpelzellen

7) 42 j. Frau. Stark entwickelter, beweglicher faserknorpeliger Hallux valgus der sich rabenschnabelartig proximal biegt. Nahe der Basis teilt ein verkalkter Streifen den Fortsatz in zwei Teile (Abb. 6a—6b).

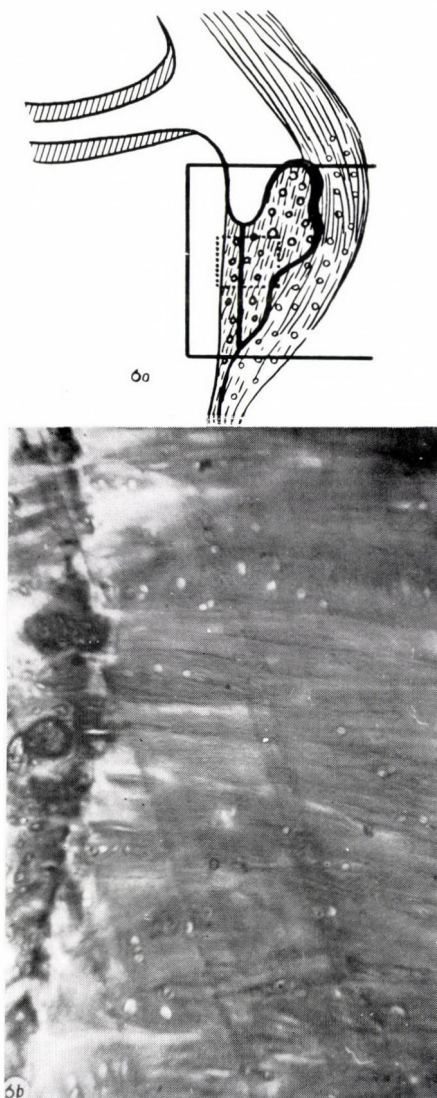


Abb. 6a. Fall 7. Beweglicher rabenschnabelartiger Kondylus

Abb. 6b. Fall 7. Massiver faserknorpeliger von dem basalen verkalkten Streifen in sozusagen zwei Teile geteilter Kondylus

8) 50 j. Mann (Kaufmann). Der Hallux valgus zeigte ein abwechslungsreiches histologisches Bild. An der unteren Partie des Ballens ansehnlicher Größe ist mit gegliederten Hyalinknorpel überzogene Verknöcherung bzw. Kalkablagerung sichtbar (Abb. 7a—7b). Darüber befindet sich eine massive faserknorpelige Schicht. In dem subkutanen Bindegewebe sind größere Knor-

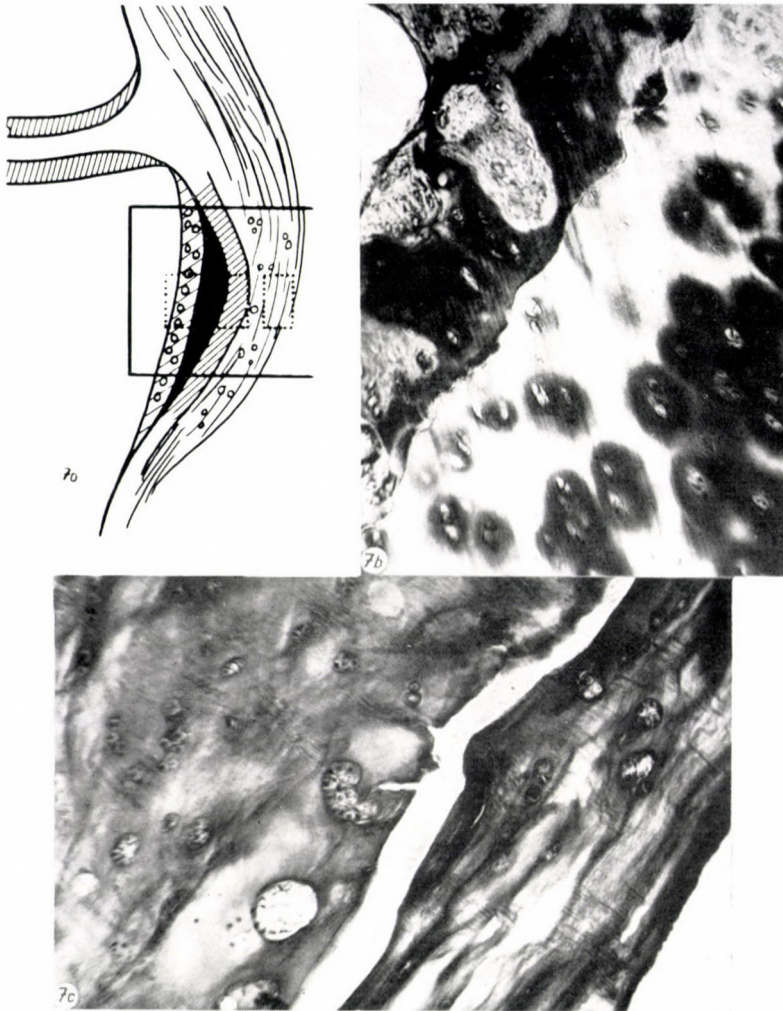


Abb. 7a. Fall 8. Der Ballen anscheinlicher Größe ist unten fixiert. Geschichtete Struktur

Abb. 7b. Fall 8. An dem unteren Teil des Ballens eingewachsene Gefäße, Knochengewebe, gegliederter Hyalinknorpel

Abb. 7c. Fall 8. Schicht über dem Hyalinknorpel: verstreute Knorpelinseln in dem massiven subkutanen Bindegewebe

pelinseln zu beobachten (Abb. 7c). Die übrigen Fälle ergaben ähnliche histologische Befunde, wie in den angeführten Fällen. In den nach Ritter-Oleson gefärbten Schnitten konnte in der faserknorpeligen Grundsubstanz eine sich lila-rötlich färbende homogene Substanz gefunden werden, die dem Chondroitinsulfat des sich im Laufe der Gewebedifferenzierung entstehenden Knorpelgewebes entsprach.

Besprechung

Unter Einwirkung einer qualitativ neuen biologischen Funktion differenzierten sich die Zellen der Gelenkkapsel der *Articulatio metatarsophalangea hallucis* und in dem umgebenden Bindegewebe in eine neue Richtung und ließen ein Gewebe entstehen, wie dieses an dieser Stelle des Organismus bis dahin nicht vorhanden war, in diesem Falle faserigen Knorpel, Hyalinknorpel bzw. Knochengewebe. Der neue Reiz — der Druck — verursachte Anoxie, anaerobe Glykolyse, die Bildung von Chondroitinsulfat und die Entwicklung von Knorpelgewebe. Der Vorgang der Bildung eines *Hallux valgus* ist also eine Neodifferenzierung bzw. eine qualitative Adaptation.

Es ließ sich kein Zusammenhang mit dem Alter feststellen. Dasselbe läßt sich mit mehr oder weniger Vorbehalt auch bezüglich des Berufes sagen. Man kann bei verhältnismäßig jungen Individuen eine Veränderung solchen Grades finden, die bei älteren Leuten nicht zu beobachten ist. In diesem Falle erscheint also nicht das Alter und der Beruf, sondern das Maß der mechanischen Einwirkung (enge Schuhe) entscheidend.

Zusammenfassung

Das aufgearbeitete Material stammte von Individuen verschiedenen Alters (von 2 bis 65 Jahren), bei denen (die Kinder ausgenommen, bei denen die normale Entwicklung der Gelenksgegend als Kontrolle untersucht wurde) an der medialen Seite der *Articulatio metatarsophalangea* ein Kondylus zu finden war.

Die Veränderung erstreckte sich auf das Capitulum des ersten Metatarsus, auf die hier entspringenden Bänder, die Gelenkkapsel bzw. in einigen Fällen auf deren sich an die mediale Seite der Gelenkslinie anschmiegenden Teil bzw. auf den medialen Teil der Metaphyse. Der Grad der Veränderung ist makroskopisch und histologisch von Fall zu Fall verschieden. Es kann als Anfangsstadium betrachtet werden, wenn sich die Knorpel des Bindegewebes hyalinisieren, in Bündel einordnen und ihr Verlauf unregelmäßig wird. Die infolge des andauernden Druckes entstehende Gewebeanoxie und folglich anaerobe Glykolyse schaffen die Bedingungen der Knorpelbildung und es erscheinen Knorpelzellen in dem Periost sowie in den groben Fasern des Bindegewebes. Die Volumvergrößerung erhöht den Druck und bedingt weitere Veränderungen. Es entsteht ein faseriger Knorpel, später ist an der Basis des entstandenen Kondylus Hyalinknorpel zu finden, über welchen die Entwicklung von Faserknorpel weiter fort dauert.

Infolge des zunehmenden Druckes wachsen Gefäße ein, es bildet sich Knochengewebe, Kalksalze lagern sich ab und der anfangs aus Bindegewebe und Knorpel bestehende Kondylus verknöchert sich von der Basis aus. Über dem auf diese Weise entwickelten Knochen schreitet die Differenzierung weiter fort. Der Hyalinknorpel zeigt Schichten auf, die sozusagen die Stadien seiner Entwicklung demonstrieren. Darüber befindet sich faseriger Knorpel, darauf massives Bindegewebe. An diesem den Kondylus zustandebringenden Vorgang scheint das Gelenk primär nicht teilzunehmen, sondern nur das Gebiet der am Kopf des ersten Metatarsus beginnenden Gelenkkapsel.

LITERATUR

1. BENNINGHOFF, A.: (1924) Experimentelle Untersuchungen über den Einfluß verschiedenartiger mechanischer Beanspruchung auf den Knorpel. *Verh. anat. Ges.* **33**, 194—215.
- 2. BENNINGHOFF, A.: (1922) Über den funktionellen Bau des Knorpels. *Verh. anat. Ges.* **31**, 250—67.
- 3. HADHÁZY, CS., OLÁH, É. H.: (1960) Respiratory Metabolism of Regenerat-

ing Articular Surfaces with Special Regard to Cartilage Formation. Acta morph. hung. Suppl. 9, 33. — 4. HAGYMÁSI, S.: (1957) Die funktionelle Veränderung des Ligamentum acetabuli-forme, dem Lebensalter und der Beanspruchung entsprechend. Acta morph. hung. 7, 249—56. — 5. KROMPECHER, ST.: (1958) Die qualitative Adaptation der Gewebe. Z. mikr. anat. Forsch. 64, 59—99. — 6. KROMPECHER, ST.: (1937) Die Knochenbildung. G. Fischer, Jena. — 7. KROMPECHER, ST.: (1955) La régénération et néoformation expérimentale des articulations. VI. Congrès de la Fédération Internationale des Anatomistes Paris. C. R. Assoc. Anat. 91, 813—21. — 8. KROMPECHER, ST.: (1937) Die Entstehungsbedingungen des Faserknorpels. Verh. anat. Ges. 45, 229—36. — 9. MOSKOFF, M.: (1932) Beitrag zur Mechanik des Trachealskeletts des Pferdes. Z. Anat. u. Entwickl. Gesch. 99, 312—37. — 10. NAUCK, E. TH.: (1937) Verh. anat. Ges. 45, 266—73. — 11. ROUX, W.: (1895) Gesammelte Abhandlungen. II. Engelmann, Leipzig. — 12. SCHAFER, J.: (1930) Das Knorpelgewebe: In Möllendorff's Handbuch der mikroskopischen Anatomie des Menschen. Die Gewebe II. 210—374. Springer, Berlin.

HISTOLOGICAL CHANGES ASSOCIATED WITH THE DEVELOPMENT OF HALLUX VALGUS

E. TARSOLY

Specimens obtained from patients ranging in age from 2 to 65 years have been studied. Except in the case of children where the normal development of the articular area was examined the condyle on the medial side of the metatarsopharyngeal joint was subjected to histological and histochemical analysis.

The parts affected by the change were the head of the first metatarsal bone, its ligament, and the articular capsule, in some cases the medial portion of the metaphysis and the part of the capsule adhering to the medial side on the articulation line. Both gross and histological studies revealed different degrees of the pathological change. In the initial phase, the connective tissue fibres become hyalinized, tend to forming bundles, and their course assumes an irregular shape. The chronic external pressure brings about hypoxia in the tissues and the anaerobic glycolysis creates favourable conditions for chondrogenesis, so that cartilage appears in the periosteum and in the coarse connective-tissue fibres. With increasing pressure, a fibrous cartilage is formed. Later, there is hyaline cartilage at the base of the condyle and the growth of fibrous cartilage continues above it.

Ossification sets in under the effect of the continuously increasing pressure, calcium salts are deposited, so that the enlarged condyle which consisted originally of connective tissue and cartilage is seated now on an osseous foundation or, else, the entire structure consists of bony tissue. Differentiation above the newly-formed bone continues, and we can see all the layers which represent the stages of its development, viz. the hyaline and the fibrous cartilage and the compact connective tissue. It seems that it is not the joint itself which is primarily involved in the formation of the condyle but only that part of the capsule which originates from the head of the first metatarsal bone.

ГИСТОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПРИ РАЗВИТИИ HALLUX VALGUS

Э. ТАРШОЙ

Разработанный материал происходит от лиц различного возраста (от 2 до 65 лет). На медиальной стороне *articulatio metatarsophalangea hallucis* — за исключение детей, у которых исследовалось нормальное развитие области сустава — макроскопически также удалось обнаружить мышелок различного размера. На пробах, взятых из этой области для целей гистологических и гистохимических исследований, было установлено нижеследующее:

Изменения распространялись на головку первой плюсневой кости, на начинающиеся там связки и на суставную сумку, или, в некоторых случаях, только на часть суставной сумки, прилегающей к медиальной стороне суставной линии, или на медиальную часть метафиза. Степень изменения в отдельных случаях макроскопически и гистологически различна. Начальной фазой можно считать стадию, когда соединительно-тканые волокна гиалинизируются, ориентируются в пучки, и линия их хода становится нерегулярной; после этого, в результате длительного существования клинически определя-

мого внешнего воздействия (давления) развивается аноксия тканей, анаэробный гликолиз, создающие предпосылки для образования хряща, причем в надкостнице и в грубых соединительно-тканых элементах появляются хрящевые клетки. Увеличение объема усиливает давление, и таким образом налицо все предпосылки для развития гистологически наблюдаемых дальнейших изменений. Образуется фиброзный хрящ, затем, на основной части сформировавшегося мышелка обнаруживается гиалиновый хрящ и над этим хрящем продолжается образование фиброзного хряща.

При многолетнем и все повышающемся действии внешних сил происходит заращение сосудов, образование костной ткани, отложение известковых солей, причем первично соединительно-тканый, хрящевый мышелок, увеличиваясь, уже располагается на образовавшемся костном основании, или состоит всецело из костной ткани. Над образовавшейся костью продолжается процесс дифференциации, и в отдельных слоях можно выявить все стадии развития мышелка: гиалиновый хрящ, над ним фиброзный хрящ, а затем соединительную ткань. В этом процессе образования мышелка, по-видимому, сустав первично не участвует, а только та часть суставной сумки, которая начинается на первой головке плюсны.

Dr. Emil TARSOLY, Debrecen 12, Anatómia. Ungarn