Baština Akademije nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine

RADOVI LXXXVIII, knj. 25.

Rezaković, Džemal

1991

Akademija nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine

https://bastina.anubih.ba/items/3bff7ae5-1a58-4336-9010-7be80dd2e58a

Preuzeto s Baštine Akademije nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine

https://bastina.anubih.ba/

AKADEMIJA NAUKA I UMJETNOSTI
BOSNE I HERCEGOVINE

RADOVI

KNJIGA LXXXVIII

Odjeljenje medicinskih nauka
Knjiga 25

Redakcioni odbor
Jela Grujić-Vasić, Džemal Rezaković,
Dragomir Stanković

Urednik
Džemal Rezaković,
redovni član Akademije nauka i umjetnosti
Bosne i Hercegovine

UDC 615/.617:502(082) YU ISSN 0350-0071

SARAJEVO 1991

MEHANIČKA TEORIJA KAUZALNE HISTOGENEZE KAO PODLOGA TUMAČENJA OSIFIKACIJE PRI DISTRAKCIJI KOSTI

IVO RUSZKOWSKI, OSMAN MUFTIĆ, TOMO PAVIĆ
Klinika za ortopediju Medicinskog fakulteta, Zagreb

UDC 617.3 : 616.71

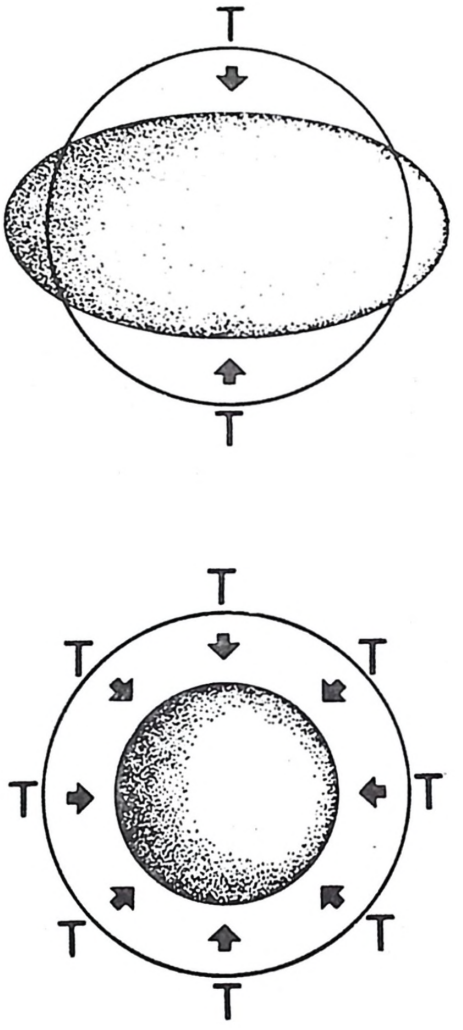
Apstrakt. U radu se daje pregled istraživanja mehaničkih činilaca na diferencijaciju potpornog tkiva u specifičnim uvjetima osifikacije pri distrakciji kosti. Od više teorija o nastanku koštanog tkiva osnovno mjesto ima Pauwelsova teorija o kauzalnoj histogenezi. Po njoj se, kao rezultat svih osnovnih naprezanja (tlak, vlak ili smik), stanica može samo deformirati ili se u njoj može povisiti hidrostatski tlak. Kombinacijom djelovanja različitih deformacija stanica uvjetovana je i diferencijacija potpornog tkiva. Druga teorija o djelovanju mehaničkih činilaca na hondrogenezu, kao osnovu osteogeneze, postavljena je od Krompechera. Po njoj nastaje kost zbog pritiska i hipoksije u granulacijskom tkivu, te se poremećajem mijene tvari stvara hrskavica. Autori su pokušali primjeniti te dvije osnovne teorije o kauzalnoj histogenezi i osifikaciji i dati tumačenje mehaničkih uzroka stvaranja koštanog tkiva pri distrakciji kod elongacija kosti. Zaključuju da Pauwelsova teorija, premda ne još potpuno razjašnejna, odgovara više mogućnosti osifikacije defekta nastalog distrakcijom kosti. U radu se naglašava važnost uzajamnog biomehaničkog i kliničkog istraživanja u rješavanju općenite problematike diferencijacije mikrostrukture potpornog tkiva.

Ključne riječi: kauzalna histogeneza, osifikacija, distrakcija kosti.

Prvi pokušaj tumačenja uloge mehaničkih činilaca u histogenezi potječe od Rouxa (1895), koji je, uglavnom spekulativno, teleološkim pristupom došao do zaključka o ulozi mehaničkih faktora na diferencijaciju potpornog tkiva. Po njegovoj hipotezi, vlačna naprezanja uzrokuju stvaranje vezivnog tkiva, izolirana tlačna ili vlačna naizmjenično s tlačnim kost, a smična s tlačnim ili vlačnim hrskavicu. Diferencirani mehanički podražaji mezenhimalne stanice, kako ih je u svojem istraživanju prikazao Roux, osnova su kasnijih tumačenja o mehaničkim utjecajima na formiranje potpornog tkiva (Benninghoff, 1942, Pauwels, 1940, 1960; Krompecher i Toth, 1964). Naročito se Krompecher bavio kauzalnom hondogenezom kao osnovom osifikacije i zaključio da pritisak stvara u sanaciji kosti hrskavični kalus.

Pauwels je u oštroj diskusiji osporio Krompecherove tvrdnje i nazvao njegova istraživanja kao »slučajna zapažanja«, tj. da, kako tvrdi Krompecher, stvaranje hrskavične stanice nastaje zbog pritiska i hipoksije granulacijskog tkiva.

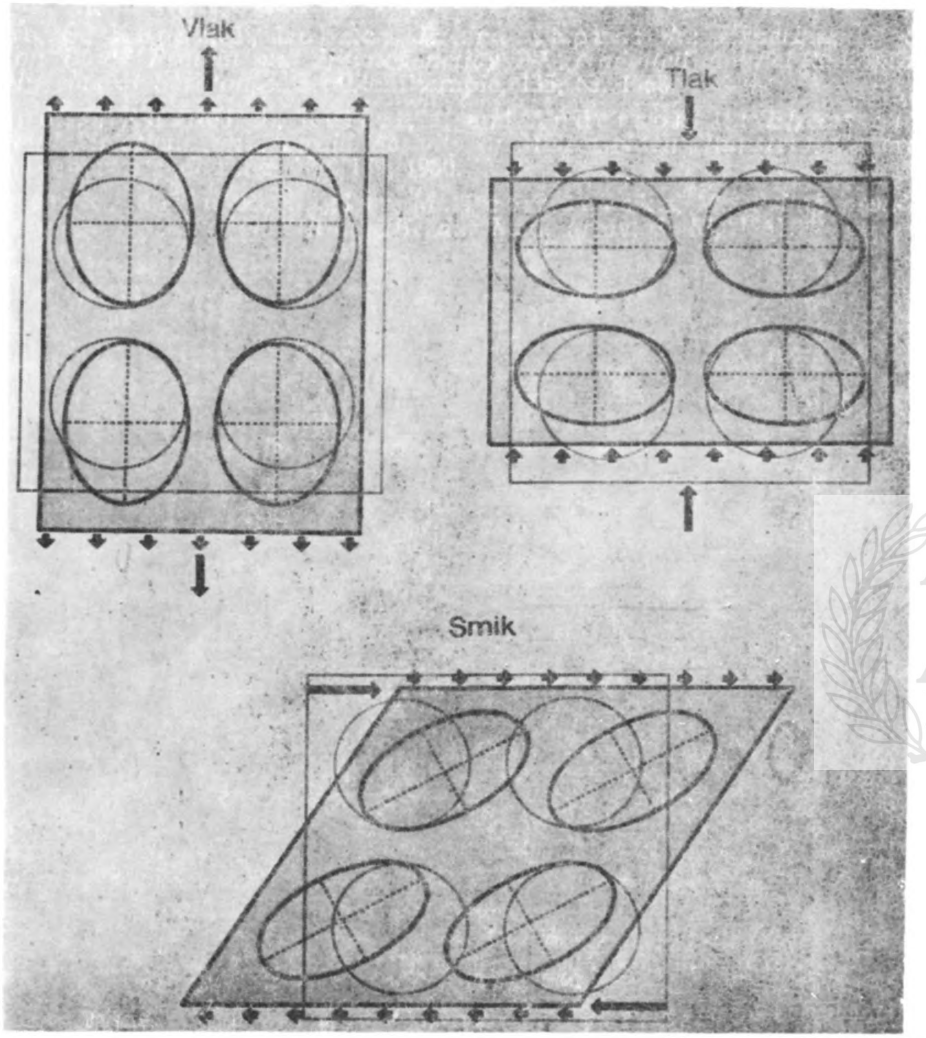
Pauwels je teorijski, grafički i matematski dokazao da različite osnovne kvalitete naprezanja (tlačna, vlačna i smična) ne mogu biti uzrok diferencijacija mezemhimalnog tkiva u potporno. Ta naprezanja se svode samo na dvije komponente elastične deformacije, i to na promjenu oblika i promjenu hidrostatskog tlaka u stanici (slika 1). Oslanjajući se na teoriju hidrodinamike, svoje mišljenje bazira



Slika 1. Deformacija idealizirane stanice (gore), povišenje hidrostatskog pritiska u stanici (dolje)

na činjenici da se elastično kuglasto tijelo, komparirajući ga pojednostavljeno s mezenhimalnom stanicom ponaša u okolnoj supstanci tako da se u jednom smjeru splošti i okomito na taj smjer rastegne bilo da na njega djeluje vlak, tlak ili smik (slika 2). Razvlačenje stanice čini mehanički podražaj za stvaranje kolagenih fibrila, koje se

postavljaju u smjeru najjačeg vlaka i tako osiguravaju otpornost za dalje rastezanje. Ako tako zamišljena stanica bude podvrgnuta utjecaju sile koja tlačno djeluje sa svih strana podjednako, doći će u stanici do povišenog hidrostatskog tlaka, a da se oblik stanice bitno

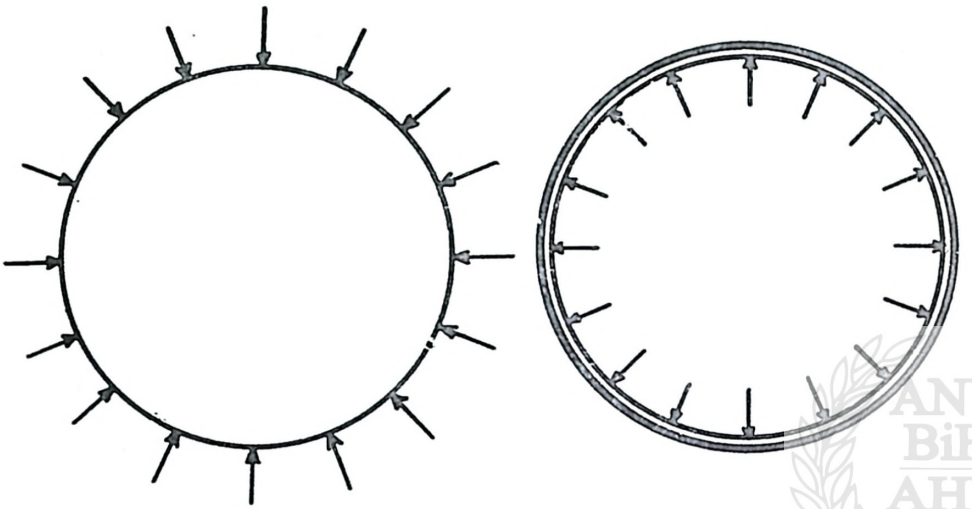


Slika 2. Deformacija idealizirane stanice u međustaničnoj supstanci djelovanjem vlaka, tlaka i smika

ne promijeni (slika 3). Drži se da to stanje povišenog hidrostatskog tlaka provocira bubrenje stanica i promjenu njene tvari s produkcijom hondromukcida. To je, po mišljenju Pauwelsa i Kummera, osnova diferencijacije mezenhimalne stanice u hrskavičnu stanicu. Isti autori misle da povišenje hidrostatskog tlaka u stanici može uzrokovati i unutrašnja sila koja nastaje biološkim potencijalom rasta stanice. Pretpostavljaju da i dijeljenja mezenhimalnih stanica u jednom ograničenom području mogu dovesti do rastezanja staničnih struk-

ANU BiH АНУ БиХ

tura na površini toga područja sa stvaranjem vezivnih fibrila. Na taj bi način trebala nastati, na rastezanje otporna ovojnica, a daljim razmnaženjem stanica bi se povisivao hidrostatski tlak u samim stanicama. Ako intermitentna naprezanja, odnosno promjena oblika stanice nestane, dolazi do stvaranja koštane stanice enhondralnom ili dezmalnom osifikacijom. Prema tome, koštano je tkivo sekundarno tkivo, koje nastaje iz hrskavičnog ili vezivnog tkiva, koje kasnije preuzima po obliku i strukturi mehaničku zadaću kosti uključivanjem procesa funkcijske prilagodbe.



Slika 3. Prikaz djelovanja povišenog hidrostatičkog tlaka u idealiziranoj stanici

Mehanički uzročnici diferencijacije potpornog tkiva nisu još potpuno razjašnjeni. Međutim očito je da se mehaničko tumačenje diferencijacije stanice, koje je Pauwels nazvao kauzalnom histogenezom, uklapa u niz endogenih i egzogenih, manje ili više razjašnjenih zbivanja. Taj teorijski pristup ima svoju potvrdu i u tumačenjima više funkcijskih poremećaja i deformacija sustava za kretanje, a pogotovo se uklapa u kliničke mehanizme funkcijske prilagodbe skeleta.

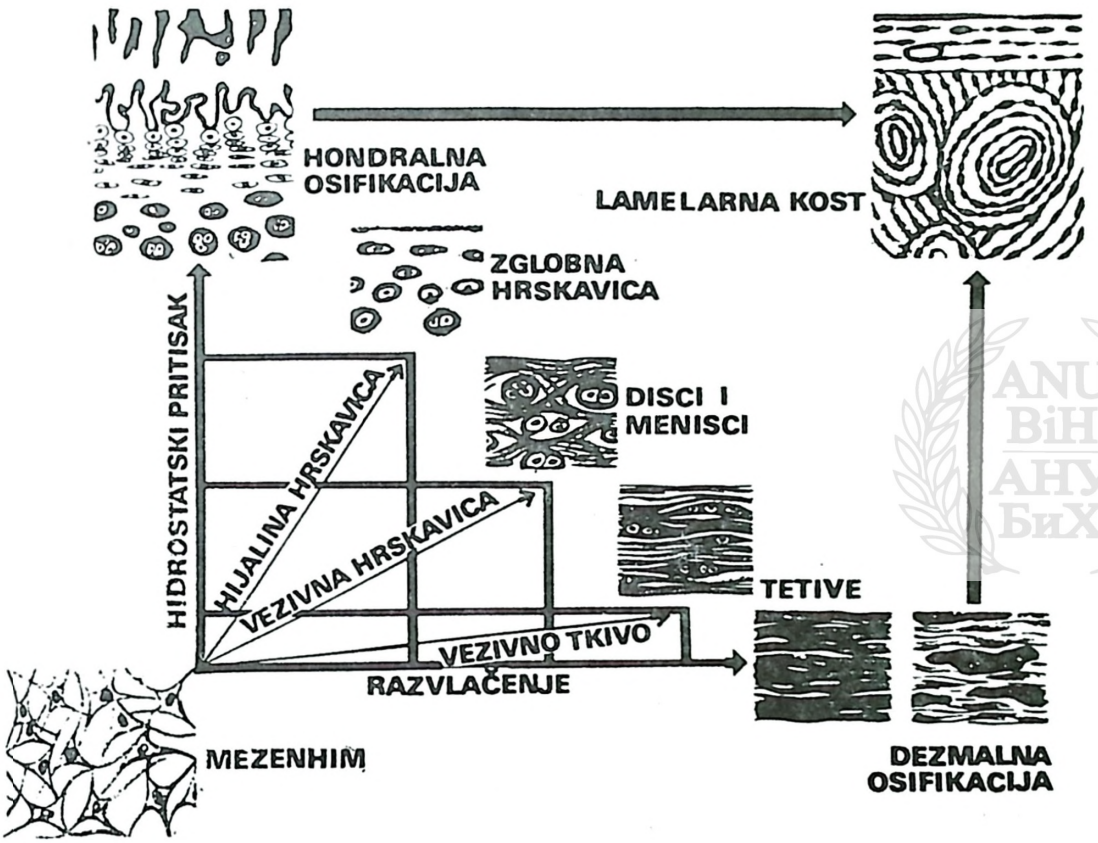
Iz teorijskih postavki i kliničkih zapažanja se može zaključiti da je proces osifikacije multifaktorijalno uzrokovan i da postoje pluripotentni procesi isprepletenih bioloških i mehaničkih zbivanja (R u s z k o w s k i).

Ako sada želimo razmatrati ulogu mehaničkih činitelja u okoštavanju pri distrakciji kosti treba konstatirati:

Mehanički se podražaji u procesu osifikacije uklapaju u niz poznatih, djelomično poznatih, a i nepoznatih zbivanja. Tu spada općenito genetski kodeks s dominantnim utjecajem na oblikovanje i strukturu kosti. Zatim tu spadaju hormonski, biokemijski i metabolički uzročnici, te procesi elektrobiološke stimulacije esteogeneze, posebno utjecaji pizoelektričnog potencijala na rast i deferencijaciju stanica.

Ti se efekti, kako se drži, javljaju u molekulama stanica, a uzrokovani su mehaničkom stimulacijom. Nadalje tu spadaju još nedovoljno istraženi utjecaji enzimsko-metaboličke transformacije, molekularno-jonski procesi, te osnovni mehanizmi molekularne cirkulacije.

Mehanički podražaji imaju dominantni i protumačeni utjecaj u kasnijoj fazi osifikacije, što se tiče poznatih načina funkcijske prilagodbe u klinici, a koji se mogu opetovano evidentirati i u mikrostrukturi kosti.



Slika 4. Diferencijacija potpornog tkiva uzrokovana deformacijom (rastezanjem) i povećanjem hidrostatskog pritiska u stanici

Tumačenje uloge mehaničkih podražaja na diferencijaciju potpornog tkiva i osifikaciju pri distrakciji kosti može se djelomično dovesti u vezu s Rouxovom hipotezom, kao i Pauwelsovom teorijom o kauzalnoj histogenezi. Primjena Pauwelsove teorije o diferencijaciji mikrostrukture potpornog tkiva, za razliku od Krompecherove, može se, barem teorijski, uklopiti u te procese, što se tiče definicije sile u vezi s biološkim zbivanjima i u osifikaciji pri distrakciji kosti.

ANU BiH АНУ БиХ

Od pretežno bioloških pristupa tumačenjima ostegeneze treba spomenuti istraživanja T r u e t e. Radi se o dezmalnoj i angiogenoj osifikaciji, u kojoj se podređuje mehaničko djelovanje u procesu osteogeneze.

U vrlo interesantnoj i još nerazjašnjenoj osifikaciji pri distrakciji kosti nisu još znanstveno dokazani osnovni uzroci stvaranja, odnosno diferencijacije hrskavičnih stanica s odlaganjem hrskavičnog matriksa. Također nije razjašnjen ni neposredni uzrok degeneracije hrskavičnog matriksa sa stvaranjem i aktivnošću osteoblasta, a isto tako ni kalcifikacija organskog matriksa.

Mišljenja smo da će se objektivna znanstvena provjera direktnog utjecaja mehaničke sile na diferencijaciju potpornog tkiva, odnosno na stvaranje koštanog tkiva teško moći ostvariti. Trebalo bi naime u osnovi odrediti interreakciju sile, odnosno naprezanja u pojedinim stanicama i tkivima s njihovim biološkim reakcijama. Zbog toga su eminentno važna eksperimentalna istraživanja u korelaciji s kliničkim istraživanjima. To se posebno odnosi i na istraživanja procesa osifikacije pri distrakciji kosti primijenjenoj u elongaciji dugih kostiju sa svrhom dobivanja saznanja postupkom usklađivanja teorijskih postavki, eksperimentalnih istraživanja i kliničkih zapažanja. Takva interdisciplinarna biomehanička i klinička istraživanja bi mogla biti i jedan od mogućih pristupa u tumačenjima ispravnosti teorije o kauzalnoj histogenezi u diferencijaciji mikrostrukture potpornog tkiva.

MECHANICAL THEORY OF CAUSAL HISTOGENESIS AS A BASE OF THE EXPLANATION OF OSSIFICATION WITH DISTRACTION OF BONES

S u m m a r y

The work presents the research view of mechanical factors on supporting tissue differentiation in a specific ossification conditions in the case of bone distraction. Among many theories of bone distraction genesis, the basic place takes the Pauwels theory of causal histogenesis. According to this theory — and as the results of all the basic strains (pressure, tension, or shear) the cell itself may only be deformed or the hydrostatic pressure in it my be heightened. The influence combination of different cell deformations stipulates for the supporting tissue differentiation as well. The second theory about the influence of mechanical factors upon hondrogenesis, as the osteogenesis basis, is given by Krompecher. According to this theory the bone is produced because of pressure and hypoxis in granulous tissue, and under the influence of the substance change disturbance the cartilage is formed. The authors has tried to apply these two basic theories about causal histogenesis and ossification, and to explain the mechanical causes of bone-tissue performing in distraction of bone elongation. The authors conclude that Pauwels theory, although not yet completely explained, corresponds more to the ossification possibility of a defect proceeded by bone distraction. In the work the importance of mutual biomechanical and clinical research is stressed in solving the common problems of microstructure supporting tissue differentiation.

LITERATURA

Benninghoff, A. (1924): *Experimentelle Untersuchungen über den Einfluss verschiedenartigen Beanspruchung auf den Knorpel,* Verh Anat Ges; 195: 114—21.

Kummer, B. (1959): *Bauprinzipien des Säugerskeletes,* Stuttgart: Thieme, 163.

Krompecher, St., Tóth, L. (1964): *Die Konception von Kompression, Hypoxie und konsekutiver Mucopolysacharidbildung in der kausalen Analyse der Chondrogenese; Biophysikalische Versuche als Kritik der »hydrostatischen« Theorie von Pauwels,* Z. Anat Entwickl Gesch; 124:124—20.

Pauwels, F. (1960): *Eine neue Theorie über den Einfluss mechanischer Reize auf die Differenzierung der Stützgewebe,* Z Anat, 121:478—385.

Roux, W. (1985): *Gesammelte Abhandlungen über Entwicklungsmechanik der Organismen B. II,* Leipzig: Engelmann.

Ruszkowski, I. (1989): *Osnove primijenjene biomehanike zgloba kuka,* Medicinski fakultet. Zagreb, 48.

ANU BiH АНУ БиХ