14. III. 1988

ČESKOSLOVENSKÁ SOCIALISTICKÁ REPUBLIKA (19)

ÚŘAD PRO VYNÁLEZY A OBJEVY

POPIS OBJAVU K DIPLOMU

43

Prihlásené: 28 12 82 (PO 79-82)
Právo prednosti od 31 12 68
Zverejnené: Československá stomatologie, 68, 1, 1968 s. 33-35

Udelené: 19 03 87

Vydané: 14 08 87

MDT 616.31

Autor objavu: MARTINKO VLADIMÍR doc. MUDr. CSc., BRATISLAVA

Názov objavu: **Pohybový mechanizmus dentoalveolárnej artikulácie (articulatio dentoalveolaris)**

Predmet objavu:

Jav spočívajúci v tom, že za fyziologických podmienok v dentoalveolárnej artikulácii človeka a cicavcov s podobnou viaczložkovou anizotropnou štruktúrou dentoalveolárneho systému pôsobením vonkajšej mechanickej sily na zub vznikajú vzájomne na seba pôsobiace vratné pružné priestorové deformácie.

Objav sa týka pohybového mechanizmu dentoalveolárneho spojenia, t. j. kĺbového spojenia zuba /dens/ so svojím kostným lôžkom /alveola/ prostredníctvom ozubice /periodontium/. Tento pohybový mechanizmus tvorí základný kľúčový problém najmä ortopedickej stomatológie /čeľustnej ortopédie, parodontológie a protetiky/, a preto správne poznanie jeho mechanických funkcií je významným prínosom pre fyziológiu a patológiu celej zubočeľustnej sústavy. Tieto nové poznatky poskytujú rozsiahle možnosti využitia v stomatologickej praxi a sú aplikovateľné aj pre iné osteologické disciplíny.

Prvé úvahy a odhady o pohyboch zuba sú z konca minulého storočia. Prvé hypotézy a teórie boli formulované iba začiatkom nášho storočia. Pohyby zuba sa vysvetľujú v analógii k pohybom páky /spravidla dvojramennej/ s bodom alebo osou otáčania na tozhraní strednej a apikálnej tretiny zubného koreňa, pričom sa zub pokladá za ideálne tuhé teleso podceňujúc aj priestorovú realitu. I funkcia ozubice nebola náležite poznaná

Stav týchto poznatkov z prvej polovice nášho storočia zhrnul A. M. Schwarz /Lehrgang der Gebissregelung II. Wien, Urban und Schwarzenberg, 1956/ a pripisuje teórii o pákovitom pohybe zuba osobitnú dôležitosť. Ďalej vyslovuje názor, že ozubica funguje ako hydraulická brzda, ovšem ak pôsobia väčšie sily najmä horizontálne je možný priamy kontakt zuba zo

stenou alveoly. Tieto názory sa udržujú a uznávajú bez podstatných zmien i v súčasnosti vo svetovej stomatologickej literatúre.

Významným medzníkom v tejto problematike boli experimenty K. H. Körbera /Dtsch. zahnärztl. Z. 17. 1962, 691./ na čerstvo extrahovaných ľudských zuboch. Výsledky týchto meraní jednoznačne dokázali, že zub je pružný a vratne doformovateľný.

Napriek tomu, že tieto výsledky názorne ukázali aj pozdĺžne skrátenie, priečnu a ohybovú deformáciu zuba, neboli ďalej použité a rozpracované na vysvetlenie základných pohybových javov celého dentoalveolárneho systému. Aj iné štúdie publikované v r. 1962 priniesli nové aspekty. A. T. Busygin /Strojenije čeljustnych kostej, Taškent, Medgiz 1962/, V. J. Kurljandskij /Čs. Stomat. 62. 1962, 81./, J. Wolf /Čs. Stomat. 62. 1962, 233./, G. H. Schumacher /Dtsch. Stomat. 12. 1962, 305./ a M. Kindlová /Čs. Stomat. 62. 1962, 367./ zhrnuli najnovšie poznatky o morfológii a fyziológii dentoalveolárneho systému, ktoré vyvolávali opodstatnené pochybnosti o teóriach vysvetľujúcich pohyb zuba v analógii k pohybom tuhej páky. Štúdia S. M. Remizova /Stomatologija 44. 1965, 33./ o kauzálnych vzťahoch medzi tvrdosťou zuba a stavom alveolárneho lôžka zuba dokreslila klinický význam pružnosti zuba. Aj Ast, Diemer a Hofmann /Dtsch. Zahnärztebl. 20. 1966, 639./ exaktne namerali niektoré hodnoty mechanických vlastností dentoalveolárneho systému, dokonca ako prví merali modul pružnosti ozubice človeka pri nemáhaní ťahom, ale napriek tomu sa v ich teoretickom výpočtovom modeli objavuje zasa nielen obraz dvojramennej páky, ale aj tvrdenie, že najmä horizontálne pôsobiaca sila 25 N by bola schopná pritlačiť koreň zuba až k priamemu dotyku s alveolárnou kosťou.

Prehľad svetovej literatúry z problematiky biofyziky svedčí i o tom, že niektoré otázky nedokonale tuhých biomateriálov /kosti, zuby/ nie sú doposiaľ náležite rozvedené, a preto aj otázka základných pohybov zuba nebola uspokojivo vysvetlená.

Autor objavu zistil už v rámci rozličných biodynamických štúdií /Martinko, V.: Fortschr. Kieferorthop. 26. 1965, 346. a Martinko, V.: Dtsch. zahnärztl. Z. 20. 1965, 910./ a v gnatodynamometrickej štúdii o zaťažovateľnosti zuba /Martinko, V.: Čs. Stomat. 66. 1966, 162./, že je nesúlad medzi získanými novými poznatkami a teóriami vysvetľujúcimi pohyb zuba v analógii k pohybom jedno- alebo dvojramennej tuhej páky. Na vyriešenie tejto otázky autor nadväzoval na nové poznatky S. M. Remizova /Stomatologija 44. 1965, 33./, G. H. Schumachera /Dtsch. Stomat. 12. 1962, 305./ a J. Wolfa /Čs. Stomat. 62. 1962, 233./.

Experimenty s modelmi z pružných materiálov, ktoré čo najvernejšie napodobňovali podstatné a z mechanického hľadiska dôležité prvky dentoalveolárnej artikulácie vyriešili podstatu problému. Výsledky boli uverejnené pod názvom "O pružnej deformácii zuba" /Martinko, V.: Čs. Stomat. 68. 1968, 33./. Pri vyhodnocovaní modelových pokusov v troch priestorových rovinách sa zohľadňovali aj priebehy a smery kolagénových zväzkov vláken ozubice presne podľa histologických preparátov dentoalveolárneho systému človeka, opíc, psa, mačky a iných cicavcov. Tieto výsledky sa významne líšili od vtedajších, prevládajúcich názorov v stomatológii, ktoré boli formulované začiatkom nášho storočia.

Zo súhrnu pozorovaných a registrovaných javov, ako aj z analýzy vzniknutých polohových zmien možno dedukovať, že podstata objavu je zistenie, že za fyziologických podmienok v dentoalveolárnej artikulácii človeka a cicavcov s podobnou viaczložkovou anizotropnou štruktúrou dentoalveolárneho systému pôsobením vonkajšej mechanickej sily na zub vznikajú vzájomné na seba pôsobiace vratné pružné priestorové deformácie.

A. Dôkazy vylučujúce pákovitý mechanizmus pohybu zuba

a) Teórie o pákovitom mechanizme pohybu zuba vznikli v období, v ktorom ešte neboli k dispozícii histologické podklady, ani údaje o mechanických vlastnostiach zložiek systému. Hlavnou oporou zástancov teórie dvojramennej páky je experiment s kolom /tyčou/ vrazeným

do zeme /Case 1923, v knihe: A. M. Schwarz: Lehrgang der Gebissregelung II. Wien, Urban und Schwarzenberg 1956./. Keďže Case pokládá v experimente zub za pravidelný rigídny útvar /kôl, tyč/bez zohľadnenia ozubice, pričom zem /sypká hmota/ imituje alveolárnu kosť, experiment nenapodobňuje skutkový stav, a preto sa ani závery nezhodujú s realitou /obr. 1. a./.

Teória dvojramennej páky se však presadila v celosvetovej literatúre a uznáva sa podnes. Obr. 1. c. podľa Asta, Diemera a Hofmanna /Dtsch. Zahnärztebl. 20. 1966, 639./ je totožný s experimentom Casea. Obr. 1. b. má znázorniť účinok vertikálnej sily na zub /Ast, Diemer a Hofmann: Dtsch. Zahnärztebl. 20. 1966, 639./, pričom nastáva intrúzia zuba pri ktorej sa predĺžujú len vlákna ozubice. A = alveola, D = zub. Obr. 1. d. znázorňuje pohyb zuba podľa P. Schärera /Titulná strana Zahnärztl. Praxis 29. 1978, zoš. 2./. Obr. 1. e. a obr. 1. f. znázorňujú niektoré rozdielne aspekty na bod - os otáčania zuba /Reprodukcia z učebnic - P. Andrik: Čelustná ortopédia, Martin, Osveta 1976./.

b) Mechanické protirečenie: Pri pákovitom mechanizme pohybu zuba vznikli by počas žuvania veľké výkyvy korunkovej časti zuba, spojené so vznikom veľkých mechanických napätí v oblasti koreňového hrotu.

c) Histologické dôkazy. Pri pákovitom pohybe zuba dochádzalo by v hrotovej oblasti jeho koreňa aj k namáhaniam šmykom, ktoré je pre kostné tkanivo nepriaznivé /obr. 1. a./. Pre namáhanie tlakom a šmykom sú uspôsobené chrupkovité tkanivá, tie sa však nenachádzajú v apikálnej oblasti ani u človeka ani u iných cicavcoch s podobným dentoalveolárnym systémom.

d) Vstupný otvor zuba pre cievy a nervy je na hrote koreňa. Podľa teórie dvojramennej páky je vstupný otvor práve na takom mieste, kde pákovým prevodom vznikajú veľké mechanické napätia spojené s pohybom /obr. 1. a./. Stavebný princíp živej hmoty však nedáva cievy a nervy na miesta, kde je výrazný pohyb alebo permanentné veľké mechanické napätie. Tieto argumenty uviedli v minulosti aj iní odborníci, ale bez náležitých dôkazov, ba dokonca niektorý z nich zmenili svoje pôvodné stanovisko a urobili korekciu na jednoramennú páku /obr. 1. f./. Ale ani jednoramenná páka nevylučuje vznik veľkých mechanických napätí v apikálnej oblasti.

B. Teoretické dôkazy pohybového mechanizmu dentoalveolárnej artikulácie

a) Teoretické dôkazy na základe histologických preparátov. Známy poznatok, že kolagénové vlákna sú uspôsobené na namáhanie ťahom a sú spravidla orientované v smere prevládajúcich ťahových napätí dovoľuje aj analýzy z aspektu mechaniky, najmä ak je na histologickom preparáte vyznačený aj prevládajúci smer pôsobiacej sily. Histologické preparáty odchylných stavov uľahčujú vyvodiť závery o mechanických vzťahoch. Neprítomnosť napr. kolagénových väzov v určitom úseku ozubice svedčia o neprítomnosti ťahových napätí v tomto úseku. Histologické nálezy E. Fröhlicha /podľa G. H. Schumachera, Dtsch. Stomat. 12. 1962, 305./ mechanicky nenamáhaných zubov /obr. 3. a., 3. b./ ukazujú, že v niektorých úsekoch ozubice nie sú prítomné kolagénové vlákna. Z takýchto histologických nálezov možno po analýze dedukovať, že neprítomnosť vertikálne pôsobiacej sily je príčinou neprítomnosti apikálnych vláken, resp. vláken protiľahlej oblasti. V súlade s poznatkami S. M. Remizova /Stomatologija, 44. 1965, 33./ možno i dedukovať, že pružnosť zuba je nižšia. Z vyobrazenia 3. b. možno dedukovať, že apikálne vlákna vstupujú do činnosti ako reakcia na vertikálne namáhanie zuba.

b) Teoretické dôkazy na základe pravidla o rozklade síl. Pôsobiaca sila na zub /obr. 3. c./ sa šíri až do výšky prvých závesov ozubice, kde je rozložená na priereze plochy zuba. Odtiaľ sa prenáša do celého systému, takže smerom k hrotu koreňa je parciálny tlak malý.

c) Porovnania s inými biosústavami ukazujú, že pohyb dentoalveolárnej artikulácie ako pružnej sústavy s javmi pozdĺžného skrátenia a priečnou deformáciou má analógiu v pohybových javoch iných biosystémov napr. hrudník a dýchanie, svalová kontrakcia a výživa svalu atď. Aj poznatky o ohybovej deformácii dlhých kostí a o mechanizme iných kĺbov vylučujú výklad pohybu zuba v analógii k pohybom rigídnej páky s bodom - osou otáčania na rozhraní strednej a apikálnej tretiny zubného koreňa.

C. Experimentálne dôkazy pohybového mechanizmu dentoalveolárnej artikulácie

a) Dôkazy pomocou izomorfných modelov dentoalveolárnej artikulácie, zhotovených z pružných materiálov.

Zub a alveola bola z plexiskla hrúbky 3 mm a pre ozubicu sa použili silonové vlákna. Maximálny dôraz sa kládol na verné napodobenie smeru priebehov vláken ozubice. Model imitoval čo najvernejšie jednoduchý jednokoreňový zub v päťnásobnom zväčšení, pružne zavesený do alveoly. Cavum dentis modelu má väčší rozmer pre korekciu modulov pružnosti /obr. 3. d./.

Účinok vertikálne pôsobiacej sily na model dentoalveolárnej artikulácie:

Zub je mierne vtlačený do alveoly, pričom dochádza k jeho skráteniu v pozdĺžnom smere a k rozšíreniu v priečnom smere, taktiež jeho dutina /cavum dentis/. V periodontálnom priestore nedochádza k dotyku zuba zo stenou alveoly /obr. 3. g./.

Účinok horizontálne pôsobiacej sily na vertikálny model dentoalveolárnej artikulácie:

Zub vykazuje javy ohybovej deformácie, hlavne v krčkovej oblasti, smerom ku koreňovému hrotu sa táto stráca. Dotyk zuba zo stenou alveoly nenastal /obr. 3. f./.

Z analýzy vzniknutých javov vyplýva: Sila pôsobiaca vertikálne na zub vyvoláva v dentoalveolárnom systéme okamžitú reakciu, zároveň vyvoláva aj zmenu pôvodného mechanického rovnovážneho stavu, pričom vo smere pôsobiacej sily prevládajú tlakové napätia, ktoré vtláčajú zub do alveoly, tento však zavesený, okamžite aktivuje v ozubici časť vláken na ťah a zároveň ostatné zložky ozubice na tlak. Tlakový komponent roztláča alveolu, ťahový vyvoláva významnú horizontálnu rezultantu, vďaka ktorej dochádza k významnému priečnemu rozšíreniu zuba. Vzniká nový rovnovážny stav, úmerný pôsobiacej sile /obr. 2./.

Kontrolný dôkaz: Ak sa zaťažuje izolovaný model zuba rovnakou silou ako kompletný model dentoalveolárneho systému, dochádza iba k nepatrnému rozšíreniu izolovaného zuba, čo zároveň je spojené s menším skrátením zuba /obr. 3. g./.

Účinok horizontálne pôsobiacej sily na model horizontálneho prierezu dentoalveolárneho systému možno experimentálne znázorniť na prstencoch z pružného materiálu, ale rozdielnych polomerov. Priestor medzi prstencami je vyplnený vláknami v súlade s histologickou štruktúrou ozubice /obr. 3. e./.

1. Namáhaním vnútorného prstenca /zub/ nedochádza k dotyku medzi vnútorným a vonkajším /alveola/ prstencom ani pri väčšej sile. Vzniknutá deformácia oboch prstencov je v úzkom vzťahu k ploche uchytenia vonkajšieho prstenca /obr. 4. a./.

2. Pri zmene mechanického napätia v ozubici, t. j. medzi prstencami dochádza k nasledujúcim hlavným zmenám:

2.1. Ak zvýšime ťahové napätie závesných vláken napr. rotáciou, tak sa roztiahne vnútorný prstenec.

2.2. Ak zvýšime medzi prstencami tlakové napätie, tak dochádza k roztiahnutiu vonkajšieho prstenca /obr. 4. b./.

V živom systéme podporuje mikroštruktúru zuba, alveoly a ozubice vznik týchto javov, čo vysvetľuje vznik tlakových a zároveň aj ťahových napätí v ozubici.

b) Dôkaz pružných deformačných javov u živého človeka

Keďže doterajšie metódy merania u živého človeka nedávali ucelený obraz o priestorových deformačných javoch vyvinula sa nová metóda. Princíp tejto metódy spočíval v registrácii vzniknutých zmien počas zaťaženia zuba, a to pomocou röntgenovej snímky. Prvá snímka sa zhotovuje z nezaťaženého zuba, druhá v tej istej polohe /pomocou fixačného zariadenia medzi röntgenovým prístrojom a chrupom/ z toho istého zuba namáhaného žuvacou silou. Tieto röntgenové snímky sa v rovnakom meradle zväčšujú fotografickou metódou /5 - 15 x/. Vzniknuté zmeny, najmä oblasť periodontálnej štrbiny, sa porovnávajú buď prekresľovaním na priesvitnú fóliu alebo premeraním vzdialeností medzi jednotlivými bodmi.

Registrované javy: zaťažený zub je v anterioposteriórnom smere vo výške krčku zreteľne rozšírený /priečna deformácia/, taktiež jeho cavum dentis, úmerne je rozšírená aj alveola. Zaťažený zub je mierne vtlačený do alveoly, šírka periodontálnej štrbiny zostala zachovaná v celom rozsahu, hoci pôsobiaci sila sa pohybovala v pásme 300 až 400 N. Ani v apikálnej oblasti sa nepozorovalo zúženie štrbiny. Obr. 4. c. znázorňuje oblasť, ktorá sa detailnejšie vyhodnotila. Pôvodné obrysy sú vykreslené plnou čiarou, bodkovane sú obrysy počas namáhania zuba, šipky naznačujú smer deformácie.

c) Dôkaz pružných deformačných javov dentoalveolárneho systému uhynutých experimentálnych psov

Keďže možnosti merania mechanických vlastností u živého človeka sú len obmedzené a spravidla len kvalitatívneho charakteru, volili sa metódy merania na dentoalveolárnom systéme uhynutých experimentálnych psov. Princíp merania bol podobný ako pri registrácii deformačných javov u živého človeka. V pozdĺžnom smere sa merala pôsobiaca sila dynamometrom a lineárne zmeny pomocou odchylkomerov československej výroby SOMET /do 0,000 1 mm/ za súčasnej registrácie priečnych zmien pomocou röntgenovej snímky, ktorá sa fotografickou cestou zväčšila. Snímky sa zhotovovali z tej istej vzdialenosti a polohy najprv z nenamáhaného systému a potom za tých istých podmienok z namáhaného systému /obr. 4. e./, a to v dvoch priestorových rovinách.

Registrované javy ukazujú, že ani extrémne vertikálne sily nevyvolali stlačenie ozubice, rozhodne sa nezistili dotyky koreňa ku stene alebo ku dnu alveoly. Len čo sila prestala učinkovať nastal návrat do pôvodnej polohy.

Oveľa detailnejšie sa však sledoval účinok vertikálnej sily na dentoalveolárny systém v rozsahu od 0 až 100 N.

Pri sile 100 N sa zistila intrúzia zuba maximálne hodnotou do 0,130 mm, pričom celkové skrátenie zuba vykazovalo hodnotu 0,038 mm /obr. 4. d./. Röntgenové snímky zhotovované počas namáhania ukazujú aj vzniknuté deformácie - priečne deformácie systému. Pôsobením sily v opačnom smere, t. j. na hrot koreňa sa zistilo pri sile 100 N hodnota 0,180 mm a skrátenie zuba činilo 0,042 mm. Röntgenová snímka ukázala aj priečne rozšírenie zuba. Vyššie hodnoty pri meraniach v opačnom smere, t. j. na hrot koreňa možno vysvetliť tým, že časť apikálnych vláken bola odstránená a sila pôsobila na malú plochu koreňového hrotu, kde zároveň došlo aj k jeho stlačeniu.

Účinok horizontálne pôsobiacej sily na zub v dentoalveolárnom systéme psa: Separáciou korunkovej časti zuba vznikli podoby jednokoreňových zubov. Klin sa vtlačil nadmernou

silou do takej medzery /obr. 5. a./. Röntgenové snímky sa zhotovovali najprv bez klina a druhá po zavedení klina, t. j. pri nadmernom namáhaní. Porovnáním sa zistilo, že pôsobením nadmernej sily /klinom/ dochádza k ohybovej deformácie zuba, periodontálna štrbina je v blízkosti pôsobiska sily /klina/ výrazne rozšírená, ale inde nenastali výraznejšie zmeny jej šírky. Tenký alveolárny okraj však sleduje ohybovú deformáciu zuba.

Z experimentov konaných na dentoalveolárnom systéme uhynutých experimentálnych psov vyplýva, že zub sa skracuje a priečne rozširuje, že aj alveola sleduje tieto deformácie bez významnej zmeny šírky periodontálnej štrbiny. Registrované javy vylučujú výklady o pohybe zuba v analógii k pohybom rigídnej páky. Deformačné javy svedčia o tom, že dentoalveolárny systém sa správa ako nerozlučná pružná viaczložková sústava. Deformácie sú spoločné, priestorové a vratné. Pri niektorých meraniach bola periodontálna štrbina miestami otvorená /napr. pri hrote koreňa/, ale napriek tomu došlo k návratu zuba do pôvodnej polohy resp. návrat ručičiek odchylkomerov do nulovej polohy, čo dokazuje, že ozubica sa správa ako pružný systém, a nie ako sa kedysi predpokládalo, ako hydraulická brzda.

D. Klinické dôkazy

Mechanické fenomény replantovaných zubov: Napriek tomu, že pri replantovaných zuboch sa často obnovuje tak cievne zásobenie a inervácia pulpy /Vaněk, J. a kol.: Čs. Stomat. 81. 1981, 50./, predsa je ich životnosť pomerne krátka. Replantovaný zub je po biochemickej stránke nesporne nezávadný, a predsa vznikajú resorpčné zmeny tak na koreňovom povrchu, ako aj v alveolárnej časti. Analýza z aspektu biomechaniky však ukazuje, že pre narušenosť ozubice replantovaného zuba neobnovuje sa pružné spolupôsobenie celého systému.

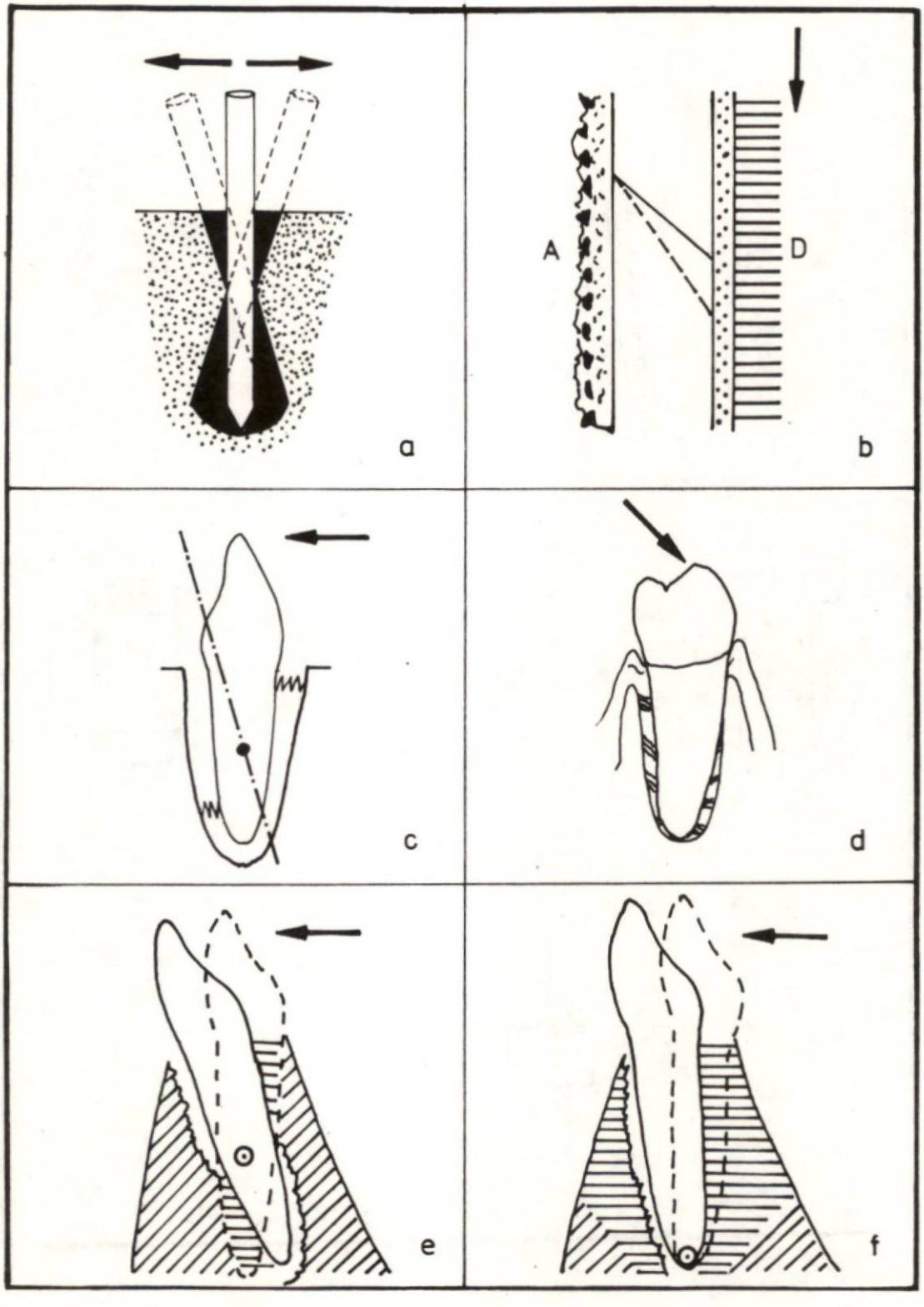
Prevládajú v ňom dezorientované namáhania tlakom a aj šmykom. V dôsledku týchto neadekvátnych namáhaní dochádza k resorpčným javom. Tento fenomén možno pozorovať aj pri implantovaných umelých zuboch. Sú to práve replantované a umelé implantované zuby, ktoré sa pohybujú v zmysle pákovitého mechanizmu, čo čiastočne vysvetľuje jednu príčinu neúspechov.

V popise objavu sú zhrnuté iba výsledky výskumov, ktoré viedli k objasneniu jedného z najzložitejších pohybových mechanizmov kĺbových spojení tela cicavcov.

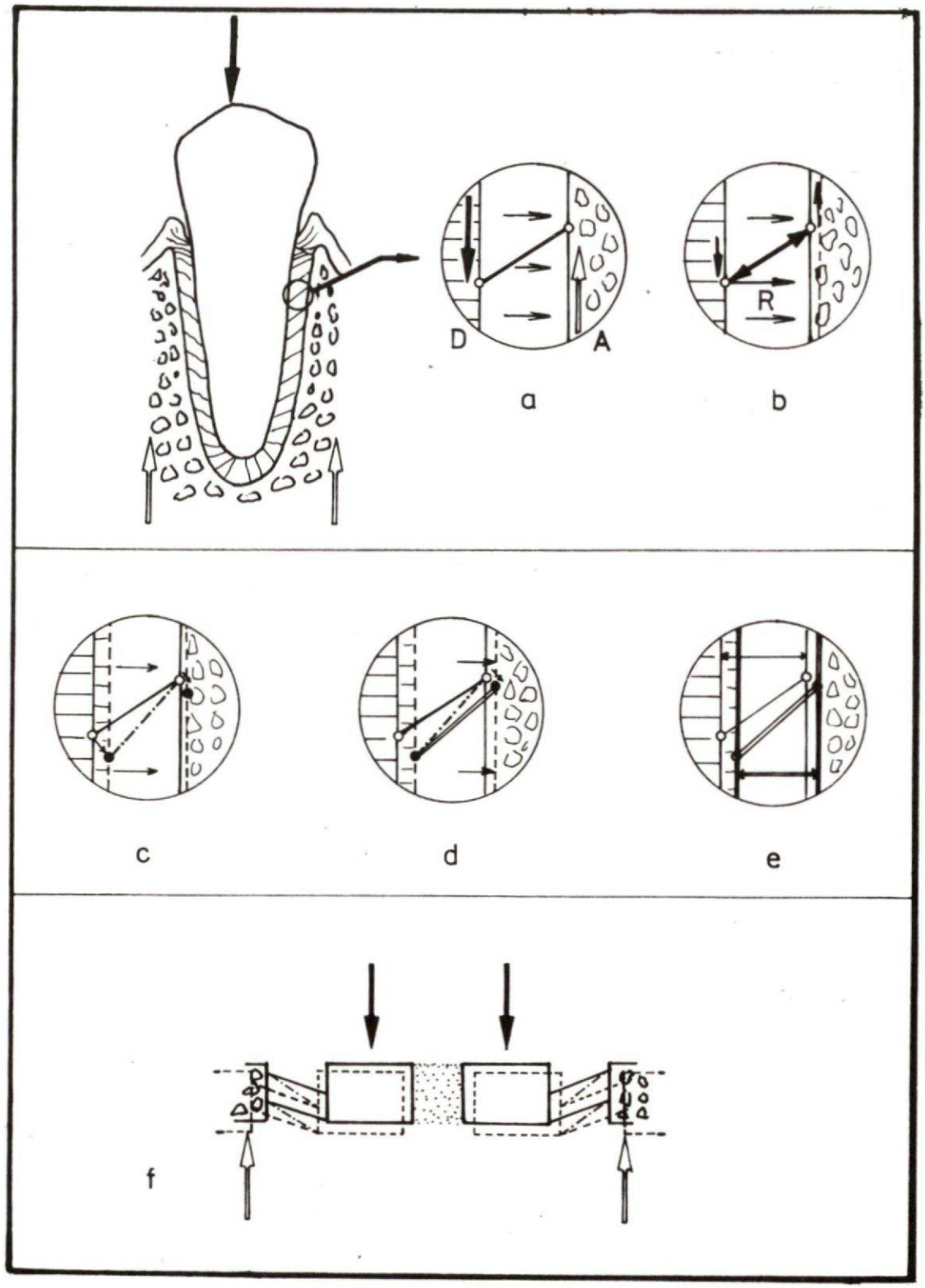
Nové poznatky si preto nájdu uplatnenie predovšetkým v základnom výskume, a to v problematike mechaniky biosystémov. Zo získaných poznatkov priamo vyplývajú nové a presnejšie interpretácie funkcií kolagénových vláken ozubice a ďasnovej oblasti. Z nových poznatkov o rozložení tlakových a ťahových napätí v namáhanom dentoalveolárnom systéme vyplývajú aj všeobecne platné závery o vzťahu kostného tkaniva k mechanickému namáhaniu, čo uľahčuje prístup k niektorým problémom vzniku parodontopátií a zubného kazu. Aj iné problémy stomatológie, spadajúce najmä do problematiky fyziológie výživy zuba a patológie si nájdú riešenie, vyžadujú však doplňujúce výskumy. Nové poznatky sa uplatňujú aj v iných osteologických disciplínach, ba aj na vysvetlenie niektorých otázok evolučnej morfológie.

Použité metódy možno rozšíriť a využiť v diagnostike a liečbe najmä parodontopátií. Pre zdravotnícku prax, a to v spolupráci s technikou vyplývajú možnosti vyvinutia nových izoelastických materiálov pre výplne /plomby/, protézy a endoprotézy /implantáty/. Rovnako dovoľujú rozpracované poznatky voliť nové princípy konštrukčných plánov, najmä pre stomatologické protézy, liečebné pomôcky a aparáty.

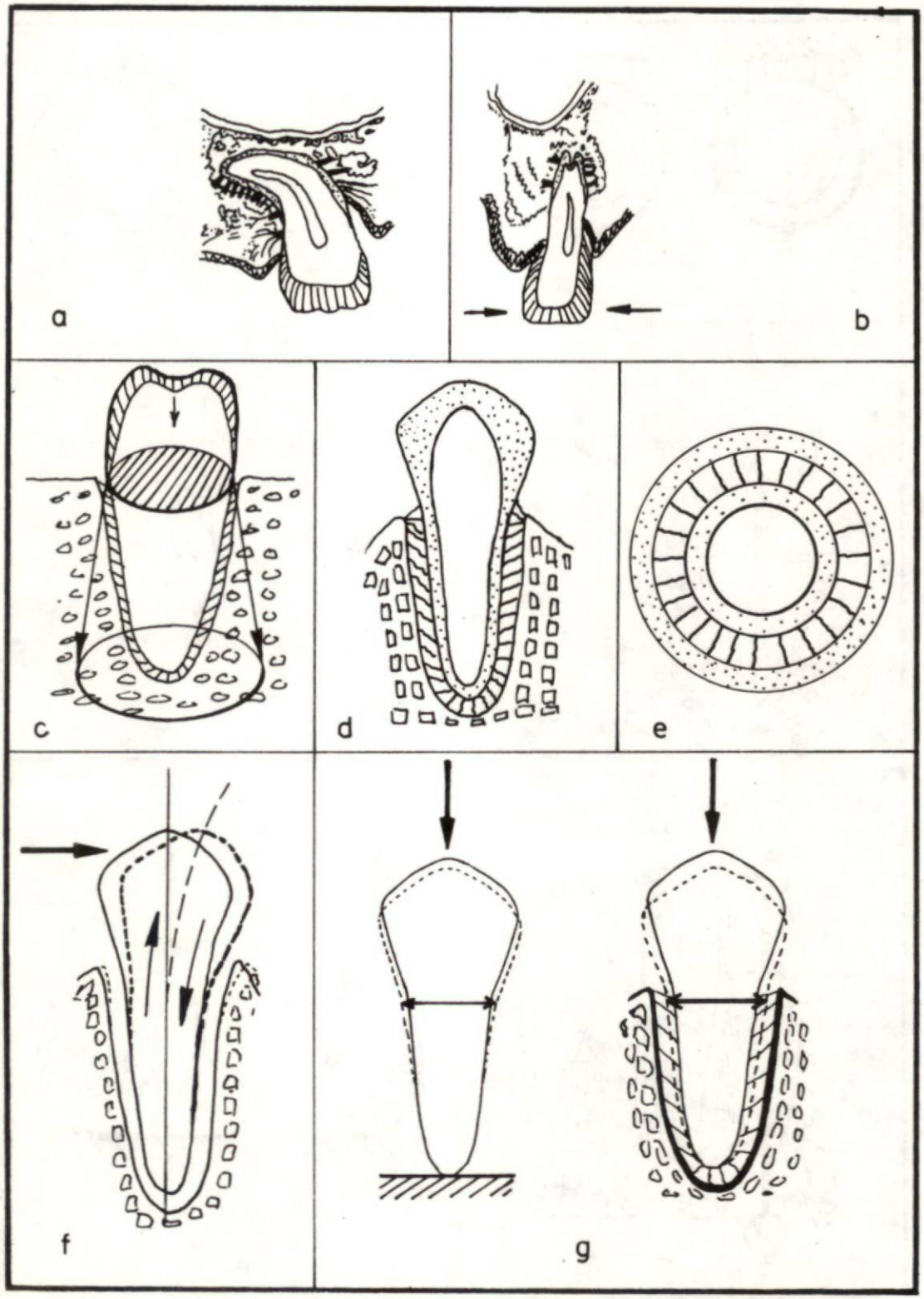
OBR.1



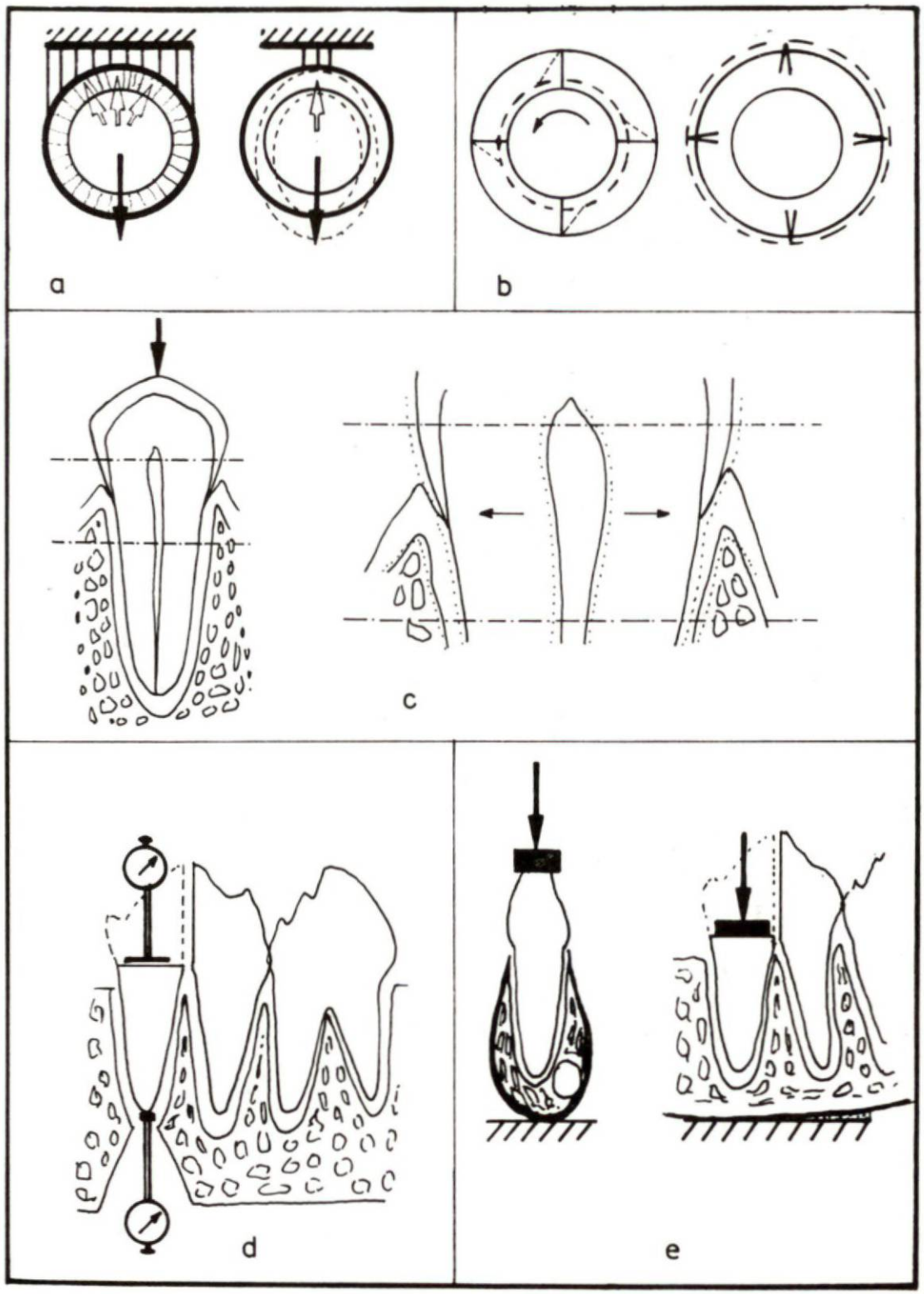
OBR.2.

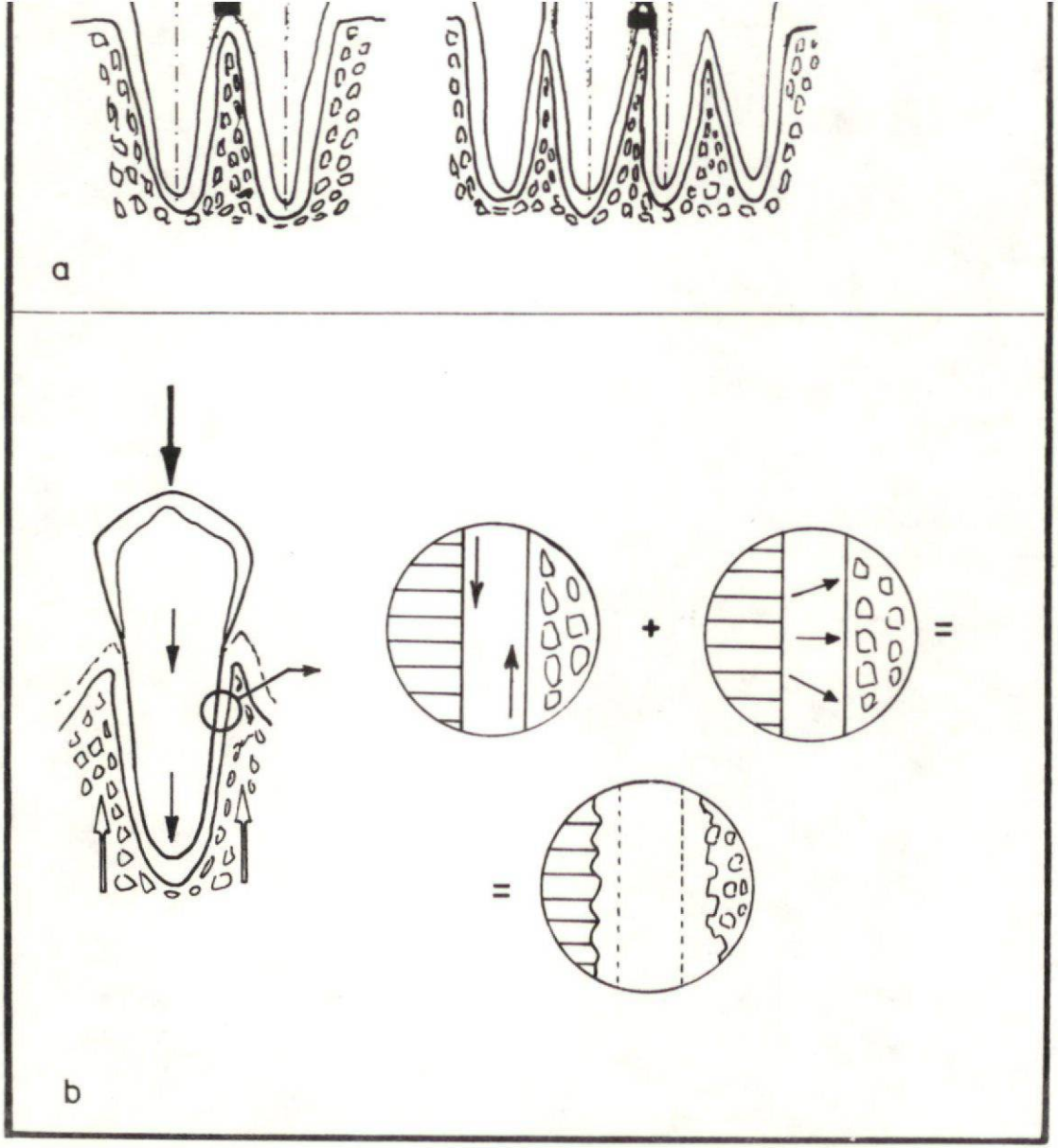


OBR.3.



OBR.4.




a
b
+
=
=

Severografia, n. p., Most

Cena 2,40 Kčs