

AZ ÍNHÜVELY BIOMECHANIKÁJA A KÉZ HOSSZÚ UJJAIN

Doktori (PhD) értekezés

Készítette: Dr. Mester Sándor

Doktori Iskola Vezetője: Prof. Dr. Nagy Judit
Programvezető: Prof. Dr. Bellyei Árpád
Témavezető: Prof. Dr. Nyárády József

Pécsi Tudományegyetem, Általános Orvostudományi Kar, Pécs

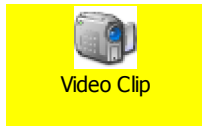
2005

TARTALOMJEGYZÉK

Bevezetés	3
Irodalmi előzmények	5
A hajlítóínhvüvely anatómiája	5
A hajlítóínhvüvely biomechanikája	9
Saját vizsgálatok	16
Humán funkcionális anatómiai és biomechanikai vizsgálatok	16
Az ínövüvely tenographiás vizsgálata	16
Az ínövüvely belső felszínének makroszkópos vizsgálata	23
Kísérletes direkt laterális feltárás.....	36
A subcutis rostrendszerének vizsgálata	39
Az ínövüvely scanning elektronmikroszkópos vizsgálata	49
Modellvizsgálatok tyúk hajlítóínhvüvelyen.....	52
Anatómiai megfigyelések, valamint a hagyományos és a direkt laterális feltárás összehasonlítása terheléses, fénymikroszkópos és scanning elektronmikroszkópos vizsgálatokkal	52
Humán klinikai vizsgálatok	63
Mágneses rezonancia vizsgálatok	63
Az ínövüvely endoscopos vizsgálata	68
Az ínövüvely direkt laterális feltárása	71
Klinikai relevancia	75
Összefoglalás	77
Irodalom.....	79

CD melléklet

A csatolt CD-n az értekezés olvasható Microsoft Word 2002 formátumban.



A ikonokra kattintva elindíthatók a hivatkozott videorészletek (SVHS/MPEG). A CD tartalmazza a „Biomechanics of the tendon sheath” című videofilmet is. A horizontális torzítás a RealPlayer Full Screen Theater nézetében kiküszöbölhető.

Bevezetés

Az ujjhajlító inak ínhüvelye filogenetikai szempontból nem csak az emberre jellemző anatómiai képlet. Megtalálható mind a madaraknál, mind az emlősöknél.^{42, 120} Sajátossága legkönnyebben úgy érthető meg, ha összehasonlítjuk a szervezetben előforduló egyéb ínhüvelyekkel. Ínhüvely ott található, ahol az izomerőt a csontra „közvetítő” ín megtörést szenved valamely anatómiai képleten, általában retinaculumon, vagy csontfelszínen. Példaként említhetők a hajlító- és feszítőinak csukló környéki, vagy boka környéki ínhüvelyei. Itt hosszabb-rövidebb szakaszon kettős falú nyálkatömlő hüvelyezi be az inakat, melynek egyik fala (visceralis lemez) magára az ínra fekszik rá, másik fala (parietalis lemez) pedig a környezettel (retinaculum, periosteum) kapcsolódik. Az ínhüvely belső synovialis borítása biztosítja a két lemez közötti alacsony súrlódást, míg az ínhüvely két falának proximalisan és distalisan egymásba való áthajlása lehetővé teszi az ín hosszirányú elmozdulását. Ilyen módon azokon a kritikus szakaszokon, ahol az inat megfeszülése során a megtörése miatt oldalirányú terhelés is éri, a súrlódás jelentősen csökken.⁸⁵

Az ujjakra kifutó hajlítóinak ínhüvelye sajátos szerkezetű. Annyiban nem hasonlít a nyálkatömlőkhöz, hogy falát az ín átmérőjéhez képest hosszú szakaszokon nem könnyen deformálódó és gyűrődő hártyás jellegű ínhüvely képezi, hanem szilárdabb szövetfeleség. Dorsalisan és esetenként dorsolateralisan az ujjperc csontos váza alkotja falát, melyet az íntől csak a periosteum és a synovialis réteg választ el, kerületének többi részén pedig erős szalagos képlet övezi. Ezt nevezzük gyűrű-, vagy keresztszalagnak (ligamentum anulare, ligamentum cruciatum), leghasználatosabb angol elnevezésével: „pulley”-nak. Közönségesen ezt az anatómiai sajátosságot úgy szokás leírni, hogy a hajlítóinak a kéz úgynevezett kettős zónájában „szűk osteofibrosus csatornában” futnak.¹⁵ Természetesen a csatorna nem szűk, csak a fogalmazás pongyola. A csatorna akkor válik szűkké, amikor a sérülést követően a hajlítóinat helyre kívánjuk állítani, sőt azt is szeretnénk, hogy a helyreállítás után ugyanúgy megtartsa csúszóképességét mint korábban. A helyszűke egyrészt az ínvarrat gyógyulásának korai, inflammációs stádiumában jelentkezik, amikor az oedemáson megduzzadó íncsonkok szorosan nekifeszülnek a csatorna falainak. Másrészt a helyszűke azt is jelenti, hogy amikor a hajlítóín varrata ugyanúgy, mint minden egyéb ínvarrat, tömeges hegeképződéssel, és ennek eredményeként a környezetéhez való hegesedéssel gyógyul, nincs lehetőség a heg elmozdulására. Szabadabb környezetben fellépő hegesedésnél a heges rétegek sokasága, egymáshoz képest ugyan csak kismértékben, de mégis elcsúszhat. Így szerencsés esetben van arra lehetőség, hogy az ín akár teljes eredeti mozgásterjedelmét visszanyerje. A nem ínhüvellyel borított inak esetében ugyanis a vázolt mechanizmus – amelyet mint a paratenon heges megvastagodását képzelhetünk el – jelenti a funkcionálisan eredményes gyógyulást. Gyakran megfigyelhető ez a jelenség az alkaron, ahol a bőrheg igen sokáig együtt mozog az alatta elhelyezkedő ínheggel még akkor is, amikor az ín mozgása funkcionális szempontból már teljes értékű. Ilyenfajta „megengedő” jellegű, tömeges

hegképződéssel járó íngyógyuláshoz valóban kevés a hely az osteofibrosus ínhüvelyben. Ha ezt a sajátosságot figyelmen kívül hagyjuk az ínegyesítő műtét során, az ín mozdíthatatlanul letapad, és végeredményül értéktelen, merev ujjat kapunk.

Ez a háttere annak, hogy a hajlítónak sebészetében külön elnevezésekkel, mint „Verdan 2 zóna”, vagy „No man’s land” illeték azt a szakaszt, ahol az ínhüvelynek a fentebb említett sajátosságai megtalálhatók. A mai terminológia a 2. zóna elnevezést használja erre a területre, mely a distalis tenyéri redőtől a középperc közepéig tart a hosszú ujjakon, avagy az ínhüvelyre vetítve az A1 pulley-tól az A4 pulley-ig terjedő területet foglalja magában. Az e területen gyakori sérülés, a rossz sebészi eredmények és következményesen a kéz összfunkciójának romlása igen jelentős kutatói erőfeszítéseket generált az eredmények jobbítása végett.^{107,108,122} A múlt század hetvenes éveire nyilvánvalóvá vált, hogy a sikeres beavatkozás számos tényező függvénye, melyek közül a fő hangsúlyt az atraumatikus műtéti technika, a hegesedést kevésbé okozó varróanyagok használata és speciális varratípusok behelyezése kapták. A kutatók az ínhüvelyt a benne futó hajlítónnal együtt funkcionális egységnek¹⁵ tekintették. Az ínhüvely helyreállítása, vagy pótlása folyamatos tudományos kutatás és vita tárgya maradt. A kérdés megközelítése során az ínhüvelyt általában, mint egységes anatómiai struktúrát kezelték. Sajátos szerkezetének a felderítése csupán a hetvenes-nyolcvanas években történt csak meg, párhuzamosan a sebészi technika finomodásával, amely a gyakorlatban is tudta ezeket az eredményeket hasznosítani.^{8,25,26,68,70}

Munkánkkal azokhoz a kutatásokhoz csatlakozunk, amelyek az ínhüvely sajátos felépítésével foglalkoznak. Ép és kóros körülmények között vizsgáltuk az anatómia és funkció összefüggéseit.

Kutatási tervünk cadavervizsgálatokat involváló részét, melyet „Cadavervizsgálatok a kézujj anatómiájának és biomechanikájának tárgykörében” címmel nyújtottunk be, a Pécsi Orvostudományi Egyetem (POTE) Regionális Kutatásetikai Bizottsága 1992. december 17-i ülésén jóváhagyta.

A munkánkban szereplő cadavervizsgálatokat a POTE Kórbonctani Intézetében, a tenographiás vizsgálatokat a POTE Kórbonctani Intézetében, illetőleg a POTE Radiológiai Klinikán, a szövettani vizsgálatokat a POTE Kórbonctani Intézetében és a POTE I. sz. Sebészeti Klinika Laboratóriumában, a scanning elektronmikroszkópos vizsgálatokat a POTE Központi Kutató Laboratórium Elektronmikroszkópos Laboratóriumában, a tyúkkísérleteket a POTE Központi Állatkísérleti Laboratóriumában, illetőleg a Pollack Mihály Műszaki Főiskola Mechanikai Tanszékén, az MR vizsgálatokat az Országos Érsebészeti Intézetben lévő Központi Radiológiai Diagnosztikában, továbbá Kaposváron, a Pannon Agrártudományi Egyetem MR laboratóriumában, valamint az al ain-i Tawam Kórházban, az ínhüvely endoscopos vizsgálatát és az ínhüvely direkt laterális feltárását betegeken a POTE I. sz. Sebészeti Klinika Traumatológiai Önálló Osztályán végeztük.

Irodalmi előzmények

A hajlítóínhüvely anatómiája

Anatómiai megfigyelésekben, leírásokban régtől fogva feltűnik az ujjak hajlító felszínének ínhüvelye. Az anatómiai észlelés interpretációja attól függő, hogy milyen funkciót tulajdonít a megfigyelt struktúrának a megfigyelő. Példaként említjük Leonardo da Vinci (1452 – 1519) kézről készült anatómiai rajzait. A nyilvánvalóan mechanikai érdeklődésű művész helyesen és következetesen ábrázolja az alappercek és a középpercc gyűrűszalagjait. Whittaker¹²⁵ élettani oldalról közelítve 1907-ben már a synovialis membrán jellegét emeli ki. Azt gondolhatnánk, hogy Doyle²⁹ alapvetőnek tekintett 1988-as leírása valamiféle szintézist ért el, amikor úgy fogalmazott, hogy a synovialis flexor ínhüvely a metacarpus-nyak magasságától a distalis interphalangealis ízületig tartóan visceralis és parietalis elemekből áll, melyre ráfekszenek - mintegy azt kívülről megerősítik - a retinacularis (pulley) struktúrák. A későbbiekben látni fogjuk, hogy ez közel sincs így, és napjainkban is merülnek fel új aspektusok az anatómiai leletek terén.

Kétségtől, az ínhüvely legsajátosabb vonása a kettős synovialis borítás jelenléte, mely összességében zárt üreget képez az ín körül.⁷³ E zárt üreg megmutatása és kiterjedésének megállapítása legegyszerűbben az üreg feltöltésével történhet. A gyakorlatban kétféle módszer terjedt el, az egyik a festékanyaggal történő feltöltés²⁶, mely a boncolás során történő megfigyelés számára ad többé-kevésbé biztos fogódzót, a másik pedig a rtg-kontrasztanyaggal való feltöltés^{90,91}, melynek előnye, hogy az ínhüvely viszonyai anélkül vizsgálhatók, hogy környezetének anatómiáját megváltoztatnánk.

Az ínhüvelyzsák az ujjak nyújtott helyzetében a mutató-, középső- és gyűrűsujjakon valóban a metacarpus-nyak magasságától kezdődően a distalis interphalangealis ízületig terjed. A kisujjon az ínhüvely üregének csuklóig való terjedése 30-50 %-ban^{90,91} fordul elő.

A synovialis borítás viszonyait szokás a mesenterium, vagy pleura viszonyaihoz hasonlítani¹⁰⁶, *visceralis*, illetve *parietalis synovium* elnevezéssel. A proximális áthajlás a parietalis illetve visceralis lemezek között a *proximal cul de sac*, míg distalisan a distalis interphalangealis (DIP) ízület magasságában helyezkedik el a *distal cul de sac*. További összeköttetést képeznek a parietalis és visceralis lemezek között a vinculumok: *vincula longa* és *vincula brevia*.⁵

A synovialis borítást Cohen és Kaplan²⁵ folyamatosnak, megszakítás nélkülinek találták mind a visceralis, mind a parietalis felszínen. A membranosus ínhüvelyszakaszokon a synoviumot több sejtrétegből állónak észlelték, míg az inak felszínén, illetve a szalagos ínhüvelyszakaszok belső, az ínhüvely ürege felé tekintő felszínén a folyamatos sejtsor hiányát azzal magyarázták, hogy a synoviocytaikat glycoalix és proteintartalmú granuláris folyadék szeparálja. Mindazonáltal hangsúlyozták, hogy fibroblast megjelenését a felszínen sosem észlelték. Ez a kijelentés ugyanakkor ellentmondásban áll Lundborg és Myrhage⁷⁰ közlésével, akik mind a hajlítóinakon, mind a gyűrűszalagok belfelületén olyan szakaszokat találtak a legnagyobb nyomásnak kitett területeken,

melyekben capillárisok nem voltak kimutathatók, synovialis borításuk nem volt, hanem ezeket a területeket chondrocyta-jellegű sejtek foglalták el.

Míg a synovialis (normál körülmények között csak virtuális, mindössze cseppnyi synoviát tartalmazó) üreg jól definiálja az ínhüvely kiterjedését az ín felszínéhez viszonyítva, addig külső határai közel sem ennyire egységesek. Dorsal felől a mutatóujj sugarában az *adductor fascia*, egyebütt a *palmaris interossea fascia* fekszik neki a proximalis ínhüvelyáthajlásnak, míg két oldalról a *septum paratendinosum* határolja.¹⁷ Volarisan a palmaris aponeurosis harántrostjai, funkciójából eredeztetett kézsebészeti elnevezésével a *palmar aponeurosis pulley*⁷² a kötőszövetes támaszték. Distal felé haladva a dorsalis oldalon a metacarpophalangealis (MP) ízület palmaris tokja, majd az alapperc, illetve annak periosteuma képezik a határt. Az alapperc distalis harmadában a proximalis interphalangealis (PIP) ízület palmaris tokja képezi a dorsalis falat, majd a középperc, végül pedig a distalis interphalangealis (DIP) ízület következnek ugyanazon pozícióban. Az említett ízületek tokjának palmaris része speciális felépítése és különösen a PIP ízületnél megfigyelhetően zsugorodásra való erős hajlama okán régóta a kézsebészeti érdeklődés homlokterében áll, és külön elnevezéssel *palmar plate*-ként ismert.^{18,41} Az ínhüvelynek az ín hossz tengelyére merőleges metszete változatos alakú, proximalisan még közelít a körhöz, majd distal felé mindinkább lencse alakúvá módosul. Ennek megfelelően a dorsalis fal sem sík, hanem ívelt és nem is csak dorsalis, hanem dorsalis és dorsolateralis elhelyezkedésű. Különösen szembeötlő ez az a csontos ujjperceken, ahol a volaris felszínen hosszirányú vályúlatot találunk a hajlítóinak számára, melynek mélysége egyéenként is és ujjpercenként is változó.⁵⁷

Az ínhüvely legsajátosabb alkotórésze a lateralis és volaris fala. Ezt az MP ízületi palmar plate-től kezdődően változatos elrendeződésben szalagos (*pars reticularis*) és membranós (*pars membranacea*) részek építik fel. Leírása a többé-kevésbé jól definiálható szalagos struktúrák azonosítása révén lehetséges, melynek nevezéktana Doyle²⁹ nyomán vált nemzetközileg elfogadottá. Eszerint megkülönböztetünk gyűrűszalagokat (*ligamentum anulare*; *annular pulley*; „A” pulley) és keresztszalagokat (*ligamentum cruciatum*; *cruciate pulley*; „C” pulley).

A gyűrűszalagok két pozícióban: vagy a volar plate-hez csatlakozóan (A1, A3, A5: az MP, PIP, illetve DIP ízületeknél), vagy az ujjpercekhez rögzülten (A2, A4: az alappercen, illetve középpercen) fordulnak elő.

A keresztszalagok gyakran X, néha egyszeres spirális, néha pedig Y alakban ferdén helyezkednek el az ín tengelyéhez viszonyítva; nevezetesen a C1 az A2 és A3 gyűrűszalagok közötti, a C2 az A3 és A4 közötti, a C3 pedig az A4 és A5 közötti szakaszokon. A hüvelykujjon is feltalálhatók a pulley-rendszer elemei, ám a hosszú ujjakhoz képest a különbség jelentős⁹, ezért azzal munkánkban nem foglalkozunk.

A biológiai változékonyság jellemzi az ínhüvely szalagrendszerét is, ennek megfelelően a különböző szerzők különböző módon írták azt le, illetve ugyanazon megfigyelő sem találta meg mindegyik elemet minden ujjon. A legállandóbb alkotórészek az A1, A2, A3 és az A4 pulley-k. Az A1 és A2 pulley-k közötti átmenet sajátossága, hogy előfordulhat az egyértelmű elválasztó képlet (*pars membranacea*) hiánya, közbeeső spirális köteg lehet a két gyűrűszalag között, avagy rövid *pars membranacea* szakasz a határ.⁶⁶ A legváltozékonnyabb megjelenésűek a C3 és A5 pulley-k, gyakran hiányzóként kerülnek feljegyzésre, különösen a kisujjon. A pulley-k méretére vonatkozóan jó eligazítást ad

Doyle²⁷ táblázata, mely szerint a leghosszabb a középső ujj A2 gyűrűszalagja, 16 vizsgált kéz átlagában 20,5 mm, minimum 15,6, maximum 25,3 mm, standard deviáció $\pm 3,2$ mm. Lin és munkatársai⁶⁶ a szalagok hosszát a proximális phalanx hosszához viszonyítva adják meg, mely az adatok összehasonlíthatósága okán a tudományos feldolgozás szempontjából szerencsésebb választás. Eszerint a pulley-k hossza az alapperc hosszának százalékában: A1: 18-21%, A2: 34-44%, A3: 3-9%, A4: 13-16%, A5: 6-9%, $\pm 1-6$ % közötti standard deviációval a vizsgált ujjtól függően. A pulley-k fizikai teherbírására vonatkozóan több adattal is rendelkezünk. Az A2 pulley maximális szakítószilárdságát Manske és Lesker⁷¹ 18,3 kg-nak, Lin és mtsai⁶⁷ 407 N-nak, Tang¹¹¹ 375 N-nak találták.

Az ínhüvely reticularis részei tömött rostos kötőszövetből, collagenből állnak. Bizonyos, hogy már az intrauterin fejlődés során kialakulnak, amint azt Flake és mtsainak³⁶, valamint Sbermadori és mtsai⁹⁸ vizsgálatai bizonyítják. Az említett szerzők újszülött kortól kezdődően adolescens korig vizsgálták a pulley-rendszer felépítését és azt találták, hogy az már a születéskor teljességgel kialakult, a későbbi növekedés során arányait a kézhez képest megtartja. A szerzők nem tartják ugyan kizártnak, hogy a munkavégzés miatt a szalagos struktúrák változhatnak, akár – amint írják – felszívódhatnak, ám erre utaló adattal a vizsgált 168 hosszú ujj és 42 hüvelykujj nem szolgált. Megengedő véleményüket arra alapozták, hogy bizonyos pulley-k, elsősorban az A5 és A3 előfordulását gyakoribbnak találták, mint más szerzők.

További adat a pulley-rendszer korai megjelenése mellett, hogy Landsmeer⁶³ a kéz anatómiai leírásában meghatározónak tekinthető művében a fénymikroszkópos metszeteket olyan foetalis korú specimenekről készítette, ahol a csontosodás még nem kezdődött meg. Bár a mai nevezéktan a mű készítésekor – megjelenés éve 1976 – még nem állhatott rendelkezésre, a szerző utal a megfelelő struktúrákra, és azok a közölt ábrákon jól felismerhetőek.

A membranosus ínhüvely anatómiájának leírása a szalagos részekéhez viszonyítva szegényesnek mondható, mint önálló téma nem is lelhető fel az irodalomban. Az olvasó leggyakrabban indirekt módon a maga számára határozhatja meg: az ínhüvelynek az a része, ami nem pulley. Mint már korábban említésre került, Cohen és Kaplan²⁵ leírása alapján mikroszkóposan úgy határozható meg, mint az az ínhüvelyrész, ahol a belső felszínen a synovialis sejtsor borítás többrétegű. Strauch és de Moura¹⁰⁶ úgy írják le, mint számos „zsákocskát” – „cul de sac”-ot – a szalagos részek között. Amis és Jones² mutattak rá elsőként, hogy a pars membranacea némely helyen sajátosan csatlakozik a szalagos ínhüvelyhez, amennyiben nem közvetlenül a szalag szélén, hanem attól bizonyos távolságban a palmaris-lateralis felszínen tapad, ilyen módon kis recessust képez, avagy fordítva: a pulley szabad széle mintegy „belóg” az ínhüvelybe. Ezt az elrendezést leggyakrabban az A2 pulley distalis szélénél figyelték meg. Lundborg és Myrhage⁷⁰ az ínhüvely vascularitásának vizsgálata során rámutattak arra, hogy a membranosus ínhüvely erezettsége alapvetően különbözik a pulley-rendszer vérellátásától. Míg a membranosus ínhüvely bőségesen erezett, a szalagos kifejezetten érszegény, különösen a belfelületéhez közeli részein. Felfigyeltek arra is, hogy a mikroérfeltöltéssel készített preparátumokban az A2 pulley distalis szélénél az átmenet az ínhüvely belfelületéről vizsgálva mennyire éles az erezett és capillárisokban szegény ínhüvely között. Ők is észlelték, hogy ennek a háttérben a membranosus ínhüvelynek a pulley szabad széle mögött meglévő folytonossága áll. A membranosus ínhüvelyrecessust észlelve azonban nem mechanikai következtetésekre jutottak. Úgy vélték, hogy a

recessus észlelt – a többi membranosus ínhüvelyszakaszhoz képest is – bőségebb erezettsége arra utal, hogy ott a synovialis folyadék termelődése akkor is végbemehet, ha az más szakaszokon a hajlítón megfeszülése miatt keletkező nyomásnövekedés következtében nem lehetséges. A membranosus ínhüvely szerepét a konvencionális megközelítés egyébként is abban látta, hogy az ínhüvely üregét mintegy „lezárra” és a synovialis folyadék termelése révén az úgynevezett „synovialis környezetet” („synovial environment”) biztosítsa. Közkeletű felfogás szerint a „synovialis környezet” elsősorban a csúszást könnyíti meg a hajlítón számára a synovialis folyadék sűrűdést csökkentő hatása révén.⁴⁷ Mára elfogadottá vált az is, hogy a synovialis folyadék egyúttal az ín bradytrop részeinek táplálásában is részt vesz, illetőleg sérülést követően elegendő táplálást biztosít az ín csontok vérellátás nélküli része számára.^{42,74,88}

A hajlítóínhüvely biomechanikája

A biomechanika – legáltalánosabb definíciója szerint – a fizika, mint tudomány, mechanikai ágának a biológiai rendszerekre történő alkalmazását jelenti. Ilyen értelemben fejezetünknek joggal adhatnánk a „hajlítóínhüvely mechanikája” címet is, mégis csatlakoznunk kell ahhoz a többséghez, akik a „biomechanika” kifejezéshez ragaszkodnak. A mechanika sine qua non-ját ugyanis a mérések adják, amelyek a biológia területén a variabilitás miatt és metodikai okoknál fogva a mechanika egyéb megszokott területein való mérnöki alkalmazásaikhoz képest kevésbé konzisztens adatokkal szolgálnak, és reprodukálhatóságuk is elmarad azoktól. Ezért a „biomechanika” igen gyakran inkább a mechanikai szemléletmód alkalmazását, mintsem a vizsgálómódszerekkel elért precizitást fejezi ki. Minden nehézsége ellenére a mechanikai szemlélet a locomotor rendszer vizsgálatakor, leírásakor és az azon történő beavatkozások során nem nélkülözhető.

A hajlítóínhüvely esetében a biomechanikai megközelítés értelemszerű és megkerülhetetlen, hiszen legkorábbi vizsgálói és leírói számára is nyilvánvaló volt a mechanikai szerepe. Ez a szerep elsősorban abban áll, hogy az ujj behajlításakor akadályozza a hajlítóínnak az ízületektől, illetve az ujjperccsontoktól való elemelkedését az izomhas megfeszülésekor.

Ha eltekintünk a palmaris aponeurosis lehetséges pulley szerepétől, akkor azt látjuk, hogy az ujjra kifutó hajlítóínakat a szalagos ínhüvelybe lépés előtt csupán a *ligamentum carpi transversum* orientálja. Ebből következően szalagos ínhüvely hiányában a megfeszített mélyhajlítóín – ismét csak eltekintve a superficialis hajlítóín lehetséges pulley-szerepétől – a *ligamentum carpi transversum* distalis szélétől a körömperchez húzott egyenes mentén kívánna elhelyezkedni. Gondolatkísérletünk sikerét nem akadályoznák a subcutis, vagy a bőr szövetei, mivel azok a hosszan tartó terhelés hatására megnyúlnak. Szerencsére egy, a tenyér proximalis részétől a körömpercig húzódó sagittalis vitorla rémképétől mégsem kell tartanunk. Az orientáló ínhüvelyszalagok hiányában a hajlítóín úthossza lerövidülne, melyet az izomrostok hasonló rövidüléssel követni nem tudván, az egyenes vonalú előemelkedéshez szükséges feszülés biztosítására képtelenné válnának. Így tehát a szalagos ínhüvely egészséges, avagy funkcionálisan jelentős nagyságú részeinek hiányában meg kellene elégednünk egy olyan ujjnak a látványával, mely aktívan teljesen nem nyújtható ki, az aktív flexiója a tenyéri barázda elérésétől messze elmarad. Amennyiben gazdája fizikai munkás, a bőrt előemelő hajlítóín vonalában hyperkeratosis és azon haránt irányú físsurák lennének láthatók.

Az ín hosszirányú terhelésének növekedésekor a súrlódás is növekszik az ín és az ínhüvely között. Az ínhüvely szerepe az is, hogy ezt a súrlódást kis súrlódási együttható biztosításával mérsékelje. A súrlódási együtthatót a súrlódó felületek minősége és a minőséget befolyásoló „kenőanyag”, a synovialis folyadék jelenléte határozzák meg.

A hajlítóín-sérülések következtében anatómiai, és fiziológiai változásokkal is számolnunk kell, mind az ín, mind az ínhüvely részéről. Ebben az összefüggésben kóros biomechanikáról beszélhetünk.

Az inak működésének hatékonyságát vizsgálva nem csak az izomerőt, hanem az ízületekre ható húzóerő erőkarját is figyelembe kell vennünk. A kettő szorzata adja a forgatónyomatékokat. Landsmeer⁶³ szerint az erőkart a hajlítóin palmaris felszínére merőleges és az ízület forgástengelyén átmenő egyenes szakasz hossza adja meg. Az ínhüvelygyűrűknek ebből a szempontból döntő szerepük van azáltal, hogy meggátolják az ín elemelkedését az ízülettől. Minél jobban eltávolodik az ín — például pulley sérülésnél, pótlás esetén, a pulley-k ovális alakú deformálódása miatt, ha túl vékony íngraftot használtunk — annál nagyobb a forgatónyomaték, de annál nagyobb elmozdulást kell végeznie az ínnak ugyanazon hajlítási fok eléréséhez. A forgatónyomaték növekedése elősegíti a flexiós contractura kialakulását és a pulley-szakadás kockázatát is.⁵⁶ A nagyobb ínmozdulás teljesíthetetlen igénye viszont csökkenti az ujj többi ízületében elérhető hajlítás mértékét.

A helyzetet bonyolítja, hogy az ujjak hajlítóiinai több ízületet hidalnak át.

Az alappercen nem tapad hajlítóin – biomechanikai megfogalmazás szerint „intercalaris szegmentumként” viselkedik – mégis nyilvánvaló, hogy a hajlítóinaknak ha nem is kizárólagos, de döntő szerepe van a metacarpophalangealis ízület hajlításában. Az alapperc flexiója az ínhüvely szalagrendszerén keresztüli erőátvitellel valósul meg. Hasonlóan, a proximalis interphalangealis ízület flexiójára is képes egyedüli hajlítóként a mélyhajlítóin, mely akár természetes körülmények között is végbemehet, mint például a kisujj felületes hajlítójának csökevényes volta, vagy hiánya esetén.

Jelenleg is kétséges, vajon az erőkar változik-e a mozgás során. An és mtsai³ szerint a hajlítás során az erőkar nő, míg Brand és mtsai¹⁹ szerint nem változik.

Horibe és mtsai⁵² a hajlítóinaknak a pulley-rendszerhez viszonyított elmozdulását vizsgálva azt találták, hogy az a II. zóna területén a legnagyobb (1,7 mm/10°) és ebből arra következtettek, hogy a PIP ízület mozgásai a legfontosabbak a postoperatív adhesiók legyőzésében.

Doyle²⁸ a normál MP, PIP és DIP ízületi erőkart 11; 7, illetve 5 mm-ben adja meg. 85° szögelforduláshoz ezen ízületekben sorrendben 16,2; 13,4, illetve 5,6 mm hosszirányú hajlítóin elmozdulás kell. Amennyiben az erőkar 2 mm-rel növekszik, ugyanezen szögelfordulás létrehozásához a hajlítóinnak 19,3; 17,2, illetve 7,8 mm-t kell elmozdulnia. Másként fogalmazva ez azt jelenti, hogy ugyanezen erőkar növekedés azonos hajlítóin úthossz esetén az említett ízületekben 60° hajlítási veszteséget eredményez, amely szemléletesebben azzal érzékeltethető, hogy ebben az esetben az ujjbegy-tenyéri barázda távolság 0-ról 3 cm-re növekszik.

Az ujjpercek és az ínhüvely morfológiájának a hajlítóin funkcióra gyakorolt közvetlen hatását Lin és mtsai⁶⁶ húzták alá. Cadaverkísérleteik eredménye szerint az alapperc és a középperc palmaris concavitása felett a hajlítóin ívelés elvesztése („bone type bowstringing”) jár a leginkább állandó, 15 %-os mozgásvesztéssel adott excursióra számítva. Ugyanakkor a PIP ízület feletti pulley-k elvesztése csak 30 fokos ízületi flexió felett jár biomechanikai következménnyel.

Természetesen, a sebészet számára a biomechanikai részletek abban a kérdésben összesíthetők, hogy melyek a legfontosabb részei a pulley-rendszernek, amelyeket a lehető legjobb funkció eléréséhez meg kell őriznie, vagy helyre kell állítania. Erre vonatkozóan az irodalmi anyag valóban jelentős.^{33,41,54,65}

Barton⁸ 1969-ben, a pulley-rendszer leírása után az elsők között vizsgálva a problémát, az A2 és A4 pulley-k döntő szerepe mellett tört lándzsát, bár optimálisnak biomechanikai szempontból az A3 pulley-t tartotta. Utóbbit azonban az előzőekhez képest gyenge volta miatt elvetette. Ezt az eredményt szubsztanciálisan azóta sem cáfolták, azonban viszonylag jelentősen később Savage⁹⁷ cadaver-ujjakon a pulley-k sorozatát metszésével végzett vizsgálataiban arra a következtetésre jutott, hogy feltételezve a pulley-rendszer maradék részének épségét, az A2 és A4 pulley-k nem nélkülözhetetlenek. Meg kell jegyeznünk azonban, hogy méréseit pusztán az ujj viscoelasticus ellenállásával szembeni erő figyelembevételével végezte, azaz a hajlítónon külön terhelést nem alkalmazott.

Tang és mtsai¹¹⁴ az A3 pulley szerepét vizsgálva azt találták, hogy az A3 pulley önmagában kis jelentőségű a hajlítón kitérése és a bowstringingre való hatása tekintetében; ezt a funkciót inkább a környezetében lévők (C1, C2) hordozzák. Ugyancsak Tang¹¹¹ vetette fel a flexor digitorum superficialisnak a lehetséges pulley-szerepét az általa 2C-nek nevezett zónában (A2 pulley distalis része), ahol a superficialis flexor szárai szétválva spirálisan megkerülik a mélyhajlítót. Ezt a helyzetet biomechanikai szempontból mint kettős ínhüvelyt értékeli és a superficialis ín szerepét azon méréseire alapozza, melyek szerint az A2 pulley részleges behasítása nem csökkentette szignifikánsan az ujj mobilitását és nem csökkentette jelentősen az ínhüvely erősségét. Ebből arra következtetett, hogy klinikai helyzetekben az A2 pulley distalis harmada különösebb mechanikai következmények nélkül behasítható.

Biomechanikai szempontból igen érdekesek Marco és mtsai⁷⁵ vizsgálatai, melyben cadaver ujjakon modellezték a sziklamászóknál relatíve gyakran előforduló fedett pulley-rupturát. A vizsgált 21 ujjnál két esetben az ujjperc törése korábban következett be, mint a szalagok detektálható szakadása. A maradék 19 ujjból 17-nél vagy az A2, vagy az A4 pulley-k izolált rupturája volt az első sérülés, az A4 szignifikánsan magasabb gyakoriságával (14 esetben). Az A4 szakadása mindig proximal felől, míg az A2 szakadása distal felől indult el. Csak három pulley együttes rupturája esetén találtak a módszerükkel értékelhető bowstringinget. Az A1 pulley egyetlen esetben sem szakadt. Míg klinikai szempontból figyelemreméltó, hogy az A2 pulley izoláltan ritkán szakad, addig biomechanikai tekintetben a pulley-rendszer PIP ízület környéki nagy terhelésére, és ennél fogva ezen régió fontosságára következtethetünk, mely egyébként jó egyezést mutat a hajlítónak sebészetének gyakorlatában észleltekkkel.

Az ujj mozgása során a hajlítón és környezete között a súrlódási erő legyőzésével csúszómozgás is létrejön. A csúszási súrlódás szerepe leginkább a hajlítón és a pulley-k vonatkozásában vizsgált.¹¹⁷ Bizonyítható, hogy a hajlítón ínhüvelyszalagokon létrejövő súrlódása függ az ín minőségétől, amennyiben az extrasynovialis inak – melyek az ínpótlásban elterjedten használatosak – nagyobb súrlódást eredményeznek¹¹⁹, és az intrasynovialis ín felületi, hyalorunáttal emészthető bevonatának elvesztése is növeli a súrlódást.¹¹⁸ Ugyanakkor a pulley-rendszer anatómiája is befolyásolja a súrlódást, mivel a szalagon élesebb szögben megtörő ín nagyobb súrlódási erőnek van kitéve. Zhao és mtsai¹³⁰ az A3 pulley szerepére vonatkozóan, azt találták, hogy az A3 pulley hiánya az A2 és A4 pulley-kon fellépő súrlódási erőt négyszeresére növeli. Schweizer és mtsainak¹⁰⁰ mérései azt mutatják, hogy a flexiós erőnek 9 %-a fordítódik a súrlódás legyőzésére, ha az ujjat terhelés alatt nyújtjuk ki. Meglepő módon a súrlódás nagysága a PIP ízület mozgásakor 29,9 %-kal kisebb, ha az ujjat ugyanezen terhelés alatt hajlítjuk. A

nyújtási és hajlítási súrlódás különbsége az ujj egészére nézve 26,8 %, míg a csuklózület flexio-extensiojakor csak 14,5 %. Fentiek alapján az inak nagy terhelésénél megkérdőjelezzük az alacsony súrlódás hipotézisét. A terhelt hajlítón proximal, vagy distal felé mozgása során különböző súrlódás érdekes hasonlóságot mutat a denevérek, némely emlős és madárfaj ujaiban működő mechanizmushoz. Az ebbe a csoportba sorolható állatok a lábujjaikon történő függeszkedést izomcontractio nélkül végzik. Erre anatómiai sajátosság ad lehetőséget, mellyel a megfeszülésekor a csontos alaptól elemelkedő hajlítón a szembeni pulley belső felszínén található harántredőbbe beakadván „zárja” a hajlított helyzetet, és a további függeszkedésre nem szükséges izomerőt fordítani. A nyitómechanizmust a függeszkedő láb ellazításával hozzák működésbe. Walbeehm és Mc Grouther¹²⁴ felvetik, hogy a hasonlóság embernél abból fakad, hogy a flexor superficialis ín dorsalisán kereszteződő rostjai (chiasma Camperi) a flexio során a megközelítik az A2 pulley distalis szélét, és ezáltal egy addicionális posteroanterior irányú nyomást gyakorolnak a mélyhajlítóra, növelve ezzel az A2 pulley distalis szélénél a súrlódást. Az anatómiai felépítés tekintetében lényegesnek tartják a flexor digitorum profundus ín rostjainak spirális lefutását^{34,127}, és a pulley-k belfelületén scanning elektronmikroszkóppal látható haránt irányú bordázatot. Az egymással szembeni elmozduláskor némiképp a zármechanizmusra emlékeztető helyzet jön létre. Fentiek alapján a pulley-ruptura hátterében felvetődik a megnövekedett súrlódás szerepe is.¹⁰⁰

Az ínhüvely kóros biomechanikája a klinikai gyakorlatban a hajlítón, vagy az ínhüvely sérüléséhez kapcsolható. Magában foglal néhány relatíve ritka, ám könnyen érthető állapotot, mint például a részleges hajlítón-sérülés esetén kialakuló pattanóujj⁹⁹, vagy az ujj elakadása³⁹, a sziklamászók fedett pulley-ruptúrája⁷⁵, vagy a pattanóujj-műtét során végzett excessív behasítás következményeként kialakuló bowstringing⁵⁰. Közöltek hajlítón-pulley rekonstrukció után bekövetkezett alapperc-törést is⁹⁶, ám ez valóban irodalmi ritkaság, és a közölt esetben megelőzően nyolc alkalommal történt műtét a hajlítón helyreállítására, és köztük szeptikus szövödmény megoldása is szerepelt.

A kóros biomechanika legszélesebb terepe azonban a hajlítón-sérülésekkel kapcsolatosan létrejövő ínhüvelysérülés. Bízást mondható, hogy a kérdéskör irodalma könyvtárnyi, és jelentősnek nevezhető ezen a területen a magyar szerzők munkássága is.^{12,14,15,16,94,121}

A hajlítón-sérülések után kialakuló kóros biomechanika vizsgálata nehéz. Hiszen nem pusztán a normál anatómiai struktúrák megváltozott pozíciójával, vagy méretével kell számolnunk, hanem minőségileg új, bár mechanikai szempontból nehezen leírható, strukturális elemként megjelenik a gyógyulás során képződő heg is. A heg, mely a teherviselő szövetek gyógyulásának természetes módja, „extraanatómiás” megjelenésében, mint az ín és környezete között létrejövő adhesiók substratuma, az ín mozgását igen jelentősen fékezheti, és így meghiúsítja az ínműtét sikerét. Az adhesiót (összenövéseket) általában kvalitatíve szokás jellemezni, mint szálagos, vagy lapszerű, kiterjedésében pedig rövidebb-hosszabb szakaszon megjelenőként^{1,14}. Használatos még hasonlóan kvalitatív jellemzők megfigyelésén alapuló pontrendszer is, továbbá kísérleti körülmények között az összenövések fénymikroszkóposan is megítélhetők.^{32,35,44,58,83,86,89,92,112} Scanning elektronmikroszkóppal a pótoltszín minőségének megítélésére történtek kísérletek, azt az ép ínhüvelyfelszínhez

hasonlítva.^{4,32,55,109} Az adhesiók hatásának közvetlen mérésére gyakran kerül alkalmazásra a rögzített ujj hajlítójának húzásakor mérhető erő-elmozdulás diagramok felvétele is, mellyel a flexióhoz szükséges munka írható le.^{40,42,44,89,92,101,113}

Mind az experimentális, mind pedig a klinikai kutatások arra irányulnak, hogy megbízható íngyógyulás mellett a mozgást gátló összenövések ne alakuljanak ki, vagy ha kialakulnak, azok annyira lazák és kevésbé tömegesek legyenek, hogy megengedjék a hajlítóján normál excursióját.

Az ínvarrat részéről ez azt a követelményt támasztja, hogy az mechanikai szilárdságánál fogva tegye lehetővé az ín igen korai (ideálisan a varrat után azonnali) mozgását, hogy az „állandó” kontrollált, kellő ín-elmozdulást eredményező mobilizálás megakadályozza az összenövések kialakulását.²⁴

Az ínhüvely oldaláról az alapvető kérdések, hogy annak zárása, „sorsára hagyása” vagy éppen bizonyos mértékű resectiója vezet-e jobb funkcionális eredményre. Szorosan ehhez kapcsolódik, hogy ha az ínhüvely zárása előnyösebb, defektus esetén mivel (autológ szövet, artifizialis anyag) történjen a pótlás; egyrészt a teherviselő struktúrák (pulley-k) helyreállítása, másrészt a pusztán zárt üreggé történő alakítás érdekében.

Az ínhüvely zárásának – pontosabban: zártságának – problémája tehát első megközelítésben nem biomechanikai kérdés, de lényeges következményekkel járhat a biomechanikai jellemzőkre: az ínvarrat gyógyulására, és az ín körüli összenövések kialakulására, nemkülönben az ínhüvely belfelületének (csúszófelszínének) minőségére. Fentiek miatt röviden érintjük az erre vonatkozó eredményeket.

A synovialis membrán legalább részleges megőrzésének fontosságára mutatnak rá Hagberg és mtsai⁴⁵. Az ínhüvely synovialis folyadékában mérve a hyaluronsav tartalmat: megőrzött synovia mellett magasabb, pseudoínhüvelyben szignifikánsan alacsonyabb volt. Mivel a hyaluronsav fontos tényező lehet az összenövések megakadályozásában, a membranosus ínhüvely megőrzése előnyös. Peterson és mtsai⁸⁸ 3H jelölt prolinnak a mélyhajlító általi felvételét majmokban vizsgálva azt találták, hogy az ínhüvely zárása nem növelte a jelölt prolin felvételét, melyből arra következtettek, hogy az ín táplálása szempontjából az ínhüvely zárása nem szükségszerű.

Ugyancsak Peterson és mtsai⁸⁹ traumatizált hajlítóján környezetében végzett ínhüvely helyreállítás eredményeit vizsgálták tyúkkísérletekben. A primær ínhüvelyzárást, fasciától, vagy polytetrafluoroethylene membránnal történő pótlást az ínhüvely defektussal hasonlították össze. A polytetrafluoroethylene membránnal történő pótlás az első három hét során jobbnak bizonyult az ujj mobilitása, és a szövettani vizsgálattal észlelt összenövések nagysága tekintetében, ám a különbség a későbbiek során fokozatosan csökkent és a 12. hétre megszűnt. Ugyanakkor mindhárom módszer eredményesebb volt, mint az ínhüvely kimetszése. Oei és mtsai⁸⁶ nyúlban parietalis peritoneummal, illetve processzált sertés collagen membránnal történt ínhüvelypótlás után szövettani vizsgálatokkal a (pseudo)ínhüvely újdonszövődését találták, adhesiók nélkül.

An-Min és Shi-Bi⁴ biomechanikai és szövettani vizsgálatokkal tyúk lábujjban az ínhüvely fasciával történő pótlását eredményesebbnek találták, mint az ínhüvelyfolttal történő fedést, vagy a defektus meghagyását. Hasonló modellezés során Kessler és mtsai⁵⁸ a fasciától történő pótlást eredményesebbnek találták, mint az ínhüvelydefektus

meghagyását. Chondroitin szulfáttal bevont polyhydroxyethyl methacrylate membrán az első hat hét során jobb mozgásterjedelmet tett lehetővé, de ez az előny hosszabb távon nem érvényesült a standard ínhüvelyzárással szemben.⁴⁴

Az ínhüvely zárása, vagy pótlása versus az ínhüvely nyitva hagyása kérdéskör tehát kísérletesen jelenleg sem teljesen tisztázott. A probléma biomechanikai szempontból történő értékelését jelentősen megnehezíti, hogy az idézett szerzők nem különítik el élesen a kísérleti körülmények leírása során, hogy az ínhüvely membranosus, vagy szalagos részét érintette-e a vizsgálat. Feltételezhetjük ugyan, hogy az eredmények elsősorban a nem teherviselő struktúrák vizsgálatára vonatkoznak, ám erről bizonyosságot az irodalomból nem nyerhetünk. Következtetésünknek pusztán az adhat alapot, hogy amint a későbbiekből kiviláglik, a pulley-pótlás problémaköre általában önállóan kerül közlésre.

Az ínhüvely zárásának, vagy nyitvahagyásának klinikai mintákon történő értékelése szintén nem egyértelmű. Ennek oka a közlések sporadikussága, a nem homogén, általában tízes nagyságrendű beteganyag, és az értékelés metodikai nehézségei. Lister⁶⁸ Tonkin és Lister⁶⁹, továbbá Bíró és mtsai¹⁴ az ínhüvely zárása illetve pótlása mellett törték lándzsát, ugyanakkor Strickland^{107,108}, továbbá Chow és mtsai²⁴ eredményeik alapján nem tartják szükségesnek az ínhüvely zárását, vagy pótlását. Saldana⁹⁵ humán anyagban az ínhüvely zárása vagy annak elhagyása között nem látott különbséget a funkcionális eredmények tekintetében.

Igen érdekesnek tartható az az elsősorban biomechanikai alapon nyugvó megfontolás, mely szerint a hajlítóiinvarrat sikeréhez nem elsősorban az ínhüvely anatómiai rekonstrukciójára van szükség, hanem arra, hogy a duzzadó hajlítóin mozgásai számára elegendő teret biztosítsunk a pulley-rendszer alatt. Tang és mtsai¹¹² ezt a koncepciót tyúk-lábujjon végzett kísérletekben bizonyították. Humán beteganyagon Tang és mtsai¹¹⁰, Messina és Messina⁷⁷, valamint Ben és Elliot¹¹ jó eredményekről számoltak be a hajlítóinhüvely „kiszélesítésével”. Figyelmet érdemlő, hogy Tang és mtsai¹¹² a postoperatív megduzzadó hajlítóin állapotát a hajlítóin compartment szindrómájának nevezik.

Az összenövések csökkentésére az ínhüvely állapotától bizonyos mértékig független módszerek is közlésre kerültek az irodalomban. 5-fluorouracil localis alkalmazása szignifikánsan csökkentette az adhesiókat.⁵⁹ Localisan alkalmazott hyaluronan Wiig és mtsai¹²⁶ kísérleteiben in vivo és in vitro modellben nem befolyásolta a sejtaktivitást, ezzel szemben kutyakísérletben Amiel és mtsai¹ hyaluronsav localis alkalmazásánál mind az ínvarratnál, mind az ínhüvelynél az adhesiók tekintetében előnyös hatást láttak. Hagberg⁴⁶ ezzel szemben 120 betegen végzett prospektív, kettős vak kontrollált vizsgálatban nem látott különbséget a localis fiziológiás konyhasó és hyaluronsav hatásában. Fibrinragasztó localis alkalmazása az ínvarrat körül az összenövések csökkenéséhez vezetett⁴⁰, hyaluronsav és non-steroid gyulladásgátló kombinációja localisan magas viszkozitású gélben pedig csökkentette az adhesiókat és a gyulladási reakciót⁸³.

Az arteficialis pulley-pótlás területén Semer és mtsai¹⁰¹ expandált polytetrafluoroethylene membránt használva az ínvarrat időpontjában, tyúkkísérletben hasonló eredményt kaptak az ínvarrat elégtelensége és az ujjak mobilitása tekintetében, mint az A3 pulley varratával. Dunlap és mtsai³³ non-humán főemlősökben expandált polytetrafluoroethylene, szőtt nylon és fascia lata pulley-pótlásra történő alkalmasságát hasonlították össze fény- és scanning elektronmikroszkópos vizsgálatokban 18 héttel a műtét után. A legalkalmasabbnak a polytetrafluoroethylene pótlást találták erőssége és biológiai kompatibilitása okán. Az autológ pótlás lehetőségeinek tekintetében jó eligazítást ad Lin és mtsainak⁶⁵ cadavervizsgálata, melyben a sérült gyűrűszalag megmaradó peremébe befűzött íngraft, a palmar plate-ből képezett gyűrűszalag és a szabad, ujjperc köré font szabad íngraft biomechanikai sajátosságait hasonlították össze. Azt találták, hogy egyedül az ujjperc köré háromszorosan befűzött graft szakítószilárdsága érte el a pulley-k szakítószilárdságát, és egyik módszer sem állította helyre az ínmozdulás és az ízületi szögelfordulás közötti normál viszonyt. Ebben a tekintetben a legjobb közelítő értéket az A2 és A4 pulley-k pótlása adta.

Saját vizsgálatok

Humán funkcionális anatómiai és biomechanikai vizsgálatok

Az ínhüvely tenographiás vizsgálata

Az emberi ínhüvely anatómiájának és biomechanikájának vizsgálatában többféle módszer is alkalmazásra került.^{3,19, 29,66,67} A legtöbb metódus a megfigyelést és mérést megelőzően megköveteli az ujj lágyrészei, különösen pedig a pars membranacea bizonyos mértékű eltávolítását. Mindeddig nem került kimutatásra, hogy a vizsgálat ilyen előkészítése mennyiben befolyásolja magának az ínhüvelynek a biomechanikáját.

Némely szerző korábban már utalt a membranosus és szalagos ínhüvely közötti szoros biomechanikai kapcsolatra.^{70,106} Ezen túlmenően Amis és Jones az ínhüvely belső felszínét vizsgálva a pulley-k összezáródása és az ínhüvely elődomborodása közötti komplikált mechanizmusra mutattak rá.²

Az irodalomban nem eldöntött kérdés, hogy milyen a hajlítónak természetes lefutásának a viszonya az ízületek forgástengelyéhez. Armstrong és Chaffin⁶ úgy találták, hogy a hajlítón elmozdulása úgy írható le, mint az ízület proximalisabb csontjának ívelt ízületi felszínén történő elcsúszás – azaz az erőkar a mozgás során állandó. Ezzel szemben Youm és mtsai¹²⁹ azt közölték, hogy a hajlítónak erőkarja akár 50 %-kal is növekszik az MP ízület maximális flexiójakor.

Az ínhüvely egyes részeinek egymáshoz való intakt kapcsolata fontos lehet funkcionális szempontból, ezért e viszonyoknak a vizsgálata olyan módszert követel, amelyik megőrzi a struktúrát. Mivel a tenographiának az ujj anatómiájára nézve csak igen kis hatása lehet, alkalmas eszköznek tartottuk az emberi hajlítóínhüvely anatómiájának és biomechanikájának vizsgálatában.

Anyag és módszerek

Öt középső, két mutató és egy gyűrűsujjsugarat disarticuláltunk a carpometacarpalis ízületben olyan friss cadaverekből, ahol korábbi, a kezét érintő betegség, vagy sérülés nem volt kimutatható. A hajlítónakat a proximalis palmaris redő magasságában, a hosszú extensorokat pedig a metacarpus fejecstől proximalisan metszettük át. A preparáláskor ügyeltünk arra, hogy a hajlítóínhüvelyt meg ne sértsük. A metacarpus basisát szilárdan rögzítettük egy vizsgálóállványon úgy, hogy a palmaris felszín felfelé nézzen, és az extensor csont szabadon mozoghasson. Ügyeltünk arra, hogy az ujj rögzítése olyan rotációs helyzetben történjen, hogy a flexio-extensio során az párhuzamos maradjon a

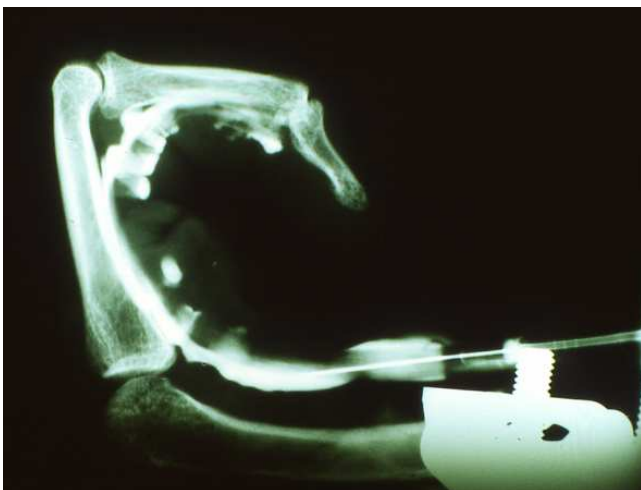
rtg-kazetta síkjával. Az ujjakat a mélyhajlító csomjához erősített öltéssel a vizsgálat előtt teljesen behajlítottuk. Egy esetben a vizsgálatot nyújtott helyzetből kezdtük.



1. ábra

0,2 ml kontrasztanyag beadása után palmarisan és lateralisan csak az ínhüvely-recessusok töltődnek.

Két további középső ujjat úgy vizsgáltunk, hogy azokat nem választottuk le a kézről. A kezeket a kéztőcsontok magasságában rögzítettük. A mutató-, gyűrűs-, és kisujjak hajlítóinait a proximális ujjredő magasságában átmetszettük. A középső ujj mélyhajlító inát a csukló magasságában azonosítottuk és az ujjat az ínba helyezett öltéssel pozícionáltuk a vizsgálni kívánt flexiós helyzetben.



2. ábra

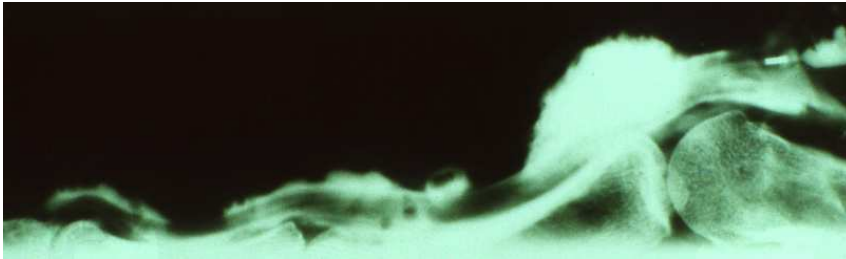
0,5 ml kontrasztanyag beadásakor a recessusok már feszesen töltődnek.

Az ínhüvely dorsolateralis részén az A1 pulley proximális szélénél szemkontroll mellett egy G23-as tűt vezetünk be. Az intakt kezeknél a tűt ferdén a hajlítóinakba szúrjuk az MP ízület magasságában. Ezt követően a tűn át az ínhüvelybe kontrasztanyagot fecskendeztünk (0,2-1ml Uromiro 75%; Bracco, Italy), melynek a végső mennyisége attól függött, hogy 0,2 ml kezdeti injekció után milyen képet kaptunk. A beadott mennyiség átlagosan 0,5 ml volt. A feltöltés után további oldalirányú röntgenfelvételeket

készítettünk az ujj teljesen hajlított, három részlegesen hajlított és nyújtott helyzetében. A hajlítón külön terhelést nem alkalmaztunk, csak a megfelelő pozíciót állítottuk be. A rtg-felvételek kiértékelésekor a pulley-rendszer anatómiáját a Doyle²⁹ által leírtnak feltételeztük. Mértük az ízületek szögállását, a hajlítón volaris kontúrjának az ízület forgástengelyétől való távolságát, valamint a proximalis ínhüvelyszák elmozdulását, az utóbbi kettő esetén a rtg-felvétel 10 %-os nagyítási értékével számoltunk.⁸⁰

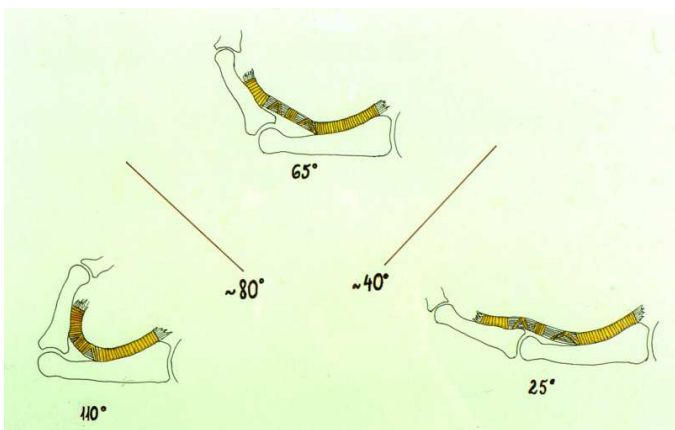
Eredmények

A hajlítóínhüvely morfológiai megjelenése attól függött, hogy mennyi volt a beadott kontrasztanyag. 0,2 ml csak az ínhüvely dorsalis felszínét és a palmaris synovialis recessusokat töltötte fel (1. ábra). Az átlagos 0,5 ml-es töltéskor a membranosus részek mint az inakat körülvevő mandzsetták tűntek fel (2. ábra). Amikor az ínhüvelyt több mint egy milliliternyi kontrasztanyaggal töltöttük fel, tumorosus képet kaptunk a pars membranacea területeken; a synovialis recessusok a külső felszínen ráborultak a szalagos ínhüvelyre. Nyújtáskor a synovialis zsebek elsimultak.



3. ábra
1,2 ml kontrasztanyag beadása után az ínhüvely az MP ízület magasságában kiszakadt. A nyújtott helyzetben jól látható az ínhüvely hullámos lefutása.

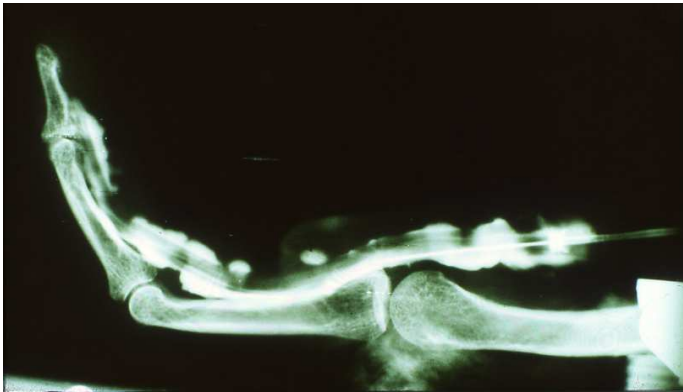
Az ínhüvely kizakadása két esetben fordult elő; egyszer az A1 és A2 pulley között túlzott, több mint 1,2 ml-es feltöltés következtében, a második esetben pedig az ínhüvely distalis áthajlásánál az ujj nyújtása közben, 0,8 ml-es töltés után (3. ábra).



4. ábra
A PIP ízület felett 40 és 80 fokos flexio között a hajlítónak egyenes vonalban ívelnek át.

A pulley-k negatív lenyomatuk (a pulley-nak megfelelően az ínhüvely töltődésének hiánya palmarisan) révén voltak megkülönböztethetőek. A szorosan összezáródott pulley-k teljes hajlításkor palmaris concavitással bíró tisztán szalagos alagutat formáltak, míg az

ujj nyújtásakor eltávolodtak egymástól. Extensióban az ínhüvely hullámos lefutást mutatott három palmaris convexitással az MP, PIP és DIP ízületek felett. A teljes hajlítás és nyújtás közötti mozgás során az ínön és az ínhüvelyen nemcsak ívelt, hanem egyenes lefutású szakaszok is megfigyelhetők voltak (4. ábra). A készített felvételek összességének mérése azt az eredményt adta, hogy a PIP ízület felett az A2 pulley distalis és az A4 pulley proximalis szélé között az egyenes vonalú áthidalás 40-től 80 fokig fordult elő (5. ábra). Hasonlóképpen, a mélyhajlító egyenes vonalban hidalta át a távolságot az A4 pulley distalis szélé és a körömpercen lévő tapadása között 40-től 60 fokos DIP flexiókor. Az MP ízületnél egyenes vonalú áthidalást nem találtunk.



5. ábra

A hajlítóinak egyenes vonalú áthidalása a PIP ízület felett 65° flexiónál.

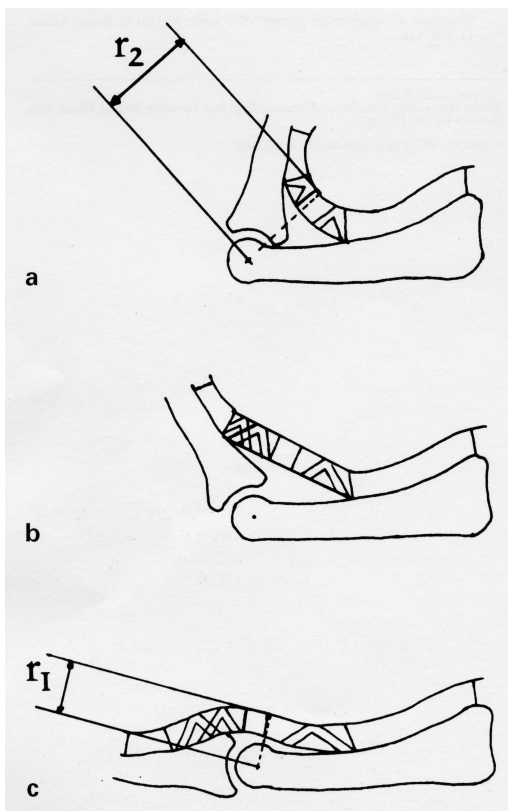
A flexio azon pontjától kezdődően, amikor a hajlítóinak dorsal felé concav ívelése megszűnt, az ízületek forgástengelye és a hajlítóinak közötti távolságot folyamatosan növekvőnek találtuk. Az r1/r2 megközelítően 0,66 volt a PIP és DIP ízületeknél. Ugyanezt az arányt az MP ízületnél 0,76-nak találtuk (6. ábra).

Az intakt kezeken végzett középső ujj tenographiával a proximalis ínhüvelyzsák anatómiai feltárás által meg nem zavart mozgását vizsgáltuk. Nyújtott helyzetben, a proximalis ínhüvelyáthajlás a meatcarpus-nyak magasságában, az A1 pulley proximalis szélétől 4 mm-re helyezkedett el (7. ábra). Flexióban egészen a metacarpus proximalis harmadáig, az A1 pulley-től 27 mm-es távolsáig mozdult el (8. ábra). A flexio során a kontrasztanyag legnagyobb része a tenyéri synovialis recessusba áramlott be. Az extensio során a folyadék a proximalis ínhüvelyzsák csökkenő térfogata miatt visszakényszerült az ujj synovialis recessusaiba.

Megbeszélés

Az ínhüvely tenographiával megjeleníthető képe függ a beadott kontrasztanyag mennyiségétől. Ezt figyelembe véve is mondhatjuk, hogy jól ábrázolja a szalagos részek között képződő synovialis tasakokat, melyeket más szerzők már korábban leírtak.^{2,70,106} Az ínhüvely tasakjait illetően, pontosabban az ínhüvellyel összekötetésben lévő, de annak külső felszínén képződő tasakok tekintetében, eredményeink alátámasztják a már korábban idézett kutatók észleléseit, és egyúttal arról konkrét vizuális bizonyítékkal is szolgálnak (9. ábra).

A tenographia ugyan nem változtatja meg az ínhüvely anatómiai viszonyait (értve itt ez alatt a szövetek mechanikus kapcsolatát), azonban az ínhüvely térfogati viszonyait igen. Ennek folyamánya, hogy több mint 0,5 ml kontrasztanyag beadásakor az ínhüvelytasakok feszesen kiöblösödnek. Ugyanakkor a nem fiziológiás térfogatú folyadékkal való feltöltés jól demonstrált egy keverő mechanizmust, mely működhet az ínhüvelyben fiziológiás mennyiségű synovialis folyadék jelenlétekor is. Ez a keverő mechanizmus a proximális ínhüvelyzsák és az ujjban képződő tasakok között jöhet létre, és a pumpaműködést az ujj aktív mozgása tartja fenn.



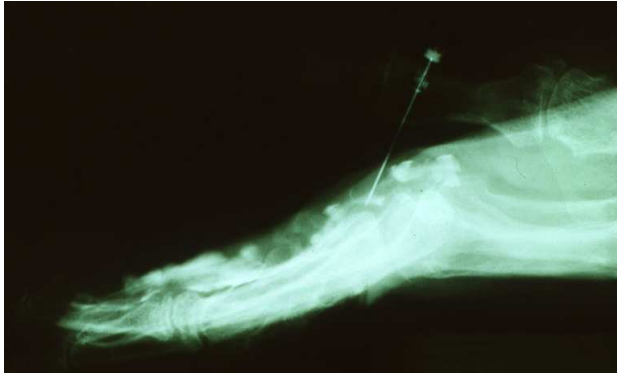
6. ábra

Az ízületi forgástengely és az ínhüvely közötti távolság mérése (a és c).

A tenographia a tenosynovitis mechanikus modelljét is nyújtja. A purulens tenosynovitisben mindközönségesen észlelt félig hajlított ujjhelyzet azzal magyarázható, hogy ez biztosítja a megnövekedett intrasynovialis folyadékmennyiség számára a lehető legkisebb nyomást, mivel ilyenkor az izzadmány egyenletesen oszlik meg az ujj recessusai és a proximális ínhüvelyzsák között. Akár az ujj flexiója, akár extensioja a folyadék átpréselése miatt nyomásnövekedést okoz, és ezzel a fájdalmat fokozza.

Feltételezhető, hogy az interstitialis nyomás hiánya, illetőleg a fiziológiásnál kisebb volta megkönnyítette a synovialis recessusok feltöltését, de az a térfogat, amely elegendő volt a kiöblösödések demonstrálására, messze alatta maradt azoknak a mennyiségeknek, melyeket betegeken végzett vizsgálatok kapcsán közöltek.^{20,102} A tenographia klinikai

hasznát Baker és Gilula⁷ már megkérdőjelezték. Eredményeink alapján magunk is hangsúlyozzuk, hogy az ínhüvely kontúrjának egyenetlensége, vagy palmarisan a feltöltődés elmaradása nem tekinthetők valamely pathológiás állapot indikátorának.



7. ábra

A középső ujj proximális ínhüvely-áthajlásának pozíciója nyújtott helyzetben.



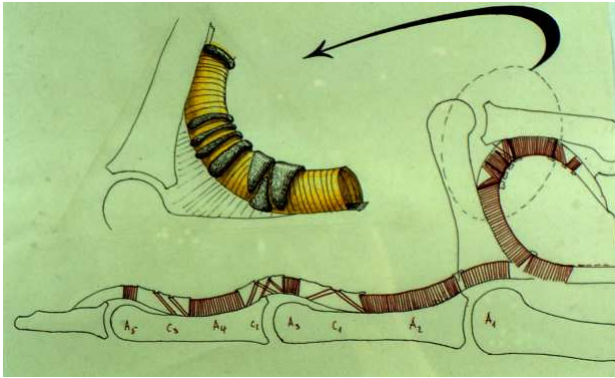
8. ábra

A középső ujj proximális ínhüvely-áthajlásának pozíciója hajlított helyzetben.

Lin és mtsai⁶⁶ az ínhüvely különböző szakaszainak behasításával végzett vizsgálataikban különbséget tettek a pulley-k hiánya miatti hajlítóin előemelkedés – bowstringing – két formája között. Ennek megfelelően „izületi” és „csont” típusú előemelkedést különböztettek meg (joint type bowstringing, ill. bone type bowstringing). Eredményeink azt mutatják, hogy az izületi típusú előemelkedés – húrszerű áthidalás – nem csak pathológiás állapotokban fordulhat elő, hanem fiziológias lehet a PIP és DIP ízületek felett, amikor a hajlítóinakon nincs, vagy csak minimális az axiális terhelés. Lin és munkatársainak⁶⁷ más vizsgálatai ugyanakkor azt is megmutatták, hogy a deformálódás a normális pulley-működésnek nem jelentős paramétere, illetőleg, hogy a pulley-k terhelés hatására elszakadnak, mielőtt klinikailag szignifikáns mértékben megnyúlnának. Ezért joggal következtethetünk arra, hogy az izületi típusú hajlítóin előemelkedés a hajlítóinak terhelése esetén is fiziológias a PIP és DIP ízületek felett.

Az egyenesen futó (esetünkben az ízület felett egyenes vonalban áthidaló) ín a környezetére oldalirányban nem tud nyomást gyakorolni. Az ín hosszirányú terhelésekor oldalirányú erővektor az inat megtöretésre kényszerítő akadály – esetünkben a megtöretés concav oldalán elhelyezkedő pulley – irányában ébred. Ennélfogva a C1, A3 és C2 pulley-k 80 fokos PIP izületi flexióig nincsenek terhelés alatt. Ugyanez a következtetés

vonható le a C3 és A5 pulley-kra nézve 60 fokos DIP ízületi flexióig. Ezzel szemben az A2 és A4 pulley-k felett a hajlítónak az ujj minden helyzetében íveltek. Ennek értelmében ezek a szalagok mindig terhelés alatt állnak a flexio-extensio során, míg a többi pulley csak periodikus terhelést visel.



9. ábra

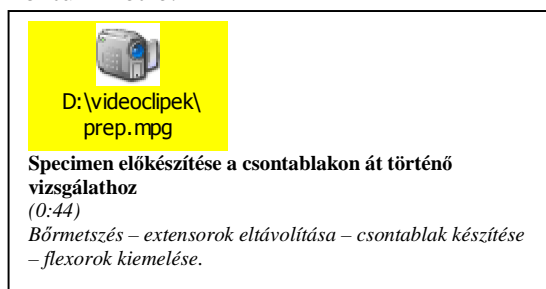
A tenographiás képek interpretációja: az ínhüvely kiöblösödése és elsimulása a flexio-extensio során. Insert: a synovialis tasakok képződése.

A hajlítón elmozdulása, az erőkar és a forgástengely egymástól függő fogalmak, amint azt Woodburn és McGrouther¹²⁸, valamint több más szerző^{6,19}, is tárgyalta. Feltételezve, hogy a forgástengely nem változik, állandó nagyságú hajlítón erőkar esetén az ín elmozdulásának és az ízületi szögelfordulásnak egyenes arányban kell állnia. Ilyen, állandó nagyságú erőkarra utaló egyenes arányosságot állapított meg Armstrong és Chaffin⁶, valamint Brand és mtsai¹⁹. Ezzel szemben Youm és munkatársai¹²⁹ az MP ízületnél növekvő nagyságú erőkart mutattak ki, An és mtsai³ pedig arra a következtetésre jutottak, hogy a flexiós erőkar a PIP és DIP ízületnél relatíve állandó, de kissé növekedett hajlítottabb helyzetben. Adataink egybeesnek Lin és mtsai⁶⁷ megfigyelésével, akik szerint intakt specimenekben az ízületi forgástengely és a palmar plate-ről eredő pulley-k távolsága változik. Saját vizsgálatunkban az adatelemzés tekintetében bizonyos óvatossággal kellett eljárunk a röntgenvizsgálat nagyítása és a felvételek limitált száma miatt. Azonban a PIP és DIP ízületek felett megfigyelt fiziológiás hajlítón emelkedés az erőkar növekedését bizonyítja a flexio során.

Az ínhüvely belső felszínének makroszkópos vizsgálata

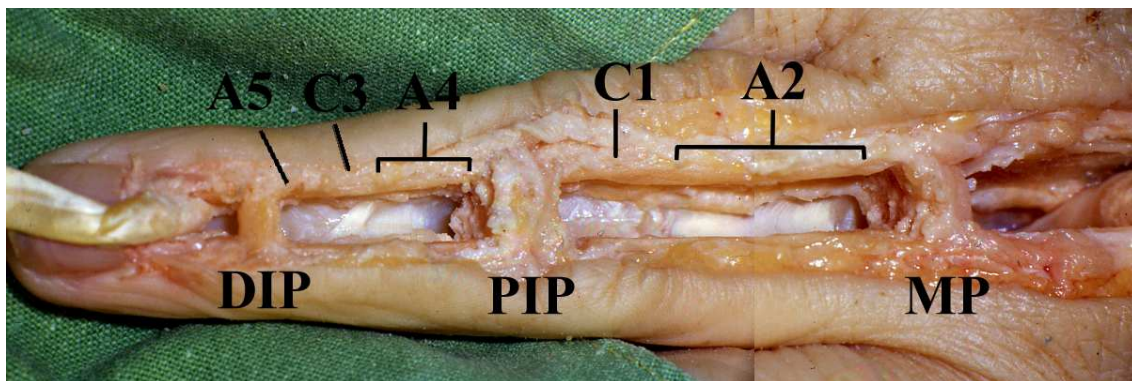
Anyag és módszerek

Vizsgálatainkat 8 friss cadaver kéz 18 ujjának feltáráásával végeztük. A disszekcióhoz finom műszereket, megfigyeléseinkhez lupenagyítást, illetve operációs mikroszkópot használtunk. A feltárást megelőzően minden kézen kanuláltuk az arteria radialis, a csuklótájék szorítókötésével megakadályoztuk a vénás elfolyást, majd a kéz érrendszerét 30-50 ccm izotóniás sóoldattal feltöltve a fiziológiás állapotot szimuláló pseudoturgort hoztunk létre.



3 középső ujjon dorsal felől eltávolítottuk a bőrt, az extensor apparátust, majd a metacarpus distalis harmadán és az ujjperceken fűrők, csontmarók és vésők felhasználásával ablakot készítettünk úgy, vagy az ízületek közelében, vagy a diaphysisen hagytuk meg a radialis és ulnaris „oldalfalak” haránt irányú csontos

összeköttetését. Az ízületi tok lateralis része és az oldalszalagok minden ízületnél sértetlenek maradtak. A csontablakok kialakítása után az ízületek ürege felől dorsalis aspektusból vizsgálhattuk a palmar plate-ek mozgását.



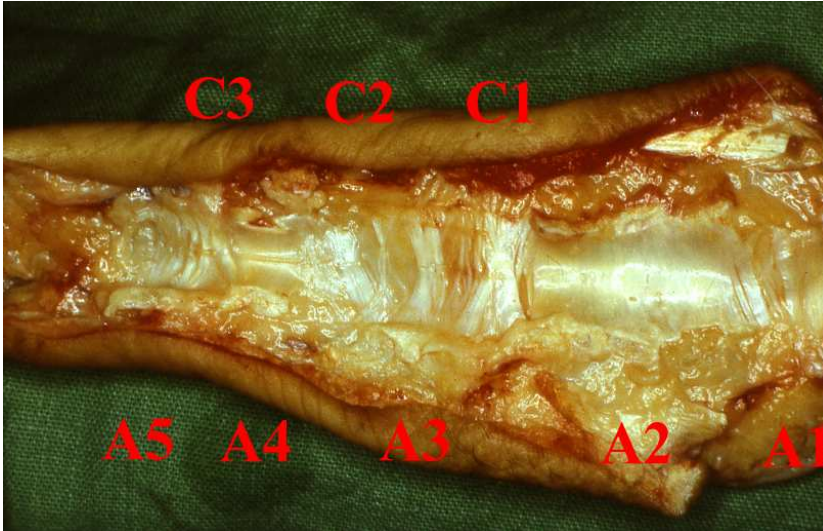
10. ábra

Az ínhüvely belső felszíne a kialakított csontablakokon át dorsal felől tekintve. (Két fotó digitális egyesítésével készült kép.)

Ezután az ínhüvely dorsalis részét az ízületi tok volaris részével együtt eltávolítottuk, a hajlítóinakat a csontablakokon át kiemelve kiirtottuk. Ekkor az ínhüvelybe dorsal felől úgy tekinthettünk be, hogy annak palmaris és lateralis kapcsolatai, valamint az ossealis és ízületi tokon történő tapadása sértetlenek maradtak (10. ábra).

Így vizsgálni tudtuk az ínhüvely belső felszínének anatómiáját az ujjak különböző funkcionális helyzetében és az ínhüvely mozgását az ízületek passzív mozgatása során. Végül az ínhüvelyt tapadásáról leválasztva az ujjperceket és a metacarpust eltávolítottuk.

Ily módon az ínhüvely-subcutis-bőr lebenyt „kiterítve” szemléltethük az ínhüvely belső felszíne felől (11. ábra).



11. ábra


Az ínhüvely-subcutis-bőr lebeny a csont-izületi vázról történő leválasztás után

Három kézen a hosszú ujjak ínhüvelyét úgy tártuk fel, hogy radialis mediolateralis metszésből az ujjak teljes hosszában, közvetlenül a tapadásánál leválasztottuk az ínhüvelyt a csonttól és az ízületi tokról és az így képzett ínhüvely- subcutis - bőr lebenyt felhajtottuk.



12. ábra

A pulley-rendszer direkt laterális metszésből történő feltárás után.

 D:\videoclippek\
latfeltaras.mpg

Specimen direkt laterális feltárása
(0:46)
A subcutis laza kapcsolódása az A2 és
A4 szalagokhoz (0:13 ill. 0:34).


A hajlítóinak eltávolítása után vizsgálhattuk a pulley-rendszert, illetőleg annak viszonyait az ízületek passzív mobilizálása során (12. ábra).

3 ujjon az ízületi tokot volarisan a paramedian sagittalis síkban megnyitva a feltárás felé eső részét eltávolítottuk. Ekkor megfigyelhetővé vált a palmar plate gyűrődése annak metszlapján.

Eredmények

Anatómiai megfigyelések

Az általunk alkalmazott feltárások során a pulley-rendszert igen egyszerűen tudtuk vizsgálni, mivel a belfelület felől nézve a pars membranaceától élesen elkülönül. Ezt a könnyű elkülöníthetőséget megfigyeléseink szerint az okozza, hogy a pars membranacea synovialis borításán jól áttűnik a mögöttes capillaris hálózat vörös színe, míg a szalagos inhuvely felett a fehér szín dominál. Ugyanakkor a jó megfigyelhetőség miatt az is



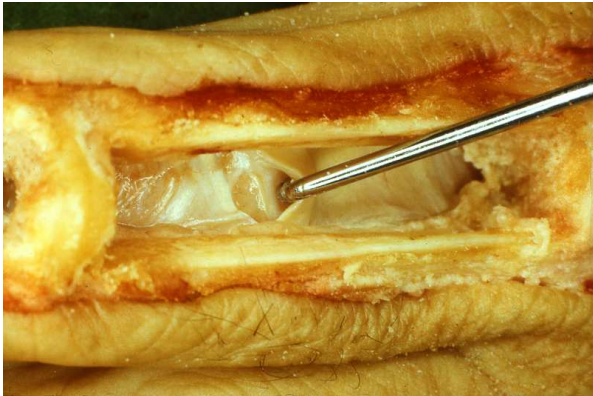
D:\videoclipek\
latdemo.mpg

A pulley-struktúra direkt lateralis feltárás és a hajlítónak eltávolítása után
(0:54)

Recessus az A1 pulley proximalis szélénél (0:01) – recessus az A2 pulley distalis szélénél (0:12) – C1 pulley (0:31) – A3 pulley (0:34) – C2 pulley (0:41) – A4 pulley (0:44) – C3 pulley (0:48) – A5 pulley (0:52).

észlelhető volt, hogy a pars membranaceát több területen is collagen kötegek erősítik, melyek átmérője nem haladja meg az egy millimétert. Azokon a területeken pedig, ahol a „C” típusú pulley-k nem mutattak világos mintázatot, azokat spirálisan futó, kötegszerűen rendeződött rostok pótolják. Ilyen területek elsősorban a C2 és C3 pulley-knek megfelelően voltak láthatók. További megfigyelt egyedi variációk

voltak a háromszoros „X” felépítésű C2 pulley, a „többszattú” A1 és A5 pulley (23. ábra), illetőleg pulley hiány is: a kisujjon az A5 gyűrűszalagok nem voltak azonosíthatók.



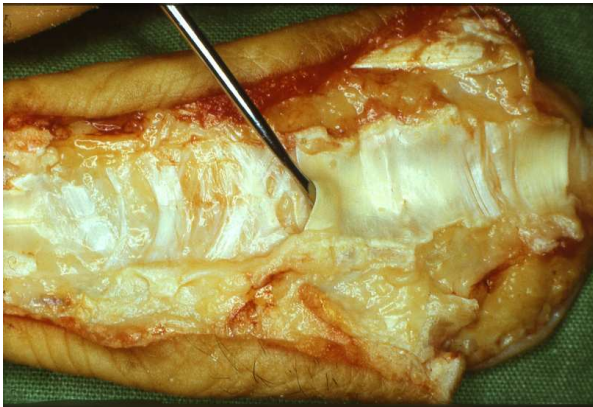
13. ábra

Az A2 pulley distalis széle mögötti tasak a PIP ízület nyújtott helyzetében.

Az A2 és A4 gyűrűszalagok minden esetben az alap-, illetve a középpercen, az A1, A3 és A5 gyűrűszalagok sorrendben az MP, PIP és DIP ízületi palmar plate-eken tapadtak. A ligamentum cruciatumoknál ezzel szemben egy igen sajátos eredési-tapadási viszonyt láttunk: a C1 pulley proximalis eredő szárai közvetlenül az A2 pulley distalis széle mellől – kívülről – indulnak, és spirális pályát befutva, ellenkező oldalon a PIP ízületi palmar plate-en tapadnak, 2-3 mm távolságra az A3 pulley eredésétől. Hasonlóképpen, a C2 pulley az A3 gyűrűszalagtól distalisán a palmar plate-ről ered és a középpercen az A4

pulley proximalis részénél tapad. A C3 is a C1-hez hasonlóan viselkedik, a középercen csonttól ered, és a DIP ízületi palmar plate-en rögzül. Nem találtunk kivételt az alól a szabály alól, hogy a ligamentum annularék közötti területen elhelyezkedő szalagok eredési és végpontja mindig különböző struktúra volt: az ujjperccsont, illetve az ahhoz képest elmozdulni képes ízületi tok. Ez a szabály akkor is érvényre jutott, amikor valamely „C” jelű pulley „Y” alakú, vagy egyszeres spirális kötegből állt.

A szalagos ín hüvelyt a palmaris bőrfelszínre vetítve, úgy találtuk, hogy az alapperci redő az A2 pulley középső és distalis harmada határán, a PIP ízületi barázda az A3 distalis szélénél, a DIP ízületi barázda pedig az A5 felett helyezkedik el.



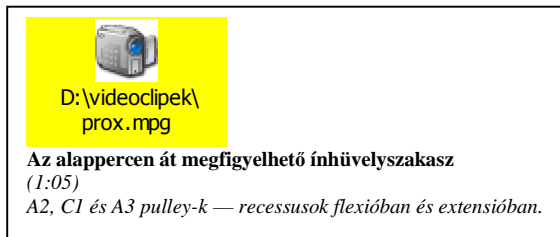
14. ábra

Az A2 pulley distalis szélé mögötti tasak az ín hüvely-subcutis-bőr lebenyén.

Az ujjak nyújtott helyzetében is megfigyelhetőek voltak – elsősorban az A2 gyűrűszalag distalis szélénél, de közel azonos gyakorisággal az A1 gyűrűszalag proximalis szélénél is – a pars membranacea palmaris-lateralis visszahajlása által alkotott tasakok (13. és 14. ábrák). Mélységük 1-5 mm között változott. Gracilis pulley-rendszerénél egy esetben előfordult, hogy a középső, általában a legmarkánsabb szalagrendszerrel bíró ujjon, nyújtott helyzetben nem találtunk ilyen tasakot.

Funkcionális megfigyelések

A csontablakon keresztül, dorsal felől való megfigyelés során az ín hüvely mozgása elsősorban a pulley-k egymáshoz viszonyított helyzetének változásában mutatkozott meg. Az ízületek passzív hajlításakor a pulley-k egymás felé közeledtek, mígnem a hajlítás



fokozásával az ín hüvely belfelülete tisztán szalagos csatornává alakult (15.-16. és 18.-19. ábrák). Ezen mozgás során a membranosus ín hüvely a palmaris-lateralis felszíneken az ín hüvelyen kívülre került, mintegy „kigyűrődött”. A passzív nyújtás során a harmonikaszerű

mozgás ellenkezője ment végbe. A pars membranacea irányított, külső felszínen való „eltűnése” ismételt hajlítgatások során ugyanúgy játszódott le, és sosem fordult elő az ín hüvely ürege felé való bedomborodása, avagy a szalagok közé történő „becsípődése”. Ugyanakkor a passzív mozgattal történő vizsgálatnak határt szabott az ín hüvely szalagos részeinek az ín hüvely üregébe való bedomborodása, melyet a palmaris subcutan

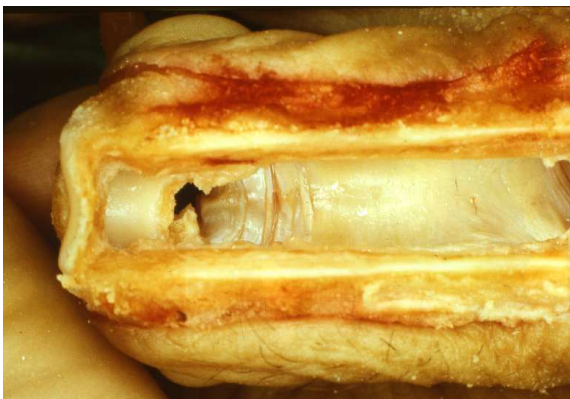
zsrípárnák torlódása okozott. Emiatt a zavartalan mozgás átlagosan az MP ízületek 60, a PIP ízületek 90, a DIP ízületeknek pedig 50 fokos flexiójáig volt megfigyelhető.



15. ábra

Az A2-C1-A3 pulley-k pozíciója az ujj nyújtott helyzetében.

A szalagos ínhüvely mozgásait azonban nem csak az egyszerű összeháródás jellemezte, hanem az is konzekvensen megfigyelhető volt, hogy a C1 pulley a flexio során részben az A2 pulley distalis szélé mögé – azaz annak palmaris felszínére – csúszott, annyira, hogy a kereszteződéstől proximal felé eső szárrészlet teljesen, maga a kereszteződő rész pedig közel teljesen eltűnt az A2 distalis szabad szélé mögött (17. ábra). A szalagos struktúráknak a flexio során létrejövő hasonló duplikációját másutt nem észleltük, bár az anatómiai megfigyelés fejezetrészben leírtaknak megfelelően, azokon a C2, illetve C3 területeken, ahol a szalagok nem egyetlen határozott struktúra képét mutatták, hanem inkább párhuzamosan orientált rostkötegek összességéből álltak össze, az egymásra csúszás lehetősége nem zárható ki. A szalagok összeháródása után ugyanis, a köztük képződött recessusok hajlított gombos szondával jól feltárhatók voltak, mely feltárás jól mutatta a synovialis membrán mély begyűrődését. A kérdéses területeken a szalagos struktúrák egymásra torlódottsága tekintetében ez a vizsgálómódszer nem adott eligazítást. (Maga a vizsgálat bontotta meg a spontán elrendeződési mintát.)



16. ábra

Az összeháródott szalagrendszer a PIP ízület flexiójakor.

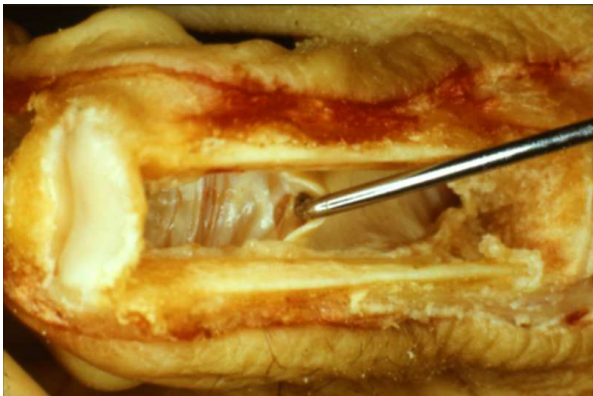
Az ínhüvelyszalagok mozgásának szisztematikus leírásánál a tisztán csonton tapadó pulley-k (A2, A4) helyzetéhez viszonyítjuk a többi szalag elmozdulását, a mozgásban résztvevő három ízület (MP, PIP, DIP) pozíciójának függvényében.

Az A2 pulley-tól proximalisan az A1 gyűrűszalag mozgását a köztük lévő rövid, általában 1-2 mm-es membranosus rés becsukódása illetve kinyílása jellemezte az MP ízület flexio-extensioja során. Éles határvonal három esetben nem volt húzható a két szalag között. Ezekben az esetekben többes ilyen elválasztó pars membranacea szakaszt találtunk, melyeket minden esetben az A1 pulley „feldarabolódásának” tekintettünk, azon az alapon, hogy a pulley alapperccen tapadó részén ilyen hasadtság már nem volt (11. ábra).

Az A2 pulley-tól distalisan a C1 pulley mozgásának sajátosságát részben már érintettük. Itt most azt kívánjuk kiemelni, hogy az ínhüvely üregébe betekintve nem csak a legkönnyebben látható palmaris szalagrészletek mozgása sajátos, amennyiben azok az A2 distalis szélétől részben takarttá váltak a flexio során.

Az is jól észlelhető volt, hogy a C1 pulley azonos oldali (radialis, vagy ulnaris) eredő, illetve tapadó szárai is közeledtek egymáshoz. Ennek megfelelően a szárok közötti pars membranacea részlet, amely nyújtott helyzetben tompaszögű háromszög alakját mutatja, lateral felé kigyűrődik.

Az azonos oldali szárok mind hegyesebb szögű háromszög alakját mintázták, majd a teljes flexióhoz közel, a köztük lévő távolság résnyire szűkült. Ezt a sajátos mozgást az hozta létre, hogy a PIP ízületi palmar plate az ízület flexiója során palmar felé meggyűrődött, ennél fogva megrövidült, és a C1 pulley distalis tapadását mintegy a „hátán hordozva” közelítette azt az A2 pulley külső szélénél való eredéshez (20.-21. ábrák).

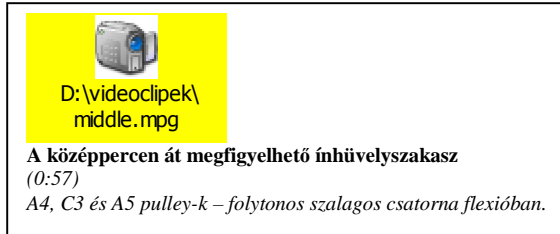


17. ábra

Az A2 pulley distalis széle felemelésekor előtűnik a PIP ízület hajlított helyzetében mögéje csúszott C1 pulley.

A PIP ízület hajlítása során természetesen nem csak a C1, hanem az A3 pulley is közelít az A2 pulley-hoz. Az ínhüvely tisztán szalagos csővé záródásával az A3 pulley hozzáfekszik proximal felől a C1, distal felől pedig a C2 pulley-hoz. A szalagot ezen mozgás közben megfigyelve, főként azonban a készült fotókat, illetve videofelvételeket tanulmányozva úgy tűnik, hogy a C1 pulley szélessége a flexio maximumához közeledve csökken. Ezt a jelenséget azonban számszerűsíteni nem tudtuk. Ennek oka a már korábban is említett metodikai nehézségekben rejlik, amelyek az ujjak hajlított helyzetében történő megfigyeléseinknél jelentkeznek. Bár megfigyelésünk kvalitatív értékében kételkedni nincs okunk, nem tudjuk azt sem megválaszolni, hogy milyen változás lép fel az A3 pulley hosszcsökkenése során: vajon a szalag strukturálisan rendeződik-e át, a rostok tömörülése révén megvastagszik-e a hossz rovására, vagy szélei visszahajlanak-e a pars membranacea rajta tapadó begyűrődését követően.

A C2 pulley mozgását minden tekintetben hasonlóknak találtuk a C1-nél észlelthez. A proximalis eredés itt a PIP ízületi palmar plate-ről történik, míg a distalis tapadás a középpercen van.



A PIP ízület környéki, A2 és A4 pulley-k közé eső ínhüvelyszakasz rövidülése, illetve gyűrődése olyan nagy fokú, hogy az általunk alkalmazott csontablakon át megfigyelve az A4 pulley proximalis szélé az alapperc csontablakán át jól láthatóvá vált (16. ábra).

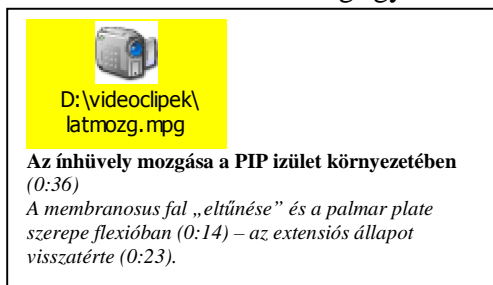
Az A4 pulley-től distal felé eső ínhüvelyszakasz mozgásai analógiát mutattak az A2-C1-A3 szakaszával. A C3 pulley középpercről eredése és a DIP ízületi palmar plate-en való tapadása itt is ezen két pontnak a közeledésével járt a hajlítás során, és a C3 pulley rostjainak szögviszonyai is hasonlóképpen változtak. A megfigyelést a kisebb méretek nehezítették, illetőleg a C3 pulley gyakran egyszeres spirális felépítése miatt a mozgásminta azonossága az első észlelések során nem volt egyértelmű.



18. ábra

Az A4-C3-A5 pulley-k a középperc csontablakán át szemlélve, nyújtott ujj mellett.

A lateralis feltárás eredményeképpen az ínhüvely belfelületének a csontablakos módszer által eltakart területei is megfigyelhetővé váltak, ám az eredési-tapadási viszonyok csak a feltárással szemközti oldalon maradtak érintetlenek. Mégis, a palmar plate – ínhüvely viszonyt ez a feltárás igen plasztikusan szemléltette és megerősítette a dorsalis betekintéskor részben csak következtetett mechanizmus létét. Ez a nézet is igazolta, hogy a PIP ízület hajlításakor a C1 pulley az A2 pulley distalis szélé alá csúszik be, annak a

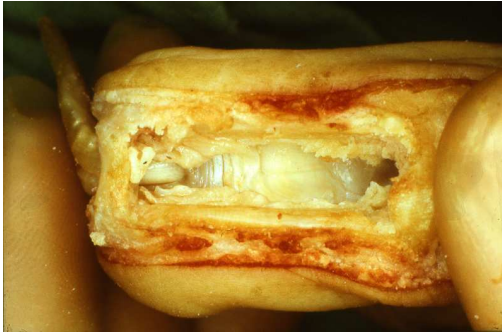


külső (nem az ínhüvely ürege felé tekintő) felszínén.

Az ínhüvely-subcutis-bőr lebeny felhajtásakor az ínhüvely és a bőr különböző radiusokon való anatómiai elhelyezkedése miatt a rétegek egymáshoz képest elcsúszni kényszerültek. Jól látható volt, hogy ez az elcsúszás könnyen végbement a pulley-k feletti területen, míg a pars membranacea vidékek akadályozták a lebeny felhajlítását, azaz az ínhüvely itt erősebben kapcsolódott a subcutishoz.

Az ízületi tok megnyitása a paramedian sagittalis síkban jól demonstrálta a palmar plate mozgásának sajátosságait. Metszlapján jól elkülöníthető volt egy központi elhelyezkedésű, tömött rostos szerkezetű terület, és az azt körülvevő, hosszabban elnyúló,

laza szerkezetű, könnyen deformálódó rész (22. ábra). A PIP ízület hajlításakor a belső, tömöttebb mag az alakját csak kevéssé változtatta, míg az azt körülvevő lazább szerkezetű struktúrák jelentős gyűrődést mutattak. Értelemszerűen a pulley-k eredése a könnyebben gyűrődő külső felszínhez kapcsolódott.



19. ábra

Az A4-C3-A5 pulley-k összezáródása a középperc csontablakán át szemlélve a DIP ízület hajlításakor.

A palmar plate szabad szélét felemelve belülről vált láthatóvá az accessorialis collateralis szalag, és az ízület mozgásakor jól látható volt, hogy az ízületi tok ezen része a palmar plate-ről eredő C1, A3, és C2 pulley-k egyenes folytatásában hasonló harmonikázó mozgást végez, mint a pulley-k és a közöttük lévő pars membranacea. Ezen struktúrák rögzítési pontja tehát az accessorialis collateralis szalag (azaz az ízületi tok ilyen funkciójú része).

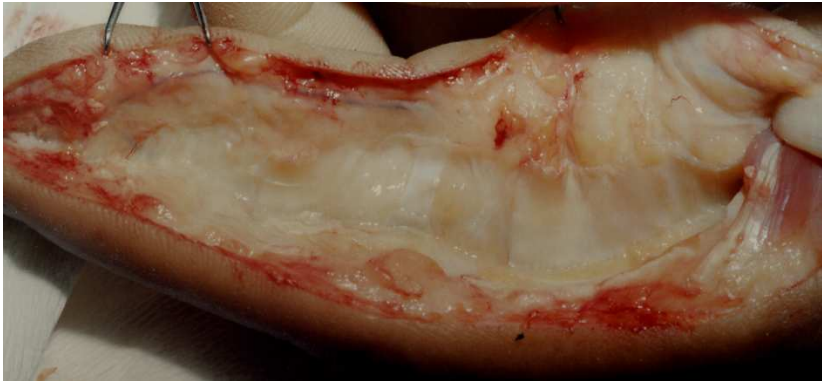
Megbeszélés

Az ínhüvely morfológiáját, vagy biomechanikáját vizsgáló szerzők, az anatómiai atlaszok, avagy éppen műtétechnikai munkák az ínhüvelyt egyaránt „külső”, palmaris-lateralis aspektusból mutatják be. Ez a szemlélet kézenfekvő, mivel egyrészt megfelel a kívülről befelé haladó leírás didaktikai szokásának, másrészt pedig a mindennapi gyakorlat során is vizuálisan ezzel az aspektussal szembesülünk az ínhüvely, illetve a hajlítóinak feltárásakor. Az ínhüvely felépítése és mozgása azonban éppen a benne csúszó hajlítóikkal való viszony révén nyerhet jelentőséget. Magunk, ebből kiindulva, és a korábbi szemlélettel szakítva, elsőrendű fontosságot tulajdonítottunk a belfelület felőli vizsgálatnak.

Az ínhüvely belfelületét mechanikai szempontból, tudomásunk szerint, csak Amis és Jones² vizsgálták, amint azt a bevezetőben idéztük. Kísérletesen bizonyították, hogy a Kessler-varrat tovafutó öltésének csomója, vagy az ínvarratnál képződött felszíni egyenetlenségek az ínhüvelybe „belógó” pulley szabad szélét felpenderíthetik, illetőleg abban elakadhatnak az ín korai mobilizálása során. A teljesség kedvéért megjegyezzük, hogy részleges hajlítóín-sérülés után az ín elakadását a pulley szélében már korábban leírták.⁹⁹

Az általunk kidolgozott dorsal felőli, a csontos ujjpercen át végzett feltárásnak a célja az volt, hogy az ínhüvely integritását ne kelljen megbontanunk ahhoz, hogy mozgását vizsgálhassuk. Ez a feltárás valóban épen hagyja a szalagos-hártyás ínhüvely egészét és annak minden, környezetével való – anatómiai struktúrán át megvalósuló – kapcsolatát.

Az anatómiai integritás mégis két ponton sérül. Egyrészt a hajlítóinak eltávolítása miatt megszűnik a belső adhezív-surlódásos kapcsolat, másrészt pedig a palmar plate középrészének eltávolítása is megbontja – bár csak dorsalisán és részlegesen – az egyébként meglévő lágyrészfolytonosságot. A hajlítóinak eltávolítása miatt a maximális passzív ízületi flexio közelében a szalagos ínhüvely bizonyos mértékig kívülről benyomódott, melynek nyilvánvaló oka a palmarisan torlódó bőr és subcutis térfogatigénye volt.




20. ábra

A pulley-rendszer, direkt laterális metszésből történő feltárás, és a hajlítóinak eltávolítása után.

Úgy értékeltük azonban, hogy ez a megfigyeléseinkből levonható következtetéseket érdemben nem befolyásolja. Egyrészt azért, mert az ínhüvely deformálódásának felléptéig megfelelően nagy amplitúdójú mozgást tudunk vizsgálni ahhoz, hogy az észleletet biztonsággal extrapolálhassuk a megzavart mozgásfázisra is. Másrészt pedig, a sokszor ismételt passzív hajlítás-nyújtás után is ugyanaz a mozgásminta volt reprodukálható, mint a vizsgálat kezdetén. Ebből arra következtettünk, hogy az ínhüvely

deformálódása reverzibilis, és nincs kihatással az excursio többi fázisára.

A dorsalis aspektusból történő megfigyelés lehetőségét ugyan új eredményként értékeljük, az ínhüvely tisztán szalagos csővé záródása a flexio végén azonban már korábbi közleményekben is szerepelt^{28,53,66,68}. A C1 pulley és a PIP ízületi palmar plate viszonyának pontos ábrázolása fellelhető Bowers és mtsai¹⁸ munkájában, azonban a C2 és C3 pulley-kra vonatkozóan ezt elsőként igazoltuk. Nem került azonban korábban közlésre olyan megfigyelés, amely az ínhüvely szalagjainak egymásra csúszását



D:\videoclipek\
proxendo.mpg

Vizsgálat endoscoppal csontablakon át
(Merev endoscop, optika: 30°; 1:40)
Distal felőli nézet az alapperc csontablakán át: A1, A2 és C1 pulley-k extenzióban – recessus az A2 pulley distalis szélénél (0:36) – A3 pulley megjelenése flexióban.
Proximal felőli nézet a középperc csontablakán át (1:08): az A1 pulley proximalis szélére – az A1 pulley elmozdíthatósága a subcutis felett.

bizonyította volna. Biomechanikai szempontból ez a mozgás, mint több ok együttes eredője jól értelmezhető. A C1 pulley eredésének és tapadásának a flexio során fellépő közeledése azt eredményezi, hogy az ínhüvely hosszának csökkenésével átmérője megnövekszik, mely növekedés értelemszerűen az anteroposterior irányt érinti, feltéve, hogy a hajlítóinak szélességükben nem növekszenek a mozgás során. Ennek feltételezésére azonban okunk nincs, sőt az ínhüvely és a hajlítóinak együttes deformálódása az ínon fellépő hosszirányú terhelés hatására jellegzetesen anteroposterior irányú lesz. Ennek oka, hogy a rendszer a csonthoz közvetlenül (a PIP ízület

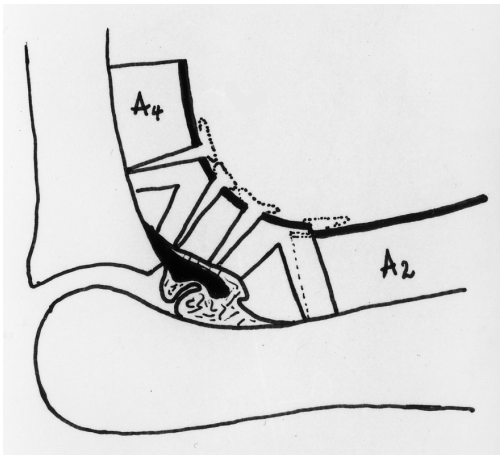
környezetében az A2 és A4, illetve a C1 proximalis és C2 distalis része), vagy az accessorialis collateralis szalagon keresztül (A3, illetve a C1 distalis és C2 proximalis része) kötélhintaszerűen kapcsolódik.

A következő faktor, ami hozzájárul, hogy a C1 pulley belső átmérője meghaladja az A2 külső átmérőjét az, hogy a hajlítás során nem csak a C1 geometriai elrendeződése változik, hanem a palmar plate a meggyűrődése folytán vastagszik, így a palmaris csontfelszíntől a C1 distalis tapadását elemeli.



21. ábra


Az ínhüvelyszalagok összeháródása a PIP ízület 90 fokos hajlításakor. A 20. ábrával összevetve jól látható a palmar plate gyűrődése is. A szalagok leválasztott szélének teljes összeháródása a felhajlított lágyrészek összeterlődése miatt következik csak be ebben a pozícióban.



22. ábra

Az ínhüvelyszalagok összeháródásának vázlatrajza a PIP ízület hajlításakor.

A palmar plate gyűrődését lehetővé tévő mechanizmus nem szorosan tárgya munkánknak, de mint vizsgálataink „mellékterméke” az olvasó érdeklődésére igényt tarthat. Ismeretes, hogy az alapperc fejének horizontális (axialis) metszete jó közelítéssel trapéz alakot formáz⁶¹. Ennek jelentősége az extensor mechanizmus (tractus lateralisok, lateral slips) működése szempontjából ismert. A klinikumban a



D:\videoclipek\
latendo.mpg

Az A2 és A4 pulley-k közti ínhüvelyszakaszc mozgása
(Merev endoscop, optika: 30°; 0:22).
Az A2 pulley szabad szélé jobbról (0:00) – az A4 pulley és a flexor superficialis csonkok behajlása balról (0:06) – a véghelyzetek között a palmar plate és a rajta tapadó szalagok mozgása.

bouttonnière deformitás létrejötte kapcsán észlelhető, hogy a fejecs oldalfalán, mint lejtőn a tractus lateralisok „lecsúsznak”. A PIP ízület nyújtott helyzetében az ízületi tok accessorialis collateralis szalagnak megfelelő része ugyanezen lejtőn ferdén ráfeszülve tartja a palmar plate-et, és rajta keresztül az arról eredő, illetve tapadó ínhüvelyszalagokat. A PIP

izület hajlítása során az accessorialis collateralis szalag harmonikaszzerűen viselkedvén, az alapperc fejecséről proximal felé visszacsúszik, és a korábban az ujjperc hossz tengelyére közel merőlegesen lefutó tokrésztlet a fejecs mögé, hegyes szögű pozícióba kerül. Itt, subcapitalisan, a csont átmetszete már nem palmar felé szélesedő, és ennek következtében a tok a csontnak rövidebb cirkumferenciáján fut le. Az így „felszabaduló” hossz teszi lehetővé a palmar plate felgyűrődését, azaz végső soron megvastagodását az alapperc fejecsétől proximalisan.



23. ábra

Több rostkötegből álló A5 gyűrűszalag csontablakon át. Jól látható az ínhüvely ívelése abból, hogy az egyébként szintén jól látszó C3 és A4 szalagok már nincsenek fókuszban.

A harmadik magyarázó tényező az, hogy a C1 pulley proximalis eredése az A2 pulley distalis szélét mindenképpen metszően (attól proximalra), a pulley külső felszíne felől helyezkedik el. Amint a C1 pulley proximalis szára az ízületi hajlítás során egyre meredekebb szöveget zár be az ujjperc hossz tengelyével, úgy mindinkább hegyesebb szögben metszi az A2 pulley distalis apertúráját, azaz a pulley distalis szélének felszínén egyre inkább annak lepalmarisabb pontja felé csúszik. Végül, amikor a C1 pulley kereszteződése eléri a pulley szélét, azt – a már a pulley külső felszínén fekvő szárok – elakadástól mentesen vezetik tovább.

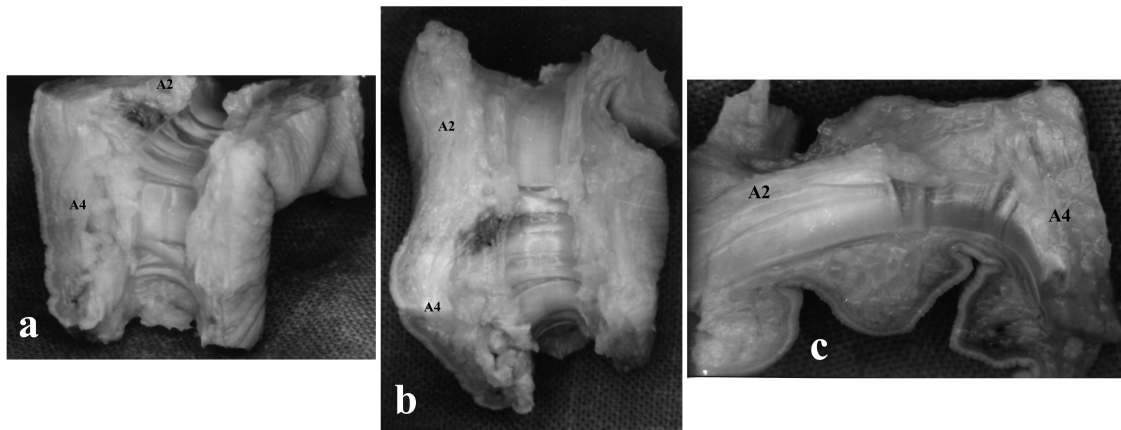
Úgy véljük, nem igényel külön taglalást, hogy ugyanezen mechanizmus minden elemében akkor is működik, amikor a C1 pulley alakja nem a leggyakoribb „X”, hanem „Y”, avagy egyszeres spirális.

Mint az *Eredményekben* már utaltunk rá, hasonló, a szalagos struktúrák egymásra csúszását bizonyító, észlelésünk nem volt a distalisabb ínhüvelyszakaszon. E helyütt azt szeretnénk kiemelni, hogy az anatómiai elrendezés és az ebből fakadó működésbeli hasonlóság mindenképpen felveti ilyen mechanizmusok létezésének a lehetőségét, mely további célzott vizsgálatokkal igazolható, vagy vethető csak el.

A PIP, illetve DIP ízület környéki ínhüvelymozgásnak a hajlítóin lefutására gyakorolt hatásával a tenographiás vizsgálatokkal kapcsolatban tértünk ki.

Jól ismert, hogy az MP ízület geometriája különbözik a PIP és DIP ízületekétől, mely már önmagában utal a biomechanikai különbségekre. Az ínhüvely MP ízület környéki viszonyait vizsgálva azt találtuk, hogy a különbség az ínhüvely mozgásában is felismerhető. Az MP ízületi palmar plate igen erős, markáns képlet, mely mutat bizonyos mértékű deformálódást az MP ízület flexiója során, de az elsősorban palmaris irányú meghajlás, és közel sem hasonlítható a PIP és DIP ízületeknél látható gyűrődéshez. Ennek nyilvánvaló anatómiai oka az, hogy az MP ízület palmaris tokja a porcos

ízfelszínen való eredése után a csonttól elemelkedik, azon hosszan nem tapad, rögzítettsége inkább oldalirányban, a mély intermetacarpalis szalagok felé erős, míg proximal felé a jelentősen gyengébb, és a metacarpusokhoz közvetlenül nem kapcsolódó tenyéri fascia sövényrendszeréhez kapcsolódik. Fentiek miatt az ínhüvely mozgásaiban játszott szerepe kevésbé dinamikus, és gyakorlatilag a róla eredő A1 gyűrűszalag rögzítését szolgálja. Mindössze utalni kívánunk arra, hogy az A3 pulley kapcsán tárgyalt hintamechanizmus természetesen itt is érvényesül, hiszen az A1 pulley felfüggesztése a metacarpushoz végső soron az MP ízület lateralis tokján keresztül történik. Nem hagyhatjuk figyelmen kívül azonban azt sem, hogy a hosszú extensorból eredő extensor csuklya rostjainak („sagittal bands”) egy része az MP ízületi palmar plate-en tapad, így annak felfüggesztésében is részt vehet.



24. ábra

Az ínhüvely szalagjainak záródása a PIP és DIP ízületek hajlított helyzetében formaldehiddel fixált középső ujj palmaris lágyrészeinek leválasztása után. a: nézet a középperc irányából. b: „feltülnézet” az alapperc irányából. c: oldalnézet a median sagittalis síkban történt felezés után. A felvételek a subcutis szalagrendszerének vizsgálatához (ld. ott) készített preparátumokról készültek.

A membranosus hajlítóínhüvely macroscopos anatómiájáról és biomechanikájáról alig található adat az irodalomban. Strauch és de Moura¹⁰⁶ a hártás ínhüvelyt mint kis „cul-de-sac”-ok sorát írták le. Amis és Jones² a korábban már idézett, az ínhüvely belfelületére vonatkozó, megfigyeléseiken túl funkcionális vizsgálataikról is beszámoltak. Ezek konklúziójaként arra a következtetésre jutottak, hogy a hártás ínhüvely palmaris irányú kiboltosulása annak a strukturális elrendezésnek a következménye, hogy a hártás ínhüvely vagy a szalagos rész szélének külső felszínén, vagy attól kis távolságban a külső felszínén tapad.

Saját vizsgálataink nem igazolták a hártás ínhüvely mozgásának kiboltosulás jellegét, hanem a képződő recessusok falainak egymáshoz fekvését lehetővé tévő, gyűrődő mozgást tártak fel. Fontosnak tartjuk, hogy Amis és Jones funkcionális megfigyeléseiket formalinnal fixált kezeken, a bőr és a subcutis eltávolítása után végezték. Mivel a fixálás

a lágyszövetek merevségét jelentősen növeli, feltételezhető, hogy az általuk megfigyelt hártás ínhüvely kiboltosulás nem a természetes körülmények között is végbemenő mozgásokat reprezentálja. Saját preparátumainkon is megfigyelhető, hogy bár a pulley-rendszer igen jól elkülönül a formaldehiddel fixált lágyszöveteknél, de ezzel a pars membranacea-részek zsugorodása folytán szintbeli különbségek is létrejönnek az ínhüvely belfelületén, melyek a natív vizsgálatnál nem láthatók (24. ábra). A pars membranacea kiboltosulása jelentős mennyiségű folyadék jelenlétét is igényelné az ínhüvelyben, hogy az kitöltse a kiboltosulással keletkező üregeket. Jelentős térfogatú folyadék azonban csak tenosynovitisben fordul elő az ínhüvelyben. A tenographia is inkább gyűrődést, semmint előbortosulást demonstrált, amikor mindössze 0,2 ml kontrasztanyag került beadásra.⁸⁰

A pars membranacea mozgására vonatkozóan az ínhüvely belfelszíne felől való megfigyelés bizonyította, hogy a hártás ínhüvely mozgása független a hajlítónak, vagy a synovialis folyadék jelenlététől. A sokszor ismételt hajlítás-nyújtás után is azonos kigyűrődés az ínhüvely külső felszínére az ujj flexiója során, világosan utal egy, a háttérben meglévő szabályozó mechanizmusra, mely az ínhüvely üregén kívül, a subcutisban localisalt.

Kísérletes direkt lateralis feltárás

A hajlítóinak az ujjon használatos sebészi feltárásai napjainkban szükségessé teszik az ínhüvely megnyitását és az így képezett ablak(ok)on keresztül történhet meg az ín műtéti ellátása. A bőrmetszést követően mind a mediolateralis, mind pedig a Bruner-féle cikcakkmetszés esetében az ínhüvely eléréséhez bőr-subcutis lebenyeket preparálunk fel, azaz az ínhüvelyt csupaszra preparáljuk.²¹ Mivel az ínhüvely membranosus részének mozgásvezérlését vizsgálataink szerint a subcutis felé meglévő anatómiai kapcsolatai végzik, ennek a vezérlésnek a feltárás által történő megszüntetése előnytelen hatással lehet az ujj posztoperatív mobilitására. Fentiekből következik egy olyan feltárás lehetőségének keresése, mely az ínhüvely és subcutis közötti kapcsolatot a lehető legnagyobb mértékben megőrzi. Az ínhüvely ilyen – akár kísérletes, akár klinikai körülmények között végzett – feltárásával az irodalomban nem találkoztunk.

Anyag és módszer

Az ínhüvely biomechanikájának makroszkópos vizsgálati sorozatához kapcsolódóan 3 mutató és két középső ujjon a mediolateralis feltárást úgy végeztük el, hogy az ínhüvelyről nem emeltük fel a bőr-subcutis lebenyt. Az ínhüvelyt nem közvetlenül a csonttól választottuk le, hanem azon 1-1,5 mm-es szélét meghagytunk (*direkt lateralis feltárás*; 25.-26. ábrák).



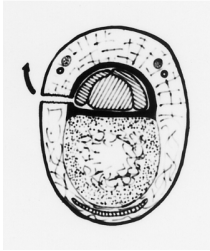
25. ábra
Kísérletes direkt lateralis feltárás az alappercen.

A feltárás után a megnyitott ínhüvelyt 5/0 monofil, atraumaticus varróanyaggal megvarrtuk (27. ábra). A csukló magasságában a vizsgált ujj hajlítóját előemelve azt különböző erővel megterheltük annyira, hogy az ujj maximális flexióját elérjük. Ezután az ujjat a median sagittalis síkban feltártuk, majd a lebenyeket széjjelhajtvá, a hajlítójakat eltávolítva a varratvonalat az ínhüvely ürege felől vizsgáltuk meg.

Eredmények

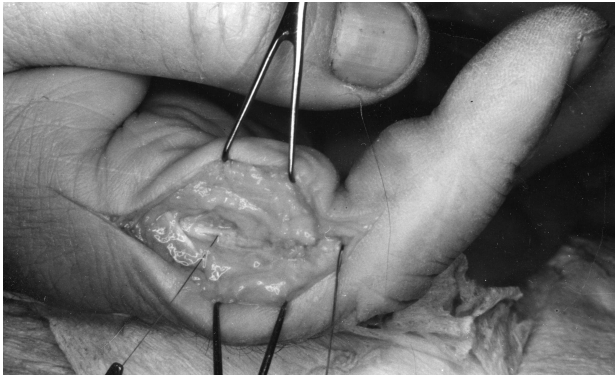
A „direkt lateralis” ínhüvely feltárásnál a mediolateralisan vezetett bőrmetszés egyenes vonalától az ínhüvely dorsalis tapadási vonala nagymértékben eltér, az utóbbi hullámos

lefutásának okán. Az ínhüvely megnyitásának indítását ezért csak ott találtuk biztonságosnak, ahol az ínhüvely közvetlenül a csonton tapad, azaz vagy az A2 gyűrűszalag distalis harmadában, vagy az A4 gyűrűszalagnak megfelelően. Amennyiben az ínhüvely bemetszését az A2 és A4 pulley-k között, vagy az A4-től distalisán indítjuk, orientáló anatómiai támpontok híján könnyen a palmar plate mögé, vagy az ízület üregébe jutunk. Ha ezt el akarjuk kerülni, és emiatt a subcutisban preparálunk, akkor célunk – a bőr-subcutis-ínhüvely lebeny integritásának megtartása – meghiúsul.



26. ábra
A direkt lateralis feltárás vázlata.

Az ínhüvely megnyitásának folytatása célszerűen vagy hajlított ollóval, vagy az ínhüvely nyílásába vezetett hajlított csipesz vezetésével történhet, mely jól biztosítja az ínhüvely görbületeinek a követését. Megjegyezzük, hogy a metszés hossza limitált – az alapizületi redőtől proximalisan nem folytatható.



27. ábra
A kísérletes direkt lateralis ínhüvelyfeltárás zárása tovafutó varrattal.

Az 1-1,5 mm-es ínhüvelyszegély meghagyása a tapadásnál elegendőnek bizonyult a zárás biztonságos elvégzéséhez. Az *Anyag és módszer* részben leírt egyszerű módon vizsgálva a varrat tartóképeségét, a varratvonalat mindegyik esetben épek találtuk.

Megbeszélés

Kísérletes direkt lateralis feltárásunk magában hordja a konvencionális mediolaterális feltárás hátrányait is, amennyiben az kevésbé jó betekintést nyújt az ínhüvelybe, mint a Bruner-metszés, és csak az alapizületi redőig terjeszthető ki proximal felé. Ezen túlmenően bizonyos mértékig károsíthatja a vincularis keringést, mivel a „C” jelű pulley-k két oldalsó szára között belépő kis artériák⁵ szükségszerűen átmetszésre kerülnek. Lezárt, heges ínhüvely esetében a tájékozódás megnehezülhet a hajlítóinakat nem

tartalmazó szakaszon, az ellenoldali neurovascularis köteg pedig nem akut esetben csak külön metszéből érhető el.

A vincularis keringés azonban annak árkados felépítése⁵ folytán csak részben károsodik, a gyűrűszalagok varrata pedig megbízhatóan elvégezhetőnek imponált. Mivel az ínhüvely és subcutis közötti kapcsolat csak igen kis területen, lateralisán károsodik, az ínhüvely körüli lapszerinti posztoperatív hegesedéssel nem kell számolnunk. Egyúttal a feltárás megőrzi magának az ínhüvelynek a vérellátását is, így a synovialis folyadék termelése zavartalan marad. Az ínhüvely sérült részének varrata „belülről” precízen elvégezhető, a feltárás varratsora pedig olyan elhelyezkedésű, hogy a flexorín mozgása közben a direkt nyomástól mentesül, az ín attól inkább elemelkedik, semmint benne elakadjon. Összességében a direkt lateralis feltárást a klinikai gyakorlatban alkalmazhatónak találtuk.

A subcutis rostrendszerének vizsgálata

Az ínhüvely hártvás részére vonatkozó kielégítő biomechanikai elemzéssel, különösen pedig az azt kontrolláló mechanizmusnak a leírásával az irodalom mindezeideig adós. Az ínhüvely belfelületének makroszkópos vizsgálatával arra a következtetésre jutottunk, hogy a membranosus ínhüvely csúszó-gyűrődő mozgásának vezérlése a subcutis felől történik.

A Grayson-szalagokat⁴³ az irodalom úgy írja le, mint fibrosus subcutis alkotóelemeket, amelyek a neurovascularis kötegektől palmarisan elhelyezkedve transversalisan futnak az ínhüvelytől a bőrhöz. Feltételezett szerepük a neurovascularis köteg palmaris előemelkedésének megakadályozása és a bőr stabilizálása az ujjakkal történő szorításakor.⁸⁴ A Dupuytren contractura kifejlődésében játszott szerepüket tartják egyedül jelentősnek a klinikum szempontjából.⁷⁶

Munkánk ezen részében azt kívántuk vizsgálni, hogy a Grayson-szalagoknak lehet-e mechanikai szerepe a hártvás ínhüvely mozgásában.

Anyag és módszerek

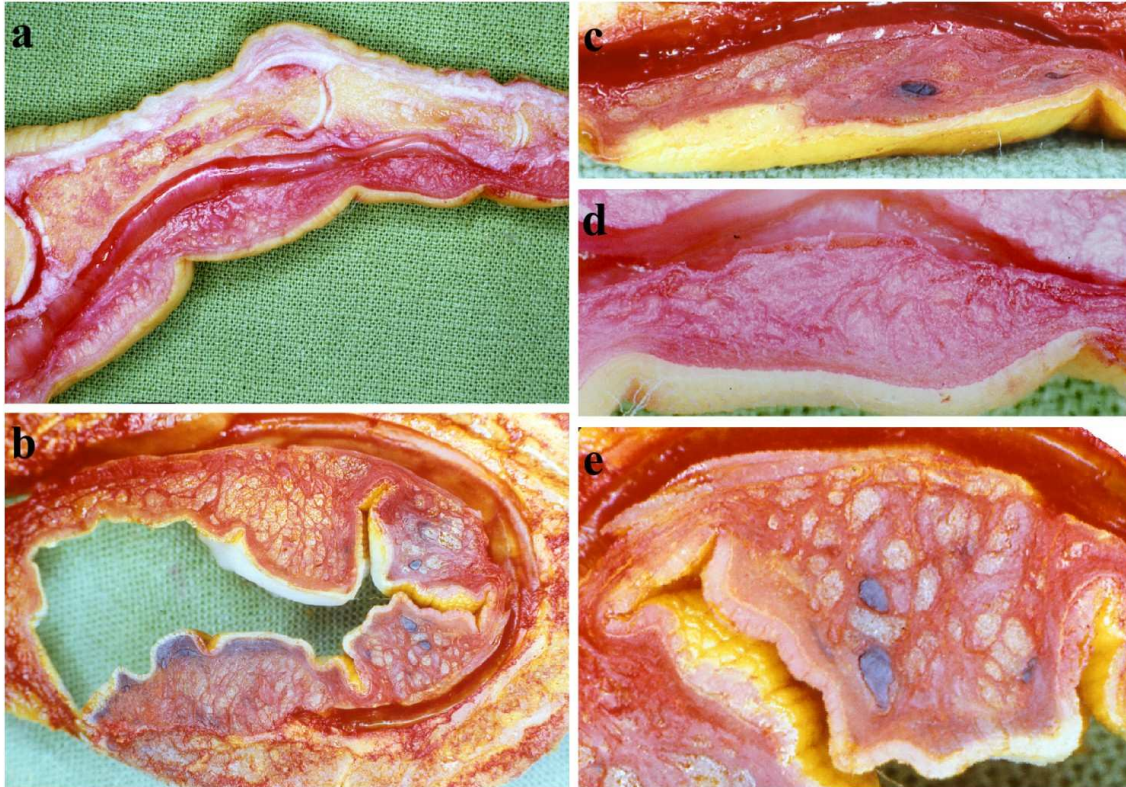
Két, a csukló magasságában exartikulált, friss cadaver kézen kanuláltuk az arteria radialisokat és ulnarisokat, majd a kezeket pufferezett formalinnal 30 vízcentiméter nyomással perfundáltuk. Az egyik kéz ujjait behajlítva rögzítettük, míg a másik kézen az ujjakat semiflectalt helyzetben hagytuk, illetve nyújtott helyzetben rögzítettük. Fixálás után az ujjakat a carpometacarpalis ízületben leválasztottuk. A hajlított mutató, középső és kisujjakat szikével és oscillációs fűrészszel a sagittalis középvonalban átvágtuk. A metszlapokat picrosyriusszal festettük, majd operációs mikroszkóp alatt vizsgáltuk. Ugyanígy jártunk el egy semiflectalt mutató és nyújtott kisujj esetében is. A félig hajlított középső és gyűrűsujjokról az oldalsó középvonaltól palmarisan lévő lágyrészeket egy blokkban eltávolítottuk, és azokat az ujj hossz tengelyére merőleges síkban 3 mm-es szeletekre vágtuk. A szeleteket mindkét felszínükön picrosyriusszal festettük, és nagyítás alatt vizsgáltuk. Egy hajlítva fixált gyűrűsujjról a palmaris lágyrészeket szintén egy blokkban távolítottuk el, melyet követően az ínhüvely belfelületét vizsgáltuk operációs mikroszkóp alatt.

Trauma miatt amputált két kézujj palmaris lágyrészeit formalinban fixáltuk, és paraffinba ágyasztuk. A blokkokból reprezentatív harántmetszeteket készítettünk, melyeket haematoxylin-eosin festés után fénymikroszkópban vizsgáltunk.⁸¹

Eredmények

Az ujjak sagittalis metszetein az alapperc és középperc palmaris zsírtestjében (subcutisában) picrosyriusszal festődő septumok ábrázolódtak, melyek az ujjak flexiós helyzetétől függően különböző mintázatot mutattak. A nyújtott helyzetben fixált ujjban a szélesebb septumok egyenesek voltak, és ferdén futottak az ínhüvelytől a bőrhöz. A fő

septumok íveltek voltak a semiflectalt ujjban, míg a teljesen hajlított ujjban az ínhüvelyre közel merőlegesen futottak le (28. ábra).



28. ábra

Picrosyriusszal festett ujj hosszmetsetek. *a*: semiflectalt ujj. *b*: teljes flexióban fixált ujj. *c-d-e*: a középerc palmaris zsírpárnájának septumszerkezete. Nyújtott ízületeknél a septumok lefutása átlós, egyenes (*c*). 30 fokos PIP ízületi flexiónál a septumok íveltek (*d*). 110 fokos PIP és 30 fokos DIP ízületi flexio esetén a septumok az ínhüvelyre közel merőleges lefutásúak (*e*). A kéken festődő foltok vérrel telt, kitágult vénák metszetei.

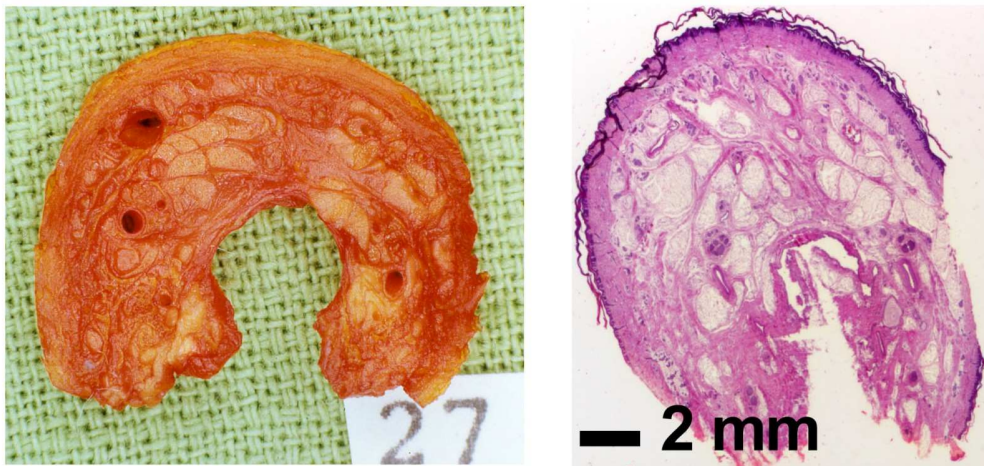
A festés denzitása az ínhüvelyhez közel volt a legnagyobb.

Szondával történő vizsgálatkor a subcutan szövetek nem voltak elválaszthatók a pars membranaceától. Ezzel szemben a subcutissal való kapcsolat az A1, A2, A3 és A4 pulley-k felett kifejezetten laza volt, és néha a nyújtott és félig hajlított helyzetű ujjakon a pulley-k feletti vörös festékcsíkk egy spontán képződő recessust jelzett a gyűrűszalagok és a subcutan zsírszövet között.

A palmaris lágyrészek harántmetszetein csak a distalis interphalangealis ízületi redőtől distalisan, a mélyhajlító ín tapadása felett voltak megfigyelhetőek egységes területek radialis elrendeződésű septumokkal.

A proximalis és distalis ízületi redők környezetében az erősebb sővények a subcutan zsírszövet zárt compartmentjeit rajzolták ki. A középvonaltól mindkét irányban regulárisan megtalálható volt egy-egy ilyen compartment. A zárt compartmentek második, illetőleg harmadik rétege csak az ízületi redőktől bizonyos távolságban volt

elkülöníthető. A bőr alatti compartmenteket a dermis zárta le a külső oldalukon és a septumok elágazódásai miatt ezek kisebbek és számosabbak voltak, mint a belsők.



29. ábra

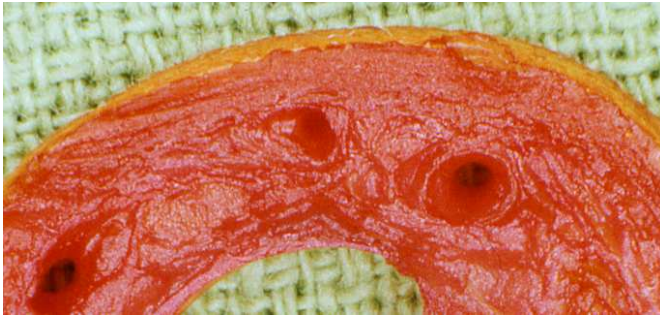
Picrosyriusszal festett makroszkópos (*balra*) és haematoxylin-eosinnal festett fénymikroszkópos (*jobbra*) készítmények a C1 pulley szintjéből. Összehasonlítva az ínhüvely, a neurovascularis kötegek és a bőr pozícióját, a septalis szerkezet hasonlósága jól felismerhető. A kollagén-kötegek átmetszetei a fénymikroszkópos felvételen a septumokon belüli sötétebben festődő ovális pontokként tűnnek fel.

Gyakori lelet volt egy, az ínhüvely median sagittalis vonalától induló, septum a distalis interphalangealis ízületi redő és az alapízületi redő közötti területen, de a redők közvetlen közelében ez nem volt jól demonstrálható. Operációs mikroszkóppal vizsgálva ez a sövény inkább több, zsírtestekkel elválasztott sövény csoportjának, semmint egy jól definiálható anatómiai egységnek imponált (29. ábra). Ez a középső sövény néha a bőrhöz közeli területig követhető volt, de sosem érte el közvetlenül a dermist, hanem megelőzően kisebb ágakra vált szét. A metszetek legtöbbször a középső septum elhajlott az egyik oldal felé és elágazódott a subcutan zsírtestben röviddel a középvonalban való eredése után. Némely esetben a rostjainak a keresztesződését is megfigyeltük (30. ábra).

A harántmetszeteken nem láttunk a bőrre merőlegesen futó septumokat. Azok a sövények, amelyek a neurovascularis kötegtől palmarisan haladtak el, az ínhüvely középvonalának közelében eredtek, majd dorsal felé ívelve elágazódtak, mielőtt a bőrt elérték volna az ér- idegköteg magasságában, vagy attól dorsal felé. A proximalis és distalis interphalangealis ízületek közelében olyan septumokat is megfigyeltünk, melyek az ínhüvelyről eredve a neurovascularis kötegtől *dorsalisan* futottak le a bőr felé. Ezeknek a dorsalis septumoknak egy ága gyakran egyesült a palmarisabb sövény ágával

és így a két septum körbezárta a neurovascularis köteget (31. ábra). A dorsalis septum többi ága dorsolateralis irányban haladt tovább a subcutisban.

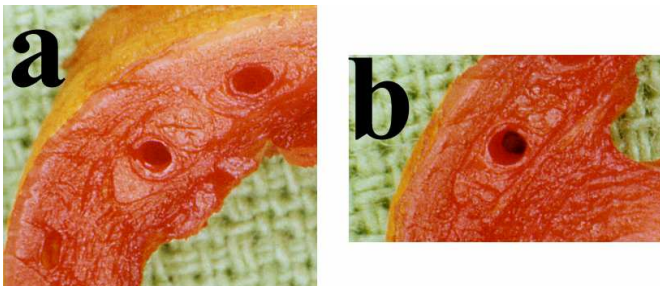
Az ínhüvely-subcutis határ szondával történő vizsgálata hasonló eredményre vezetett, mint a sagittalis metszeteknél. Míg a pars membranacea területek szorosan kapcsolódtak a subcutishoz, addig a az A2 és A4 gyűrűszalagok területéből származó kimetszésekben a pulley-kat csak az eredésüknél lévő lágyrészösszeköttetés tartotta helyben.



30. ábra

A median sagittalis síkban kereszteződő septumok az A3 pulley-től proximalisan, picosyrusszal festve.

A haematoxylin-eosinnal festett fénymikroszkópos metszetek alacsony nagyításnál a septumok elhelyezkedése tekintetében nagy hasonlóságot mutattak a picosyrusszal festett makroszkópos metszetekkel (29. ábra). A szövettani metszetek azonban gyakran ferde és torzult metszetét adták a subcutan szöveteknek, mely miatt a sövények térbeli elhelyezkedésének megértése jelentősen megnehezült a picosyrusszal festett makroszkópos készítményekéhez képest.

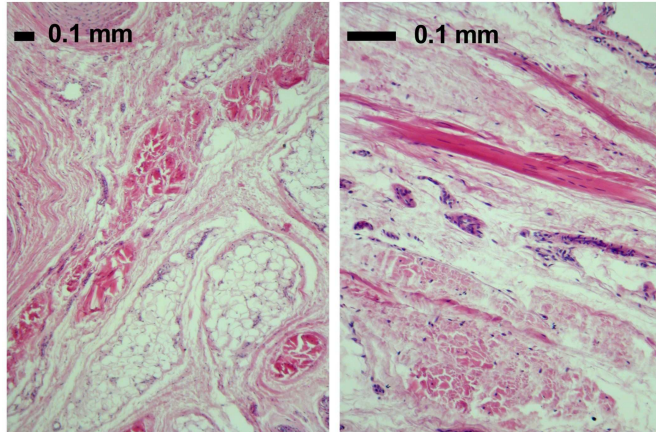


31. ábra

A palmaris neurovascularis kötegeket körbezáró septumok a PIP ízületi redőtől distalisan (a) és proximalisan (b).

Közepes nagyítással a septumokban kollagén kötegek voltak láthatók, melyek gyakran rétegeket képeztek (32. ábra). Ezek a kollagén kötegek különböztek azoktól a rostoktól, melyek a zsírtestcskéket zárták körbe, mivel a kötegek homogénebbek, orientáltabbak és haematoxylinnel erősebben festődők voltak. A kötegek átmérője 20 és 50 μm között változott. Az általuk képezett réteg vastagsága 60 és 150 μm között volt. A kollagénkötegek párhuzamos, rétegformáló elrendeződése típusosan 600-tól 1000 μm -ig változott, de találtunk 2500 μm hosszú, septumra emlékeztető ilyen struktúrát is. A kollagénkötegek fellelhetők voltak az ínhüvely közelében, a subcutan zsírtestben és a bőrhez közel is. Gyakran megfigyelhető volt a membranosus ínhüvellyel való egyesülésük, de a pulley-k felett egy érben gazdag, a szalagos ínhüvellyel párhuzamosan futó fibrosus rétegben végződtek. A kollagénkötegek pulley-khoz történő rögzülése csak utóbbiak eredésénél volt megfigyelhető. A kötegek sövényyszerű elhelyezkedése

gyakoribb volt a subcutan zsírtest középrészén, mint az ínhüvelyhez, vagy a bőrhöz közel.



32. ábra

Haematoxylin-eosinnal festett transversalis fénymikroszkópos metszetek az ujj palmaris subcutan teréből. Septumformáló és izolált kollagénkötegek a palmaris neurovascularis köteg közelében (*balra*). A kollagénkötegek térbeli kereszteződését bizonyítják a kollagénkötegek ugyanazon metszetben látható hossz- és keresztmetszetei (*jobbra*).

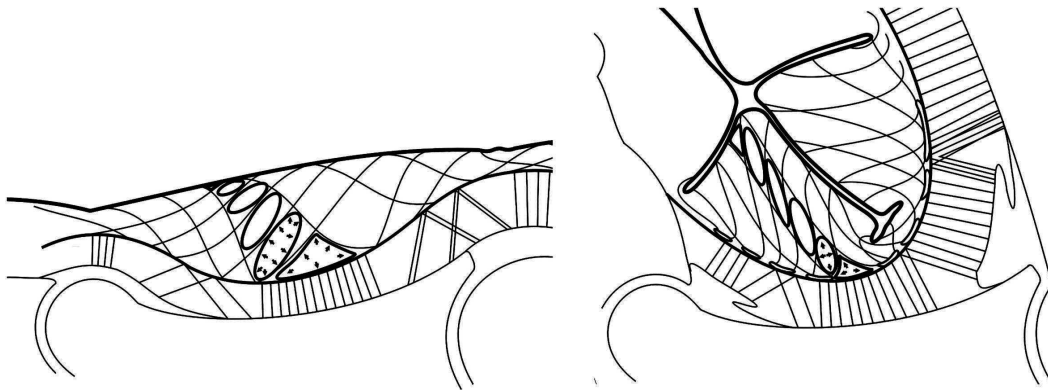
A fentebbi leletek alapján az ujj proximalis ujjpercbarázda és a distalis interphalangealis ízületi barázda közé eső palmaris lágyrészeinek mozgására vonatkozóan olyan modellt hoztunk létre, melyben a subcutis rostrendszere vezérli a membranosus ínhüvely gyűrődését és elsimulását (33. ábra). A modell fő elemei a hártás ínhüvely, a subcutan zsírtest, a bőr és az ínhüvelyt a bőrrel összekötő subcutan rostrendszer. A subcutan zsírtestnek az ujj hajlítása során létrejövő deformálódása a bőr elődomborodását eredményezi, melynek következtében a subcutan rostrendszer megfelelő része – ideértve a Grayson-szalagokat is – megfeszül. Ennek eredménye a membranosus ínhüvely palmaris és lateralis irányú kigyűrődése az ízület aktuális pozíciójától függően.

Megbeszélés

A hosszú ujjak három palmaris redője közötti két zsírtest alakja az ujj median sagittalis metszetein az extenzióban látható lencse alakból a flexio során háromszög alakúvá válik. Amint a picrosyrius festés feltárta, ez az alakváltozás a subcutan zsírszöveti compartmentek igen jelentős átrendeződésével jár. A folyamatot a septumok irányának az ízületi pozíciótól függő megváltozása jelzi. Bár a picrosyrius szelektíven festi a kollagént¹²⁰, az általunk alkalmazott makroszkópos módszer nem tud különbséget tenni a septumok kollagént tartalmazó elemei: szalagok, érképletek és a zsírtestecskék kollagénrostokat tartalmazó tokja között. Mindazonáltal feltehető, hogy a szélesebb, és intenzívebb festődésű sővények a subcutan rostrendszer több fibrosus elemét tartalmazzák. Ezt a hipotézist erősíti az a megfigyelés is, hogy a membranosus ínhüvely feletti erősebben festődő régiók az ínhüvelyhez mechanikusan erősebben kötődtek. Megjegyzendő, hogy a subcutis laza rögzülése a szalagos ínhüvelyrészekhez ugyanakkor jelzi a subcutis elmozdulásának lehetőségét az anularis pulley-kkal szemben, amikor a palmaris zsírtest deformálódik.

A Grayson-szalagokat mindközönségesen, mint membránszerű, merev képleteket ábrázolják, melyek az ínhüvely palmaris felszínétől transversalisan húzódnak és a bőr

felszínére merőlegesen végződnek.⁷⁶ Ilyen struktúra azonban sem boncolás során, sem szövettani metszetekben nem látható. Grayson eredeti közleményében egy, a digitalis idegektől és erektől palmarisan lévő, fibrosus septumot írt le, amely retinaculumok sorozatából formálódott, az ínhüvelyről eredt, és páronként kapcsolódott mindkét interphalangealis izülethez. Milford⁸² hangsúlyozta, hogy a szalagok szakadékonyak, pusztán ahhoz elég erősek, hogy a digitalis ereket és idegeket helyben tartsák, valamint, hogy közelítően párhuzamosak. A rostok némelyikét a középvonalon túlerőnek és az ellenoldaliakkal kapcsoltnak találta. Landsmeer⁶³ úgy rajzolta le az ínhüvelytől a bőrhez húzódó fibrosus kötegeket, mint ferdén haladó és elágazó struktúrákat. Legjobb tudomásunk szerint az irodalomban csak egyetlen, Knott és Schmidt⁶⁰ által publikált fotó lelhető fel. (A korábban idézett szerzők csak rajzokat közöltek.) A közölt fotón a középperccen kiboncolt szalagok láthatók, mindegyik oldalon három-három szalagból álló két-két csoport. A szalagok a csoportokon belül párhuzamosak és a bőr felé szélesedőek.



33. ábra

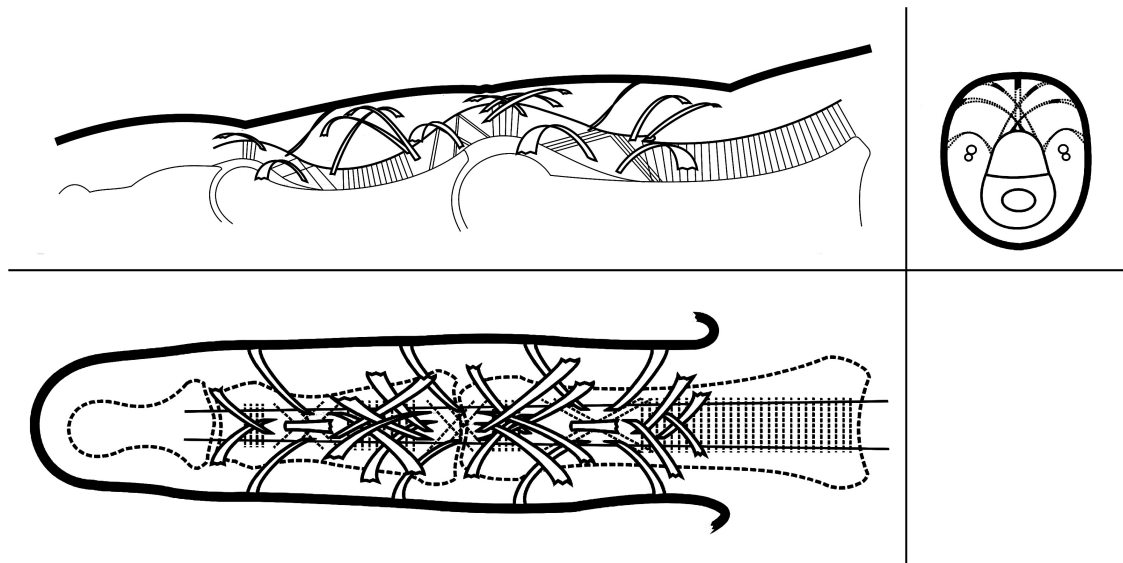
A középpercc feletti lágyrészek mozgásának vázlata extenzióban és flexióban. A Grayson-szalagokat külön nem ábrázoltuk. A subcutan rostrendszert a deformábilis subcutan zsírtest tömege tartja kifizítve. Megfigyelhető, hogy a subcutan szöveteknek a pulley-rendszerrel szembeni elmozdulása a flexio-extensio során egy secundaer csúszófelszín eredményez.

Mivel az irodalomban fellelhető anatómiai leírások nyilvánvaló inkonzisztenciája a konvencionális módszerekkel történő boncolás nehézségeire utal, munkánkban arra törekedtünk, hogy az ujjak picrosyriusszal festett metszetein demonstráljuk azokat a lehetséges pályákat, melyeket a Grayson-szalagok elfoglalhatnak. Feltevésünk szerint a Grayson-szalagok a festés által kirajzolt subcutan rostrendszeren belül helyezkednek el. A palmaris zsírtest kötőszövetes váza topográfiájának változása a flexio-extensio során a subcutan rostrendszer nagyfokú flexibilitására utal. A median fibrosus rendszer feszességét extenzióban, amikor a metszés síkja pontosan a septumban fut, a ferdén kereszteződő, egyenes rostok mutatják. Ezzel szemben, amikor teljes flexióban a

legerősebb septumok közel merőlegesek az ínhüvelyre, a rostok nem lehetnek képesek a bőrredők hosszirányú mozgásának kontrolljára. Valóban, az ujjak palmaris bőre immobilis az ujj hossz tengelye irányában teljes extenzióban, ám meglepően mobilissá válik félig, vagy teljesen hajlított helyzetben. Másrészt azonban a subcutan rostrendszer extenzióban észlelt feszessége nem feltétlenül jelenti azt, hogy egyben felelős is a bőr immobilitásáért. A dermis fibrosus alkotórészei sokkal erősebbek, mint a subcutan rendszeré – beleértve a Grayson-szalagokat is – és a bőr hosszirányú rögzítettsége annak kifeszített állapotával elégségesen magyarázható.

Az irodalomban nem található adat a Grayson-szalagok ínhüvelyen történő eredésének lokalizációjáról. A picrosyriusszal festett készítményeken úgy találtuk, hogy erős kötődés a subcutan rostrendszer és a subcutis között csak a membranosus ínhüvelynél állt fenn. A fénymikroszkópos vizsgálat megerősítette ezt azzal, hogy a kollagén-kötegek egyesültek a membranosus ínhüvellyel, de a pulley-rendszerrel nem; ahhoz való kapcsolódást csak esetenként, a pulley-k eredésénél láttunk (34. ábra).

Leleteink megerősítik Lundborg és Myrhage⁷⁰ megfigyelését, akik szövettani metszetekben a hártás ínhüvellyel szoros kapcsolatban lévő vascularis plexust folytatólagosnak találták a pulley-k külső felszínén. Mivel a subcutan kollagén kötegeket gyakran láttuk e rétegben végződni, arra következtetünk, hogy ez a réteg egy „másodlagos csúszófelszín” képez a subcutan szövetek számára a pulley-k felett a flexio-extensio során.

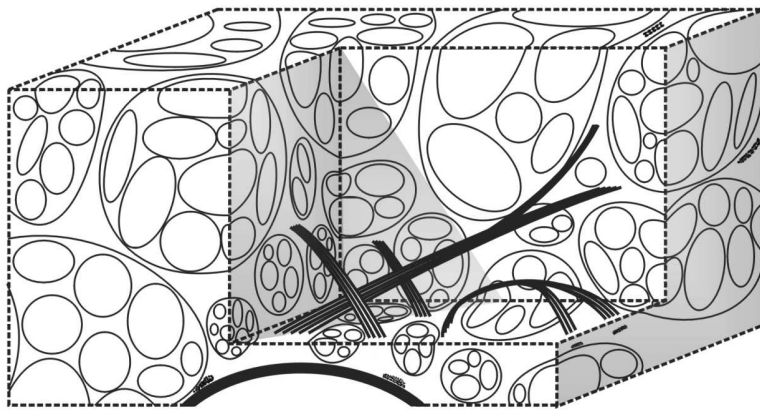


34. ábra

A Grayson-szalagok elhelyezkedése a subcutisban a membranosus ínhüvely mozgásaiból és a subcutan septumok pozíciójából következtetve.

Úgy véljük, hogy a mikroszkópos készítményekben látott kollagén kötegek azonosak a Grayson-szalagokkal. Azonban hisztológiai készítményeink eredendően azt a célt szolgálták, hogy igazolják a picrosyriusszal festett makroszkópos készítmények anatómiai hitelességét, így a kollagén kötegek számát és pontos térbeli orientációját felmérni nem tudtuk. Kisebb kötegek jelenléte a bőrhöz és az ínhüvelyhez közel,

valamint a rétegszerű elhelyezkedésük a zsírtest középrészén elágazódásukra utalhat. Arra azonban nem találtunk bizonyítékot, hogy ezek a kötegek önmagukban háromdimenziós struktúrát alkotnának (35. ábra). A sövények pozíciójából arra következtettünk, hogy az erőátvitelben résztvevő rostok ferde spirális pályán haladnak. A neurovascularis kötegtől dorsalisán lefutó, az ínhüvelyről eredő sövények, melyeket az ízületek közelében láttunk, a subcutan rostrendszer diverzitására utalnak, és azt az impressziót adják, hogy ezek az elemek inkább a körbefogott elemek dorsalis elmozdulását akadályozzák, semmint a palmaris irányú előemelkedésüket.



35. ábra
A Grayson-szalagok térbeli elhelyezkedésének artistikus ábrázolása az ínhüvelyhez közel.

Modellünk nem támogatja a Grayson-szalagoknak az elsődlegesen bőr-stabilizáló szerepéről az irodalomban megfogalmazott koncepciót. Ugyanakkor nem zárja ki azt sem, hogy nyíróterhelés hatására bizonyos mértékű erőátvitel lehetséges a bőrtől a csontra a C típusú szalagokon keresztül, mely utóbbiak mintegy a hártás ínhüvelybe ágyazottak. A palmaris subcutan rostrendszer elhelyezkedése és limitált erőátviteli képessége arra utal, hogy fő szerepe a membranosus ínhüvely gyűrődésének mechanikai vezérlése. Lundborg és Myrhage⁷⁰ úgy tekintették az ujj hajlítórészét, mint egy különösen hosszú kitérésű, igen specializált ízületet. Ezt a hasonlatot tovább erősíti az a funkcionális megfelelés, amely a számos ízület környékén lévő zsírtest és az ujjak alap- és középperi palmaris zsírtestjei között fellelhető. Amint például a könyökizület előtti és mögötti zsírtestek szerepe az, hogy a flexio és extensio során az ízületi tok hártászerűen vékony, könnyen gyűrődő részét a csukódó, illetőleg kinyíló ízületi felszínnek közül kiemelje, ugyanúgy az ujj zsírtestjei az ínhüvely hártás részével teszik ugyanezt a pulley-k szétnyílása és összezáródása során.

Az ujjban az erőátvivő alkotórész a subcutan rostrendszer, melynek makroszkóposan azonosítható és kireparálható elemei a Grayson-szalagok. Ennek okán biomechanikai szempontból az ínhüvely, a subcutis és a bőr funkcionális egységet alkot.

Vizsgálatainkból azt a következtetést is levonhatjuk, hogy a jelenleg alkalmazott hajlítón feltárások a vázolt kontrollmechanizmust – legalábbis időlegesen – elpusztítják.

Bőr-subcutis lebenyek preparálása az ujjak palmaris felszínén, maga után vonja membranosus ínhüvely kontrollált gyűrődőképességének elvesztését a korai postoperatív időszakban. Ameddig a subcutis és az ínhüvely közötti mechanikai kapcsolat a változó

mértékű hegeképződés következtében helyre nem áll, a hártás ínhüvely mozgásait, mint a hajlítónak feletti passzív ráncolódást tekinthetjük. Amikor a hajlítónak nem sérültek, a hegeképződés minimális, és jó eséllyel remélhetjük az ujj teljes mozgásterjedelmének visszatértét mintegy három héttel a műtétet követően. Hajlítóinvarrat után azonban ez a folyamat zavart szenved a megduzzadt hajlítóincsonkok, és az egyenetlen felszínű varratvonal miatt. A szintén megduzzadó ínhüvely-lebenyek közbeiktatott rétegeként akadályozzák a hajlítón mozgását; megfordítva pedig: a hajlítón egyébként kívánatos oda-vissza mozgása akadályozza a membranosus ínhüvelynek a subcutishoz történő időbeni visszarögzülését, és ezzel növeli az ínhüvely és a subcutis között kialakuló heg nagyságát. Tisztán mechanikai nézőpontból szemlélve azt mondhatjuk, hogy a hártás ínhüvelynek a hajlítóinvarrat feletti zárása előnytelen.

Az ínhüvely zárásának szükségessége a hajlítóinvarratot követően hosszú idő óta vita tárgya. Ellentmondásos eredmények találhatók mind a kísérletes, mind pedig a klinikai vizsgálatokban.^{42,68,95,116} A biomechanikai faktorok szerepe lényeges lehet e tekintetben.

Úgy véljük, hogy amikor a hajlítón varrata döntően az ínhüvely helyreállított membranosus része magasságában mozog, a synovialis környezet helyreállításától remélt biológiai nyereség az előnytelen mechanikai konstelláció miatt elveszhet.

A megvarrt, duzzadt hajlítónak ínhüvelybeni szabad csúszásának megkönnyítésére már történtek sebészi kísérletek. Klinikai anyagra alapozottan Ben és Elliot¹¹ az A2 és A4 pulley-k részleges lateralis behasítását ajánlották, míg Messina és Messina⁷⁷ egy direkt lateralis behatolást ajánlottak a pulley-k kiszélesítésével. Ezeket a megoldásokat elemezve arra a következtetésre juthatunk, hogy az ínhüvely és a hajlítón műtét utáni túlságosan szoros viszonyának enyhítése inherens módon, pozitívan befolyásolja a membranosus ínhüvely mechanikai reintegrációját is, bár e hatásnak mértékét ilyen irányú kísérletek híján nem tudjuk megítélni.

A jelenleg alkalmazott hajlítón feltárások elválasztják a subcutist a hajlítón hüvelytől. Eredményeinkből következtethető, hogy ez a szeparáció megzavarja a membranosus ínhüvely mozgásait vezérlő magasan szervezett mechanizmust, és ezzel járulékos sebészi traumát okoz. Olyan feltárások, amelyek nélkülöznek, vagy minimalizálják ezt a hátrányt, az ujj jobb mobilitásával kecsegtetnek a posztoperatív időszakban, és ezen keresztül jobb funkcionális eredményt ígérnek. A Messina és Messina⁷⁷ által közölt pulley-kiszélesítő feltárás, ha úgy hajtjuk végre, hogy az ínhüvelyről a subcutist nem választjuk le, egy ilyen lehetőség ígéretét rejti magában. Az, hogy vajon a remélt funkcionális nyereség meghaladja-e a hajlítóinhoz és az ér- idegképletekhez való nehezebb hozzáférés terhét, még további vizsgálatokat igényel.

Mivel a trauma káros hatása a sebészi beavatkozás időpontjában már adott, az érintett struktúrák anatómiájának és biomechanikájának jobb megismerése csak a járulékos sebészi trauma elkerülésében tud segíteni, és nagy valószínűséggel ezen felül hordoz prognosztikai értéket is a kimenetelre vonatkozóan. Irregularis, lebenyes sebzések nagyobb hegesedést eredményeznek a subcutisban, és következésképpen nehezebbé teszik a posztoperatív mobilizációt. Ezzel szemben a felszínre merőleges, éles szélű sebzések kevesebb hegesedéssel járnak, és ezért az ujj mobilitása jobb lesz. Úgy látjuk, hogy a képződött heg mennyisége két szempontból is lényeges. Nagyobb térfogatot igénylő heg akadályozza az ujj flexióját, míg a heg összehúzódásra való hajlama az extenziót gátolja.

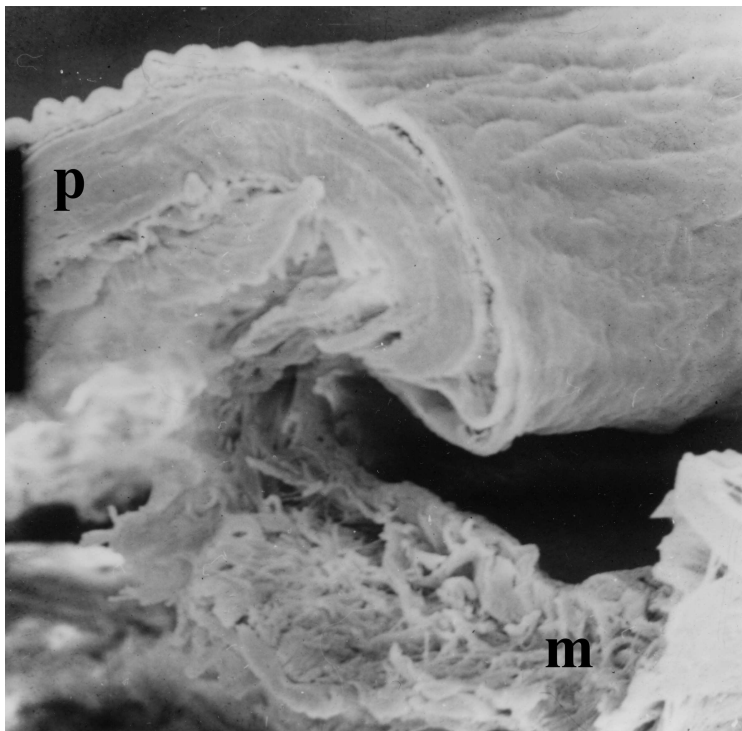
A membranosus ínhüvely közbeiktatott rétegeként való megőrzése két szinten vezet hegesedéshez: egyrészt a hajlítóin és az ínhüvely, másrészt az ínhüvely és a subcutis között, ebből a szempontból tekintve tehát előnytelen. Ugyanakkor nincs okunk arra, hogy a mechanikai szemléletet magasabbrendűnek tételezzük fel egyéb szempontokhoz képest, és nem is lehet célunk, hogy megkérdőjelezzük az irodalmi adatokat a synovialis környezet helyreállításának előnyös hatásáról a hajlítóin gyógyulásában. Azt gondoljuk, hogy a konvencionális feltárások esetén elvégzett ínhüvelyzárásoknál a mechanikai hátrányok gyakran győzedelmeskednek. Fordítva: azt is hisszük, hogy membranosus ínhüvely kimetszésének is megvannak a maga hátrányai, amelyek sokszor meghaladják a mechanikai előnyöket.

Az ínhüvely scanning elektronmikroszkópos vizsgálata

Az ínhüvely scanning elektronmikroszkópos vizsgálatával kettős célt tűztünk magunk elé. Egyrészt vizsgálni kívántuk a redőképződés morfológiai sajátosságait a pulley-pars membranacea átmenetben, másrészt pedig képet szeretnénk volna nyerni az ínhüvely-subcutis határ kötőszövetes összeköttetésére vonatkozóan, annak reményében, hogy ebből kiindulva adatokhoz jutunk a subcutis rostrendszerének felépítésére vonatkozóan.

Anyag és módszer

Trauma miatt roncsolt kéz amputált mutatóujját 10 %-os formaldehidben fixáltunk. A fixálás után a csonttól az összes palmaris lágyszövet leválasztottuk, és a hajlítóínhüvely belső felszínét is magában foglaló 2x2x5 mm-es szövetblokkokat metszettünk ki az A3-C2 pulley-k területéről. A mintákat glutáraldehiddel történt utófixálást követően kakodilát-pufferes mosás, felszálló alkoholsorban és kritikus-pont szárítókészülékben történt víztelenítés, majd arany-gőzölés után scanning elektronmikroszkóppal (100C/ASID-4) vizsgáltuk.

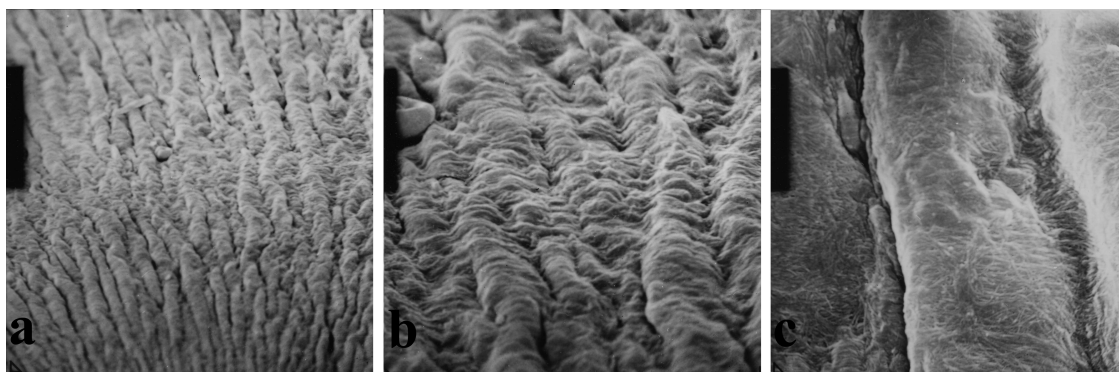


36. ábra

Az A3 pulley szélén visszahajló synovialis borítás. A metszleten jól észrevehető a tömött rostos gyűrűszalag (*p*) és a membranosus ínhüvely (*m*) subsynovialis területeinek szerkezete közötti különbség. A synovialis borítás hullámos felszínű.

Eredmények és megbeszélés

Az ínhüvely belfelületének scanning elektronmikroszkópos vizsgálatáról Bíró és mtsai¹⁶ közöltek adatokat. Megfigyeléseikben azt emelték ki, hogy az emberi ínhüvely belfelülete hasonló a tyúknál észlelthez, amennyiben felszíne redőzött, és fibrillumok láthatók rajta. Közleményükből nem világlik azonban ki, hogy a mintát az ínhüvely mely részéről nyerték. Magunk a szalagos és membranosus ínhüvely átmenetét vizsgálva azt találtuk, hogy olyan területen is – esetünkben az A3 pulley distalis széle – ahol makroszkóposan ínhüvelyrecessust nem találunk, a gyűrűszalag szabad, lekerekített széllel végződik (36. ábra).



37. ábra

Az A3 pulley synovialis borításának az ujj hossz tengelyére merőleges irányú bordázottsága scanning elektronmikroszkópos felvételen. Eredeti nagyítás (a) 300x, (b) 1000x, (c) 3000x.

A pars membranacea sima átmenettel a szalag külső felszínéről indul, és ilyen módon mintegy a gyűrődés megkezdésére alkalmas pozíciót foglal el. Ez az észlelet jól egyezik mind Strauch és deMoura¹⁰⁶ leírásával, akik a membranosus ínhüvelyt, számos „cul de sac” sorozatának tartották, mind pedig Amis és Jones² közlésével, akik finom csipesz hegyével végigtapintva a belfelszínét, a csipesz pulley szélén történő elakadását is recessus képződéseként értékelték. A scanning elektronmikroszkópos kép a tenographiás vizsgálataink leletének is jó igazolását adja, és joggal következtethetünk arra, hogy a normál emberi ínhüvelyben lévő „cseppnyi” synovialis folyadék ezekben az igen sekély recessusokban helyezkedik el az ujj nyújtott helyzetekor.

Az ínhüvely-subcutis átmenet vizsgálatára a scanning elektronmikroszkópiát az általunk végzett előkészítéssel nem tartjuk alkalmasnak, mivel a struktúra tömött volta miatt, az ép ujjban a funkcionális elemeket (ér, ideg, kötőszövetes rostnyaláb, zsírtest határai) elkülöníteni nem tudtuk. Ebben a tekintetben csak a megfigyelt elemek rendezettsége emelhető ki az ép ujjban, mely jelentőséggel bíró tényezővé lépett elő, amikor tyúk operált lábujját vizsgáltuk hasonló módszerrel.

A pulley belfelületét vizsgálva annak felszínét haránt irányban (az ujj hossz tengelyére merőlegesen) finoman bordázottnak láttuk (37. ábra). Ennek jelentőségét vizsgálatainkkal

megítélni, illetve az artefact lehetőségét kizárni nem tudtuk. A lehetséges biomechanikai következtetésekre vonatkozóan utalunk *A hajlítóínhüvely biomechanikája* és a *Modellvizsgálatok tyúk hajlítóínhüvelyen* fejezetekben írottakra.

Modellvizsgálatok tyúk hajlítóínhüvelyen

Anatómiai megfigyelések, valamint a hagyományos és a direkt lateralis feltárás összehasonlítása terheléses, fénymikroszkópos és scanning elektronmikroszkópos vizsgálatokkal

A hajlítóínhüvely anatómiai jellemzőinek vizsgálata során a kutatók az elmúlt évtizedekben a fő hangsúlyt általában a szalagrendszer megismerésére helyezték. Habár pozíciójából következően a pulley-rendszer szerepe az, hogy a hajlítóin éles megtöretés nélküli lefutását biztosítsa, az a nyilvánvaló tény, hogy az ujjmozgások végrehajtásához a hajlítóinaknak a szalagos struktúrákkal szemben el is kell csúsznia, azt eredményezte, hogy a biológiai minták vizsgálata során a hajlítóínhüvelyt, mint egységes egészet: csúszófelszínnek¹³ tekintették.

Érdekes, ellentmondásos helyzet alakult ki tehát. Egyik oldalra sorolhatók azok a kutatók, akik élettelen specimeneket tanulmányozva, a hajlítóínhüvely mind részletesebb anatómiai leírására és az anatómiai struktúrák mechanikai viselkedésének mind jobb megértésére törekszenek. A másik oldalon a szerzők azon csoportját találjuk, akik élő rendszerek tanulmányozásából kívánnak következtetéseket levonni, és a funkcionális eredményt – értelemszerűen – a hajlítóin mozgásának amplitúdójában kívánják kifejezni. Számukra ilyen módon az ínüvely pusztán egy határréteg, és munkájuk sikere az, ha ehhez a határréteghez a helyreállított hajlítóin nem, vagy csak minimális mértékben rögzül.

Ez a szemlélet eredményezi, hogy igen változatos módon és anyagokkal zárják, vagy pótolják az ínüvelyt, ám az erről szóló közleményekben a sebészi ténykedés biomechanikai hatásáról szó sem esik. Nem tudhatjuk meg, hogy az ínüvely mely részét – pulley-t, pars membranaceát – pótolták, sem azt, hogy az ínüvely saját mozgását ez a beavatkozás milyen módon befolyásolta.

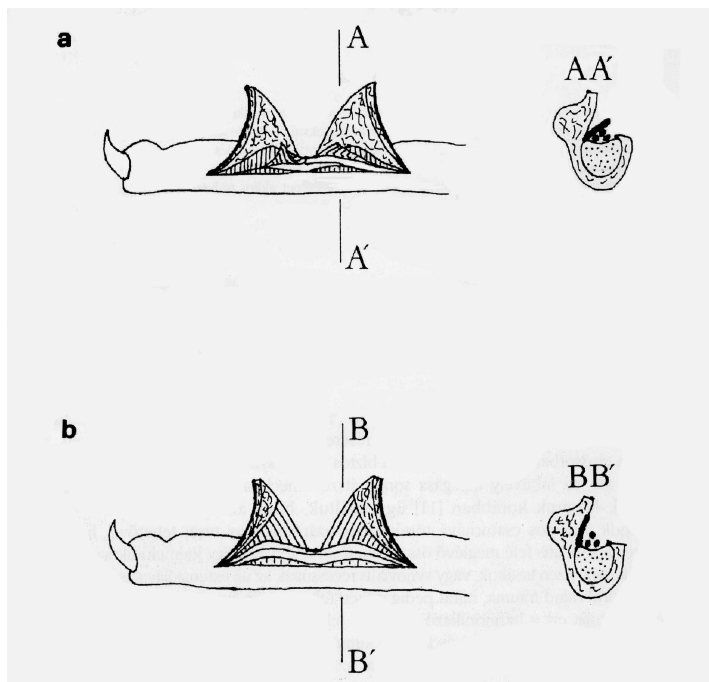
A pars membranacea kétségkívül mostohagyermek az ínüvely kutatásának, pusztán mint a synovialis üreget lezáró és synoviát termelő anatómiai struktúra került górcső alá. Az ínüvely mozgása során játszott mechanikai szerepe csak érintőlegesen merült fel.²

Magunk⁷⁸ úgy találtuk, hogy az ujj flexiójakor a gyűrű- és keresztszalagok szalagos csatornává történő összezáródását az teszi lehetővé, hogy a pars membranacea a subcutis felé meglévő összeköttetései révén mintegy kiemelődik az ínüvelyből, és tasakokat képez. Ezen tasakok, vagy synovialis recessusok az ujj extenziójával ismét kisimulnak. Az ínüvely körül mind trauma, mind pedig műtéti feltárás után hegesedés következik be, mely teoretikusan gátolja ezt a harmonikázó mozgást. Jelen vizsgálatunkban arra kerestünk választ, hogy egymástól eltérő műtéti feltárások után kimutatható-e a különbség az ujj mozgását gátló hegesedés tekintetében is. Feltevésünk az volt, hogy az ínüvelyt lecupaszító konvencionális feltárás nagyobb hegesedést involvál, és emiatt az

ujj mobilitását inkább csökkenti, mint az általunk biomechanikai szempontból célszerűbbnek tartott direkt lateralis behatolás. Kísérleti modellként az ezen a területen már bevált és gyakran alkalmazott tyúkot¹³ választottuk.

Anyag és módszer

Az első műtéti sorozatban nyolc tyúk középső lábujjain végeztünk feltárást. Calypsollal és Droperidollal történt anaesthesiát követően vértelenségben mindkét lábon mediolateralisan indítottuk azonos magasságban az 5 cm-es bőrmetszést.



38. ábra

A hajlítóinak feltárásának vázlata tyúk lábujján; a bőr-subcutis lebenyt külön preparálva (a), illetve az ínhüvellyel együtt felhajtva (b).

Bal oldalon (38. ábra a) előbb a bőrt és a subcutist preparáltuk fel az ínhüvelyről, az ínhüvelyt csak ezt követően nyitottuk meg. Jobb oldalon (38. ábra b) az ujjperc diaphysisén a bőrmetszés vonalában megnyitottuk az ínhüvelyt is, és oly módon preparáltunk tovább, hogy az ínhüvelyt ne válasszuk le a subcutisról. Ezen feltárásokkal a hajlítóinkat szabaddá tettük, majd a középrészen mindkét ujjon harántmetszéseket is ejtettünk sérülés modellezése végett. A hajlítóinkat nem emeltük fel alapjukról, sem nem sértettük. A feltárást követően mindkét ujjon az ínhüvelyt 6/0 monofil atraumatikus varróanyaggal zártuk, a bőrt csomós öltésekkel egyesítettük (39. ábra). A tyúkok mozgását nem korlátoztuk. A műtétet követően a 2. héttől hetenként, a hatodik héttől a tizedik hétig kéthetenként vizsgáltunk egy-egy ujjpárt. Egy esetben suppuratio lépett fel az operált ujjon, ezt az állatot a vizsgálatból kihagytuk.

Az ujjpárokknak a posztoperatív hegképződés miatt megváltozott viszkoelasztikus ellenállását terheléses vizsgálattal mértük. Az ujjakat leválasztva a flexor profundust izoláltuk, majd az alappercen átfúrt Kirschner-drótokkal rögzítve az ujjat, a mélyhajlítót 50, majd 100 g súllyal terheltek, és mértük a karom csúcsa, valamint az alpperc kireparált basisa közötti távolságot (39. ábra). Három egymást követő mérés átlagát véve

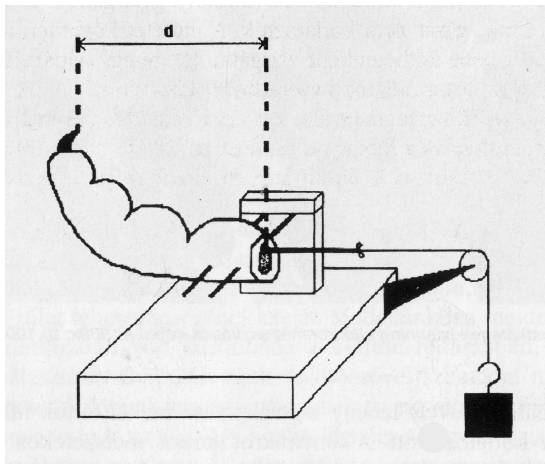
az ujjak eltérő viszkoelasztikus ellenállásának jellemzésére a két ujjon mért távolságok különbségét választottuk (40.ábra).



39. ábra

A bőr-subcutis-ínhüvely lebeny felpreparálása tyúk lábujján (a), és az ínhüvely zárása (b).

A mérést követően az ujjakat 2 hétig 10 %-os formaldehidben fixáltuk, majd ezután a csonttól az összes palmaris lágyrészt leválasztva makroszkóposan figyeltük a hegesedést. A 2., 4., és 6. héten vizsgált ujjpárból vett mintákból paraffinos beágyazás után metszeteket készítve azokat haematoxylin-eosinnal festettük, és fénymikroszkóposan vizsgáltuk. Ugyanezen ujjakból nyert 2x2x5 mm-es mintákat glutáraldehiddel történt utófixálást követően kakodilát-pufferes mosás, felszálló alkoholsorban és kritikus-pont szárítókészülékben történt víztelenítés, majd arany-gőzölés után scanning elektronmikroszkóppal (100C/ASID-4, ill. JEOL) vizsgáltuk.

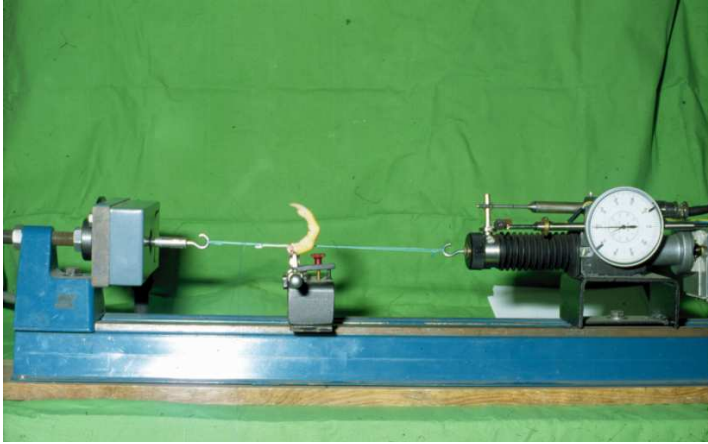


40. ábra

A mélyhajlító terhelése és a köröm-alapperc közötti távolság mérése.

Kísérleteinket megelőzően 25 ép, középső tyúkláb ujjon elvégeztük a terheléses vizsgálatsorozatot azért, hogy standardot állapíthassunk meg az ujj viszkoelasztikus ellenállásával szembeni megfelelő húzóerőre. Az 50 és 100 g húzóerők bizonyultak

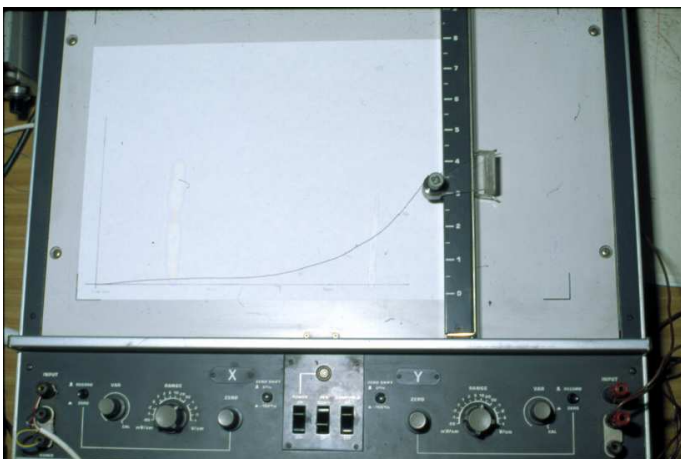
optimálisnak, mivel egyrészt mérhető behajlást eredményeztek, másrészt nem "hajlították túl" az ujjat.



41. ábra

Kísérleti elrendezés a tyúk lábujj viscoelasticus ellenállásának méréséhez.

A második műtéti sorozatban 12 tyúkon ugyanazt a beavatkozást végeztük el, hasonló körülményekkel, mint az első során. Ebben a sorozatban azonban csak egyik lábon végeztünk műtétet, így hat tyúk került a direkt lateralis és hat a konvencionális mediolateralis feltárás csoportba. Az ujjakat az alapperc csontos vázán keresztül rögzítettük, majd a mélyhajítóba helyezett öltést előbb KT-10 típusú erőmérő és átalakítón vezetjük át és állandó, 10 mm/perc sebességgel húztuk (41. ábra). Az erő/elmozdulás diagrammot X-Y rekorderen rögzítettük (42. ábra). A kiértékeléskor az ép oldalhoz hasonlítottuk az operált oldalról felvett görbét. Az operált ujj behajlításához szükséges többletmunkát a görbe alatti területek különbségéből ítéltük meg, és az összmunka százalékában fejeztük ki. Szignifikancia vizsgálatot a minták alacsony száma nem tett lehetővé. A minták további feldolgozása a korábban ismertetett protokoll szerint történt.⁷⁹



42. ábra

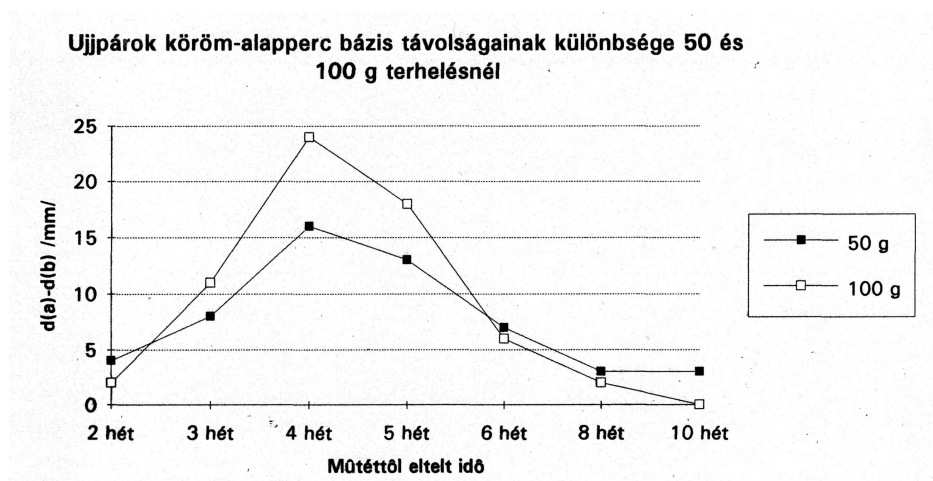
Az erő-elmozdulás görbe felvétele X-Y rekorderen..

Anatómiai vizsgálatot végeztünk két kifejlett kakas négy középső lábujján. A hajlítóínhüvelyt direkt lateralis feltárásból nyitottuk meg, és vizsgáltuk az ínhüvely

belfelületét a hajlítónak eltávolítása után, mind nyújtott helyzetben, mind pedig az ízületek passzív mozgatása során.

Eredmények

A súllyal végzett terheléses vizsgálat eredményeként (43. ábra) azt találtuk, hogy a vizsgált időszak elején és végén az 50 és 100 grammos terheléseknél nincs számottevő különbség az eltérő módon feltárt ujjpárok hajlíthatóságában, a 4 hetes kor körül azonban mindkét terhelésnél különbség észlelhető, mégpedig oly módon, hogy azok az ujjak, melyeknél a subcutist az ínhüvelyről leválasztottuk (38. ábra *a*), azonos terhelés hatására kevésbé hajlottak be, merevebbek.

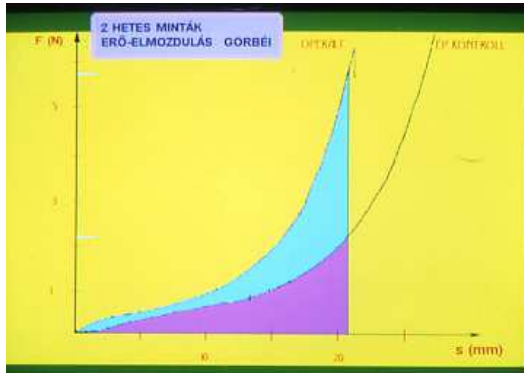


43. ábra

Az erő-elmozdulás görbék elemzése során a kétféle feltárás mechanikai hatásában már a második héten különbséget tudtunk demonstrálni. A műtéti feltárás hatása kvalitatíve a görbe alakjának változásában, meredekségének az operált oldalon történő növekedésében jelentkezett. Az operált és kontroll ujjakról felvett diagrammok görbe alatti területének különbsége a behajlításhoz szükséges többletmunkát adja (44. ábra). A kétféle feltárás különbségét az mutatta, hogy a konvencionális mediolateralis feltárással operált ujjakon a posztoperatív 10. héttel bezárólag ez a munkatöbblet konzekvensen 8-18 %-kal magasabb volt, mint a direkt lateralis feltárás esetében. A legmagasabb különbséget a műtétet követő 4. héten mértük.

A makroszkópos megfigyelés során, vélhetően annak eredményeképp, hogy az inat nem sértettük, az ín és az ínhüvely között összenövést nem észleltünk. 4 hetes ujjpár azonos magasságból, de nem a haránt sértés helyéről nyert harántmetszetén az ínhüvelyt makroszkóposan is közel körkörös hegesen megvastagodott subcutis vette körül azon az ujjon, ahol a feltárás során a subcutist az ínhüvelytől elválasztottuk. Amikor a hajlítónakat a bőr-subcutis-ínhüvely lebeny szétválasztása nélkül tártuk fel, a hegesedés lateralisán volt csak észlelhető, és kisebb területre korlátozódott (45. ábra).

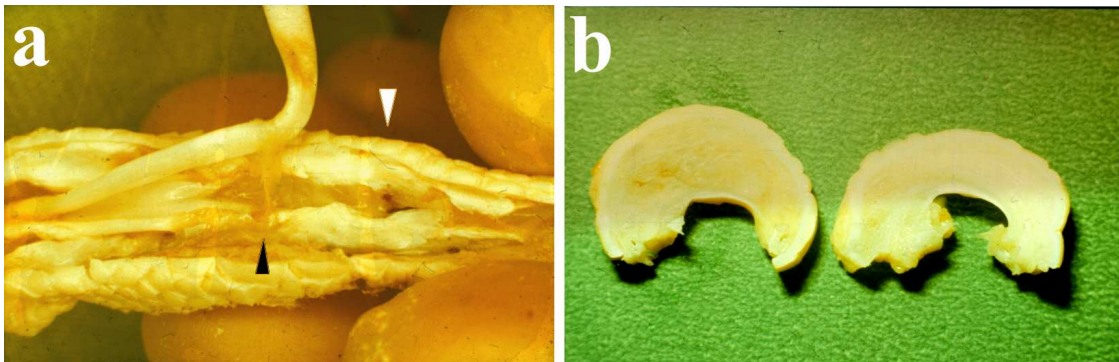
A fénymikroszkópos metszeteken jól megfigyelhető volt a heges területek eltérő lokalizációja a kétféle feltárás után, és megegyezett a makroszkóposan észleltekkel. Míg a 4 hetes készítményben krónikus lobos sejtelemek jelenléte dominált a heg környezetében, 6 hetes korban ez már csak a varróanyag környékére lokalizálódott.



44. ábra

A görbe alatti területek különbsége (kék) az operált ujj behajlításához szükséges többletmunkát reprezentálja.

Scanning elektronmikroszkópos felvételeken is jól elkülöníthető volt a heg elhelyezkedésének különbözősége a kétféle feltárás után (47. ábra). Kis nagyítással a heges területeket a metszlap egyneműsége jellemezte, míg az egyéb területeken orientált rostkötegek tették változatossá a felszínt.



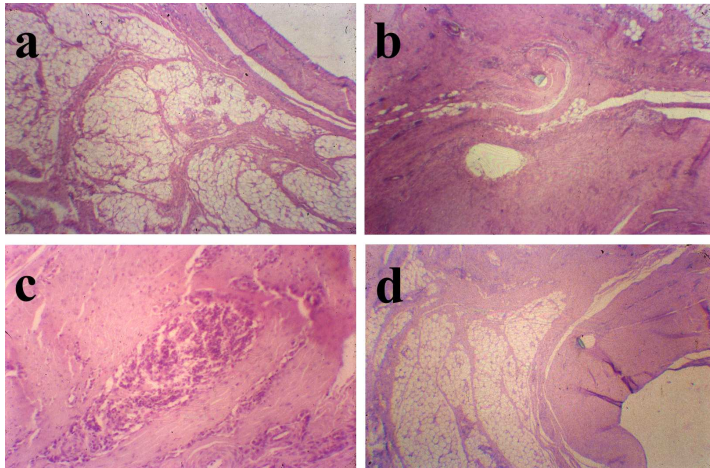
45. ábra

(a) Összenövés hiánya a hajlítón ínhüvelyből való kiemelésekor formalinnal fixált tyúk lábujjban a műtét után 4 héttel. A fekete háromszög a kettős ínhüvely synovialis áthajlására, a fehér háromszög az ínhüvely megnyitásának helyére mutat.

(b) Műtét után két héttel történt kimetszésekben makroszkóposan is jól megfigyelhető a heges területek ínhüvely körüli cirkumferenciális (balra), illetve csak egy oldalra lokalizált (jobbra) elhelyezkedése

Közepes nagyításnál a 4 hetes készítményben a varróanyagot a synovialis réteg már teljesen fedte (48. ábra). A subcutis heges területei durva, nem orientált rostkötegekkel voltak jellemezhetők, míg az ép területeken finom fibrilláris rostszerkezet volt megfigyelhető (49. ábra). A hegtömeg gyűrődések mentén egymástól eltávolodott lemezei között spirálrugóként kifeszülő kollagéncöveket találtunk. Ép területeken megfigyelhető volt az is, hogy a gyűrűszalag felett a synovialis borítás nem csak egy

sejtrétegből áll, hanem réteges szerkezetet mutat. Egyes készítményekben a synovialis borításon, a synovialis borítás vastagságához képest jelentős – a synovia vastagságát elérő – bordázottság látszott (50. ábra).



46. ábra

Haematoxylin-eosinnal festett harántmetszetek tyúk lábujj palmaris lágyrészeiből.

(a) Ép ínhüvely (pars membranacea) és subcutis.

(b) Tömeges hegeképződés az ínhüvely varratának közelében, műtét után 2 héttel.

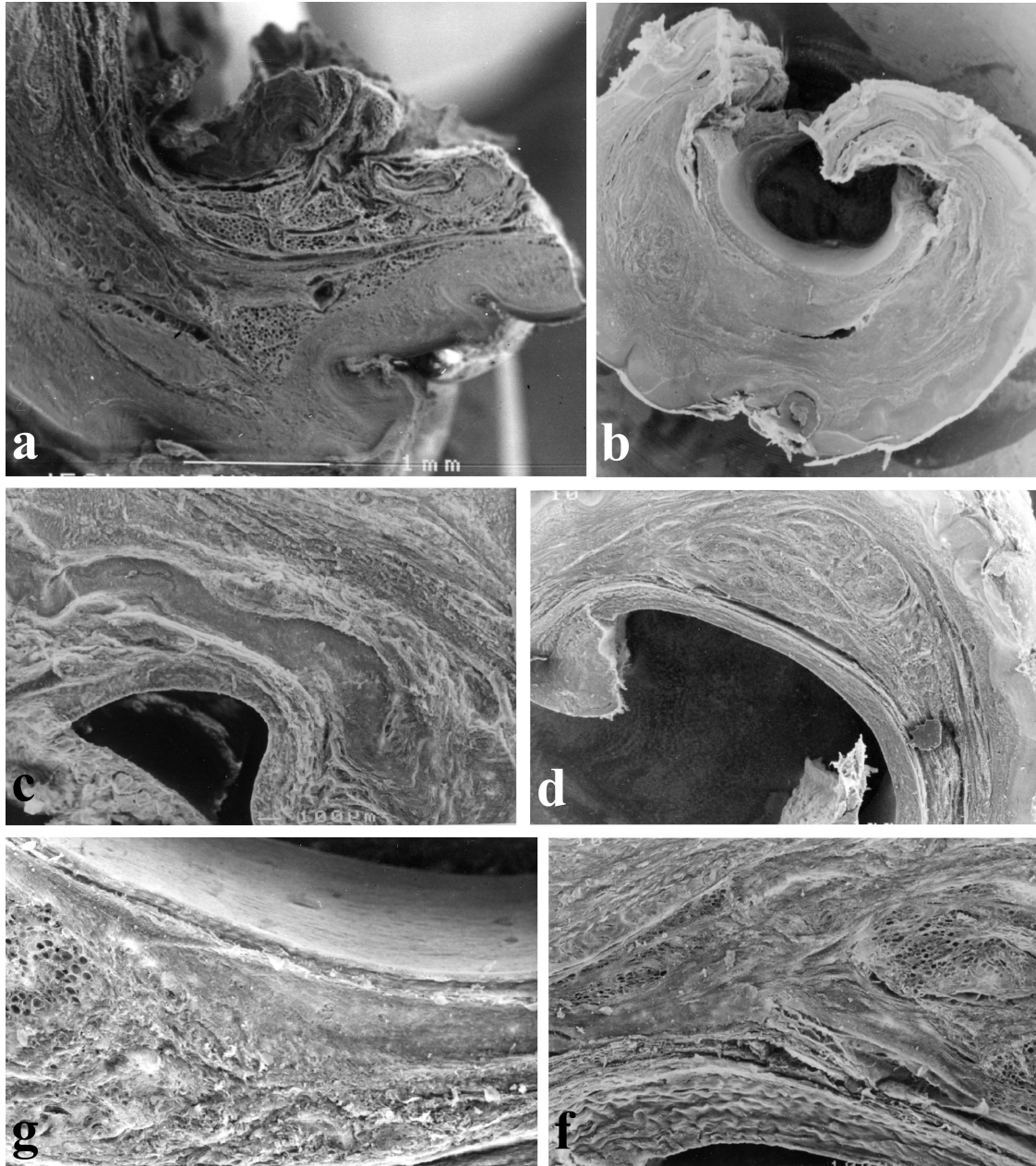
(c) Lobsejtes beszűrődés a hegben 3 héttel a műtét után.

(d.) 6 héttel a műtét után a hegesedés már csak az ínhüvely közvetlen környezetére lokalizált.

Az anatómiai vizsgálatok során a középső lábujjakban csak gyűrű alakú pulley-kat tudtunk azonosítani. Ujjpercenként két pulley-t találtunk, egyet az ízület felett annak inkább distalis részén, egyet pedig a diaphysis középmagasságában. A legproximalisabb (a tyúk ujján négy ujjperc és három hajlítón különíthető el) interphalangealis ízület feletti pulley proximalis szélénél mind a négy ujjnál nyújtott helyzetben mintegy 2 mm mélységű, a pulley széle mögé vezető recessust találtunk (51. ábra). Hasonló recessusok alakultak ki, ám csak az ujj behajlításakor a proximal felől második interphalangealis ízület feletti pulley proximalis szélénél is. A többi azonosított pulley széleinel határozott recessusok nem, csak a pars membranacea gyűrődései voltak megfigyelhetők az ízületek hajlításakor.

Megbeszélés

A kéz 2. zónájában történt hajlítóinsérülések rekonstrukciójának sikeressége számos biológiai és funkcionális tényezőn múlik⁹⁴, melyek közül az egyik sokat vizsgált kérdés az, hogy az ínhüvely zárása, vagy pótlása javítja-e a végeredményt. Miközben a gyűrűszalagok (általában az A2 és A4) megóvásának, illetőleg pótlásának szükségessége nem képezi vita tárgyát, az ezen túlmenő rekonstrukció eredményei mind a klinikumban, mind állatkísérletekben ellentmondásosak. Az ínhüvely következetes zárásával Small és mtsai¹⁰⁴ jó eredményekről számoltak be. Lister⁶⁸ leírja és ajánlja az ínhüvely optimálisnak vélt megnyitását, és az ennek megfelelő varrattechnikát, ugyanakkor anyaga közlésekor⁶⁹ nem talált jelentős különbséget más szerzők eredményeihez képest. Chow és munkatársai²⁴ az ínhüvely zárása nélkül értek el igen jó eredményeket. A hazai irodalomban Bíró¹⁵ az ínhüvely pótlása mellett tör lándzsát.



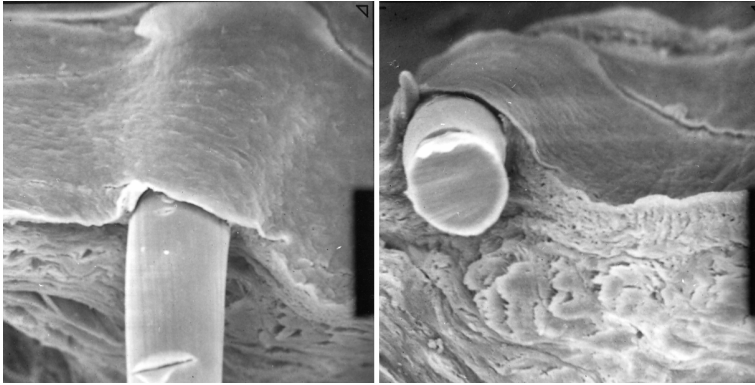
47. ábra

Tyúk lábujj palmaris lágyrészeinek harántmetszetei scanning elektronmikroszkóppal vizsgálva.

(a) Ép lábujj. (b) Műtét után két héttel kiterjedt hegtömeg a pulley körül. (c) Műtét után 4 héttel a heges terület jól lokalizált. (d) 6 héttel műtét után kis nagyítással az épre emlékeztető viszonyok. (f) A (d) ábra részlete: a heges területek elmosódott szerkezetükkel tűnnek fel. (g) A heg megjelenése a pars membranacea alatt – és ahhoz szorosan kapaszkodva – 4 héttel a műtét után.

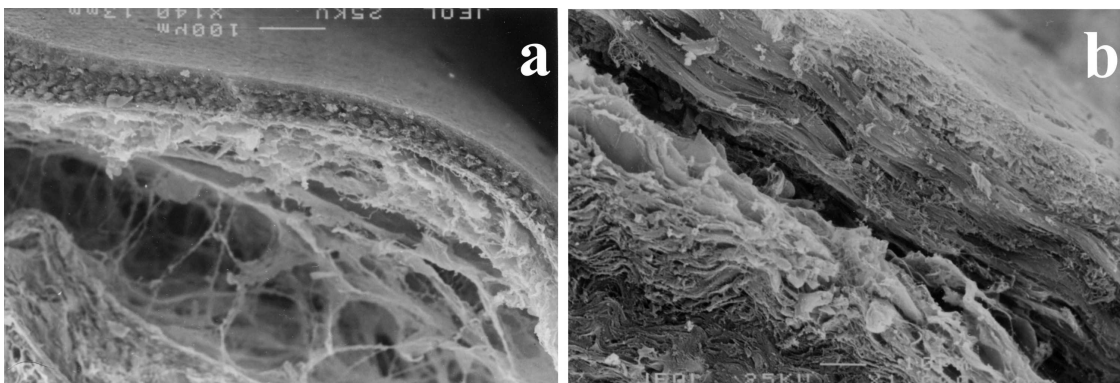
Tyúk lábujján végzett kísérletekben Eiken és Rank³⁵, valamint An-Min és Shi-Bi⁴ az ínhüvely fasciával történt zárása után jobb eredményeket láttak, mint anélkül. Gelbermann és mtsai⁴² kutya lábujját vizsgálva, Seyfer és Bolger¹⁰³ pedig majom ujjakon

sem az ínhüvely zárásának, sem pedig pótlásának előnyét nem tudták kimutatni az ínhüvely nyitvahagyásával szemben.



48. ábra
A varróanyagot fedő synovialis borítás 4 héttel műtét után.

Ezen észlelések ellentmondásának feloldása nem könnyű, különösen nem, ha önmagában vizsgáljuk az ínhüvely állapotának az ínvarrat eredményességére vonatkozó hatását. Az idézett kísérletes munkák közül háromban^{4,42,103} a szerzők arra a következtetésre jutottak, hogy az ín gyógyulására döntő hatással az ín korai mozgásának lehetősége van, azaz, minél nagyobb amplitúdójú mozgást tud végezni a környezetéhez képest, annál kisebb lesz a törvényszerűen kialakuló adhesiók restriktív hatása. Az ínhüvely barrier és synoviatermelő funkciója e tekintetben nem bizonyult lényegesnek. Ezen megállapítás tükrében az ínhüvelynek az a biomechanikai szerepe, melynek révén a benne csúszó hajlítón maximális amplitúdóját biztosítja, felértékelődik.



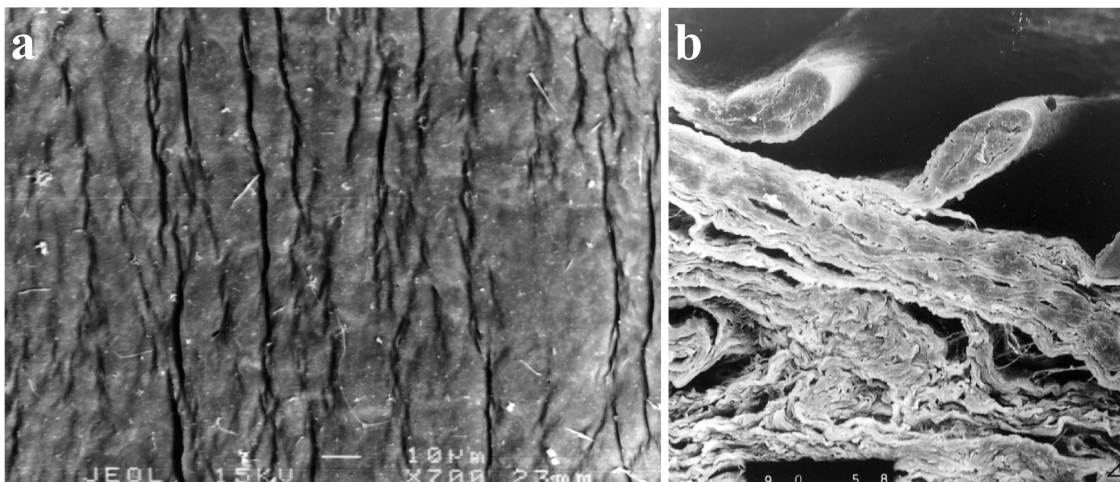
49. ábra

Tyúk ínhüvely pars membranacea harántmetszetei scanning elektronmikroszkóppal vizsgálva.

(a) Ép lábujj. (b) Műtét után négy héttel. Látható, hogy az ép pars membranacea alatt finom rostozat helyezkedik el, míg az operált ujjban a rostok durvák, kötegesek.

Lundborg⁷⁰ megfogalmazása szerint az ínhüvely a benne csúszó hajlítókkal egy specializált, nagy ízületnek fogható fel. Munkánk előfeltevése az volt, hogy az ezen "izület" környezetében létrejövő hegesezés gátolja annak mozgását, és ezen keresztül az egész ujj mozgásamplitúdóját is. A hegeképződésnek e mozgást akadályozó szerepét az ujj viszkoelasztikus ellenállásának mérésével hasonlítottuk össze kétféle feltárást követően.

A viszkoelasztikus ellenállás a viszkoelasztikus erőben nyilvánul meg, mely Smith¹⁰⁵ megfogalmazása szerint azon erők összege, melyek az ín-izom egység nyújtásával szemben hatnak. Ide sorolja az izomsejtek, a perimysium, a fascia, az ínhüvelyek, az ízületi szalagok, és az ízület tehetetlenségének erejét. Modellünkben mindezen tényezők közül csak az ínhüvelyre vonatkozóan volt különbség a kétféle feltárásban, ezért úgy véljük, hogy a subcutisnak az ínhüvelyről való leválasztásával operált ujjak hajlítórővel szembeni nagyobb ellenállása az ínhüvely körüli hegesedés következménye. Alátámasztja ezt mind a makroszkópos megfigyelés, (összenövések hiánya az ín és az ínhüvely között, illetőleg a heg elhelyezkedése) mind pedig a fénymikroszkópos lelet (heges területek lokalizációja). A scanning elektronmikroszkópos képek a heg mozgást gátló hatásának finomabb értelmezését is nyújtják, amennyiben a durva, nem orientált rostkötegek akadályozzák a rétegek egymás feletti elcsúszását.



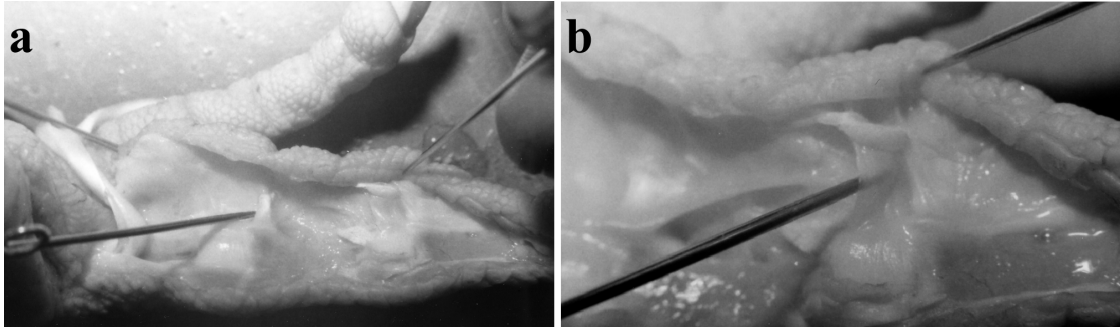
50. ábra

Tyúk ínhüvely gyűrűszalagjának haránt irányú redőzöttsége (a). A pars membranacea területen ábrázolódott, az ujj hossztengetyére szintén merőleges „bolyhosság” (b).

Eredményeink alapján kimutathatónak véljük, hogy az ínhüvely körül létrejött hegesedés önmagában is gátolja az ujj mobilitását – ílymódon a hajlítón megfelelő amplitúdával történő mozgását – az íngyógyulásnak igen kritikus, 3.-4. hét körüli fázisában, amikor a kollagénképződés más szerzők¹⁰³ szerint is a legintenzívebb. Úgy tűnik, hat hét után a heg remodellálódásával az észlelt különbség fokozatosan eltűnik.

Jelen vizsgálatunk alkalmatlan annak megítélésére, hogy az észlelt különbség biológiailag jelentős-e. Rámutat azonban arra, hogy az ínhüvely épsége, zárása, vagy pótlása a hajlítóinvarrat sikerességének tekintetében nem önmagában vizsgálandó probléma, hanem figyelembe kell vennünk, hogy a rekonstruált, vagy pótolta ínhüvely teljesíti-e az ép ínhüvelynél megfigyelt mozgás kívánalmait. Felvethető ugyanis, hogy az ínhüvely egyes részeinek kiirtása, zárása, vagy pótlása után gyakran azért nem észlelhető különbség a végeredményt illetően, mivel mindegyik esetben az ujj egészének mozgását gátló lapszerinti hegesedés lép fel. Az ínhüvely az ín szabad csúszását megengedő, saját, csúszó-gyűrődő mozgására csak akkor képes, ha nem választjuk el a környező szövetektől.

Scanning elektronmikroszkópos vizsgálatainknak igen érdekes lelete – mintegy mellékterméke – volt a synovialis borítás haránt irányú bordázottsága. Első megközelítésben ezt artefactnak véltük, mely a felszálló alkoholsorban létrejövő víztelenítés hatására akár a nem elégséges fixálás miatt, akár pedig pusztán a szövetek – kiszáradás hatására létrejött – nem egyenletes zsugorodásból fakadt. A synovia bizonyos fokú ráncolódását humán készítményben is megfigyeltük (lásd ott!), ám az mértékét tekintve nem közelítette meg a tyúklábnál tapasztaltat. Lehetségesnek tartjuk azonban azt is, hogy a látott ínhüvely belfelszíni bordázottság egy, a biomechanikai fejezetben tárgyalt, némely denevérfajnál megfigyelthez hasonló zármechanizmus anatómiai alapját tükrözi.



51. ábra

Kakas ínhüvely direkt lateralis feltárás és a hajlítóinak eltávolítása után. A szondák a gyűrűszalagok mögötti recessusokat jelzik a proximalis (a) és a középső (b) interphalangealis ízületek magasságában.

Az anatómiai vizsgálatokat praktikus okokból, elsősorban a nagyobb méretek miatt végeztük kakashok lábujjain. Mivel nincs okunk kvalitatív különbséget feltételezni az eltérő nemű egyedek között, megállapításainkat a tyúk lábujjára is igaznak tartjuk. A hajlítóinak sebészetének vizsgálata során a tyúk gyakorta használt kísérletes modell. Az ínhüvely szalagrendszerét kívülről történő vizsgálattal már leírták, a belfelületéről azonban nem találtunk adatot az irodalomban. Az általunk megfigyelt és dokumentált, nyújtott helyzetben is megfigyelhető pulley feletti synovialis tasak, továbbá az ízületek spontán hajlítása során észlelt synovialis redőképződés a pulley-k szélénél azt bizonyítják, hogy a tyúk ínhüvely, mozgását tekintve, az emberéhez hasonló biomechanikai sajátosságokkal bír. Ebből következően tartottuk alkalmasnak ezen kísérleti modellt az ínhüvely körüli hegképződés biomechanikai következményeinek vizsgálatára.

Humán klinikai vizsgálatok

Mágneses rezonancia vizsgálatok

A kézsebészetben természetes igényként merül fel a hajlítónak képalkotó eljárásokkal történő ábrázolása. Olcsó, gyakran ismételtető módszer az ultrahang vizsgálat, de használhatósága – elsősorban a hajlítónak az ujjban hullámos vonalban történő lefutása miatt – korlátozott.^{37,38,123} A szükséges fizikai kontaktus pedig a leggyakoribb nyílt sérülések eseteiben nem teszi lehetővé a vizsgálatot. A noninvazív képalkotó vizsgálatok közül a mágneses rezonancia (MR), elterjedésekor korán^{115,10} alkalmazásra került a kézsebészetében – általában. Ezzel szemben a kéz hajlítójainak sebészetében szerepe limitált maradt. Ennek legfőbb oka az, hogy a jelen sebészi módszerek alkalmazásakor igen kevés olyan információval tud csak szolgálni, amely más, konvencionális módszerrel nem szerezhető meg, avagy a nyert információ a terápiás beavatkozás szempontjából irreleváns. Az akut, vagy inveterált ínsérülés fizikális vizsgálattal az esetek döntő többségében könnyen diagnosztizálható, a sebészi megoldás kiválasztását tapasztalatra alapozva a sérülés jellege és a sérüléstől eltelt idő határozzák meg. Az utánkövetésben szintén a fizikális vizsgálaté a főszerep, és csak nagyon ritkán okoz differenciáldiagnosztikus nehézséget az ínvarrat szakadása, vagy az ín letapadásából származó contractura elkülönítése. Akut esetekben a vizsgálathoz való hozzáférés kapacitás hiányában erősen korlátozott lehet, az MR pedig nagy költséggel terhelt.



52. ábra

A hajlítón helyzete ép középső ujjban maximális flexiónál. Jól látszik a PIP izületi palmar plate gyűrődése.

Fentiekén kívül az MR vizsgálat a kéz esetében speciális technikai követelményeket is támaszt, nevezetesen a jó minőségű képalkotáshoz felszíni tekercsek (kéz-, illetve ujj-tekercs) szükségesek, melyek éppen a vizsgálat ritka volta miatt nem mindenütt állnak rendelkezésre.

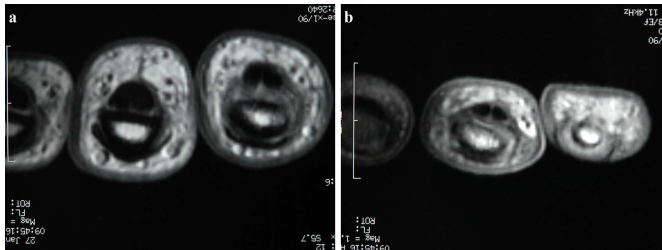
A specifikusan az ujjak hajlítójánsérülésével foglalkozó kísérletes⁹³, vagy klinikai^{30,31} közlemények száma nagyon limitált, azonban azt is megállapíthatjuk, hogy napjainkra már az ínhüvely közvetlen MR leképezése is lehetségessé vált.^{49,87}

A minimálisan invazív sebészeti beavatkozások világméretű térhódítása a kézsebészetben is érezteti hatását, elsősorban a többféle endoscopos műtét révén. Úgy véljük, pusztán idő kérdése, hogy a hajlítóinak sebészetében is teret nyerjen. Az értekezésünk korábbi részében ismertetett eredményekből arra a következtetésre jutottunk, hogy az ínhüvely anatómiájának és biomechanikájának mélyebb megismerése ilyen minimálisan invazív beavatkozás lehetősége felé nyit utat. A hajlítóíncsonkok pontos preoperatív lokalizációja, illetve az ínhüvely állapotának preoperatív megítélése egy jövőbeni minimálisan invazív ínegyesítés esetén nagy súllyal eshet latba.

Az általunk végzett MR vizsgálatok célja elsősorban az volt, hogy a hajlítóínhüvely (itt ideértve a palmar plate-eket is) morfológiájáról ily módon is képet kapjunk, továbbá az, hogy a hajlítóíncsonkok lokalizációjának lehetőségét vizsgáljuk, az ínhüvely preoperatív állapotáról képet nyerjünk, és vizsgáljuk az ínhüvelyben és környezetében létrejövő postoperatív változásokat.

Anyag és módszer

22 MR vizsgálatot végeztünk 13 beteg (9 férfi és három nő, 17-37, átlag 28 év), és 2 egészséges önkéntes ujjain. 5 mutató-, 6 középső-, 3 gyűrűs- és 6 kisujj vizsgálata történt. Preoperatív 1 vizsgálat, postoperatív a 6-10. héten 6, a 10-12. héten 8, 6 hó és 4 év között 5 vizsgálat történt. A vizsgálatot megelőző beavatkozások: mélyhajlítóin varrat 8, mélyhajlítóin reinsertio 1, ínpótlás szabad íngrafftal 2, ínhüvelyképzés siliconrúddal 1 eset. Egy alkalommal a korai utánvizsgálat klinikailag egyértelmű varratelégtelenséget követően történt.



53. ábra

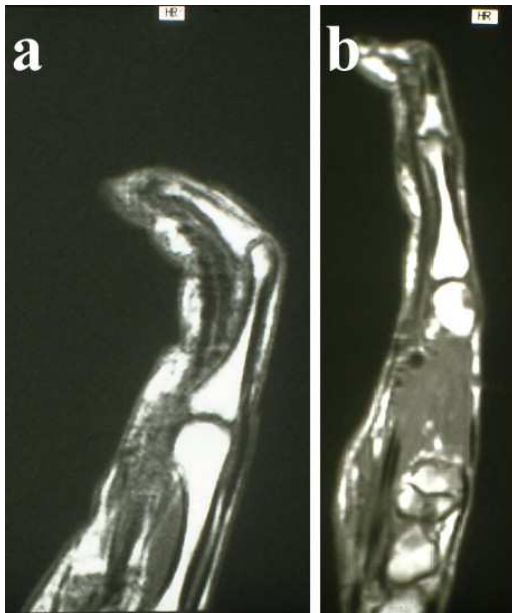
A palmaris lágyrészeket kettéosztó „sövény” megjelenése az alapperc (a) és a középperc (b) harántmetszeti MR képen.

A vizsgálatokat 1,5 Tesla Siemens Magnetom készülékekkel, illetve 1,5 Tesla Signa készülékekkel végeztük. A betegeket hasonfekvő helyzetben, úszótartásban pozicionáltuk. A vizsgálatok során fej-, csukló-, illetve temporomandibularis ízületi, felületi tekercseket használtunk, és a T1 súlyozott sagittalis, coronalis és alkalmasszerűen transversalis metszeteket értékeltük.

Eredmények

Az ép ujjak nyújtott és hajlított helyzetben történő vizsgálata során igen jó egyezést találtunk a tenographia által mutatott ínhüvelylefutással (52. ábra). Felületi tekercsekkel végzett ép ujj vizsgálata során mind a középperc, mind pedig az alapperc palmaris subcutisában magas jelintenzitással ábrázolódott egy median, sövényszerű képlet, mely az alappercen kifejezettebb volt, ám a subcutan zsírszövetet a középpercen is jól észlelhetően kettéosztotta (53. ábra).

A preoperatív vizsgálatnál az MR felvételeken a retrahált íncsonkok és a közöttük lévő, hegszövettel kitöltött ínhüvelyszakasz jól ábrázolódott. Az íncsonkok pozíciója mind a palmaris redőkhöz, mind a sceletalis képletekhez viszonyítva pontosan meghatározható volt (55. ábra *b*). A korai (< 3 hónap) postoperatív vizsgálatoknál az ínvarrat magasságában hegszövetre jellemző magas jelintenzitást láttunk, míg a késői (6 hónap – 4 év) vizsgálatoknál a normál ínszövetre jellemző alacsony jelintenzitás látszott a T1 súlyozott felvételeken. A késői esetekben hegesedést az íntól dorsalisán észleltünk. Jól ábrázolható volt a szabad íngraft is, a normál inaknál kisebb átmérője folytán környezetében az ínhüvelyben bőséges hegszövetet láttunk. Az egyik vizsgált esetben az íngraft környéki bőséges heg mellett az ujj mozgásterjedelme a normális ellenoldallal egyezett. A varratelégtelenség esetében 7 héttel a műtétet követően az egymástól eltávolodott íncsonkok ábrázolódtak. A siliconrúd implantációja után annak megfelelő pozícióját igazolta a vizsgálat (55. ábra *a*). Információt tudtunk nyerni a heg elhelyezkedésére vonatkozóan is a hajlítóinak direkt laterális feltárása után (56. ábra).



54. ábra

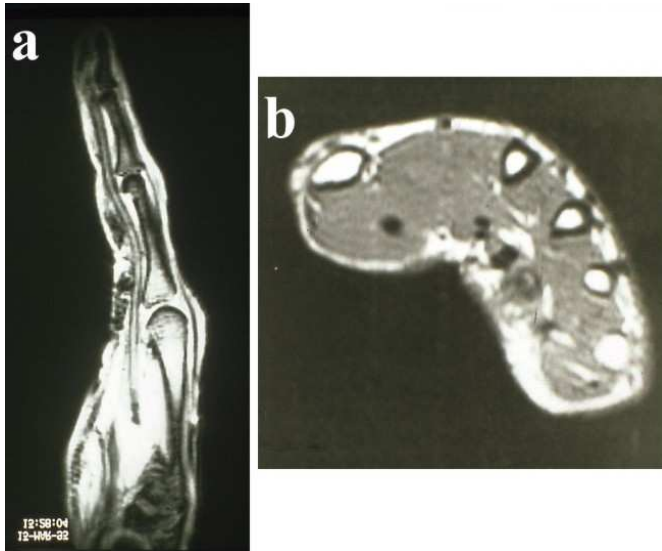
A hajlítóin elemelkedése az ujjperctől az ínhüvelyszalagok elégtelensége következtében az alappercen (*a*) és a középpercen (*b*). Mindkét esetben megfigyelhető az ín és a csont közötti térben a hegszövet felszaporodása.

Az operált ujjak vizsgálata során két esetben észleltük az ín elemelkedését (a csont-hajlítóin távolság megnövekedését) az ínhüvely csontos falától. Az egyik esetben ez a középpercen volt látható kisujj hajlítóin reinsertio késői utánvizsgálata során. Az ujj DIP izülete contracturás volt, funkcióját rossznak értékeltük. A másik esetben az elemelkedés az A2 pulley területén volt megfigyelhető mélyhajlító varrata után, az ujj funkciója jó (ujjbegy - tenyéri barázda távolság 1 cm) minősítést kapott. A szabad íngraftok esetében azt találtuk, hogy a graft az ínhüvely hullámos lefutását nyújtott helyzetben csak kis amplitúdóval követte.

Megbeszélés

A mágneses rezonancia vizsgálat világméretben igen gyors és még mindig felfelé ívelő pályát futott be a lágyrészek képalkotó diagnosztikájában. Annak ellenére, hogy már

elterjedése kori fázisában is történtek vizsgálatok, melyek jól ábrázolták az emberi hajlítóinakat, az egyébirányú felhasználásához képest a specifikusan e területtel foglalkozó közlemények bátran nevezhetők sporadikusnak. Nyilvánvaló, hogy ennek háttere nem az MR lehetőségeinek limitáló volta, hanem az, hogy a hajlítóin vizsgálatok esetében a költség-haszon arány igen rossz, vagyis az MR csak ritkán tud olyan információval szolgálni, amely más módszerekkel – elsősorban fizikális vizsgálattal – ne lenne könnyen megszerezhető.



55. ábra

Siliconrúddal történő ínhüvelyképzés MR képe (a). A tenyérbe visszacsúszott proximális hajlítóíncsonk a gyűrűsujj-sugarban éles sérülés után 2 héttel (b).

Ez a szemlélet természetesen csak a hajlítóin-sebészet jelen fejlettségi állapotában igaz, mivel az operatív módszerek nem függenek szorosan a praeoperatív lelettől. Az 1-2-3 zónák sérülései gyakorlatilag ugyanabból a feltárásból láthatók el, ugyanezen feltárás szükséges az ín grafttal történő pótlásához, vagy a tenolysishez is.

Mivel az ínhüvely biomechanikájának vizsgálata felvetette egy minimálisan invazív hajlítóin-sebészet lehetőségét és szükségességét, vizsgálatainkat nem elsősorban a biomechanikai szempontok motiválták, hanem annak keresése, hogy a módszer mennyiben lehet hasznos a minimális invazivitás tekintetében. Az eredmények elemzéséből mindamellert bizonyos biomechanikai konzekvenciák is levonhatók.

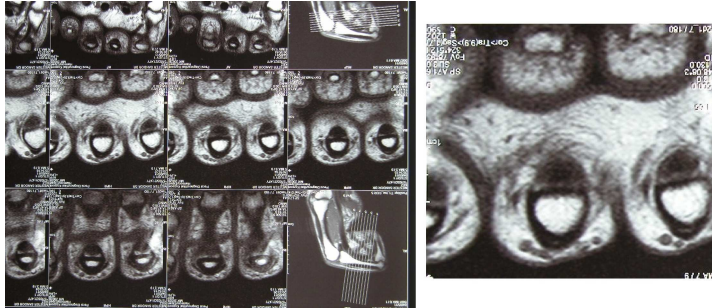


56. ábra

A heg elhelyezkedése mutatóujjon végzett „direkt lateralis” hajlítóin-feltárás után 6 héttel.

Az MR vizsgálat az általunk elérhető technikai feltételek mellett nem tudta ábrázolni a pulley-rendszert, ám ismert, hogy napjainkra már ez is lehetővé vált, így a bizonyos

aktivitások során előforduló pulley-ruptura a módszerrel vizsgálható. A heg elhelyezkedését sem tudtuk demonstrálni a subcutisban, ennek fő okaként a technikailag nem up-to-date körülmények mellett az is oka lehetett, hogy a legkorábbi postoperatív vizsgálat is hat héttel a beavatkozás után történt, amikor a heg már maturussá válik és tömege csökken. A hat hetes vizsgálatnál azonban a bőrheg még jól látható.



57. ábra
Kereszteződő subcutan rostok hajlított ujjtartásban az alappercen. Jobbra az MR kép nagyított részlete.

Az ujjak hajlított helyzetében történt vizsgálatoknál az ínhüvelynek az alapperc és a középperc fejecsektől palmaris irányba történő elemelkedése igen jól demonstrálható volt és egyezést mutatott a tenographiás képeken látottakkal. Ez a tény megerősíti az accessorialis collateralis szalag sajátos biomechanikai szerepéről tett megállapításainkat, nevezetesen, hogy az accessorialis collateralis szalag flexióban elfoglalt pozíciója teszi lehetővé a palmar plate gyűrődését, és következményesen a hajlítóinak az ízület tengelyétől történő eltávolodását. A hajlítóin PIP és DIP ízületi tengelyre vonatkoztatott erőkarjának növekedése a flexio során ezzel újabb bizonyítékot nyert.

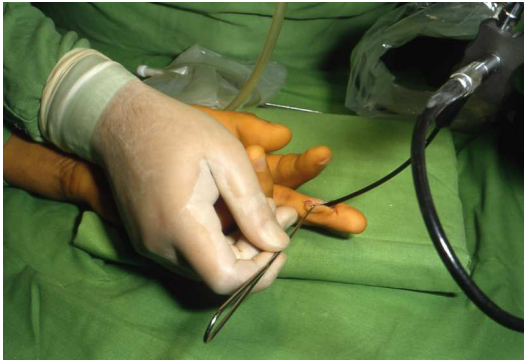
A közép és alapperc median sagittalis síkjában a subcutist palmarisan kettéválasztó sővény, mint anatómiai képlet nem létezik, ennek az ínhüvely biomechanikai viselkedése is ellentmond. Ugyanakkor a konzekvens ismétlődés az egyes metszetekben kizárja az artefact lehetőségét is. Jelenlétét az MR képeken azzal magyarázzuk, hogy a középvonalban kereszteződő rostrendszer echojának summációja jelenik meg sővényként. Az ép ujj hajlított helyzetben történt vizsgálata során az alapperc palmaris zsírpárnájának proximalis részéről készült felvételen ez a kereszteződés rostsintén is megfigyelhető volt. Nem állíthatjuk, hogy a módszer egyes rostok elkülönítésére ad lehetőséget, de vélhető, hogy a rostrendszer proximalisabban nagyobb mérete és a hajlított helyzet folytán megnövekedő rostsűrűség miatt egyes kötegek, rostcsoportok elkülönülve ábrázolódtak (57. ábra). Ez a lelet megerősíti a picrosyrius festéssel nyert eredményeinket.

A hajlítóíncsonkok pozíciójának pontos meghatározása a minimálisan invazív beavatkozások előfeltétele. Ezt a feladatot az MR jól teljesítette. A varratelégtelenség MR vizsgálattal történő megítélése azonban felvethet bizonyos interpretációs problémát.²² A hajlítóinvarratot követő korai időszakban ugyanis az íncsonkok a hegszövetre jellemző, az ép ínhoz képest alacsonyabb jelintenzitással ábrázolódtak. Így azon varratelégtelenség esetén, amikor az íncsonkok nem távolodnak el nagymértékben egymástól a differenciálás pusztán empirikus lehet.

A pulley-elégtelenség diagnosztikája tekintetében azt a következtetést vonhatjuk le, hogy a hajlítóin csonttól való elemelkedésének mértéke csak az A2 és A4 pulley-k vetületében diagnosztikus.

Az ínhüvely endoscopos vizsgálata

Az ín teljes keresztmetszetét érintő hajlítóínsérülések után törvényszerű az ínsonkok egymástól való eltávolodása az izomhas contractiójának következtében. Az ínhüvelyt ezt követően vérrel telítődik, és amennyiben az ínvarrat késik, vagy nem történik meg, az így keletkező üreget hegszövet tölti ki, melynek maturitása a sérüléstől eltelt idő függvénye. Akut esetben néhány órán belül a vér könnyen kimosható, később a vérrög eltávolítható, és általában három hetes kor után van csak szükség arra, hogy éles eszközzel távolítsuk el a képződő hegszövetet. Irodalmi és saját tapasztalat is, hogy az ínhüvely nem sérült szalagjai megfelelő anatómiai ismeretek és preparatív technika birtokában évekkal a sérülés után is jól fellelhetők és megőrizhetők a recanalisatio során.



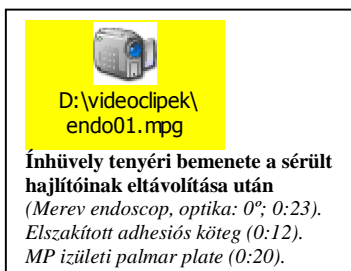
58. ábra

Az endoscop bevezetése az ínhüvelybe distal felől.

Így mind az akut, mind a késői ellátásban elvileg lehetőségünk nyílik arra, hogy az ínhüvelyben mint egy alagútban dolgozzunk. Az, hogy ezen az alagúton milyen gyakran kell „szellőzőnyílásokat”, avagy „világítóablakokat” készítenünk, pusztán a rendelkezésünkre álló technikai feltételektől függ. Ideálisan az ínhüvely recanalisációját akár a szalagos csatorna két végpontja felől is elvégezhetnénk. A flexibilis endoscopok mind kiterjedtebb használata és párhuzamosan átmérőjük csökkenése indokolta, hogy az e technika által kínált lehetőségeket megvizsgáljuk a hajlítóínsébszet területén is.

Anyag és módszer

Három hajlítóínsérült beteg műtétje során használtunk endoscopot.



Az alkalmazott eszközök: előretekintő (0°) optikájú 4 mm külső átmérőjű, merev, ízületi vizsgálatokhoz használatos (Storz) endoscop és gyermek flexibilis urethro-cystoscope (Infant Cysto-Urethro-Fiberscope, Storz külső átmérő 3mm, munkacsatorna átmérő 1 mm, munkahossz 14,4 cm) voltak. Optikája 0 fokban előretekintő, látószöge 110 fok, tartozéka 1 mm átmérőjű alligátorcsipesz, illetve 1 mm átmérőjű biopsziás csipesz volt.

Az első esetben középkorú férfi középső ujján siliconrúddal

történt ínhüvelyképzés után a tenyéri és a DIP ízület feletti sebzésekből tekintettük át a pseudoínhüvely belső felszínét, illetve az ínbefűzést végeztük az endosconon átvezetett alligátorcsipesszel (58. ábra). A második és harmadik esetekben szintén középkorú férfi-, illetve nőbeteg középső, illetve gyűrűsujj II. zónabeli hajlítói sérülésének késői rekonstrukciója során vizsgáltuk az ínhüvely recanalisációjának lehetőségeit. Két alkalommal a beavatkozást fotókon, illetve videofilmen dokumentáltuk. Vizsgálataink 1992-ben történtek.

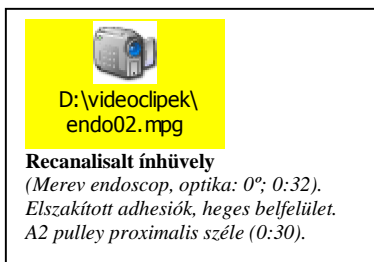


59. ábra

Íngraft (nyíl) behúzása a pseudoínhüvelybe az endoscon munkacsatornáján át bevezetett alligátorcsipesszel.

Eredmények

Az eszköz a munkacsatornán keresztüli mosás mellett könnyen átvezethető volt a pseudoínhüvelyen, és az ínhüvely belső fala jól látható volt a vértelenségben végzett műtét során. A szalagos és membranosus szakaszok nem voltak jól elkülöníthetők. Az eszköz munkacsatornáján átvezetett csipesszel az íngraft könnyen behúzható volt (59. ábra).



A második és harmadik esetben az íncsonkok ínhüvelyből történt eltávolítása után szintén mód nyílt a vizsgálatra, és ekkor a szalagos és membranosus szakaszok is megkülönböztethetők voltak a belátható szakaszon. Az íncsonkok letapadásának helyén az ínhüvely összeszűkül, lezáródott. A kitöltő hegyszövet recanalisációs kísérlete eredménytelen volt, elsősorban a biopsiás fogó kis mérete és gyengesége, valamint amiatt, hogy a fiberoscop vége és

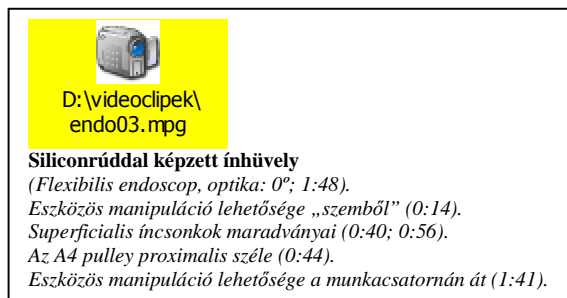
így a fogó pozíciója sem volt kívülről irányítható. A műtéteket így konvencionális módon folytattuk és fejeztük be.

Megbeszélés

Munkánkat megelőzően az ujj hajlítói ínhüvely endosconos vizsgálatáról nem jelent meg közlés. Az azóta eltelt időben Li és mtsai⁶⁴, illetve Hill és mtsai⁵¹ közzölték tapasztalataikat a hajlítói sérülést követő endosconos visszahúzásáról. Li és mtsai 3 cadaverkézen végeztek vizsgálatokat, és 3 esetben használták az eszközt sérültben a

flexor pollicis longus visszahúzására. Hill és mtsai cadavervizsgálatokat végeztek négy kéz hosszú ujjain.

Kétségtelen, hogy a hajlítóinak proximalis csomójának feltalálása az ínhüvelyben néha nehéz, és endoscop használata segíthet abban az esetben, ha az inat kellő erővel és atraumatikusan megragadni képes eszközzel rendelkezünk. Leggyakrabban azonban a hagyományos módszerek – az alkarizmok compressiója, csukló és MP ízületek flexiója, végső esetben proximalis segédmetszés – eredményre vezetnek. Magunk, az általunk használt eszköz adta lehetőségeken belül maradván, az alligátorcsipesz gyengesége és vélhetően traumatizáló volta miatt akut esetekben vizsgálatot nem végeztünk. Az ilyen irányú használhatóságot az íngraft befűzés esetében történt alkalmazással bizonyítottunk, ám mivel önmagában újat hozó eljárásnak nem tartottuk, a későbbiekben nem ismételtük.



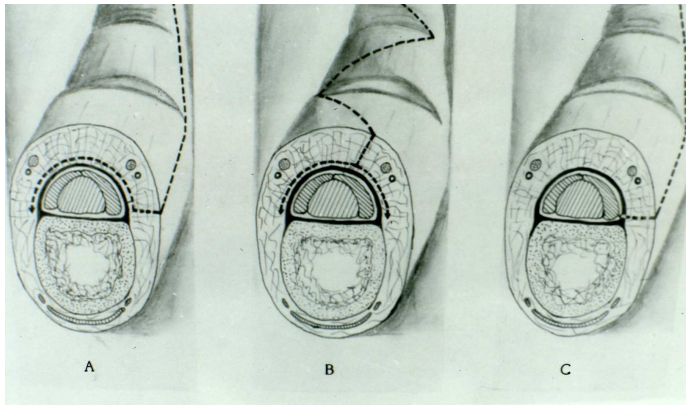
Az ínhüvely recanalizációjára irányuló kísérlet illeszkedett az ínhüvelyről és annak a subcutis felé irányuló kapcsolatairól kialakult koncepciónkba. Eszerint egy olyan eljárás, amelynek során az idült hajlítóin-sérülések eseteiben az ínhüvely kritikus (2 zóna) szakaszairól nem távolítjuk el a subcutist az ínpótláskor, az ujj posztoperatív

mobilitására és így a funkcionális végeredményre nézve is előnyt hordoz. Az adott technikai szinten a kitűzött célt, azaz az ínhüvely fedett recanalizálását, elérnünk nem sikerült. Tapasztalataink ebben a tekintetben az alábbiak. Az ínhüvelyben letapadt íncsonk eltávolítása – ha az összenövések erősek – megoldatlan. Néhány hétig az ín ugyan az ép részénél fogva még előemelhető, később azonban csak élesen választható el a letapadás helyén, melyhez jelenleg az ínhüvely feltárása szükséges. Elvileg az íncsonk eltávolítása elvégezhető lenne az ízületek sebészetében alkalmazott shaverrel, azonban semmilyen, ehhez szükséges miniaturizált, flexibilis eszközzel nincs információnk. A másik megoldatlan pontnak a heges ínhüvely recanalizálása tűnik. Itt a rendelkezésre álló eszközök irányíthatósága szab elsősorban határt, és teszi jelen időpontban lehetetlenné az ilyen műtétet.

Munkánkat abban összegezzük, hogy az ínhüvely belfelületének endoscopos vizualizálása napjainkban már lehetséges, de az ínhüvelyen belüli manipuláció lehetőségének korlátozott volta miatt, az általa kínált előnyt a sebészi gyakorlat számára kiaknázni még nem tudjuk.

Az ínhüvely direkt lateralis feltárása

A hajlítóínhüvely mozgásainak mélyebb megismerése arra a következtetésre vezetett, hogy az ínhüvely és a subcutis közötti kapcsolat megőrzése az ujj postoperatív mobilitására pozitív hatással lehet. Cadaverkísérleteink azt mutatták, hogy megfelelő technikai kautélák betartása mellett lehetséges az ínhüvely direkt lateralis feltárása és zárása. A cadavervizsgálatokból az is nyilvánvalóvá vált, hogy a hajlítóinvarrat ilyen feltárásból elvégezhető. Ezért kellő gondossággal válogatott esetekben a feltárást hajlítóin-sérülések esetében is alkalmazni kívántuk. A kiválasztás kritériumai a nem kiterjedten roncsoló sérülés okozta hajlítóin-sérülés az A2 és A4 pulley-k közötti régióban és csak egy oldali neurovascularis sérülés voltak.



60. ábra

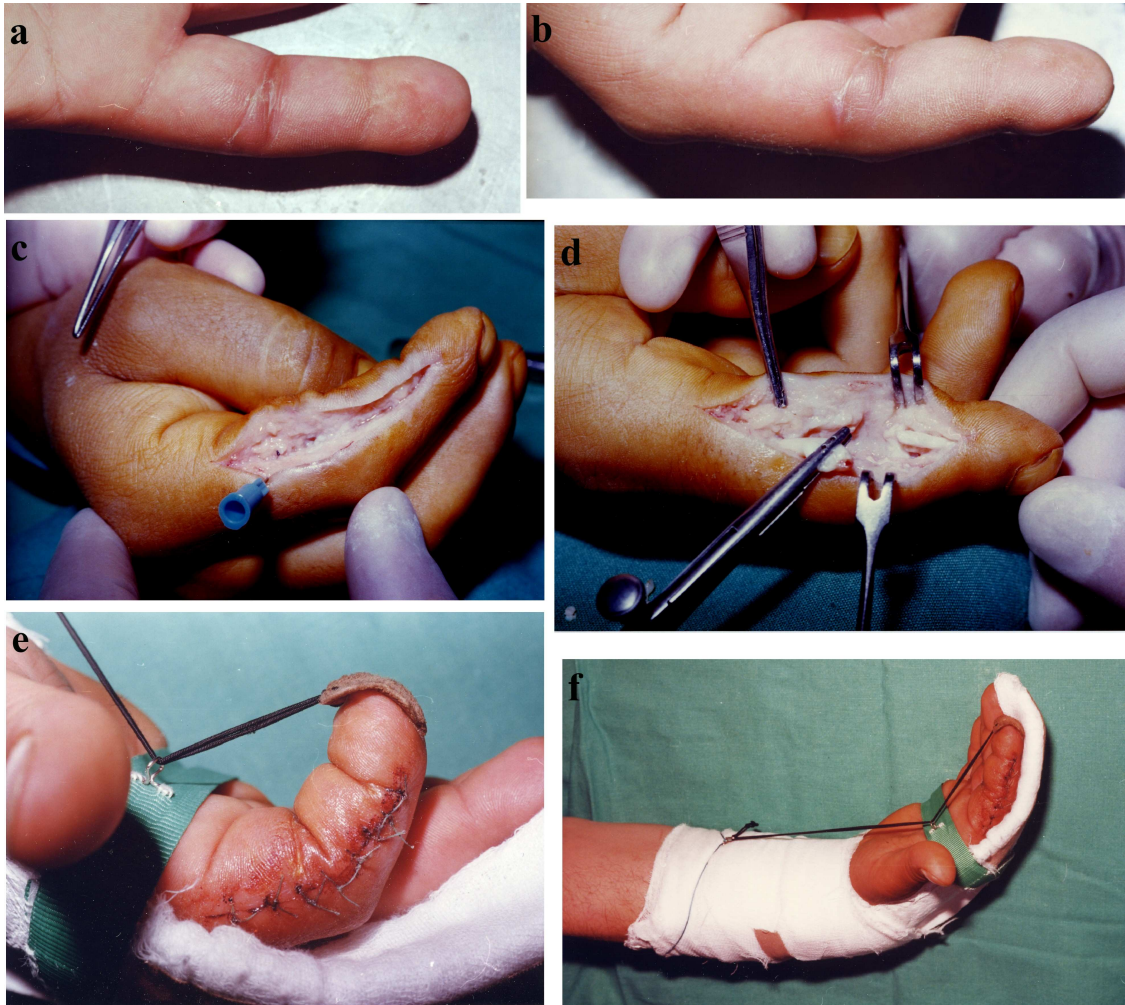
A konvencionális mediolaterális (A), a Bruner-féle cikcakkmetszés (B) és az általunk alkalmazott direkt laterális (C) feltárás vázolata.

Anyag és módszer

Két férfi és egy nőbeteg sérült mutató-, gyűrűs-, illetve kisujján végeztük a hajlítóinak feltárását direkt lateralis behatolásból (60. ábra). Mindhárom esetben késői primaer reconstructió történt a sérülést követő 2. és 3. hét között. A hajlítóin-sérülést mindhárom esetben éles tárgy okozta és nem voltak sérültek a feltárással ellenoldali neurovascularis képletek. Két sérülés a PIP ízület magasságában, egy a középperc középső és proximalis harmada határán következett be. Két esetben mind a mély, mind a felületes hajlítóin, egy esetben csak a mélyhajlítóin sérült. A feltárást mindhárom esetben az alapperc közepén indítottuk az A2 pulley distalis szélének felkeresésével és az A4 pulley proximalis széléig folytattuk. Az A2 pulley distalis 3-4 mm-es szakasza mindhárom esetben behatásra került, egy esetben pedig az A4 pulley proximalis szélét hasítottuk be 3 mm hosszúságban a tapadásához közel. Egy esetben a feltárást kiterjesztettük a DIP ízület magasságáig. A mélyhajlító varratait mindhárom esetben Kirchmayer-Kessler technikával végeztük, a felületes hajlítóinat egy esetben horizontális matracvarrattal egyesítettük. Az ínhüvelyt 5/0 monofil varróanyaggal, tova futó öltéssel zártuk. Postoperatív korai kontrollált mobilizálást kezdtünk Kessler szerint.

Eredmények

A direkt lateralis feltárás elvégzése nem ütközött nehézségbe akkor sem, amikor az ínhüvely adott szakaszából a hajlítónak visszacsúsztak. Izület véletlenszerű megnyitása nem történt. Az ínhüvelyből a szervülő vérömleny könnyen eltávolítható volt, proximal felől a hajlítón-csonkokat a feltáráson át feltaláltuk és előemeltük, a distalis csonkot egy esetben a feltárás kiterjesztésével tudtuk csak mobilizálni. A hajlítónvarratot a feltárás megnehezítette.



61. ábra

Első betegünknel alkalmazott direkt lateralis feltárás. A heg pozíciója 19 nappal a sérülés után (a,b). Intraoperatív képek: a feltáráshoz az A4 pulley-t is szükséges volt bevonni (c,d). Az ujj mobilitása 4 nappal a műtétet követően (e,f).

Ez egyrészt abból adódott, hogy a bőr-subcutis-ínhüvely lebeny felhajtása nem biztosított olyan jó hozzáférést, mint a hagyományos feltárások, másrészt pedig a kezelt két esetben (gyűrűs- és kisujjak) rotációs kényszerzetartásba kellett hozni a jó láthatóságot végett, mely

külön asszisztensi erőfeszítést kívánt. A hajlítóinak ugyanakkor elegendően hozzáférhetőek voltak ahhoz, hogy a varrat elvégezhető legyen, így a feltárás hátránya a varrat elkészítésére fordított hosszabb időben jelentkezett. A tovafutó varrattal történő ínhüvelyzárás nem ütközött nehézségbe, azonban az ujj hajlításakor a varrat lazulását figyeltük meg, ezért kiegészítő matracöltéseket is helyeztünk be az A3 pulley-nak megfelelően a PIP ízület felett.

A három hónapos utánvizsgálatkor egy betegnél volt a DIP ízületben 20 fokos extenziós elmaradás, az ujjbegy-tenyéri barázda távolság pedig egy másik betegnél 1 cm volt, egyebekben az ujjak mozgásai az ellenoldallal egyezőek voltak.

Megbeszélés

A hajlítóinak feltárása új útjainak keresése napjainkban is zajlik^{23,48}, de teoretikusan új megközelítés nem került közlésre. Az általunk gyakorlatba ültetett koncepció az, hogy az ínhüvely és a subcutis kapcsolatát a lehető legteljesebben megőrizzük. Műtéteink azt bizonyítják, hogy a hajlítóin-sérülés ellátható a direkt laterális feltárásból. A három esetben végzett műtét azonban nem jogosít fel bennünket messzemenő következtetésekre. Az esetek válogatása úgy történt, hogy hagyományos módon végzett feltárásnál is hasonlóan kedvező eredményekre számíthattunk volna. Emiatt nem vonhatunk le semminemű következtetést a feltárás esetleges előnyeire vonatkozóan, sőt sebésztechnikai szempontból a nehézségeit ki kell emelnünk. Azt a megállapítást azonban megengedhetőknek véljük, hogy az eredményeink nem utalnak a feltárás funkcióromlásban megnyilvánuló esetleges káros következményére. Az ilyen káros következményt az ínhüvely pars membranacea részére nézve teoretikusan eleve kizárhatónak tartjuk, amennyiben annak integritása a lehető legjobban megőrzött marad. Aggályos lehet a pulley-rendszer feltárás általi károsítása. Irodalmi adatok szólnak amellet, hogy az A2 és A4 pulley-k közötti szakasz szalagjainak hiánya nem jár jelentős funkcióvesztéssel.^{62,65} Eljárásunkkal azonban éppen ezen szakasz megőrzése válik lehetővé.

Felmerülhet az is, hogy a nem kellő adaptáció, vagy az ínhüvely varratának elégtelenné válása okoz funkcionális veszteséget. Ere nézve azt mondhatjuk, hogy mind állatkísérletes, mind humán vizsgálati eredmények szólnak amellet, hogy az ínhüvely átmérőjének növelése a pulley-k részleges behasításával előnyös a hajlítóinvarrat funkcionális eredménye szempontjából.¹¹³ Kézenfekvő magyarázata ennek az, hogy a postoperatív megduzzadó és egyenetlen felszínű egyesített íncsonkok jobb eséllyel tudnak előre-hátra mozogni egy megnövelt átmérőjű alagútban, mint a relatíve szűknek bizonyuló megóvott szalagok alatt. Feltárásunkat így ebben a tekintetben sem tarthatjuk aggályosnak.

Messina és Messina⁷⁷ közöltek egy általuk *kiterjesztett direkt laterális* feltárásnak nevezett behatolást a hajlítóin-sérülések ellátására. Ennek során előbb a klasszikus mediolaterális feltárásnak megfelelően az ínhüvelyről felpreparálják a neurovascularis képleteket is tartalmazó bőr-subcutis lebenyt, majd ezt követően nyitják meg az ínhüvelyt. A behatolástól dorsal felé eső subcutisrészletet az ínhüvellyel való összekötéseit megtartva az ínhüvellyel együtt hajtják fel, és ezzel mintegy megszülesítik mind a pulley-kat, mind pedig a pars membranaceát. Az ínhüvely zárásakor

az öltéseket nem magába az ínhüvelybe, hanem a leírásuk szerint sok rostot tartalmazó subcutisba helyezik, és azt öltik az ínhüvely tapadási vonalához.

Ez a feltárás elvileg különbözik az általunk végzettől, mivel nem őrzi meg az ínhüvely subcutis irányú kapcsolódását. Bár saját cadavervizsgálati eredményeink kétségeket ébresztenek a gyűrűszalagok, különösen az A2 és A4 ilyen „meghosszabbításának” lehetőségessége felől, mégis felmerül, hogy ez a feltárás eredményesen kombinálható az általunk vizsgált módszerrel, ha az ínhüvely „kiszélesítését” egy megfelelő subcutislebény képzésével a feltárás kezdetén elvégezzük anélkül, hogy a subcutist az ínhüvelyről felpreparálnánk. Ilyen irányú vizsgálatokat mindeddig nem végeztünk.

A hajlítónak hosszú ujjakon történő direkt lateralis feltárását összefoglalóan úgy értékeljük, hogy az a mindennapi gyakorlatban kivitelezhető, és további prospektív vizsgálatra érdemes eljárás, mely szolgálhatja a hajlítón-műtétek eredményeinek jobbítását.

Klinikai relevancia

A rekonstruktív sebészet számos területén a funkció sikeres helyreállítása nem feltétlenül az eredeti anatómiai viszonyok helyreállítását jelenti. Nem csak az ízületi prothetizálásnak az utóbbi évtizedekben tapasztalható diadalútjára kell gondolnunk, de ebbe a körbe tartozik például az ízfelszint nem érintő csonttörések gyógyításának mindennapos gyakorlata is.

Számos – munkánkban korábban részletezett – adat utal arra, hogy a hajlítói-sebészetben is szükség van arra a szemléletre, amely a funkció optimalizálása érdekében nem egyszerűen az eredeti állapot visszaállítását célozza meg, hanem új utakat keresve halad.

Amint azonban a csonttörések modern szemléletű gyógyítása sem volt lehetséges a csontgyógyulás sajátosságainak mélyebb megismerése nélkül, hasonlóan a hajlítói-sebészetben is elsődleges az arra hatással lévő összes körülmény lehető legteljesebb megértése. A hajlítói-hüvely szerepe már közel egy évszázada az érdeklődés homlokterében áll, mégis, napjainkban sem mondhatjuk, hogy jelentőségét a normális és kóros állapotokban minden tekintetben ismernénk.

Munkáknak az ínhüvely funkcionális anatómiáját vizsgáló része bizonyítékokkal szolgál az ínhüvely szalagok részeinek klinikai fontosságára.

Tenographiás vizsgálataink bizonyítják, hogy a proximális és distalis interphalangealis ízület feletti szalagok csak az ízületek hajlításának jól meghatározható végfázisában kerülnek terhelés alá, így azok jelentős funkcionális veszteség nélkül feláldozhatók a rekonstrukciós műtét során.

A tenographia magyarázattal szolgál arra a tankönyvi fizikális leletre is, hogy purulens tenosynovitis esetén az ujj félig hajlított helyzetben áll. Ez a pozíció biztosítja ugyanis a megnövekedett intrasynovialis folyadékmennyiség számára a lehető legkisebb nyomást, mivel ilyenkor az izzadmány egyenletesen oszlik meg az ujj recessusai és a proximális ínhüvelyzsák között. Úgy véljük, ez a lelet segíti ezen kóros állapot jobb megértését, és ennél fogva a biztonságosabb diagnosztikát is.

A mágneses rezonancia vizsgálat a hajlítói-rekonstrukció területén elsősorban az utánkövetés időszakában, a szövődmények felismerésében és diagnosztikájában nyerhet jelentőséget.

Az endoscop használata munkánk alapján a minimális invazivitás – a sebészi feltárás lehető legkisebb kiterjesztése – területén tűnik jelentős előrelépésnek.

A membranosus ínhüvely mozgásának vizsgálata új szemléletet hozhat a hajlítóinak sebészetében, amennyiben feltárta azt a mechanizmust, amelyik ezen ínhüvelyszakaszok gyűrődéséért és kisimulásáért felelős.

Az ínhüvely és a subcutis anatómiai kapcsolatának megőrzése a helyreállító műtétek során funkcionális előnnyel bírhat, amint azt állatkísérletes munkánk bizonyítja. Az anatómiai vizsgálatok alapján kidolgozott feltárás ennek a célnak megfelel, az emberi ujjon is elvégezhető, és alkalmas arra, hogy a hajlítóinak varrata ebből a feltárásból történjék.

Összefoglalás

A hajlítóínhüvely biomechanikájának vizsgálatát a napi sebészi gyakorlat jelenleg is nyitott kérdései motiválják:

- a hosszú ujjakon a hajlítóín-sérülések rekonstrukciójához megnyitása elengedhetetlen,
- sérülése, vagy hiánya esetén magának az ínhüvelynek a helyreállítása is szükséges.

A legvitatottabb problémák:

- szükséges-e a hajlítóínhüvely zárása; ha nem
- mely részei áldozhatók fel, és mely részei pótlandók; illetve
- milyen összefüggés áll fenn a hajlítóínhüvely épsége és az íngyógyulás között.

Mindezen kérdések csak az ínhüvely anatómiájának és működésének mélyebb megismerése révén válaszolhatók meg.

Munkánkban a kérdéskör mechanikai megközelítését tűztük ki célul, de egyúttal figyelemmel voltunk a fiziológiai szempontok fontosságára is.

Mivel a komplex biológiai rendszerekben a mechanikai mérések az egyedi variabilitás és a minták deformabilitása okán csak bizonyos részterületeken alkalmazhatók, komplex megközelítést alkalmaztunk, melyben a tenographiás vizsgálatok, a klasszikus anatómiai preparálás és festés, fény- és elektronmikroszkópia, makroszkópos mozgásmegfigyelés, endoscopia, mágneses rezonancia vizsgálómódszerek is alkalmazásra kerültek. A descriptív megfigyeléseket állatkísérletes vizsgálatokkal egészítettük ki.

Az eredményeinkből leszűrt következtetéseket a klinikai gyakorlatban is felhasználtuk.

Vizsgálataink alapján az ínhüvely mozgásainak új értelmezése bontakozott ki, melyben a szalagos és hártyás ínhüvelyszakaszok mozgásvezérlésére tudunk magyarázatot nyújtani. Eszerint a két rendszer egymással harmonikus összhangban végzi az elmozdulásait az ujj hajlítása és nyújtása során, ám amíg a szalagos részek pozícióját a csontos vázhoz, illetőleg ízületi tokhoz való kapcsolódás határozza meg, addig a hártyás ínhüvely csúszyűrődő mozgása a subcutis kötőszövetes vázrendszere által determinált. Utóbbi rendszer makroszkóposan is identifikálható elemei a Grayson-szalagok, melyeknek szerepe 1941-ben történt leírásuk óta tisztázatlan maradt.

Az ínhüvely mozgásainak ezen leírása felveti, hogy a sebészi feltárás a subcutis kötőszövetes vázrendszerének szükségképpen megbontása révén okozhat-e járulékos traumát, mely a hajlítóín-sebészeti eredményeit rontja. Állatkísérletes vizsgálatainkból az a következtetés vonható le, hogy ilyen funkcionális hátrány kimutatható, mely ugyan a műtétet követő hat hét során lecseng, de éppen a kritikus korai posztoperatív időszakban

rontja az ujj mobilitását. Az ujj mobilitásának csökkenése azzal a következménnyel jár, hogy a helyreállított hajlítóin mozgása kisebb lesz, és ezzel nő az eredményeket lerontó ín-ínhüvely közötti összenövések kialakulásának lehetősége.

Anatómiai vizsgálataink bizonyították, hogy lehetséges a hajlítóinak olyan feltárása, amely nem okoz addicionális károsodást az ín-ínhüvely és a subcutis kapcsolatában. A műtéti feltárást a klinikai munkában is sikerrel alkalmaztuk. Indikációjának és gyakorlati értékének meghatározása további prospektív vizsgálatok feladata.

Irodalom

1.

Amiel D, Ishizue K, Billings E, Wiig M, Berg JV, Akeson WH, Gelberman R.
Hyaluronan in flexor tendon repair.
J Hand Surg 1989; 14A: 837-43.

2.

Amis AA, Jones MM.
The interior of the flexor tendon sheath of the finger.
J Bone Joint Surg 1988; 70B: 583-7.

3.

An KN, Ueba Y, Chao EY, Cooney WP, Linscheid RL.
Tendon excursion and moment arm of index finger muscles.
J Biomechanics 1983; 16: 419-25.

4.

An-Min L, Shi-Bi L.
Reconstruction of sheath with fascial graft in flexor tendon repair.
J Hand Surg 1991; 16B: 179-84.

5.

Armenta E, Lehrman A.
The vincula to the flexor tendons of the hand.
J Hand Surg 1980; 5: 127-34.

6.

Armstrong TJ, Chaffin DB.
An investigation of the relationship between displacements of the finger and wrist joints and the extrinsic finger flexor tendons.
J Biomech 1978; 11: 119-28.

7.

Baker KS, Gilula LA.
The current role of tenography and bursography.
Am J Radiol 1990; 154: 129-33.

8.

Barton NJ
Experimental study of optimal location of flexor tendon pulleys.
Plast Reconstr Surg 1969; 43: 125-9.

9.
Bayat A, Shaaban H, Giakas G, Lees VC.
The pulley system of the thumb: Anatomic and biomechanical study.
J Hand Surg 2002; 27A: 628-35.
10.
Beltran J, Mosure JC.
Magnetic resonance imaging of tendons.
Crit Rev Diagn Imaging 1990; 30: 111-20.
11.
Ben, I. K., Elliot, D.
“Venting” or partial lateral release of the A2 and A4 pulleys after repair of zone 2 flexor tendon injuries.
J. Hand Surg. 1998, 23B: 649-51.
12.
Bíró V.
A hajlítói-sérülések preoperatív prognosztikai értékelése a kéz “senki földjén”. Milyen tényezők befolyásolják a végeredményt?
Magy Traumat 1981; 24: 131-7.
13.
Bíró V, Vámhidy L.
Az ín körüli csúszófelszín-helyreállítás újabb lehetőségeinek kísérletes vizsgálata. I. Kísérleti model tanulmányozása.
Magy Traum 1982; 25: 287-90.
14.
Bíró V, Vámhidy L, Horváth A.
Hajlítói sérülés kísérletes helyreállítása kétszakaszos ín- és ínhüvelyrekonstrukcióval.
Kísérlet Orvostud 1985; 37: 570-5.
15.
Bíró V.
Újabb lehetőségek a csúszófelszín helyreállítására a kéz rossz prognózisú hajlítói sérüléseiben.
Doktori értekezés, Pécs, 1986.
16.
Bíró V., Salamon A., Vámhidy L., Móricz O., Trombitás K., Józsa L.
A hajlítói-sérülések kétszakaszos helyreállításának kérdései. II. Fény- és scanning elektronmikroszkópos vizsgálatok normal tyúk és emberi uj hajlító ínhüvelyeken.
Magy Traum Orthop 1989; 32: 171-7.

17.
Bojsen-Moller F, Schmidt L.
The palmar aponeurosis and the central spaces of the hand.
J Anat 1974; 117: 55-68.
18.
Bowers WH, Wolf JW Jr, Nehil JL, Bittinger S.
The proximal interphalangeal joint volar plate. I. An anatomical and biomechanical study.
J Hand Surg 1980; 5: 79-88.
19.
Brand PW, Cranor KC, Ellis JC.
Tendon and pulleys at the metacarpophalangeal joint of a finger.
J Bone Joint Surg 1975; 57-A: 779-84.
20.
Brewerton DA.
Radiographic studies of tendons in rheumatoid hand.
Br J Radiol 1969; 42: 487-92.
21.
Bruner J.
Zig-zag volar-digital incision for flexor-tendon injury.
Plast Reconstr Surg 1967; 41: 571-4.
22.
Calandruccio JH, Steichen JB.
Magnetic resonance imaging for diagnosis of digital flexor tendon rupture after primary repair.
J Hand Surg 1995; 20B: 289-90.
23.
Callan PP, Morrison WA.
A new approach to flexor tendon repair.
J Hand Surg 1994; 19B: 513-6.
24.
Chow JA et al.
A combined regimen of controlled motion following flexor tendon repair in "no man's land".
Plast Reconstr Surg 1987; 79, 447-53.

25.
Cohen MJ, Kaplan L.
Histology and ultrastructure of the human flexor tendon sheath.
J Hand Surg [Am]. 1987; 12: 25-9.
26.
Doyle JR, Blythe W.
Macroscopic and functional anatomy of the flexor tendon sheath.
J Bone Joint Surg 1974; 56A: 1094-?.
27.
Doyle JR, Blythe WF.
Anatomy of the flexor tendon sheath and pulleys of the thumb.
J Hand Surg 1977; 2: 149-51.
28.
Doyle JR.
Dynamics of the flexor tendon pulley system.
In Hunter JM, Schneider LH, Mackin EJ (Eds.) Tendon surgery in the hand, St. Louis:
Mosby Inc., 1987. 20-3.
29.
Doyle JR
Anatomy of the finger flexor tendon sheath and pulley system.
J Hand Surg 1988; 13A: 473-84.
30.
Drape JL, Silbermann-Hoffman O, Houvet P, Dubert T, Thivet A, Benmelha Z, Frot B,
Alnot JY, Benacerraf R.
Complications of flexor tendon repair in the hand: MR imaging assessment.
Radiology. 1996 Jan;198(1):219-24.
31.
Drape JL, Tardif-Chastenot de Gery S, Silbermann-Hoffman O, Chevrot A, Houvet P,
Alnot JY, Benacerraf R.
Closed ruptures of the flexor digitorum tendons: MRI evaluation.
Skeletal Radiol. 1998 Nov;27(11):617-24.
32.
Dunlap J, McCarthy JA, Manske PR.
Flexor tendon pulley reconstructions – A histological and ultrastructural study in non-
human primates.
J Hand Surg 1989; 14B: 273-7.

33.
Dunlap J, McCharty JA, Joyce ME, Manske PR.
Biomechanical and histologic evaluations of pulley reconstructions in nonhuman primates.
J Hand Surg 1990; 15A: 57-63.
34.
Dyer RF, Enna CD.
Ultrastructural features of adult human tendon.
Cell Tiss Res 1976; 168: 247-59.
35.
Eiken O, Rank F.
Experimental restoration of the digital synovial sheath.
Scand J Plast Reconstr Surg 1977; 11: 213-8.
36.
Flake J, Light TR, Ogden JA.
Postnatal growth and development of the flexor tendon pulley system.
J Ped Orthop 1990; 10: 612-7.
37.
Fornage BD, Rifkin MD.
Ultrasound examination of tendons.
Radiol Clin North Am 1988; 26: 87-107
38.
Fornage BD, Rifkin MD.
Ultrasound examination of the hand and foot.
Radiol Clin North Am 1988; 26: 109-29.
39.
Frewin PR, Scheker LR.
Triggering secondary to an untreated partially-cut flexor tendon.
J Hand Surg 1989; 14B: 419-21.
40.
Frykman E, Jacobsson S, Widenfalk B.
Fibrin sealant in prevention of flexor tendon adhesions: An experimental study in the rabbit.
J Hand Surg 1993; 18A: 68-75.
41.
Gad P.
The anatomy of the volar part of the capsules of the finger joints.
J Bone Joint Surg 1967; 49: 362-7.

42.
Gelberman RH, Woo SL, Amiel D, Horibe S, Lee D.
Influences of flexor sheath continuity and early motion on tendon healing in dogs.
J Hand Surg 1990; 15: 69-77.
43.
Grayson J.
The cutaneous ligaments of the digits.
J Anat 1941; 75: 164-5.
44.
Güdemez E, Eksioğlu F, Korkusuz P, Asan E, Gürsel I, Hasirci V.
Chondroitin sulfate-coated polyhydroxyethyl methacrylate membrane prevents adhesion in full-thickness tendon tears of rabbits.
J Hand Surg 2002; 27A: 293-306.
45.
Hagberg L, Tengblad A, Gerdin B.
Hyaluronic acid in flexor tendon sheath fluid after sheath reconstruction in rabbits.
Scand J Plast Reconstr Hand Surg 1991; 28: 103-7.
46.
Hagberg L.
Exogenous hyaluronate as an adjunct in the prevention of adhesions after flexor tendon surgery: A controlled clinical trial.
J Hand Surg 1992; 17A: 132-6.
47.
Hagberg L, Heinegard D, Ohlsson K.
The contents of macromolecule solutes in flexor tendon sheath fluid and their relation to synovial fluid. A quantitative analysis.
J Hand Surg 1992; 17B: 167-71.
48.
Hall RF, Vliegenthart DH.
A modified midlateral incision for volar approach to the digit.
J Hand Surg 1986; 11B: 195-7.
49.
Hauger O, Chung CB, Lektrakul N, Botte M, Trudell D, Boutin RD, Resnick D.
Pulley system in the fingers: Normal anatomy and simulated lesions in cadavers at MR imaging, CT, and US with and without contrast material distention of the tendon sheath.
Radiology 2000; 217: 201-12.

50.
Heithoff SJ, Millender LH, Helman J.
Bowstringing as a complication of trigger finger release.
J Hand Surg 1988; 13A: 567-70.
51.
Hill BB, Wells MD, Prevel CD.
Endoscopic retrieval of severed flexor tendons: A study of technique using cadaveric hands.
Ann Plast Surg 1997; 38: 446-8.
52.
Horibe S, Woo SL-Y, Spiegelman JJ, Marcin JP, Gelberman RH.
Excursion of the flexor digitorum profundus tendon: A kinematic study of the human and canine digits.
J Orthop Res 1990; 8: 167-74.
53.
Hoving EW, Hillen B.
Functional anatomy of the vagina fibrosa of the flexors of the fingers.
J Hand Surg 1989; 14B: 99-101.
54.
Hume EL, Hutchinson DT, Jaeger SA, Hunter JM.
Biomechanics of pulley reconstruction.
J Hand Surg 1991; 16: 722-30.
55.
Hunter JM, Jaeger SH, Matsui T, Miyaji N.
The pseudosynovial sheath – Its characteristics in a primate model.
J Hand Surg 1983; 8: 461-70.
56.
Idler RS.
Anatomy and biomechanics of the digital flexor tendons.
Hand Clinics 1985; 1: 3-11.
57.
Kaplan EB. ed.
Kaplan's Functional and Surgical Anatomy of the Hand 3rd ed.
J.B.Lippincott, Philadelphia, 1984.

58.

Kessler FB, Epstein MJ, Lannik D, Maher D, Pappu S.
Fascia patch graft for digital flexor sheath defect over primary tendon repair in the chicken.
J Hand Surg 1986; 11A: 241-5.

59.

Khan U, Kakar A, Akali A, Bentley G, McGrouther DA.
Modulation of the formation of adhesions during the healing of injured tendons.
J Bone Joint Surg 2000; 82-B: 1054-8.

60.

Knott C, Schmidt H-M.
Die bindegewebigen Verstärkungseinrichtungen der digitalen Sehnenanschnitten an der menschlichen Hand.
Gegenbauns Morph Jahrb 1986; 132: 1-28.

61.

Kuczynski K.
The proximal interphalangeal joint.
J Bone Joint Surg 1968; 50-B: 656-63.

62.

Kwai Ben I, Elliot D.
“Venting” or partial lateral release of the A2 and A4 pulleys after repair of zone 2 flexor tendon injuries.
J Hand Surg 1998; 23B: 649-54.

63.

Landsmeer JMF.
Atlas of Anatomy of the Hand,
Edinburgh: Churchill Livingstone, 1976. Pp. 285-286.

64.

Li K, Banducci DR, Kahler SH et al.
Endoscopic retrieval of severed flexor tendons.
J Hand Surg (Am) 1995; 20: 278-9.

65.

Lin GT, Amadio PC, An K-N, Cooney WP, Chao EYS.
Biomechanical analysis of finger flexor pulley reconstruction.
J Hand Surg 1989; 14B: 278-82.

66.

Lin GT, Amadio PC, An KN, Cooney WP.
Functional anatomy of the human digital flexor pulley system.
J Hand Surg. 1989; 14: 949-56.

67.

Lin GT, Cooney WP, Amadio PC, An KN.
Mechanical properties of human pulleys.
J Hand Surg 1990; 15: 429-34.

68.

Lister GD
Indications and techniques for repair of the flexor tendon sheath.
Hand Clinics 1985; 1: 85-95.

69.

Lister G, Tonkin M.
The results of primary tendon repair with closure of the tendon sheath.
J. Hand Surg. 1986; 11A, 767-74.

70.

Lundborg G, Myrhage R
The vascularization and structure of the human digital tendon sheath as related to flexor tendon function.
Scand J Plast Reconstr Surg 1977; 11: 195-203.

71.

Manske PR, Lesker PA.
Strength of human pulleys.
The Hand 1977; 9: 147-52.

72.

Manske PR, Lesker PA.
Palmar aponeurosis pulley.
J Hand Surg 1983; 8: 259-63.

73.

Manske PR.
The flexor tendon.
Orthopedics 1987; 10: 1733-41.

74.

Manske PR.
Flexor tendon healing.
J Hand Surg 1988; 13B: 237-45.

75.

Marco RAW, Sharkey NA, Smith TS, Zissimos AG.
Pathomechanics of closed rupture of the flexor tendon pulleys in rock climbers.
J Bone Joint Surg 1998; 80A: 1012-9.

76.

McGrouther DA.
Dupuytren's contracture.
In D. P. Green, R. N. Hotchkiss, W. C. Pederson (Eds.), *Greens's Operative Hand Surgery*, Vol. 1, 4th Ed. Philadelphia: Churchill Livingstone, 1999. Pp. 563-591.

77.

Messina A, Messina JC.
The direct midlateral approach with lateral enlargement of the pulley system for repair of flexor tendons in fingers.
J Hand Surg 1996; 21B: 463-8.

78.

Mester S, Bíró V, Schmidt B.
Újabb megfigyelések az emberi hajlítóínhüvely morfológiájáról és biomechanikájáról.
Magy Traum 1989; 32: 251-61.

79.

Mester S, Schmidt B, Baranyai F, Ifj. Kellermayer M, Bíró V.
Az ínhüvely körüli posztoperatív hegesedés kísérletes vizsgálata.
Magy Traum Ortop Kézseb Plaszt Seb 1993; 36: 421-6.

80.

Mester S, Schmidt B, Derczy K, Nyarady J, Biro V.
Biomechanics of the human flexor tendon sheath investigated by tenography.
J Hand Surg 1995; 20B: 500-4.

81.

Mester S, Schmidt B, Szabo Gy, Toth F, Nyarady J.
Biomechanics of the membranous flexor tendon sheath: the role of the Grayson's ligaments
Plastic and Reconstr Surg; Közlésre elfogadva

82.

Milford LW Jr.
Retaining Ligaments of the Digits of the Hand. Gross and Microscopic Anatomic Study, Philadelphia: WB Saunders, 1968. Pp. 13-15.

83.
Miller JA, Ferguson RL, Powers DL, Burns JV, Shalaby SW,
Efficacy of hyaluronic acid/nonsteroidal anti-inflammatory drug systems in preventing
postsurgical tendon adhesions.
J Biomed Mater Res 1997; 38: 25-33.
84.
Naam NH, Cohen MJ, Johnson MK.
Function, anatomy and biomechanics.
In B. M. Achauer, E. Eriksson, B. Guyuron, J. J. Coleman III, R. C. Russel, C. A. V.
Kolk (Eds.) *Plastic Surgery*, Vol. 1, 4th Ed. St. Louis: Mosby, Inc., 2000. 1627-1654.
85.
Nishida J, Amadio PC, Bettinger PC, An KN.
Flexor tendon-tendon sheath interaction after tendon grafting: A biomechanical study in a
human model in vitro.
J Hand Surg 1999; 24A: 1097-102.
86.
Oei TS, Klopper PJ, Spaas JAJ, Buma P.
Reconstruction of the flexor tendon sheath.
J Hand Surg 1996; 21B: 72-83.
87.
Parellada JA, Balkissoon AR, Hayes CW, Conway WF.
Bowstring injury of the flexor tendon pulley system: MR imaging.
Am J Roentgenol. 1996 Aug;167(2):347-9.
88.
Peterson WW, Manske PR, Lesker PA.
The effect of flexor sheath integrity on nutrient uptake by primate flexor tendons.
J Hand Surg 1986; 11A: 413-6.
89.
Peterson WW, Manske PR, Dualap J, Horwitz DS, Kahn B.
Effect of various methods of restoring flexor sheath integrity on the formation of
adhesions after tendon injury.
J Hand Surg 1990; 15A: 48-56.
90.
Phillips CS, Falender R, Mass DP.
The flexor synovial sheath anatomy of the little finger: a macroscopic study.
J Hand Surg 1995; 20: 636-41.

91.
Resnick D.
Roentgenographic anatomy of the tendon sheaths of the hand and wrist: tenography.
Am J Roentgenol Radium Ther Nucl Med 1975; 124: 44-51.
92.
Rothkopf DM, Webb S, Szabo RM, Gelberman RH, May JW.
An experimental model for the study of canine flexor tendon adhesions.
J Hand Surg 1991; 16A: 694-700.
93.
Rubin DA, Kneeland JB, Kitay GS, Naranja RJ Jr.
Flexor tendon tears in the hand: use of MR imaging to diagnose degree of injury in a cadaver model.
Am J Roentgenol. 1996 Mar;166(3):615-20.
94.
Salamon A, Bíró V, Várhidy L.
A hajlítón sérülések kétszakaszos helyreállításának kérdései. I. Az eddigi vizsgálatok eredményei. A gyógyulást befolyásoló biológiai és funkcionális tényezők.
Magy Traumat Orthop Helyreáll Seb 1989; 32, 163-170.
95.
Saldana MJ, Ho PK, Lichtman DM, Chow JA, Dovel S, Thoms LJ.
Flexor tendon repair and rehabilitation in zone II open sheath technique versus closed sheath technique.
J Hand Surg 1987; 12A: 1110-4.
96.
Sanger JR, Beubendorf ND, Matloub HS, Yousif NJ.
Proximal phalangeal fracture after tendon pulley reconstruction.
J Hand Surg 1990; 15A: 976-9.
97.
Savage R.
The mechanical effect of partial resection of the digital fibrous flexor sheath.
J Hand Surg 1990; 15B: 435-42.
98.
Sbernadori MC, Fenu G, Pirino A, Fabbriciani C, Montella A.
Histogenesis and morphology of the flexor tendon pulley system in the human embryonic hand.
J Hand Surg 2000; 25B: 175-9.

99.

Schlenker JD, Lister GD, Kleinert HE.

Three complications of untreated partial laceration of flexor tendon – Entrapment, rupture and triggering.

J Hand Surg 1981; 6: 392-6.

100.

Schweizer A, Frank O, Ochsner PE, Jacob HAC.

Friction between human flexor tendons and pulleys at high loads.

J Biomechanics 2003; 36: 63-71.

101.

Semer NB, Bartle BK, Telepun GM, Goldberg NH.

Digital pulley reconstruction with expanded polytetrafluoroethylene (PTFE) membrane at the time of tenorrhaphy in an experimental animal model.

J Hand Surg 1992; 17A: 547-50.

102.

Semple JC.

Radiographic appearances of normal flexor tendon sheaths in the hand.

Br J Radiol 1970; 43: 271-3.

103.

Seyfer AE, Bolger WE.

Effects of unrestricted motion on healing: a study of posttraumatic adhesions in primate tendons.

Plast Reconstr Surg 1989; 83, 122-128.

104.

Small JO, Brennen MD, Colville J.

Early active mobilisation following flexor tendon repair in zone 2.

J. Hand Surg. 1989; 14-B, 383-391.

105.

Smith RJ.

Balance and kinetics of the fingers under normal and pathological conditions.

Clin Orthop 1977; 104, 92-111.

106.

Strauch B, de Moura W.

Digital flexor tendon sheath: an anatomic study.

J Hand Surg 1985; 10: 785-9.

107.
Strickland JW.
Flexor tendon surgery. Part 1: Primary flexor tendon repair.
J Hand Surg 1989; 14: 261-72.
108.
Strickland JW.
Flexor tendon surgery. Part 2: Free tendon grafts and tenolysis.
J Hand Surg. 1989; 14: 368-82.
109.
Takasugi H, Inoue H, Akahori O.
Scanning electron microscopy of repaired tendon and pseudoseath.
The Hand 1976; 8: 228-34.
110.
Tang JB, Zhang QG, Ishii S.
Autogenous free sheath grafts in reconstruction of injured digital flexor tendon sheath at the delayed primary stage.
J Hand Surg 1993; 18B: 31-2.
111.
Tang JB.
The double sheath system and tendon gliding in zone 2C.
J Hand Surg 1995; 20: 281-5.
112.
Tang JB, Shi D, Zhang QD.
Biomechanical and histologic evaluation of tendon sheath management.
J Hand Surg 1996; 21A: 900-8.
113.
Tang JB, Wang YH, Gu YT, Chen F.
Effect of pulley integrity on excursions and work of flexion in healing flexor tendons.
J Hand Surg 2001; 26A: 347-53.
114.
Tang JB, Xie RG.
Effect of A3 pulley and adjacent sheath integrity on tendon excursion and bowstringing.
J Hand Surg 2001; 26A: 855-61.
115.
Tehranzadeh J, Kerr R, Amster J.
Magnetic resonance imaging of tendon and ligament abnormalities: Part I. Spine and upper extremities.
Skelet Radiol 1992; 21: 1-9.

116.
Tonkin M, Lister G.
Results of primary tendon repair with closure of the tendon sheath.
Aust N Z J Surg 1990; 60: 947-52.
117.
Uchiyama S, Coert JH, Berglund L, Amadio PC, An K-N.
Method for the measurement of friction between tendon and pulley.
J Biomech Res 1995; 13: 83-9.
118.
Uchiyama S, Amadio PC, Ishikawa J-I, An K-N.
Boundary lubrication between the tendon and the pulley in the finger.
J Bone Joint Surg 1997; 79A: 213-8.
119.
Uchiyama S, Amadio PC, Coert JH, Berglund LJ, An K-N.
Gliding resistance of extrasynovial and intrasynovial tendons through the A2 pulley.
J Bone Joint Surg 1997; 79A: 219-24.
120.
Vacca LL.
Laboratory Manual of Histochemistry,
New York: Raven Press, 1985. Pp. 327-329.
121.
Vamhidy L, Ferder M, Biro V, Salamon A, Strauch B.
Anatomy of the chicken foot for the experimental investigation in flexor tendon surgery.
Acta Chir Hung 1995-96; 35: 21-33.
122.
Verdan CE
Half a century of flexor-tendon surgery, current status and changing philosophies.
J Bone Joint Surg 1972; 54A: 472-91.
123.
Visek V, Stoilov M.
Scope for diagnostic uses of ultrasound in inveterate tendon injuries.
Acta Chir Plast 1985; 27: 224-34.
124.
Walbeehm ET, McGrouther DA.
An anatomical study of the mechanical interactions of flexor digitorum superficialis and profundus and the flexor tendon sheath in zone 2.
J Hand Surg 1995; 20B: 269-80.

125.

Whittaker CR.

The arrangement of the synovial membrane in the palmar digital sheaths.

J Anat 1907; 41: 155-7.

126.

Wiig M, Abrahamsson S-O, Lundborg G.

Tendon repair – cellular activities in rabbit deep flexor tendons and surrounding synovial sheaths and the effect of hyaluronan: An experimental study in vivo and in vitro.

J Hand Surg 1997; 22A: 818-25.

127.

Wilson WF, Hueston JT.

The intratendinous architecture of the tendons of flexor digitorum longus and flexor pollicis longus.

The Hand 1973; 5: 33-8.

128.

Woodburn KR, McGrouther DA

Tendon excursions of the interossei and superficial hypothenar muscles: An anatomical study.

J of Hand Surg 1988; 13B: 415-20.

129.

Youm Y, Gillespie TE, Flatt AE, Sprague BL

Kinematic investigation of normal MCP joint.

J of Biomechanics 1978; 11: 109-18.

130.

Zhao CF, Amadio PC, Berglund L, An K-H.

The A3 pulley.

J Hand Surg 2000; 25A: 270-6.