

MACERÁLT MANDIBULA MINTÁK RONCSOLÁSOS BIOMECHANIKAI VIZSGÁLATA

BIOMECHANICAL COMPRESSION EXAMINATION OF MACERATED MANDIBLE

Simonovics János Ph.D. hallgató, Dr. Váradi Károly egyetemi tanár, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki kar, Gép- és Terméktervezés Tanszék. 1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3-9., e-mail: simonovics.janos@gt3.bme.hu, varadik@eik.bme.hu.

Dr. Bujtár Péter, PhD Candidate, University Hospitals of Oulu, Department of Oral and Maxillofacial Surgery Oulu, Finland, e-mail: bujpet@yahoo.co.uk.

Dr. Szűcs Attila egyetemi docens, SOTE Arc-Állcsont- Szájsebészeti és Fogászati Klinika, 1085 Mária u. 52.

Dr. Fejér Zsolt egyetemi adjunktus, SOTE Humánmorfológiai és Fejlődésbiológiai Intézet, 1094 Budapest, Tűzoltó u. 58.

ABSTRACT

Nowadays the used mechanical properties become more and more important on the field of biomechanics. Appropriate values provide more realistic simulations and surgeons can reach better stability and faster recovery in case of traumatology.

1. BEVEZETÉS

A daganatok esetében legfontosabb a megelőzés. A szájüregi daganatok jelentős része fizikális vizsgálattal felderíthető. Az időben történő felismerés szó szerint életet menthet.

Magyarországon évente mintegy 3 ezer embernél fedeznek fel szájüregi rákot, a daganat következtében csaknem 1700 beteg hal meg minden évben. Ezen értékekkel a férfiak és nők tekintetében első helyen állunk Európában.[1]

A szájüreg kóros eltérései pedig a legkönnyebben felfedezhető daganatos betegségek közé tartoznak - ennek ellenére sokan későn kerülnek orvoshoz, amikor már radikális beavatkozásra van szükség, s a gyógyulás esélye is lecsökken.

A szájüregi rák kezelése függ attól, hogy a daganat az ajak, a száj vagy a nyelv melyik részén fejlődött ki, milyen stádiumban fedezték fel, s milyen a beteg általános állapota.

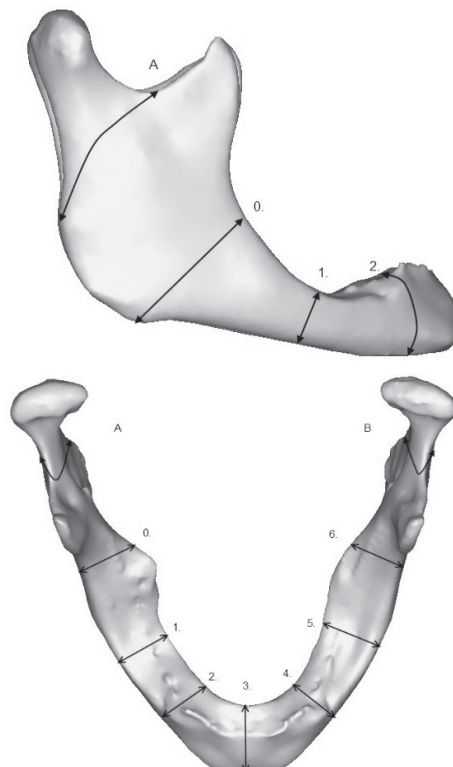
Amennyiben az állkapocs (mandibula) érintett a rák tekintetében, legtöbb esetben nem lehet eltekinteni a sebészeti beavatkozástól, mert a tumor rendszerint csak kimetszéssel távolítható el.

2. MANDIBULA REZEKCIÓ

Tumoros csontállományok eltávolítására mandibularezekciót alkalmaznak, mely során a tumoros csontrészt (és annak körültekintően kijelölt nagyobb környezetét) eltávolítják. A rezekció attól függően, hogy a teljes mandibula keresztmetszetet érinti e, lehet részleges, illetve teljes rezekció.

Ezáltal a mandibula, feladatának ellátását tekintve funkcióját veszti, továbbá mechanikai teherviselő szerepe megszűnik.

Természetesen ezt a problémát orvosolni kell. A rezekciók típusaira nincsenek előre lefektetett sémák, mindig egyedi esetekről beszélhetünk. A legtöbbször előforduló eseteket mégis csoportosítani lehet. A következő ábra tartalmazza a legfontosabb rezekció helyeket, melyek a való életben számtalanképpen kombinálódhatnak.



1. ábra Fontosabb rezekciós tartományok

A klinikai gyakorlatban a rekonstrukcióra két bevett módszer található, mely nagymértékben függ rezekció milyenségétől (mekkora szakasz érintett),

illetve a rezekció környezetében található megmaradt csontok szerkezeti minőségétől is. Az egyik módszer a csont graft használata. Ez a módszer a viszonylag jó állapotú rezekció környezetű csontoknál használható. A graft rögzítése lemezeléses technikával történik.

Roszbabb állapotú csontoknál vagy a rezekció nagyságának következtében csak lemezes rekonstrukciót alkalmaznak. A használt lemezek igen változatosak lehetnek. A lemez nagysága és hossza úgymond az orvos által a klinikai esetnek megfelelően választott. A rezekció méretének megfelelően a használt lemez hossza a megfelelő csavaros rögzítés létrehozásának függvényében alakul ki. A lemezt minden esetben a csont geometriájának megfelelően deformálják, teljesen személyre szabott formát biztosítanak. Rezekció oldalanként általában 3-4 csavart használnak.

A csavarok attól függően, hogy a mandibula mekkora szakaszán és hol haladnak át, megkülönböztethető monocorticalis, bicorticalis csavar. Értelemszerűen a bicorticalis csavar, oly mértékben áthalad a csonton, hogy az átellenes corticalis (kemény) rétegben is számottevő mértékben kapcsolódik, esetleg teljesen át is halad rajta. Ezáltal ezen csavarok hossza, különböző.

Megkülönböztethetünk továbbá az új módszerek között úgynevezett Locking és Non-Locking rendszereket. Locking rendszer esetében a csavar feje és a lemezben lévő csavar süllyesztés menettel van ellátva, ezzel biztosítva a tökéletes rögzítést. A Non-Locking rendszerrel általában egyszerű süllyesztéssel biztosítják a lemezben lévő furatnál a csavar illeszkedésének feltételeit.

Az anyagokat tekintve a szájsebészeti implantátumok anyagai valamilyen titán ötvözetek a legtöbb esetben (TiCP - titaniumcommercialpure, Ti6Al7Nb, stb.). Ezek Young modulusa 90-110GPa között mozog, 0,3-as Poisson tényező mellett.

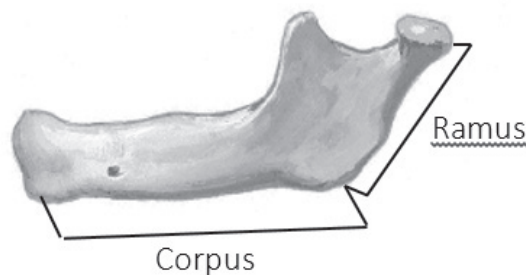
3. CSAVARKÖRNYEZET MINTAVÉTELEZÉS

Az implantátumot rögzítő csavarok környezetének mindezek alapján kiemelt jelentőséget lehet tulajdonítani.

A sokszor nehezen kivitelezhető cadaver vizsgálatok helyett egyre inkább létjogosultságot nyer a végeelemes vizsgálat, a biomechanika ezen területén is. Az irodalomban fellelhető szimulációkhoz felhasznált modellek esetében elenyésző részben vagy egyáltalán nem fordítanak kiemelt figyelmet a corticalis állomány vastagságára és annak tényleges mechanikai tulajdonságaira, holott a csont állományainak mechanikai tulajdonságai igen széles határok között változhatnak,

egyénekenként igen különbözőek lehetnek. Az ilyen úton elvégzett vizsgálatok nem nyújtanak kellően reális képet a csavarok és közvetve a lemezek valós rögzítési viszonyairól.

Az általam elvégzett kutatás során halottak macerált mandibuláin, a rekonstrukcióhoz felhasznált lemez lecsavarozása során nagy eséllyel érintett területeket választottam ki, mintákat vettem e területekről és roncsolásos mechanikai vizsgálatnak vettem alá őket. Ezen csavarhelyek a klinikai gyakorlatnak megfelelően mind a corput és mind aramust érintették.

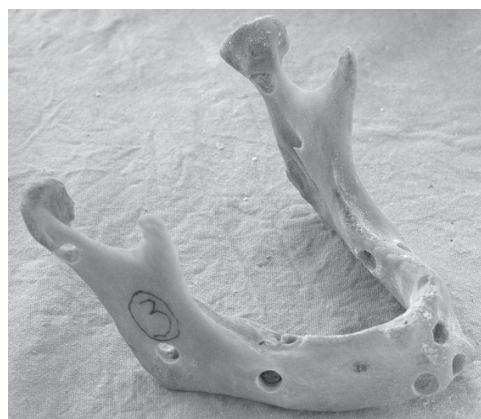


2. ábra Mandibula test fő részei

Preparálás során macerálást használva a meleg vizes áztatás során a lágyrészek elbomlanak, a csontot ezt követően gőzölik, majd fehéritik. Mivel a csont sói és osteocollagen rostrendszerei érintetlenek maradnak a preparálás során, ezért annak mechanikai tulajdonságai szignifikáns mértékben nem változnak.[2]

A mintavétel a Semmelweis Egyetem Humánmorfológiai és Fejlődésbiológiai Intézetben történt. A vizsgálathoz felhasznált csontminták kivételét a Tudományos és Kutatásügyi Bizottság jóváhagyta.

A minta kivételéhez 6mm-es belső átmérőjű 10mm-es magasságú csontrepánt alkalmaztam, mely a kivétel során folyamatosan hűtve volt. Összesen 6 fogatlan, idős emberektől (női és férfi vegyesen) származó mandibulából, 57 hengeres minta került kivételre.



3. ábra Macerált mandibula kivett minták helyeivel

A mandibula alakjánál fogva bonyolult csontnak tekinthető, a szerkezet ortotrópiája a geometriával folyamatosan változik.[3]

Mechanikai paraméterek az orca felüli csontoldalon, illetve a szájüreg felőli oldalon teljesen eltérőek lehetnek. A kivétel során a csontok irányultságát a mintákon jelöltem.

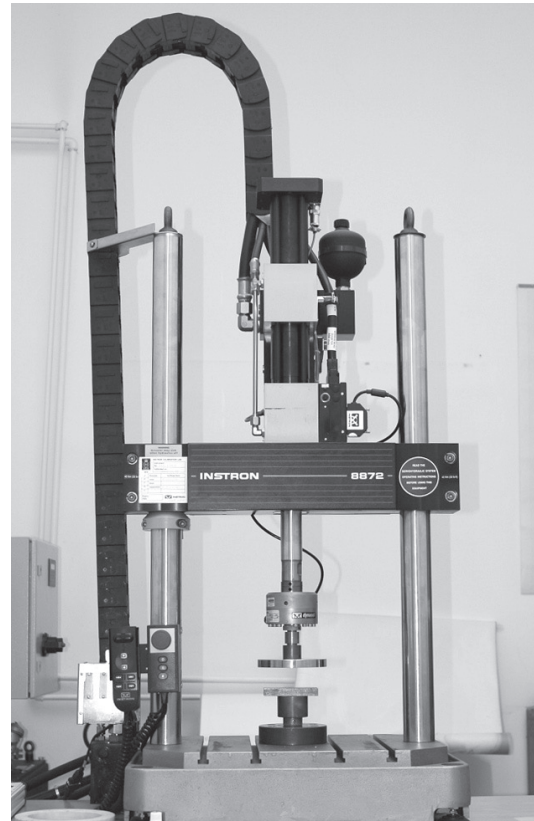
A minták kivételét követően az azokon lévő spongiosa állomány eltávolítását, majd speciális csiszoló készülékben történő csiszolását végeztem el. Ennek következtében a minták egységesen 4mmx4mmxcorticalis vastagság méretű kocka geometriát kaptak. A strukturált tárolást követően, a későbbi végelelemes vizsgálatokhoz CBCT/CT scanneléseket végeztem a mintákon, egy egyedi validációsablom segítségével. Ezt követően elvégeztem a mintavételezés helyétől és sorrendjétől független, véletlenszerű nyomóvizsgálatokat a Budapesti Műszaki- és Gazdaságtudományi Egyetem Biomechanikai Kooperációs Kutatóközpontjában, mely során a mintákat 3 részre bontottam szét és ortotróp tulajdonságait vizsgáltam, fókuszba helyezve a pontosabb rugalmassági modulus értékek meghatározását. Ennek megfelelően a csont eredeti pozíciójához képest axiális, radiális és tangenciális irányokat vizsgáltam, nyomóvizsgálatokkal. Mivel axiális irányban várható a csont legnagyobb rugalmassági modulus értéke, így ennek az iránynak a mintaszámát megnöveltem. A csiszolás következtében mérésre alkalmatlanná vált minták után összesen 48 minta állt rendelkezésemre, melyet a következőképp osztottam fel a 3 irány között (1. táblázat):

1. táblázat Vizsgált minták száma

Ténylegesen mért minták	Axiális	Radiális	Tangenciális	Szigma
Macerált	26	10	12	48

A nyomóvizsgálatok előtt minden minta méretét lemértem és az adatokat rögzítettem. Erő – elmozdulás görbéket vettem fel a nyomóvizsgálatok segítségével, mely alapja volt a rugalmassági modulusra való következtetésnek, a mérésekre általános körülmények között volt lehetőségem. A vizsgálatokat 25kN-os méréshatáru erőmérő cellával végeztem egy Instron 8872-es

gépen. A terhelési sebességet $0,5 \frac{mm}{min}$ -ben határoztam meg, a méréseket az erő-elmozdulás görbe alapján a minták tönkremenetelig végeztem.

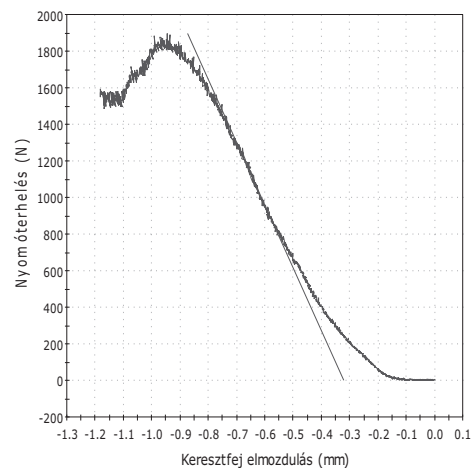


4. ábra Nyomóvizsgálat

A mintákat, a méréseket követően megfelelő tárolóeszközben visszajuttattam a Semmelweis Egyetem Humánmorfológiai és Fejlődésbiológiai Intézetébe, ahol azok megsemmisítésre kerültek.

4. EREDMÉNYEK

A nyomóvizsgálatok során a csontra jellemző erő-elmozdulás görbéket regisztráltam.

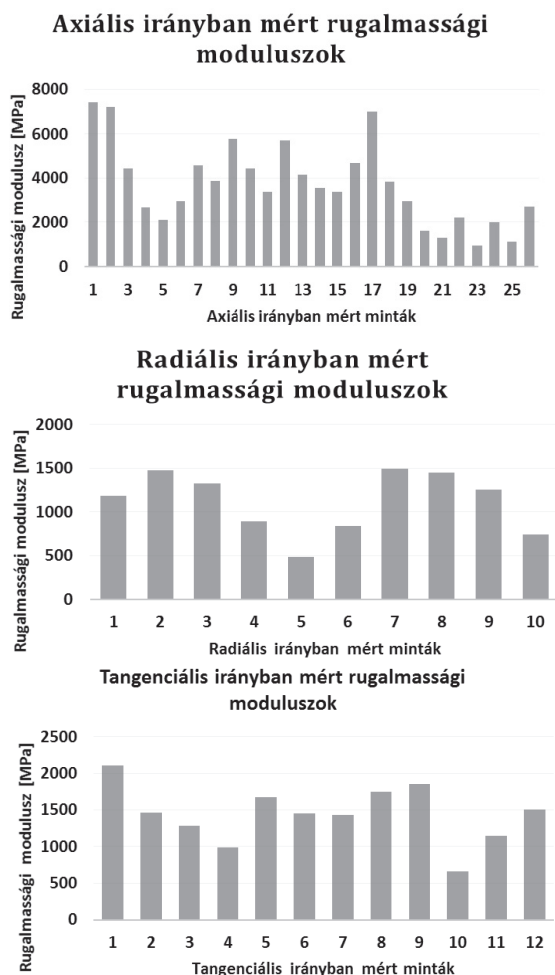


5. ábra Erő-elmozdulás görbe az egyik mért mintán

Az irodalomban található csonton végzett nyomóvizsgálatok adatai meglehetősen nagy szórással bírnak, köszönhetően például az egyéni adottságoknak (nem, kor, egyéb adottságok), a

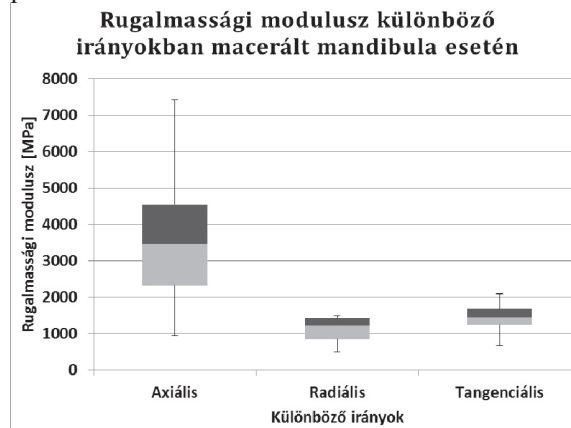
csontok tárolásának. Fogatlan mandibulára szűkítve a keresést, főként a corticalis állomány esetén, ezen belül is az ortotróp tulajdonságokat vizsgáló nyomóvizsgálatokra fókuszálva e területeken meglehetősen kevés az adat. A fellelhető izotróp adatok 1,5-15GPa-ig terjednek.[4] Ezen értékek az irodalomban található átlag alatt maradnak. A szakirodalmi izotrópátlag 14-23GPa-os corticalis rugalmassági moduluszra hivatkozik, melyeket aktívan felhasználnak például szimulációk készítésekor. A valóságban azonban meglehetősen erős túlzás, akár egy idősebb személy esetében, ilyen értékeket felhasználni mechanikai szimulációkhoz.

Az általam végzett nyomóvizsgálatokból kiderül, hogy a mért értékek az irodalmi átlag alatt maradnak, így ezek figyelembe vétele kulcsfontosságú lehet adott esetben egy valósághoz közelebb álló modell megépítésekor. A mért értékek a következő diagramokon láthatóak.



6. ábra Rugalmassági moduluszok a különböző irányokban

A különböző irányokban vett értékeket box-plot diagramban ábrázolva jól látható az irányok közötti eltérés, az átlag értékek és a szórás is. A diagramon az 50%-os medián érték mellett az alsó és felső percentiliseket 25 és 75%-ban definiáltam. A tangenciális irány az adott mérések esetében némileg jobb tulajdonságokat mutat a rugalmassági modulusz értékére fókuszálva, mint a radiális. Az axiális irány az elvártnak megfelelően a tangenciálisnál és radiálisnál kedvezőbb értékeket produkált.



7. ábra Rugalmassági modulusz értékek összehasonlítása a különböző irányokban

4. ÖSSZEFOGLALÁS

Tanulmányom során, macerált fogatlan mandibula minták ortotróp irányokban vett nyomóvizsgálatát végeztem el, mely alapján kiderült, hogy az irodalomban általánosan használt rugalmassági értékektől nagymértékben eltérő mechanikai tulajdonságokkal bíró eredmények kulcsfontosságúak lehetnek további biomechanikai vizsgálatok esetén.

5. IRODALOM

- [1] F. Levi, F. Lucchini, E. Negri, P. Boyle, és C. La Vecchia, „Cancer mortality in Europe, 1995-1999, and an overview of trends since 1960”, *Int. J. Cancer*, vol 110, sz 2, o 155-169, jún 2004.
- [2] J. Szentágothai és M. Réthelyi, *Funkcionális anatómia*. Budapest: Medicina Könyvkiadó Rt., 2002.
- [3] T. Nomura, E. Gold, M. P. Powers, S. Shingaki, és J. L. Katz, „Micromechanics/structure relationships in the human mandible”, *Dent. Mater.*, vol 19, sz 3, o 167-173, 2003.
- [4] G. Odin, C. Savoldelli, P.-O. Bouchard, és Y. Tillier, „Determination of Young's modulus of mandibular bone using inverse analysis”, *Med. Eng. Phys.*, vol 32, sz 6, o 630-637, júl 2010.