

Raport de Cercetare

Grant: STUDIAREA DINAMICII MANDIBULEI SI MODELAREA DE IMPLANTE PENTRU CORECTAREA PRIN INTERVENTII CHIRURGICALE A RUPERILOR SALE ACCIDENTALE

**Autor: prof.dr.ing. Doina Dragulescu
Universitatea: POLITEHNICA din Timisoara**

1. ALCATUIREA SCHELETULUI CRANIAN

Scheletul capului numit și craniu este format din 22 de oase, care se grupează în două segmente: craniul *cerebral* și craniul *visceral*.

1.1. CRANIUL CEREBRAL

Craniul cerebral (neurocraniul sau cutia craniană) adăpostește în interiorul lui encefalul. Are formă aproximativ ovoidă, cu axul mare îndreptat antero-posterior. I se pot distinge două părți: *bolta* craniului și *baza* craniului. Aceste două părți pot fi delimitate printr-un plan care trece prin gabele (depresiunea osoasă dintre cele două arcade sprâncenoase) și prin protuberanța occipitală externă a osului occipital. Tot ce rămâne deasupra acestui plan formează bolta craniului, iar tot ce rămâne sub el se numește baza craniului. Fața internă a bazei craniului se numește *endobază*, iar fața externă se numește *exobază*.

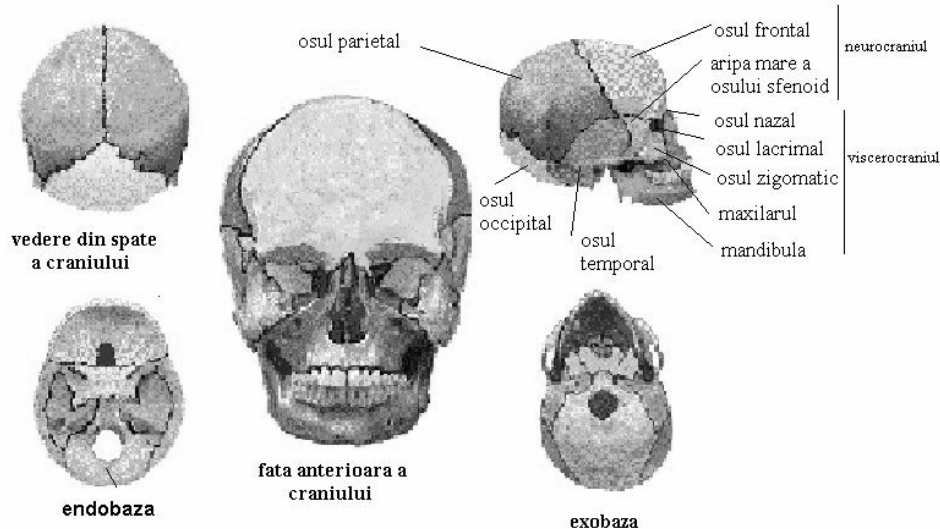


Fig. 1.1 Oasele craniului cerebral

Cutia craniană este alcătuită din opt oase, dintre care patru sunt perechi și patru neperechi. Oasele perechi sunt reprezentate prin două oase *parietale* și două oase *temporale*. Oasele neperechi sunt reprezentate prin osul *frontal*, osul *etmoid*, osul *sfenoid* și osul *occipital* (figura 1.1).

Bolta (calota) craniului este alcătuită din următoarele oase:

- osul frontal, prin porțiunea lui verticală
- osul occipital, prin partea sa superioară;
- cele două oase parietale, în întregime și cele două oase temporale, prin partea lor mai lățită, numită solzul temporalului.

Aceste oase se unesc între ele prin *suturi dințate* și prin *suturi solzoase*.

Bolta craniului, privită pe dinăuntru (partea concavă), prezintă pe linia mediană a osului frontal o creastă osoasă, numită *creastă frontală*, pe care se prinde *coasa creierului*.

Baza craniului (endobaza) este alcătuită din șase oase, dintre care unele, prin forma lor și legăturile pe care le au, iau parte și la formarea segmentului facial:

- posterior se află *osul occipital*, care ia parte la formarea bazei, prin porțiunea sa inferioară;
- anterior se află *osul sfenoid*;
- transversal se află *osul frontal* ce închide porțiunea interioară a bazei.

Spațiul rămas liber între osul frontal și osul sfenoid este completat de lama ciuruită a osului etmoid.

Părțile laterale ale bazei craniului sunt închise de o parte și de alta de *stânca osului temporal*.

Baza craniului este străbătută de o serie de găuri mari și mici, precum și de fisuri, (crăpături). Aceste găuri sunt locul de trecere pentru cele 12 perechi de nervi cranieni, pentru bulbul rahidian care continuă cu măduva spinării, precum și pentru arterele și venele craniului și encefalului.

• OSUL FRONTAL

Osul frontal (figura 1.2) este un os nepereche, așezat în partea anterioară a cutiei craniene, ia parte la formarea cavităților nazale și a orbitelor și este format din mai multe porțiuni.

frontală. Marginea posterioară a frontalului este crestată și se articulează cu oasele parietale.

Partea verticală sau solzoasă ce formează *fruntea*, are pe *partea anterioară* două proeminențe numite *tuberculi frontali* sau *eminențe frontale*. Sub tuberculii frontali, deasupra orbitelor, sunt două proeminențe arcuite, numite *arcuri sprâncenare* sau *arcade orbitale*; între ele, pe linia mediană, se află *glabella*, o suprafață osoasă care prezintă pe linia mediană o sutură dințată, *sutura metopică*; la unele craniile adulte, această sutură lipsește, dar există în timpul dezvoltării. Arcadele orbitale se continuă lateral cu *apofizele zigomatice*, care se articulează cu *osul zigomatic*. Marginile interne ale arcadelor sprâncenare și glabella se prelungesc în jos prin porțiunea nazală a frontalului. Aceasta prezintă o scobitură, numită *incizura nazală* și se termină cu o apofiză ascuțită, *spina nazală a frontalului* sau *spina frontală*. Pe fiecare arcadă orbitală, spre extremitatea internă, se observă o scobitură, numită *incizura supraorbitală*; în unele cazuri aceasta se prezintă ca un orificiu supraorbital. Marginea posterioară a apofizei zigomatice se continuă în sus și înapoi cu o creastă, creasta laterală a frontalului. Marginea fiecărei arcade orbitale se continuă posterior cu o lamă triunghiulară, *apofiza orbitală* sau *lama orbitală*, care formează o parte din peretele superior al orbitei; între marginile mediale ale celor două apofize orbitale rămâne un spațiu, *incizura etmoidală*, vizibilă pe fața orbitală a osului frontal. Pe marginile incizurii etmoidale sunt niște scobituri mici, numite *celule etmoidale*; ele reprezintă continuarea sinusurilor etmoidale. Pe fața internă a frontalului, pe linia mediană, se află un șanț, șanțul sangital, care, în partea anterioară, se continuă cu creasta. În osul frontal, în regiunea de la baza nasului, înapoi la incizura nazală, sunt două cavități neregulate, *sinusurile frontale*. Fiecare sinus frontal comunică cu cavitatea nazală printr-un *canal frontonazal*, care se deschide în meatul mijlociu.

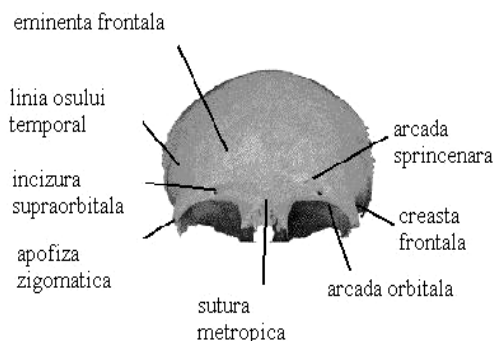


Fig.1.2 Osul frontal

• OSUL ETMOID

Osul etmoid (figura 1.3) este un os nepereche. El aparține atât cutiei craniene, cât și craniului visceral. Se află așezat în partea dinaintea bazei cutiei craniene, între frontal și sfenoid, fiind format din: *lama ciuruită*, *lama verticală* și *masele laterale*.

articulează, anterior și lateral, cu osul frontal, iar posterior cu osul sfenoid și formează plafonul cavității nazale.

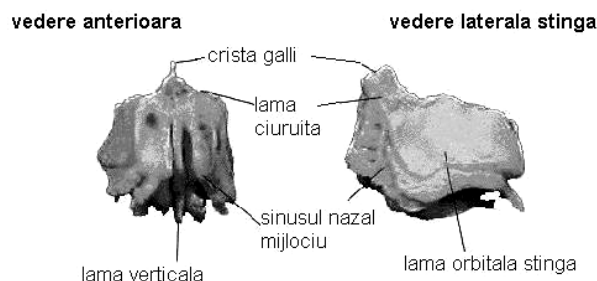


Fig.1.3 Osul etmoid

Lama verticală a etmoidului este perpendiculară pe lama ciuruită și este așezată în planul median. Ea are două părți: una deasupra lamei ciuruite, numită *apofiza crista galli*, și alta sub lama ciuruită, numită *lama perpendiculară*. *Apofiza crista galli* are forma unei lame groase triunghiulare care proemină în cutia craniană. Prin marginea ei anterioară se articulează cu osul frontal, iar pe marginea ei posterioară se fixează coasa creierului.

Lama perpendiculară se prezintă ca o lamă subțire, cu formă dreptunghiulară, și formează partea superioară a septului nazal.

Lama ciuruită a etmoidului este partea centrală a etmoidului și ocupă incizura etmoidală. Are formă dreptunghiulară, cu lungimea antero-posterioară, și este caracterizată prin existența unui mare număr de orificii care o străbat și prin care trec fibrele nervilor olfactivi. Lama ciuruită se

Masele laterale se mai numesc *labirinte* și sunt așezate pe părțile laterale inferioare ale lamei ciuruite. Ele au forma aproximativ cubică. Fețele externe ale maselor laterale sunt formate din câte o lamă subțire, *lama orbitală*, care contribuie la formarea peretelui medial al orbitei. Fețele interne ale maselor laterale sunt formate, din câte o lamă subțire - *lama medială* și formează peretele extern al cavității nazale. Această lamă prezintă două îndoituri curbate în jos, cunoscute sub numele de *cornete nazale* – *cornetul nazal superior și cornetul nazal mijlociu*. Sub cornetul nazal superior este un spațiu-*meatul nazal superior* iar sub cornetul nazal mijlociu este un altul-*meatul nazal mijlociu*. Pe fața superioară a masei laterale se află niște cavități, care sunt închise de celulele etmoidale ale frontalului, formând împreună *sinusurile etmoidale*. Aceste sinusuri se găsesc și în grosimea maselor laterale.

• OSUL SFENOID

Osul sfenoid (figura 1.4) este un os nepereche, se găsește în partea centrală a bazei craniului, privit pe fața inferioară, are forma unui fluture și este format din: *corp*, *aripile mici*, *aripile mari* și *apofizele pterigoide*.

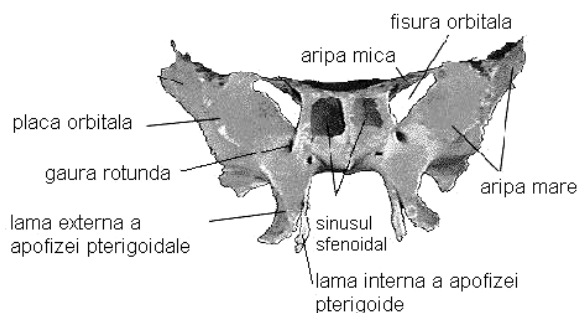


Fig. 1.4 Osul sfenoid

Corpul sfenoidului, este partea centrală care se sudează anterior cu frontalul și etmoidul, iar posterior cu occipitalul. Pe fața superioară a corpului se află o scobitură transversală, care poartă denumirea de *șaua turcească*. În fundul acesteia este o gropiță-*gropița hipofizară*, în care este adăpostită glanda hipofiză. Marginea anterioară a șeii turcești este formată dintr-un tubercul numit *tuberculul șeii*. Pe fiecare latură a tuberculului șeii este o apofiză - *apofiza clinoidă anterioară*. Posterior, șaua este mărginită de o ridicătură lamelară, numită *lama patruleteră*. Pe fiecare latură, lama patruleteră prezintă unghiuri superolaterale denumite *apofize clinoidale posterioare*. Lama patruleteră se continuă posterior, cu suprafața înclinată, care se articulează cu corpul occipitalului.

Înainte tuberculului șeii se observă un șanț transversal, *șanțul optic* sau *șanțul chismatic*. La fiecare extremitate a șanțului optic se găsește un orificiu, numit *orificiu optic*; prin cele două orificii intră în craniu nervii optici, care în șanțul optic, se încrucișază formând chisma optică. Porțiunea de pe fața superioară, aflată înaintea șanțului optic, poartă denumirea de *jugul sfenoidului* și se articulează cu etmoidul. În corpul sfenoidului sunt săpate două cavități- *sinusurile sfenoidale*-care se deschid în cavitatea nazală prin orificii situate în meaturile superioare.

Aripile mici ale sfenoidului sunt două lame osoase de formă triunghiulară, care pornesc de pe părțile anterioare ale marginilor feței superioare a corpului. Baza este fixată pe corpul sfenoidului, iar vârful este

îndreptat în sus și înainte. Baza fiecărei aripi mici corespunde extremității șanțului optic și închide orificiul optic. Unghiul medial posterior al aripii mici corespunde tuberculului șeii turcești și formează apofiza clinoidă anterioară. Prin marginile anterioare se articulează cu frontalul și cu etmoidul. Aripile mici contribuie la formarea peretelui superior al orbitei.

Aripile mari ale sfenoidului reprezintă două apofize mari, care pornesc de pe fețele laterale ale corpului, îndreptându-se înainte și în sus. Ele au o formă aproximativ piramidală, prezentând trei fețe:

- *fața posterioară sau cerebrală* este concavă în sus și formează o parte din baza craniului;
- *fața anterioară sau orbitală* are o formă patrulateră și formează o parte din peretele extern al orbitei;
- *fața externă sau temporală* are o formă neregulată și formează peretele cutiei craniene dintre frontal și temporal.

La baza aripii mari se găsesc mai multe orificii, dintre care amintim:

- pe partea anterioară-gaura rotundă, prin care trece nervul maxilar superior
- pe partea posterioară-gaura ovală, prin care trece nervul mandibular.

Între marginea posterioară a aripii mici și marginea anterioară a aripii mari se află *fisura orbitală superioară*, prin care se face legătura cu orbita. *Apofizele pterigoidale ale sfenoidului* sunt două apofize care pornesc de pe feța inferioară a corpului, din dreptul bazei aripiilor și se îndreaptă vertical în jos. Fiecare apofiză pterigoidă este formată din două lame sau aripi: *lama internă* și *lama externă*; între ele rămâne un spațiu care se numește incizura pterigoidiană. Baza *apofizei pterigoide* este străbătută de *canalul pterigoidian*. Apofiza pterigoidă servește la inserția mușchilor pterigoidieni. Pe fața inferioară a corpului sfenoidului, există o creastă mediană care se termină anterior printr-o spină cu formă triunghiulară-*ciocul sfenoidului*.

• OSUL OCCIPITAL

Osul occipital (figura 1.5) este un os nepereche, așezat în partea posterioară a cutiei craniene, este format din *partea bazală sau corpul osului occipital*, două *părți laterale* și *solzul occipitalului*. Aceste părți sunt grupate în jurul unui orificiu – *marea gaură occipitală* – prin care se comunică între cutia craniană și canalul vertebral.

Partea bazală sau corpul occipitalului este situată anterior față de marea gaură occipitală, pe linia mediană, și are forma aproximativ cuboidală. Fața sa anterioară se articulează cu corpul sfenoidului. Fața superioară, de formă aproape patrulateră, este netedă și înclinată înainte înapoi; ea este scobită în forma unui șanț larg antero-posterior și susține bulbul rahidian și puntea. Fața inferioară, tot de formă patrulateră, este rugoasă și are pe linia mediană, aproape de marea gaură occipitală, o proeminență – *tubercul faringian* – servind pentru inserția aponevrozei faringiene. Fețele laterale se articulează cu oasele temporale.

Părțile laterale sau părțile condiliene sunt așezate pe laturile găurii occipitale. Ele sunt două masive oase de formă neregulată. Pe fața inferioară a fiecărei părți laterale se găsește o apofiză ovală numită *condil occipital*. Cei doi condili occipitali au suprafețe de articulare pentru cavitățile articulare ale primei vertebre cervicale. În dreptul marginii anterioare a condilului, partea laterală este străbătută de un canal – canalul condilian anterior – prin care trece nervul hipoglos. Prin fețele lor laterale, părțile laterale se articulează cu oasele temporale.

Solzul occipitalului este așezat posterior față de marea gaură occipitală și este partea cea mai dezvoltată și cea mai subțire a osului occipital. *Fața externă* a solzului este convexă. Pe linia ei mediană o ridicătură care se numește *protuberanța occipitală externă*. Ea se continuă în jos, pe linia mediană, cu o creastă, care se numește *creastă occipitală externă* și merge până la marea gaură occipitală. Tot din protuberanța occipitală externă pornește lateral, la dreapta și la stânga, o linie curbă, *linia nucală superioară*; aproximativ la mijlocul crestei mari este o altă linie curbă, *linia nucală inferioară*. Partea din fața externă a solzului, care se găsește deasupra liniei curbe superioare, este netedă și se numește *palanum occipitale*, iar partea care se găsește sub această linie este rugoasă și se numește *palanum nucale*; pe aceasta din urmă se inserează unii mușchi ai cefei.

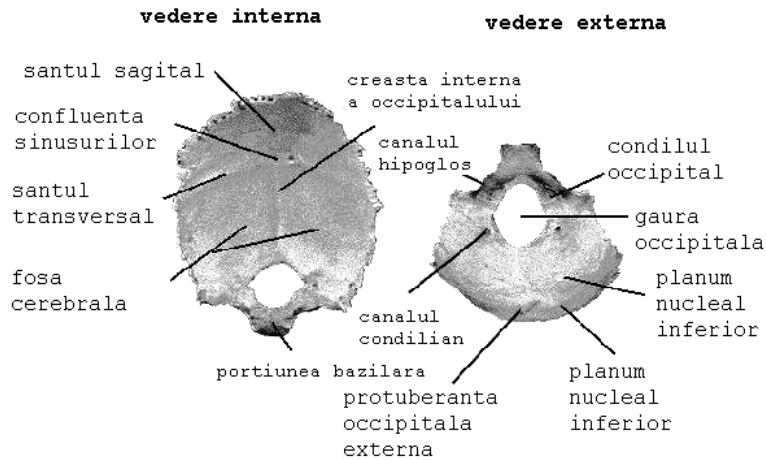


Fig.1.5 Osul occipital

Fața internă este concavă și corespunde suprafeței encefalului. În mijlocul ei se găsește *protuberanța occipitală internă*. De la ea pornește în jos, pe linia mediană, *creasta occipitală internă*, care se bifurcă pe marginile găurii occipitale. De la protuberanța occipitală internă pornește în sus, pe linia mediană, un șanț, *șanțul sagital superior*. Lateral, pornește din protuberanță un șanț, *șanțul transversal*. Creasta și șanțurile amintite determină pe fața internă a occipitalului patru scobituri, numite *fose*; cele care se găsesc deasupra șanțului transversal au forma aproape triunghiulară și adăpostesc lobii occipitali ai emisferelor cerebrale, de aceea se numesc *fose cerebrale*, iar cele așezate sub șanțul transversal au formă aproximativ patrulateră și adăpostesc emisferile cerebeloase și poartă denumirea de *fose cerebeloase*. Marginile solzului, de la părțile laterale până la șanțul transvers, se articulează cu oasele temporale, iar marginile dinaintea acestui șanț se articulează cu oasele temporale, iar marginile dinaintea acestui șanț se articulează cu oasele parietale.

- **OSUL PARIETAL**

Osul parietal (figura 1.6) este un os pereche, așezat în părțile latero-superioare ale cutiei craniene, are formă patrulateră neregulată.

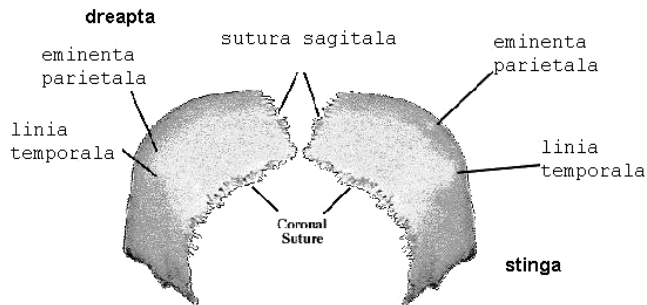


Fig.1.6 Osul parietal

Fața externă este convexă; în mijlocul acestei fețe convexitatea este mai accentuată, formând *eminanța parietală*. Sub aceasta se observă două linii curbe: una superioară - *linia temporală superioară* și alta inferioară - *linia temporală inferioară*, pe ele se inserează mușchiul temporal. Fața internă este concavă și prezintă numeroase șanțuri, în care sunt adăpostite vasele sanguine și impresiunile circumvoluțiilor cerebrale. Marginea superioară este dințată și se articulează cu parietalul din cealaltă parte, formând *sutura sagitală*, care trece prin creștetul capului. Anterior parietelele se articulează cu frontalul, posterior cu occipitalul, iar lateral cu temporalul.

• OSUL TEMPORAL

Osul temporal (figura 1.7) este un os pereche, asezat pe părțile latero-inferioare ale cutiei craniene, are formă neregulată și este format din mai multe părți: *partea pteromastoidiană*, *partea timpanică*, *partea hioidiană* sau *apofiza stiloidă* și *solzul temporalului*.

- *Partea pteromastoidiană* este formată din *stânca temporalului* și din *partea mastoidiană*. *Stânca temporalului* sau *piramida* este porțiunea cea mai groasă a temporalului și are formă de piramidă triunghiulară. Vârful ei este orientat anterior și medial, iar baza este orientată posterior și lateral, unindu-se cu partea mastoidiană. Are o față anterioară, o față posterioară și o față inferioară. Pe fața anterioară, aproape de vârf, există o mică scobitură pentru ganglionul Gasser. Pe fața posterioară, aproape de mijloc, se găsește *orificiul conductului auditiv intern*, prin care trec nervii cranieni, iar lângă el, spre exterior un orificiu în formă de fantă care duce în apeductul vestibulului, canal care adăpostește conductul endolimfatic. Fața inferioară formează o parte din baza craniului și pe ea se inserează mușchii. În stânca temporalului sunt săpate cavități și canale care formează *labirintul osos* al urechii interne. *Partea mastoidiană* este așezată posterior și lateral față de piramidă. Se prezintă ca o masă osoasă, turtită lateral. Fața externă este convexă și rugoasă și servește pentru inserția unor mușchi. La partea antero-inferioară formează o proeminență puternică, apofiza mastoidă care la rândul ei are suprafață rugoasă pentru inserția mușchilor. Fața internă este concavă și străbătută de un *șanț sigmoidal*. În interiorul părții mastoidiene sunt săpate numeroase cavități pneumatice, *celule mastoidiene*, care sunt mai numeroase în apofiza mastoidă. În partea mastoidiană, superior și medial, se găsește un sinus, *antrum mastoidian*, care se deschide în urechea mijlocie.

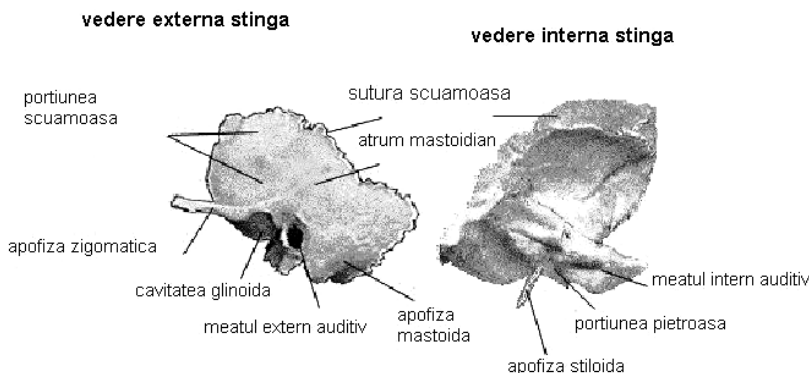


Fig.1. 7 Osul temporal

- *Partea timpanică* este reprezentată printr-o lamă osoasă, curbată în sus, care este fixată cu marginea anterioară de rădăcina posterioară a apofizei zigomatice, iar cu marginea posterioară, de fața anterioară a apofizei mastoide. Marginea internă este fixată de stânca temporalului, pe când marginea externă este liberă și pe ea se fixează extremitatea internă a părții cartilajinoase a canalului auditiv extern. Fața superioară a lamei timpanice este concavă și formează peretele inferior și pereții laterali ai părții osoase a conductului auditiv extern. La acest nivel se observă *orificiul conductului auditiv extern*. Fața sa inferioară este în raport cu baza apofizei stiloide.

- *Partea hioidiană* este reprezentată de *apofiza stiloidă*, care are formă conică și este lungă de 2,5 cm, fiind fixată pe fața inferioară a lamei timpanice și este îndreptată în sus și înainte. Apofiza stiloidă servește ca punct de inserție pentru mușchi și ligamente.

- *Solzul temporalului* este partea cea mai subțire și cea mai mare a osului temporal. El este așezat la partea superioară a temporalului și are formă aproape semicirculară. Fața externă este convexă și corespunde tâmplei. Din partea inferioară pornește, anterior, o apofiză lamelară, *apofiza zigomatică a temporalului*, care se articulează cu osul zigomatic și pe care se inserează unii mușchi masticatori. Baza apofizei zigomatice are formă triunghiulară și este formată din două rădăcini: *rădăcina anterioară* și *rădăcina posterioară*. Între aceste rădăcini, fața inferioară a bazei este scobită și formează o cavitate, *cavitatea glnoidă a temporalului*, care se articulează cu condilul mandibulei. Rădăcina anterioară formează o proeminență înaintea cavității glnoidale, *condilul temporalului* sau *tubercul articular*, care contribuie la articularea mandibulei. Vârful apofizei zigomatice este dințat și se articulează cu apofiza temporală a osului zigomatic, formând *arcada zigomatică*. Fața internă este concavă și prezintă șanțuri

pentru vasele sanguine și impresiuni ale circumvoluțiilor cerebrale. Marginile solzului sunt subțiate și se articulează cu aripa mare a sfenoidului cu parietalul.

1.2 CRANIUL VISCERAL

Craniul visceral sau *splanhocraniul*, cunoscut și sub denumirea generală de *oasele feței*, este un masiv osos, situat în partea anterioară a craniului și este constituit din 14 oase, dintre care două – mandibula și vomerul – sunt oase nepereche și mediane. Celelalte sunt oase pereche și așezate simetric de o parte și alta a planului median. Acestea sunt: *maxilarul*, *osul zigomatic*, *osul lacrimal*, *cornetul nazal inferior*, *osul nazal* și *osul palatin*.

• MAXILARUL

Maxilarul (figura 1.8) este cel mai dezvoltat dintre oasele fixe ale feței. Este un os pereche, așezat în partea centrală a feței. Forma acestui os este foarte neregulată și este alcătuită din *corp* și *patru apofize*.

Corpul maxilarului are formă neregulată și prezintă patru fețe: *Fața anterioară* sau *externă* prezintă în dreptul primilor patru dinți niște creste verticale; cea din dreptul craniului este înaltă și înapoia vârfului ei se află o gropiță, *fosa craniană*. Deasupra ei, aproape de marginea superioară a corpului, există un orificiu, *orificiul intraorbital*, care este capătul extern al canalului cu același nume, prin care trece artera infraorbitală și nervul intraorbital. *Fața posterioară* este situată înapoia apofizei zigomatice. În mijlocul ei se găsesc orificiile canalelor dentare ale unor dinți superiori. *Fața superioară* sau *orbitală* se prezintă ca o lamă triunghiulară netedă care formează o parte din peretele inferior al orbitei. *Fața internă* sau *nazală* are la partea inferioară o suprafață de articulare cu osul maxilar opus. Înapoia acesteia pornește apofiza palatină, deasupra căreia fața internă a maxilarului formează peretele meatului nazal inferior.

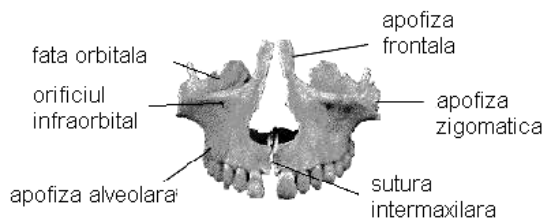


Fig.1.8 Maxilar

Cele patru apofize ale maxilarului sunt:

- *Apofiza zigomatică* se desprinde de pe partea superioară a limitei dintre fețele anterioară și posterioară ale corpului, articulându-se cu osul zigomatic.

- *Apofiza frontală* sau *ascendentă* se articulează prin vârful ei cu osul frontal, iar prin muchia ei anterioară, cu osul nazal. Ea contribuie la formarea peretelui intern al orbitei și a peretelui lateral al cavității nazale. Sub muchia anterioară a apofizei frontale, muchia corpului maxilarului formează o scobitură, *incizura nazală*. Pe fața laterală a apofizei frontale se află o creastă verticală, *creasta lacrimală*, înapoia căreia este un șanț vertical, *șanțul lacrimal al frontalului*.

- *Apofiza alveolară* reprezintă marginea inferioară a corpului. Ea are opt scobituri numite alveole dentare, în care sunt adăpostite rădăcinile dinților superiori.

- *Apofiza palatină* se prezintă ca o lamă orizontală care, unindu-se cu apofiza palatină opusă, constituie partea anterioară a palatului dur, a cărui față inferioară formează plafonul cavității bucale (cerul gurii), iar fața superioară formează podeaua cavității nazale.

• OSUL ZIGOMATIC

Osul zigomatic (figura 1.9) este un os pereche cu formă neregulată, așezat pe partea latero-inferioară a orbitei și formează partea laterală superioară a scheletului feței.

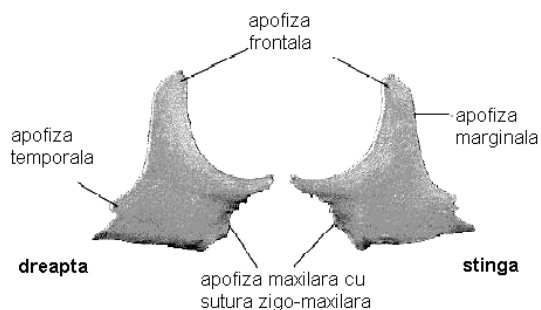


Fig.1.9 Osul zigomatic

El prezintă o *față externă*, care corespunde pielii și determină umărul obrazului și o *față posterioară*, care corespunde fosei temporale. Marginea anterioară se articulează cu apofiza zigomatică a maxilarului. Marginea superioară formează o parte din marginea laterală și inferioară a orbitei. Marginile posterioară și inferioară sunt libere. Colțul postero-inferior se articulează cu apofiza zigomatică a temporalului. Colțul postero-superior se prelungește în sus și înainte formând *apofiza frontală*, care se articulează cu apofiza zigomatică a frontalului. De pe marginea superioară pornește înapoi o lamă subțire, *apofiza orbitală*, care formează o parte din peretele inferior al orbitei, din care cauză este considerată ca *față internă* a osului zigomatic.

● **OSUL LACRIMAL**

Osul lacrimal (figura 1.10) este un os pereche, sub formă de lamă dreptunghiulară, așezat pe peretele medial al orbitei între apofiza frontală a maxilarului și lama orbitală a etmoidului. Pe fața sa orbitală se găsește o creastă verticală, înaintea căreia este un șanț lacrimal, care se completează cu șanțul lacrimal al apofizei frontale a maxilarului și formează canalul *nazo-lacrimal*, care face legătura între orbită și cavitatea nazală. Prin fața nazală, el formează o parte din peretele meatului mijlociu.

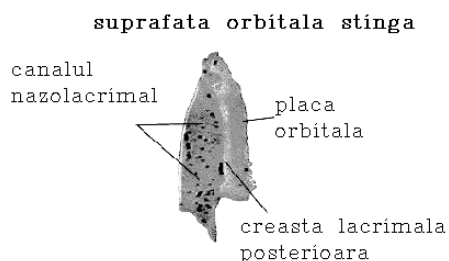


Fig.1.10 Osul lacrimal

● **OSUL NAZAL**

Osul nazal (figura 1.11) este un os pereche, așezat la rădăcina nasului, pornind din incizura nazală a frontalului, paralel cu marginea anterioară a apofizei frontale a maxilarului, cu care se articulează. Osul nazal are forma unei lame patrulatere verticale, mai groasă la partea superioară, care se articulează cu frontalul și mai subțire la partea inferioară, prin care se articulează cu cartilagiul nazal. Marginea laterală se articulează cu apofiza frontală a maxilarului, iar marginea medială, cu nazalul, din partea opusă printr-o sutură armonică. Fața externă este convexă, acoperită de piele și formează rădăcina nasului, iar fața internă, este concavă, formează o parte din peretele lateral superior al fosei nazale.

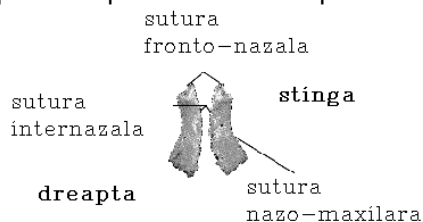


Fig.1.11 Osul nazal

- **OSUL PALATIN**

Osul palatin (figura 1.12) este un os pereche, așezat înapoia marginii posterioare a apofizei palatine a maxilarului. El este alcătuit din două lame perpendiculare una pe alta: *lama orizontală* și *lama verticală*. *Lama orizontală* are forma aproximativ patrulateră. Marginea ei laterală se articulează cu marginea inferioară a lamei verticale, iar marginea medială se articulează cu lama orizontală opusă și formează *partea posterioară a palatului dur*. Fața ei superioară formează o parte din podeaua cavității nazale, iar fața inferioară formează partea posterioară a bolții cavității bucale. *Lama verticală* are formă patrulateră neregulată și este perpendiculară pe lama orizontală. Ea formează o parte din peretele lateral al cavității nazale. Pe fața ei internă este o creastă orizontală numită *creastă concală*, pe care se articulează o parte din marginea laterală a cornetului nazal inferior. Marginea superioară prezintă, în partea anterioară, *apofiza orbitală*, iar la partea posterioară, *apofiza sfenoidală*.

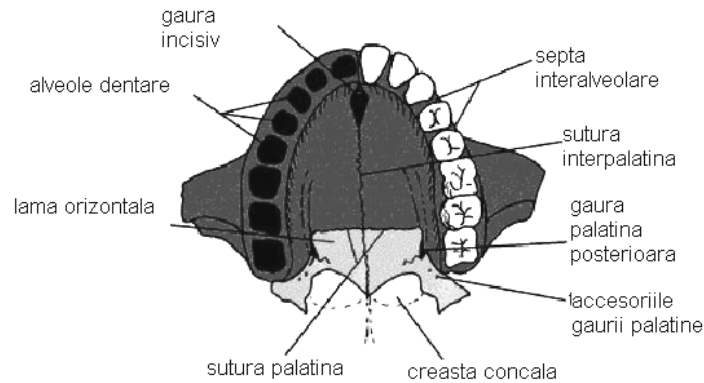


Fig.1.13 Osul palatin

- **VOMERUL**

Vomerul (figura 1.14) este singurul os nepereche și fix al feței, așezat în planul median în continuarea lamei perpendiculare a etmoidului, contribuind la formarea peretelui median dintre fosele nazale, *septul nazal*. El se prezintă ca o lamă patrulateră foarte subțire. Cele două fețe laterale formează o parte din peretele intern al fosei nazale. Prin marginea sa superioară se articulează cu lama perpendiculară a etmoidului, iar prin marginea inferioară, cu marginile interne ale apofizelor palatine ale maxilarelor.

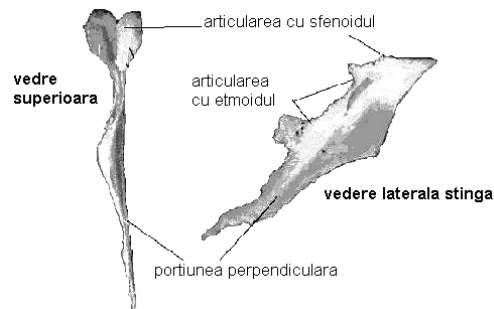


Fig.1.14 Vomerul

- **MANDIBULA**

Mandibula sau *maxilarul inferior* (figura 1.15) este un os nepereche și singurul os mobil din scheletul capului. Se găsește la partea inferioară a feței și este formată din *corp* și două *ramuri*. *Corpul mandibulei* are formă de potcoavă, cu convexitatea orientată anterior; extremitățile posterioare se continuă cu ramurile mandibulei. El prezintă o *față anterioară* și o *față posterioară*.

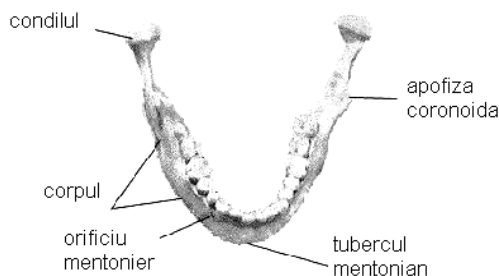


Fig. 1.15 Mandibula

Fața anterioară sau externă are pe linia mediană o creastă puțin proeminentă, *semifiza mentonieră*, care se termină la partea inferioară printr-o proeminență triunghiulară, cu baza în jos, numită *protuberanță mentonieră*. Vârful bazei sunt marcate prin câte un *tubercul mentonian*. De la tuberculul mentonian pornește, în sus și înapoi, o creastă, *linia oblică externă*. Deasupra liniei oblice externe, în dreptul premolarilor, se află un orificiu, *orificiul mentonier*, care comunică cu *canalul mandibular*, canal prin care trec vasele pentru dinții inferiori.

Fața posterioară sau internă prezintă pe linia mediană două ridicături mici, care poartă denumirea de *apofizele geni* sau *spinele mentoniere*. De la apofizele geni pornește, în fiecare parte, o creastă care merge în sus și înapoi, *linia oblică internă* sau linia *milohioidiană*. Sub extremitatea anterioară a liniei milohioidiene există o scobitură, *foseta digastrică*, pentru inserția mușchiului gastric; deasupra liniei milohioidiene, în dreptul fosetei digastrice, este o scobitură mai mare, *foseta sublinguală*, în care este adăpostită glanda salivară sublinguală. Sub linia oblică internă, spre extremitatea posterioară, există o altă scobitură, *foseta submandibulară*, în care e adăpostită glanda salivară submandibulară. Sub extremitatea posterioară a liniei oblice se găsește capătul inferior al *șantului milohioidian*, care se continuă de pe ramură pe corp. Marginea superioară a corpului mandibulei se numește *marginea* (apofiza) *alveolară* și poartă 16 alveole dentare pentru dinții inferiori.

Ramurile mandibulei. Fiecare ramură se prezintă ca o lamă aproape patruleteră fixată de marginea posterioară a corpului mandibulei, cu direcție verticală, puțin înclinată dinainte înapoi. *Fața externă* este rugoasă la partea inferioară și netedă la partea superioară. Pe *fața internă*, la partea superioară, se află un orificiu, *orificiul mandibular*, care reprezintă deschiderea superioară a canalului mandibular prin care trec nervii și vasele dentare. De pe marginea inferioară a orificiului mandibular pornește în jos *șanțul milohioidian*, care se termină pe corpul mandibulei, la extremitatea posterioară a liniei oblice interne. Colțul infero-posterior al ramurii este rotunjit și formează *unghiul mandibulei*. Marginea superioară a mandibulei prezintă o scobitură pronunțată, *incizura mandibulară*, care este mărginită, anterior, de *apofiza coronoidă*, iar posterior, de *apofiza articulară*.

Apofiza coronoidă se prezintă ca o lamă triunghiulară, cu vârful îndreptat în sus și înaintea, iar baza ei reprezintă colțul supero-anterior al ramurii mandibulei. Pe apofiza coronoidă se inserează mușchiul temporal.

Apofiza articulară sau *apofiza condiliană* este subțire la bază (gâtul mandibulei). Condilul se articulează cu cavitatea glenoidă a osului temporal.

● OSUL HIROID

Osul hioid (figura 1.16) este un os nepereche, așezat între mandibulă și cartilagiul tiroid. El nu este articulat direct cu celelalte oase, ci se articulează prin două ligamente de apofizele stiloide ale oselor temporale, iar prin mușchi se leagă de faringe, laringe, mandibulă stern și omoplat. Are forma literei "U", cu deschiderea înapoi. Osul hioid este constituit din corp și patru coarne.

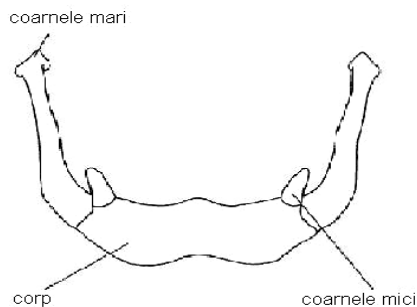


Fig. 1.16 Osul hioid

- *Corpul hioidului* are formă de lamă patrulateră, curbată transversal. Fața anterioară este convexă și prezintă o creastă în lungul ei care o împarte în două etaje: *superior* și *inferior*. Pe fața anterioară a corpului hioidului se inserează mulți dintre mușchii hioidieni. Fața posterioară a osului este concavă și netedă; ea privește spre epiglotă.

- *Coarnele hioidului* sunt de două feluri: coarne mari și coarne mici. Coarnele mari sunt două proeminențe lungi care se articulează pe părțile laterale ale corpului și se îndreaptă lateral și înapoi; ele sunt mai groase la bază și mai subțiri spre vârf, unde se termină prin câte un tubercul. Pe fața lor superioară se inserează mușchii. Coarnele mici sunt două proeminențe conice mici, care se articulează pe partea superioară a extremităților corpului și sunt îndreptate în sus și lateral. Și pe aceste coarne se inserează mușchii.

2. COMPORTAREA MECANICĂ A MANDIBULEI

2.1. ASPECTE GENERALE

Mandibula este osul nepereche care constituie maxilarul inferior al craniului și se compune dintr-un corp și două ramuri, ce formează cu corpul un unghi de circa 120°. În timpul funcționării sale, mandibula poate lua 4 poziții de bază: relația de postură, relația centrică, relația de intercuspidare maximă și relația de ocluzie centrică.

Mandibula funcționează ca o parte a unui sistem cu reglare automată. Mișcările ei nu sunt haotice, ci sunt coordonate de către sistemul nervos central, care analizează atât pozițiile succesive ale mandibulei, cât și solicitările mecanice care apar în fiecare moment. În funcție de acestea, sistemul nervos ia decizii, pe care le transmite mușchilor, aceștia executând comenzile. Centrii coordonatori din creier sunt informați asupra poziției mandibulei de către senzorii locali, a căror pondere covârșitoare este legată de suprafețele dinților. Excluzând excepțiile (sugar, bătrân, persoane edentate în general), se creează în timpul vieții niște tipare ale mișcărilor mandibulei care sunt memorate, chiar și în funcție de tipul de aliment mestecat. Astfel datorită memorării acestor automatisme, rolul creierului devine foarte redus în luarea deciziilor, procesul de masticatie desfășurându-se aproape reflex, automat, cu mișcări precise și identice, perfect reproductibile. Dacă apare un obstacol ca factor de perturbație în procesul masticator, acesta duce la întreruperea instantanee a schemei de reflexe și intră imediat în acțiune cortexul, pentru a lua o decizie adecvată și a da o nouă comandă motoare.

În acționarea mandibulei sunt implicate mai multe grupe de mușchi; astfel, la mișcarea de ridicare a mandibulei (închiderea gurii), rolul esențial îl are mușchiul maseter, ajutat de mușchii temporali și pterigoidieni. Mușchi antagoniști sunt fasciculul posterior al temporalului, care fixează articulația temporo-mandibulară, iar frânarea mișcării se realizează prin mușchiul milohiodian și digastric. Acești mușchi acționează într-o armonie și precizie extremă, coordonați cerebral, respectiv conduși de reflexele memorate.

Mișcările mandibulei sunt extrem de variate, datorită complexității maxime a articulației temporo-mandibulare. De aceea, s-au făcut diverse clasificări ale acestor mișcări, după diferite criterii. Astfel, se remarcă:

- mișcări simetrice pure fără contact interdentar (simple coborâri și ridicări ale mandibulei), numite și mișcări fundamentale;
- mișcări cu contact interdentar cu alimente;
- mișcări cu contact interdentar fără alimente.

După direcție, se evidențiază:

- mișcări de ridicare și coborâre a mandibulei;
- mișcări laterale;
- mișcări de propulsie și de retropulsie.

Și acestea pot fi – evident – cu sau fără contact dentar, sau cu contact dentar (cu sau fără alimente).

Oricât de complicată ar fi mișcarea mandibulei, ea poate fi considerată ca o suprapunere de rotații și translații dintre care esențiale sunt:

Rotația în jurul articulațiilor temporo-mandibulare. Aceasta (numită în literatura medicală și „mișcare de balama”) se realizează în jurul unei axe imaginare numită *ax bicondilian*, care trece prin cei doi condili ai mandibulei. Se apreciază că rotația se produce în mod ideal pe o deschidere unghiulară de maximum 12° și prezintă toate proprietățile distribuției de viteze și accelerații pentru mișcarea de rotație cu axă fixă. În această plajă, viteza unghiulară ω se apreciază a fi constantă. Mișcarea de rotație a mandibulei se produce natural și este ușor de pus în evidență, pacientul putând să o execute cu ușurință la cererea medicului, afirmație care nu se poate face și în cazul mișcării de translație.

Translația se referă la *propulsie* și *retropulsie*, deci la deplasarea mandibulei înainte și înapoi, în plan orizontal. Nu este simplu de realizat o translație perfectă, în care să nu apară și o componentă de rotație sau o abatere de la planeitatea mișcării.

Propulsia maximă este de 2 - 2,5 cm. Este precedată de o ușoară coborâre a mandibulei (figura 2.1).

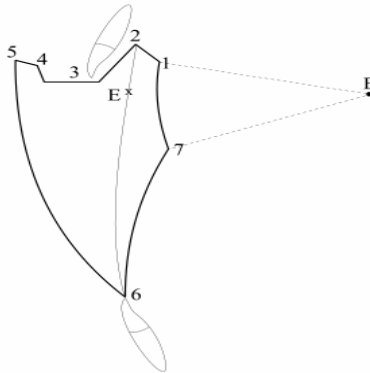


Fig. 2.1 Mandibulokinesiogramă în planul sagital

În plan orizontal, mandibula execută mișcări laterale (*lateropulsie* sau *mișcări de diducție*). Locul geometric al tuturor pozițiilor posibile ale punctului interincisiv mandibular este aproximativ un romb. Acesta este chiar și traseul parcurs de acest punct al mandibulei dacă se pornește din poziția de intercuspidare maximă, se retrage mandibula în poziția de protruție totală și se fac apoi mișcări dreapta – stânga între aceste extreme. Viteza de deplasare a mandibulei este mai mare la coborârea ei decât la ridicare, având valori medii cuprinse în intervalul 0,064 – 0,135 m/s. Edentația, respectiv protezarea nu modifică semnificativ aceste valori.

2.2.STATICA MANDIBULEI

Pentru abordările statice, mandibula se poate modela simplificat ca o bară curbă (figura 2.2) pentru care se pot calcula simplu, prin programe realizate în MathCAD, elementele ce caracterizează distribuția de mase. Pentru calculul momentelor de inerție centrifugale și axiale ale modelului din figura 2 s-a folosit o metodă mai puțin uzuală, utilizând MathCAD și elemente finite. Modelul de calcul al mandibulei, reprezentat ca bară poate fi creat cu orice program de grafică, dar și cu programe de elemente finite.

S-a ales această din urmă modalitate, întrucât din punct de vedere grafic nu sunt deosebiri majore față de prima metodă, în schimb apare marele avantaj că modelul poate fi discretizat, adică divizat în subunități infinitezimale, ale căror coordonate se cunosc cu precizie.

Asupra mandibulei acționează forțe *active*, care sunt generate de anumiți mușchi și realizează mișcarea sa, precum și forțe *pasive* (forțe rezistente, reacțiuni), care sunt date de greutatea proprie a mandibulei și de mușchii antagoniști. Forțele active care realizează ridicarea mandibulei și închiderea gurii sunt generate de către mușchii ridicători (masticatori) asupra cărora se pot face anumite precizări :

- **Mușchii temporali**, trag mandibula în sus și înapoi (ridicare și retropulsie) sub un unghi de 60° față de planul orizontal Frankfurt, reușind să dezvolte maximum 700 N. În realitate, forța este mult

mai mică decât valoarea maximă teoretică. Caracteristica dominantă a temporalilor este viteza de reacție. Dacă o forță mare este dezvoltată într-un timp foarte scurt, fenomenul este considerat ciocnire; percuția produsă în cadrul intervenției acestui mușchi este egală cu diferența impulsurilor și astfel, masa mușchiului fiind constantă, rezultatul acțiunii sale este o variație mare a vitezei de mișcare;

- **Mușchii pterigoidieni interni**, acționează pe direcția de 110° față de planul Frankfurt, dezvoltând forțe limitate superior la 400 N;
- **Mușchii maseteri**, înclinați la 97° față de planul Frankfurt, cu forțe de valori limitate superior la 800 N. Mușchii maseteri dezvoltă cele mai mari valori ale forței, fiind cei mai importanți mușchi masticatori.

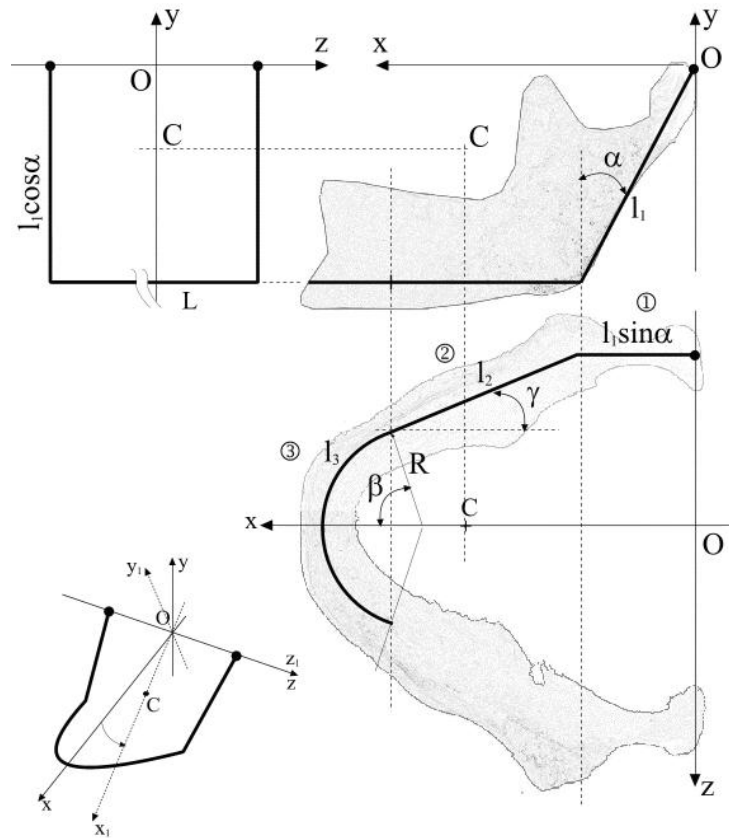


Fig. 2.2 Modelarea mandibulei ca bară curbă

Mărimea forțelor ocluzale poate fi calculată cu ajutorul *legii lui Weber* care afirmă că forța dezvoltată de un mușchi este proporțională cu suprafața secțiunii sale transversale. Fiecare cm^2 de secțiune transversală a mușchiului uman poate dezvolta forțe de maximum 100 N. Valorile forțelor aferente celor 3 tipuri de mușchi, care au fost enunțate mai sus, verifică foarte bine această lege. În procesul masticăției, forțele au valori normale de 300-800 N, iar valorile maxime sunt de circa 3900 N la molari și 1500 N la incisivi.

În mod uzual, din punct de vedere static, mandibula se comportă ca o pârghie de gradul 3, deci grupul muscular care generează mișcările trebuie să depună un efort mai mare decât rezistența bolului alimentar.

2.3. DINAMICA MANDIBULEI

În modul cel mai simplu, mandibula poate fi studiată ca un rigid cu axă fixă, neglijându-se celelalte mișcări ale sale, ce apar în realitate datorită configurației articulațiilor. Sistemul de ecuații diferențiale se poate rezolva pentru cazul mandibulei umane, (într-una dintre variantele posibile) făcând aproximările de formă din figura 2.2, iar rezolvarea sistemului s-a efectuat cu ajutorul unui program de calcul realizat în MathCAD, impunând o lege de mișcare $\theta = \theta(t)$.

Un alt model simplificat de calcul din literatură pe care s-au făcut studii și cu metoda elementelor finite, este cel reprezentat în figura 2.3. S-a presupus o secțiune omogenă și de grosime constantă, de 10 mm. Dată fiind simplitatea sa, se consideră că un astfel de model ar fi potrivit pentru analiza cu metodele clasice ale mecanicii, precum cel din figura 2.3, nicidecum cu metoda elementelor finite, care are abilitatea de a lucra cu modele complexe.

$$R_x + R_{x_1} + R_{x_2} + m\omega^2 x_c + m\epsilon y_c = 0$$

$$R_y + R_{y_1} + R_{y_2} + m\omega^2 y_c - m\epsilon x_c = 0$$

$$R_z + R_{z_1} + R_{z_2} = 0$$

$$M_{O_x} - lR_{y_2} + J_{xz}\epsilon - J_{yz}\omega^2 = 0$$

$$M_{O_y} + lR_{x_2} + J_{yz}\epsilon + J_{xz}\omega^2 = 0$$

$$M_{O_z} - J_z\epsilon = 0$$

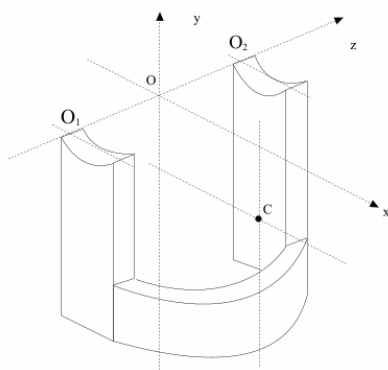


Fig. 2.3 Model simplificat de mandibulă

2.4. STUDIUL STĂRILOR DE TENSIUNE DIN MANDIBULĂ PRIN APLICAREA METODEI ELEMENTELOR FINITE

Urmând regulile de bază ale modelării, simulării și proiectării asistate de calculator, s-a realizat un model tridimensional al mandibulei dentate, în vederea studierii și analizării solicitărilor mecanice, care este prezentat în figura 2.4.

Structura discretizată a mandibulei, văzută în planul sagital, este cea din figura 2.5 numărul elementelor finite create prin discretizarea structurii de analizat, alegându-se în funcție de dimensiunile obiectului de studiu.

S-a considerat că osul mandibular are o structură omogenă, pentru care sunt valabile următoarele caracteristici fizice:

- modulul lui Young: $1,5 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2$
- coeficientul lui Poisson: 0,3
- densitatea materialului osos: 1300 kg/m^3 .

Maseterul este cel mai puternic mușchi care acționează asupra mandibulei, în sensul că dezvoltă cea mai mare forță și produce cel mai mare lucru mecanic și singur și împreună cu pterigoidul. De aceea, într-un prim caz studiat, s-a considerat că asupra mandibulei acționează doar acești doi mușchi, ignorând temporalul care dezvoltă o forță mai mică.

S-au luat în calcul valorile normale dezvoltate în procesul de masticție și nu cele extreme, fiindcă harta repartizării solicitărilor asupra osului mandibular este aceeași (figura 2.6). S-a marcat cu săgeată zona de solicitare maximă, care se află pe șaua dintre condilul mandibular și procesul coronoid, (explicabil prin faptul că secțiunea osului este foarte redusă în acea zonă, chiar minimă pe ansamblul mandibulei). O a doua zonă critică, cu valori foarte apropiate de prima, este și cea din unghiul intern al mandibulei, imediat după ultimul molar, (elementele 31 și 32), lucru firesc având în vedere forma specifică a unui concentrator de tensiuni pe care o prezintă această zonă.

Se observă că sub acțiunea maseterului (conjugat cu pterigoidul), al cărui punct (în realitate arie) de

inserție este pe cotul mandibulei și acționează prin tragere în sus sub un unghi de 60-70°, cu o forță cumulată medie de 500 N, se produc tensiuni maxime în punctele indicate prin săgeți. Aceste zone corespund pe mandibula reală tocmai zonelor cu grosime minimă a peretelui osos.

În următorul caz de studiu, figurat în figura 2.7, s-a ținut seama și de acțiunea mușchului temporal. Aceasta este situația cea mai apropiată de realitate, fiindcă efectiv doar acțiunea acestor mușchi (maseter, pterigoid și temporal) contează ca pondere.

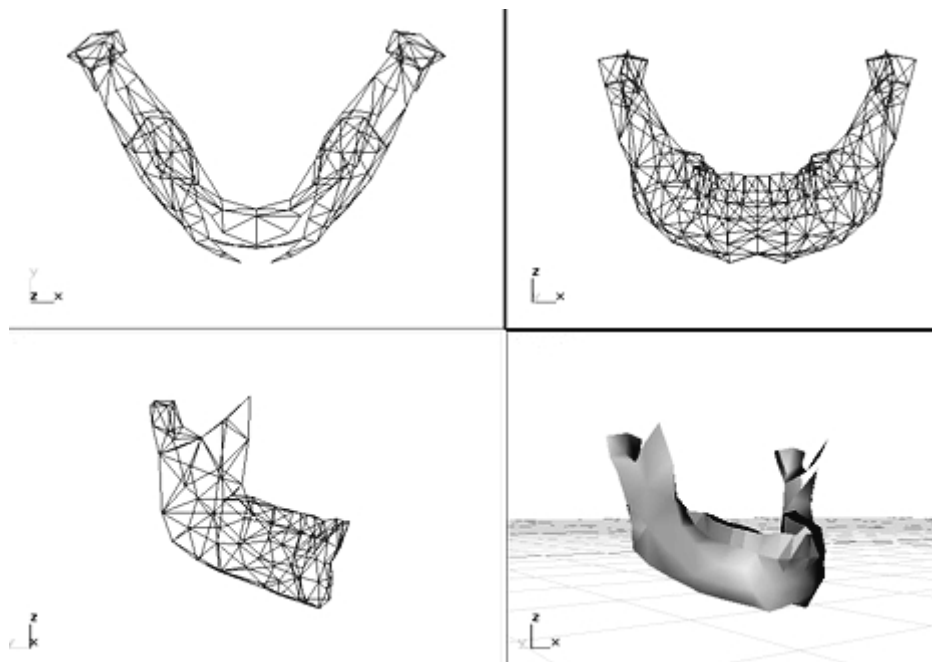


Fig. 2.4 Model 3D al mandibulei dentate, creat în vederea analizei cu metoda elementelor finite

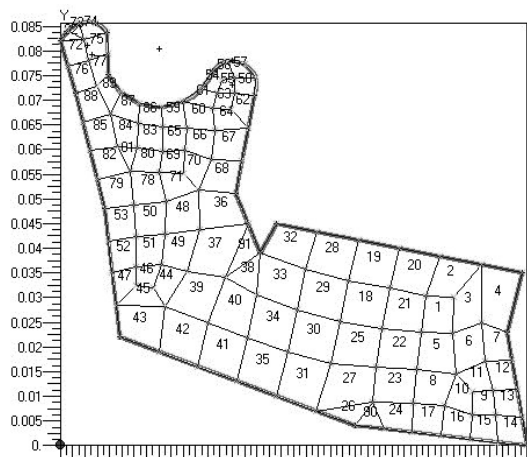


Fig. 2.5 Structura discretizată a mandibulei, văzută în planul sagital

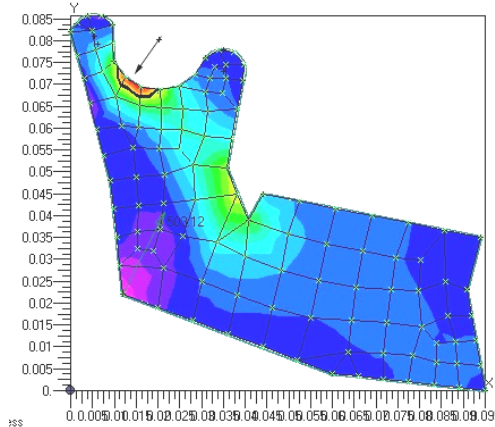


Fig. 2.6 Distribuția eforturilor în mandibulă sub acțiunea maseterului și pterigoidului

Se poate observa în acest caz real că tensiunea maximă se exercită asupra primului sau celui de-al doilea molar, depinzând de modul de realizare a ocluziei. O solicitare foarte mare preia și articulația temporo-mandibulară, (axa de rotație a mandibulei), dar nu chiar atât de mare precum cea de pe suprafața dinților aflați în contact.

În plus, articulația temporo-mandibulară este foarte elastică, mult mai elastică decât sistemul creat de molarii în contact. Suprafața dinților este însă mult mai sensibilă și reacționează instantaneu la senzația

de durere (de suprasarcină), relaxând mandibula. Este un gest reflex, de autoapărare a organismului, fiindcă s-a arătat că toate aceste acțiuni au o coordonare cerebrală și deci apare un *feedback* firesc. Ca o concluzie parțială, articulația temporo-mandibulară nu va fi niciodată solicitată periculos în timpul masticției, fiindcă dinții în ocluzie acționează ca un filtru limitator. O situație în care articulația temporo-mandibulară are de suferit este nu în cazul închiderii gurii și a mușcăturii, ci în cazul deschiderii exagerate a gurii, când condiliile mandibulare pot ieși din cavitatea glenoidă, locașul lor natural. Dislocată din articulație, mandibula este blocată în noua poziție (anormală și extrem de dureroasă) de către contracția bruscă a mușchiului maseter și nu mai poate fi adusă la loc decât prin intervenție medicală; aceasta constă în inversarea fazelor „accidentului”, adică tragerea mandibulei în jos și împingerea ei înapoi în articulație, în poziția normală. Pentru precizarea solicitărilor din articulația temporo-mandibulară, s-a discretizat zona condilului mandibular, studiindu-se comportarea acestuia (figura 2.8).

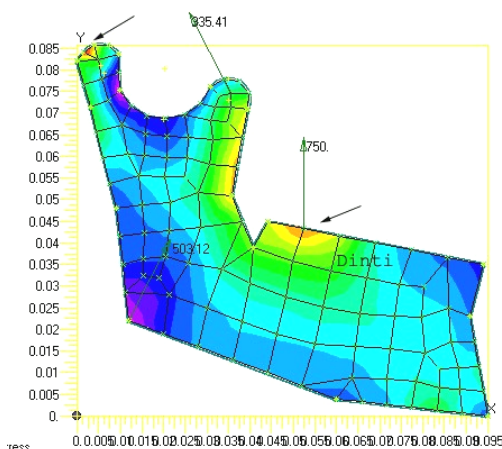


Fig.2.7 Distribuția eforturilor în mandibulă sub acțiunea maseterului, pterigoidului și temporalului

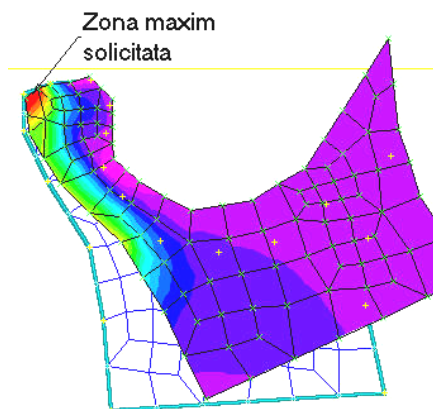


Fig. 2.8 Solicitări în articulația temporo-mandibulară

Este important de remarcat faptul că, în afara punctului de maximă solicitare care era previzibil, fiind plasat imediat lângă articulație (axa de rotație) și reprezentând zona de contact a condilului cu discul articular al cavității glenoide, solicitarea se transmite în jos, de-a lungul ramurii mandibulei, exact pe zona de maximă rezistență a structurii osoase. Geometria acestei porțiuni evidențiază ce structură de rezistență optimă a fost creată aici.

Se pot trage următoarele concluzii:

- zonele cele mai solicitate din secțiunea prin os se află în regiunea molarilor pe care se realizează contactul dentar;
- aceste zone sunt orientate pe direcția de acțiune a mușchilor masticatori;
- geometria acestei zone maxim solicitate este adaptată efortului pe care trebuie să îl suporte, fiind cea mai dezvoltată din secțiunea studiată;
- solicitarea din partea stângă a mandibulei nu este identică cu cea din dreapta, datorită asimetriei generale a organismului uman.

2.5. MODELĂRI ALE SCHELETULUI CRANIAN ÎN VEDEREA PROIECTĂRII 3D A IMPLANTELOR

• Modelări pentru studii biomecanice

În vederea simulărilor și analizei mecanice și matematice în vederea implantării, s-a realizat un model tridimensional al craniului uman, prin aproximare cu elemente plane, în ideea folosirii acestuia atât pentru analiza mecanică prin metoda elementelor finite, cât și pentru analiza geometriei scheletului capului cu metode proprii imagisticii.



Fig. 2.9 Model cranian computerizat

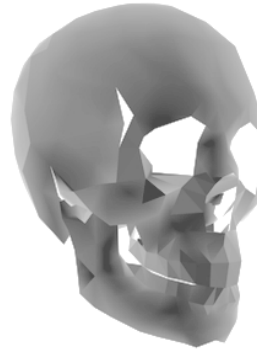


Fig. 2.10 Varianta *renderizată* a imaginii din figura 2.9

Modelul realizat este prezentat în figura 2.9 și este constituit din elemente triunghiulare. Zona mandibulei a fost construită cu elemente mai mici, în scopul obținerii ulterioare a unei precizii de calcul sporite. Restul scheletului capului nu are componente în mișcare și de aceea creează mai puține probleme; având și o geometrie mai puțin complicată, a fost construit utilizând elemente mai mari, dar care conferă o acuratețe satisfăcătoare.

Prin *renderizare*, se obține aspectul realist din figura 2.10, potrivit pentru studiul imagistic, în timp ce pentru analiza mecanică rămâne mai utilă imaginea din figura 6.1, care are o structură discretizată și se pretează la analiza cu elemente finite.

Pe baza acestor imagini construite, s-au putut realiza, cu programe specializate, secțiuni asemănătoare celor obținute prin tomografie, cu deosebirea (în avantajul cercetării) că acestor secțiuni li se pot calcula: aria, perimetrul, centrul de greutate, momentele de inerție, etc.

Importate în orice program de grafică, aceste imagini ale secțiunilor pot fi manipulate în sensul suprapunerii, mixării, deformării, scalării, etc., în vederea:

- creării unui întreg din părțile componente;
- studierii unei secțiuni sau unui grup de secțiuni.

Din modelele realizate s-a extras doar mandibula, asupra căreia s-au aplicat secționări cu pas constant (care poate fi oricât de fin), paralel cu planul xOy , rezultatul fiind prezentat în figura 2.11. S-au realizat și proiecțiile mandibulei tridimensionale pe planurile elementare xOy , xOz , yOz .

O reprezentare în care s-au substituit suprafețele secțiunilor doar prin contururile acestora, este reprodusă în figura 2.12.

Pentru claritate, s-au trasat secțiunile din figura 6.4, rezultând așa-numitele desene „explodate” din figura 2.13, în două vederi, prima fiind în plan, deci utilizabilă pentru observarea exactă a geometriei și calculul dimensiunilor și ariilor.

O analiză similară s-a făcut prin secționarea cu pas constant cu un plan paralel cu planul xOz . Suprafețele rezultante sunt ilustrate în figura 2.14.

La nivelul întregului craniu, modelul care a fost creat (și din care s-a extras mandibula) se prezintă ca în figura 2.15. Imaginea este de asemenea compusă din cele 3 proiecții, iar secvența spațială renderizată este poziționată în dreapta jos. Secțiunile prin modelul spațial din figura 2.15 se pot vedea în figura 2.16, urmate de o imagine mai detaliată și mai explicită a conturilor secțiunilor, conținută de figurile 2.17 și 2.18.

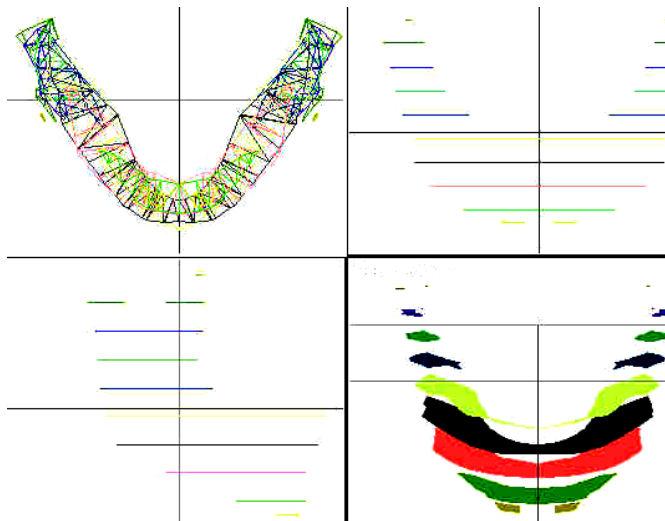


Fig. 2.11 Secțiuni prin mandibulă

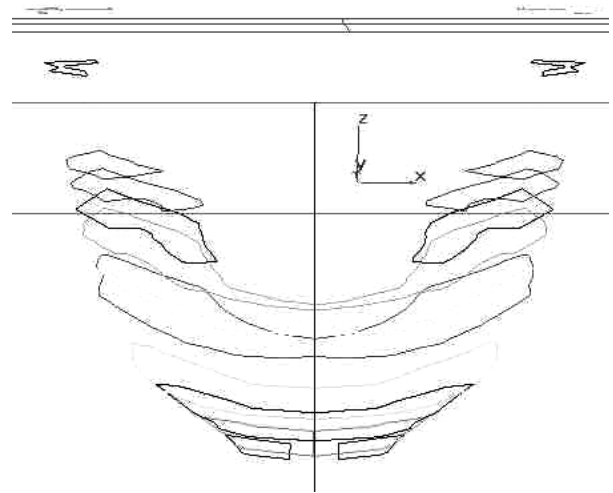


Fig. 2.12 Secțiuni prin mandibulă - contururi



Fig. 2.13 Imagine „explodată” a secțiunilor prin mandibulă

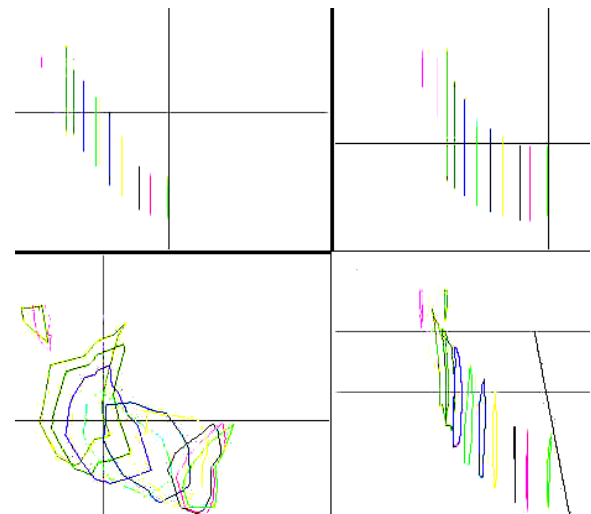


Fig. 2.14 Secțiuni în planul yOz prin mandibulă

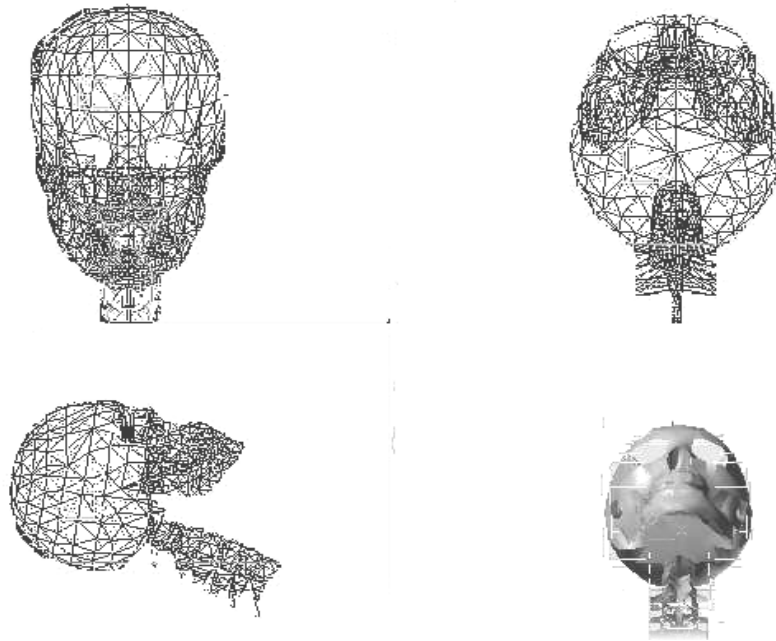


Fig. 2.15 Vederile 3D ale modelului din figura 2.9

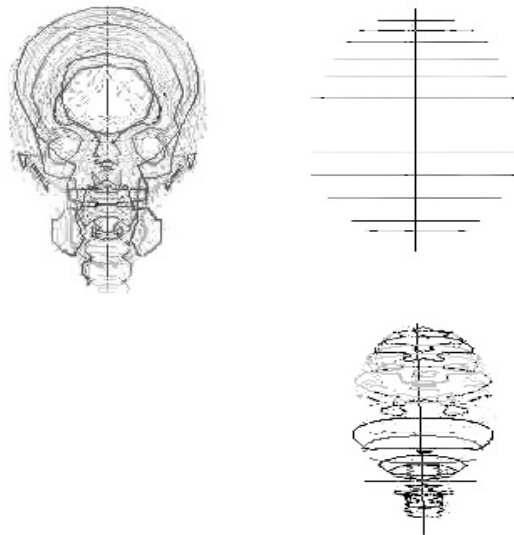


Fig. 2.16 Secțiuni aferente figurii 2.15

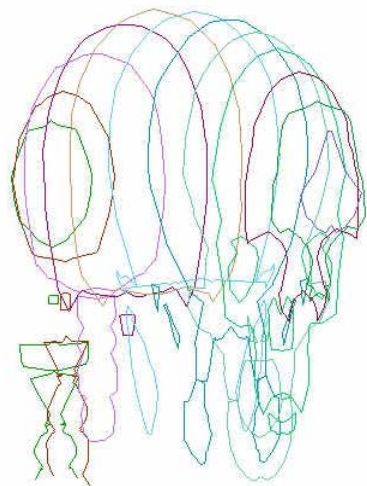


Fig. 2.17 Detalieri ale figurii 2.16

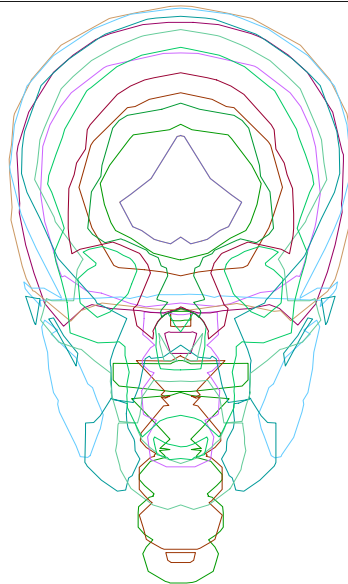


Fig.2.18 Detalieri ale figurii 2.17

Fiecare dintre straturile obținute prin secționare poate fi studiat și măsurat în parte, după cum arată figura 2.19.

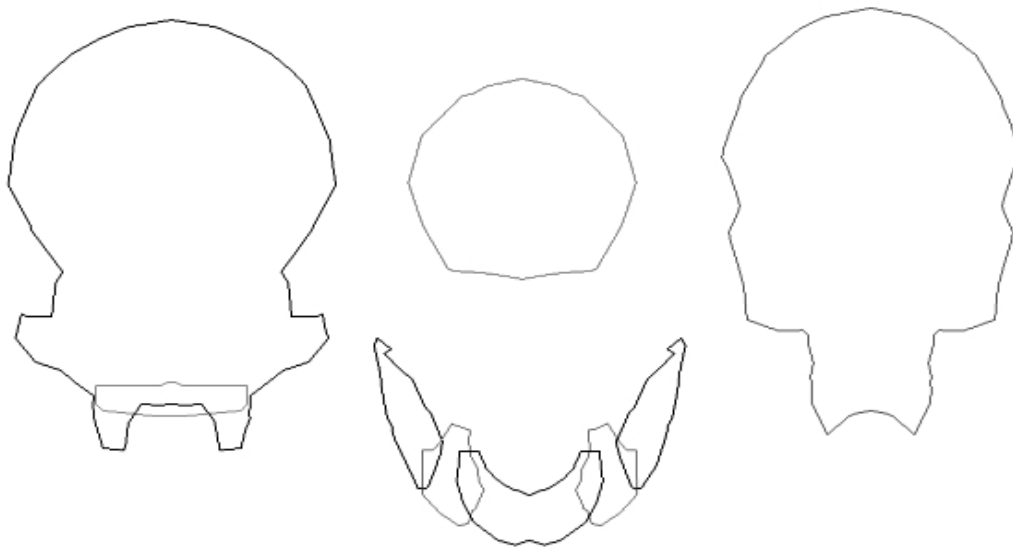


Fig. 2.19 Secțiuni extrase din figura 2.16

- **Algoritmi pentru prelucrarea imaginilor**

Variabila "T" reprezintă poziția cursorului în butonul tip potențiomtru (track-bar), cu valori între 0 și 255 din subsolul ferestrei programului.

**** Funcția de luminozitate**

```
function Lum(C: Integer): Integer;  
begin  
  if (C*T) shr 7 > 255
```

```

then Lum:=255
else Lum:=(C*T) shr 7; //împărțire la 128 = 256/2
end;

```

**** Funcția de contrast (varianta I)**

```

function Contr(C: Integer): Integer;
begin
  if C > 127
  then if (C+T-127 <= 255) and (C+T-127 >= 0)
    then Contr:=C+T-127
    else if C+T-127 > 255
      then Contr:=255
      else Contr:=0
    else if (C-T+127 <= 255) and (C-T+127 >= 0)
      then Contr:=C-T+127
      else if C-T+127 > 255
        then Contr:=255
        else Contr:=0;
end; //contrastul se realizează în funcție de un singur canal (R, G sau B)

```

**** Rutina de contrast (varianta a II-a)**

```

for x:=0 to Width-1
do if ReadLine^[3*x]*ReadLine^[3*x+1]*ReadLine^[3*x+2] shr 12 < 127
  then for k:=0 to 2
    do if (ReadLine^[3*x+k]*(255-T)) shr 7 > 255
      then ReadLine^[3*x+k]:=255
      else ReadLine^[3*x+k]:=(ReadLine[3*x+k]*(255-T)) shr 7
    else for k:=0 to 2
      do if (ReadLine^[3*x+k]*T) shr 7 > 255
        then ReadLine^[3*x+k]:=255
        else ReadLine^[3*x+k]:=(ReadLine^[3*x+k]*T) shr 7;
// contrastul se realizează în funcție de culoarea pixel-ului (se ține cont de toate canalele
R,G și B)

```

**** Funcție logaritmică**

```

function Logarithmic(C: Integer): Integer;
var
  R: Integer;
begin
  if T > 0
  then R:=Trunc(C*Ln(1+T/255*Exp(1)))
  else R:=0;
  if R > 255
  then Logarithmic:=255
  else Logarithmic:=R;
end;

```

**** Funcție de zgomot**

```

function Noise(C: Integer): Integer;
begin
  if Random(256) < T
  then Noise:=255 //se schimbă culoarea pixel-ului în alb, aleator
  else Noise:=C; //sau culoarea rămâne neschimbată
end;

```

**** Funcție sinusoidală**

```

function Sine(C: Integer): Integer;
var

```

```

R: Integer;
S: Real;
begin
S:=sin(sqrt(sqrt(x/3-51)+sqrt(y-51)));
R:=Trunc(C/10*(T/127*S+9));
if R > 255
then Sine:=255
else Sine:=R;
end;

```

**** Funcție de colorare**

```

function Colorizer(C: Integer): Integer;
begin
if x mod 3 = Window.ItemColorize.Tag //Pad-ul din meniul "Efecte de culori" are o
proprietate – "Tag"
then if C+T-127 <= 255 // în funcție de care se selectează canalul
modificat de potențiometru (R,G,B)
then if C+T-127 >= 0
then Colorizer:=C+T-127
else Colorizer:=0
else Colorizer:=255
else Colorizer:=C;
end;

```

**** Funcția de negativare**

```

function Negativ(C: Integer): Integer;
begin
C:=255-C;
end;

```

```

for y:=0 to Height-1
do begin
ReadLine:=ScanLine[y];
for x:=0 to Width-1
do begin
MedianValue:=(ReadLine^[3*x]+ReadLine^[3*x+1]+ReadLine[3*x+2]) div 3;
ReadLine^[3*x]:=MedianValue;
ReadLine^[3*x+1]:=MedianValue;
ReadLine^[3*x+2]:=MedianValue;
end;
end;

```

**** Rutina de "tonuri de gri" („greyscale")**

```

for y:=0 to Height-1
do begin
ReadLine:=ScanLine[y];
for x:=0 to Width-1
do begin
MedianValue:=(ReadLine^[3*x]+ReadLine^[3*x+1]+ReadLine[3*x+2]) div 3;
ReadLine^[3*x]:=MedianValue;
ReadLine^[3*x+1]:=MedianValue;
ReadLine^[3*x+2]:=MedianValue;
end;
end;
// fiecare canal se completează cu media aritmetică a tuturor canalelor pixel-ului respectiv
(R,G și B)

```

**** Procedura de oglindă („mirror”) - pe orizontală**

```
procedure TWindow.ItemSubHorizontalClick(Sender: TObject);
var
  ReadLine: PByteArray;
  W: Integer;
procedure SwapCh(Ch1,Ch2: Word); //interschimbă valorile a două canale
var aux: Byte;
begin
  aux:=ReadLine^[Ch1];
  ReadLine^[Ch1]:=ReadLine^[Ch2];
  ReadLine^[Ch2]:=aux;
end;
begin
  with Image.Picture.Bitmap
  do begin
    W:=Width-1;
    for y:=0 to Height-1
    do begin
      ReadLine:=ScanLine[y];
      for x:=0 to W shr 1
      do begin
        SwapCh(3*x,3*(W-x));
        SwapCh(3*x+1,3*(W-x)+1);
        SwapCh(3*x+2,3*(W-x)+2);
        // se interschimbă coloana 1 cu coloana n, coloana 2 cu coloana n-1 etc.
      end;
    end;
  end;
end;
```

**** Procedura de oglindă – pe verticală**

```
procedure TWindow.ItemSubVerticalClick(Sender: TObject);
var
  P,Q,aux: PByteArray;
  H: Integer;
begin
  with Image.Picture.Bitmap
  do begin
    GetMem(aux, 3*Width);
    H:=Height-1;
    for y:=0 to H shr 1
    do begin
      P:=ScanLine[y];
      Q:=ScanLine[H-y];
      Move(P^, aux^, 3*Width);
      Move(Q^, P^, 3*Width);
      Move(aux^, Q^, 3*Width);
    end;
    FreeMem(aux, 3*Width);
  end;
  // se schimbă rândul 1 cu rândul n, rândul 2 cu rândul n-1 etc.
end;
```

**** Procedura de mărire**

```
procedure TWindow.ItemZoomInClick(Sender: TObject);
var
  ReadLine,PreReadLine,aux: PByteArray;
  k: 0..2;
```

```

begin
with ImageAux.Picture.Bitmap
do begin
    Height:=Image.Picture.Bitmap.Height shl 1;
    Width:=Image.Picture.Bitmap.Width shl 1;
    end; // creează o imagine nouă cu dimensiuni duble celei inițiale
// și fiecare pixel din imaginea inițială va apărea de două ori succesiv în imaginea nouă pe o
linie
// și similar, de două ori succesiv pe linia următoare
with Image.Picture.Bitmap
do for y:=0 to Height-1
do begin
    ReadLine:=ScanLine[y];
    PreReadLine:=ImageAux.Picture.Bitmap.ScanLine[y shl 1];
    for x:=0 to Width-1
do for k:=0 to 2
do begin
    PreReadLine^[6*x+k]:=ReadLine^[3*x+k];
    PreReadLine^[6*x+3+k]:=ReadLine^[3*x+k];
    end;
    aux:=PreReadLine;
    PreReadLine:=ImageAux.Picture.Bitmap.ScanLine[y shl 1+1];
    Move(aux^, PreReadLine^, 6*Width);
    end;
end;

```

**** Procedura de micșorare**

```

procedure TWindow.ItemZoomOutClick(Sender: TObject);
var
    LineHi,LineLo,ReadLine: PByteArray;
    CollIndex: Integer;
begin
with ImageAux.Picture.Bitmap
do begin
    Height:=Image.Picture.Bitmap.Height shr 1;
    Width:=Image.Picture.Bitmap.Width shr 1;
    end; // se creează o imagine nouă cu dimensiuni pe jumătate a celei inițiale
// se face media aritmetică a patru pixeli dispuși sub forma unui pătrat și se va trece o dată
în imaginea nouă
with Image.Picture.Bitmap
do for y:=0 to (Height-1) shr 1
do begin
    LineHi:=ScanLine[y shl 1];
    LineLo:=ScanLine[y shl 1+1];
    ReadLine:=ImageAux.Picture.Bitmap.ScanLine[y];
    for x:=0 to (3*Width-1) shr 1
do begin
    CollIndex:=x shl 1-x mod 3;
    ReadLine^[x]:=(LineHi^[CollIndex]+LineHi^[CollIndex+3]+
    LineLo^[CollIndex]+LineLo^[CollIndex+3]) shr 2;
    end;
    end;
end;
end;

```

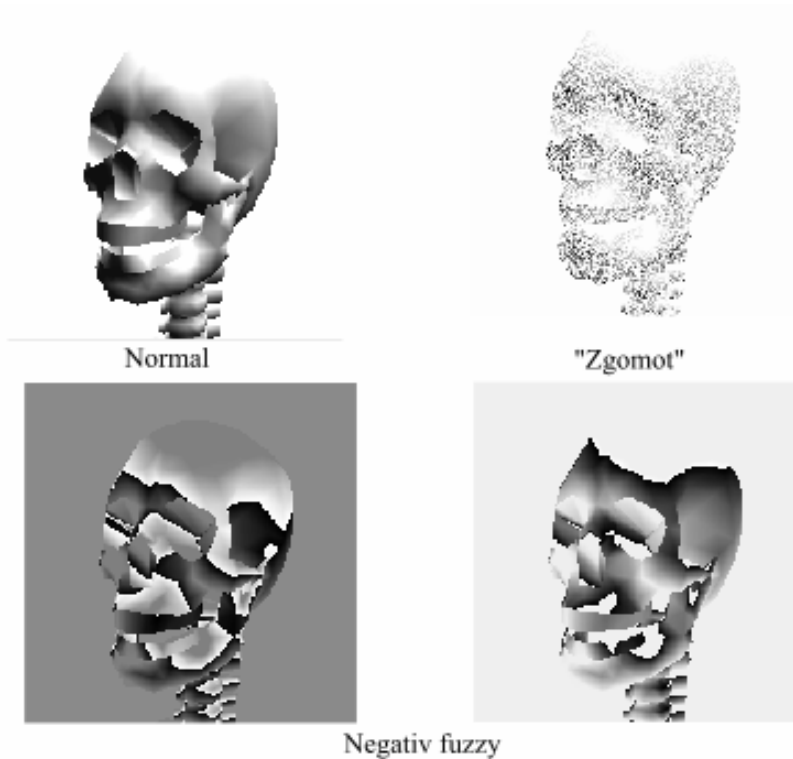



Fig. 2.20 Exemple ale aplicării unor filtre ale programului

**** Funcția de negativ de nivel**

```
function Neg(C: Byte): Byte;
begin
  if T > C
  then Neg:=T-C
  else Neg:=255-C+T;
// Negativarea se execută în funcție de "T" = poziția cursorului în TrackBar
end;
```

**** Funcție care generează umbre și surse de lumină**

(Principiu de funcționare: dacă un canal (R,G,B) al unui pixel depășește un prag dat de poziția cursorului în TrackBar, atunci acel canal va deveni 0 sau 255, în funcție de care e mai aproape valoarea sa)

```
function Shadow(C: Byte): Byte;
begin
  if C > 255-T
  then Shadow:=255
  else if C < T
  then Shadow:=0
  else Shadow:=C;
end;
```

**** Procedura de detectare a limitelor (contururilor) unui obiect**

(Principiu de funcționare: se compară culoarea unui pixel cu cea a celui care îl urmează pe orizontală și pe verticală și dacă diferența de culoare trece peste un prag dat de poziția TrackBar-ului, se accentuează culoarea respectivului pixel)

```
procedure TWindow.ItemDetectBoundsClick(Sender: TObject);
var
```

```

PHi,PLo, QHi,QLo: PByteArray;
k: Byte;
AddValue: Byte;
begin
with Image.Picture.Bitmap
do for y:=1 to Height-1
do begin
PHi:=ImageAux.Picture.Bitmap.ScanLine[y-1];
PLo:=ImageAux.Picture.Bitmap.ScanLine[y];
// se citește două rânduri de pixeli
QHi:=ScanLine[y-1];
QLo:=ScanLine[y];
for x:=0 to Width-1
do begin
// Orizontal
if x > 0
then begin
AddValue:=0;
for k:=0 to 2
do AddValue:=Abs(PHi^[3*x+k]-PHi^[3*(x-1)+k]);
AddValue:=(AddValue div 3);
// modulul diferenței valorilor celor doi pixeli se calculează ca fiind media aritmetică a
// canalelor R, G, B ale pixel-ului
for k:=0 to 5
do begin
if QHi^[3*x+k-3]+AddValue > 255
then QHi^[3*x+k-3]:=255
else QHi^[3*x+k-3]:=QHi^[3*x+k-3]+AddValue;
// această valoare (modulul diferenței) se adaugă la cei doi pixeli așezați unul după altul,
// accentuând culoarea acestora spre alb (255,255,255)
end;
end;
// Vertical
AddValue:=0;
for k:=0 to 2
do AddValue:=Abs(PHi^[3*x+k]-PLo^[3*x+k]);
AddValue:=(AddValue div 3);
// se calculează similar modulul diferenței a doi pixeli așezați unul sub altul
for k:=0 to 2
do begin
if QHi^[3*x+k]+AddValue > 255
then QHi^[3*x+k]:=255
else QHi^[3*x+k]:=QHi^[3*x+k]+AddValue;
if QLo^[3*x+k]+AddValue > 255
then QLo^[3*x+k]:=255
else QLo^[3*x+k]:=QLo^[3*x+k]+AddValue;
// se adaugă valoarea calculată la ambii pixeli
end;
end;
end;
end;

```

**** Procedura de reliefare a conturului**

// Similară procedurii anterioare, dar în acest caz, valoarea adăugată poate fi și negativă, deci culoarea unui pixel poate fi mărită, dar și micșorată.
procedure TWindow.ItemEmbossBoundsClick(Sender: TObject);

```

** Procedură de incrementare a valorii unui pixel, ținând cont de faptul că această valoare
trebuie să se încadreze în intervalul 0...255
procedure IncValue(aVal: Integer; var nVal: Byte);
begin
  if nVal+aVal > 255
  then nVal:=255
  else if nVal+aVal < 0
  then nVal:=0
  else nVal:=nVal+aVal;
end;
var
  PHi,PLo, QHi,QLo: PByteArray;
  k: Byte;
  AddValue: Integer;
begin
  with Image.Picture.Bitmap
  do for y:=1 to Height-1
    do begin
      PHi:=ImageAux.Picture.Bitmap.ScanLine[y-1];
      PLo:=ImageAux.Picture.Bitmap.ScanLine[y];
      // se citesc două rânduri de pixeli
      QHi:=ScanLine[y-1];
      QLo:=ScanLine[y];
      for x:=0 to Width-1
      do begin
        // Orizontal
        if x > 0
        then begin
          AddValue:=0;
          for k:=0 to 2
          do AddValue:=(PHi^[3*(x-1)+k]-PHi^[3*x+k]);
          AddValue:=AddValue div 3;
          // Valoarea de adăugat nu mai e reprezentată de modulul diferenței a două culori de pixeli,
          // ci de valoarea efectivă a acestei diferențe de numere din intervalul 0...255, diferență care
          // poate fi și negativă.
          for k:=0 to 5
          do IncValue(AddValue, QHi^[3*x+k-3]);
          // Această valoare se adaugă la doi pixeli așezați succesiv unul după altul
          end;
        // Vertical
          AddValue:=0;
          for k:=0 to 2
          do AddValue:=(PHi^[3*x+k]-PLo^[3*x+k]);
          AddValue:=AddValue div 3;
          for k:=0 to 2
          do begin
            IncValue(AddValue, QHi^[3*x+k]);
            IncValue(AddValue, QLo^[3*x+k]);
          // ...și la doi pixeli așezați unul sub altul.
          end;
          end;
        end;
      end;
    end;
  end;
end;

```

Domeniile de aplicare ale unui astfel de program sunt foarte largi; în absolut orice domeniu care folosește imagini (fotografiate, scanate, obținute din Internet) este necesară o minimă prelucrare a acestora, în vederea îmbunătățirii impactului vizual. Pentru utilizarea unei imagini, este necesară măcar

scalarea acesteia, în scopul încadrării în spațiul tipografic disponibil, dacă nu și rotirea ei sau modificarea contrastului și a luminozității.

2.6. RECONSTRUCȚIE MANDIBULARĂ PRIN IMPLANT PERSONALIZAT

Imaginile subiectului bolnav (o fetiță AP, 12 ani) au fost achiziționate la computerul tomograf SOMATOM Plus 4 din dotarea Bazei cu Utilizatori Multipli *Centrul de modelare a protezării și intervențiilor chirurgicale asupra scheletului uman CMPICSU*, creată în Universitatea Politehnică din Timișoara. Aceste imagini au fost prelucrate reconstruindu-se 3D, cu software-ul VC10C propriu al tomografului, imaginea reală a scheletului cranian cu deficiența mandibulară congenitală (figura 2.21).



Fig. 2.21 Deficiență congenitală de mandibulă ce urmează a fi corectată prin implantare

Pașii parcurși pentru reconstrucția 3D sunt:

1. Scanarea normală a pacientului în modul spiral, cu slice-uri la distanțe mai mici de 2-3 mm, astfel ca necesitatea de aproximare a formelor să fie cât mai redusă, dar nici pacientul să nu fie prea expus.
2. Se selectează butonul "Evaluation-3D imaging" din meniu.
3. În fereastra astfel deschisă, se selectează butonul "Images" și succesiunea de imagini din care se va realiza reconstrucția.
4. Se selectează apoi butonul "SSD" din aceeași fereastră și se așteaptă până reconstrucția s-a terminat.
5. După obținerea imaginii 3D, aceasta poate fi rotită și privită în diverse perspective utilizând doar butoanele mouse-ului.
6. Pentru selectarea altor intervale de densitate care trebuie reconstruite, se reia procedura prin acționarea butonului "Start". În imaginea 3D va apărea astfel noul interval de densitate.
7. Aria reconstruită poate fi prezentată în cadre patrate prin utilizarea butonului "ROI-ON" și prin selectarea cu mouse-ul a noii porțiuni de imagine care va trebui să apară pe ecran.
8. Imaginea reconstruită poate fi mărită/micșorată utilizând butonul "Maximum Scale" (unde noua scală este precizată în procente %), urmat de "Start"; după această etapă se reia procedura de la punctul 6.



Fig. 2.22 Mandibula artificială din Titan implantată prin intervenție chirurgicală

După realizarea imaginii, s-a conceput implantul mandibular și s-a realizat din tablă de Ti 99,99%. Prin intervenție chirurgicală, acest implant a fost atașat restului de mandibulă existent în schelet. În aceeași intervenție a fost prelevat material oso de la capul femural al subiectului și s-a plasat pe implant. La două săptămâni după intervenție, asimetria facială a pacientei a fost aproape integral corectată (figura 2.22).

Pe baza acestei experiențe pozitive, s-a realizat proiectarea unei truse de implante faciale valabile pentru diferite tipuri de fracturi și a unui distractor osos.

Execuția acestor obiective a fost realizată în cadrul *Laboratorului de orteze, proteze și implante faciale și ortopedice* din cadrul Facultății de Mecanică a Universității Politehnica Timișoara.

3.INTERVENȚII CHIRURGICALE DE REABILITARE A SCHELETULUI FACIAL PRIN IMPLANTARE

3.1 FRACTURI ALE OASELOR CUTIEI CRANIENE

Traumatismele cranio-cerebrale și sechelele lor reprezintă o problemă majoră de sănătate publică în lumea industrializată. Incidența acestora depinde de factori socio-economici și culturali, constituind cauza a circa două treimi din decesele posttraumatice și totodată cel mai frecvent generator de handicap permanent posttraumatic.

Statistici recente din SUA și Germania prezintă un număr de 200-300 cazuri de traumatisme cranio-cerebrale la 100.000 locuitori, cu un vârf de incidență la grupa de vârstă de 15-24 ani și prevalența sexului masculin față de sexul feminin în raport de 2 - 4 / 1.

În cazul bolnavilor politraumatizați, 50 % prezintă leziuni ale mijlocului feței, iar traumatismele cranio-cerebrale sunt prezente la 75 % dintre cei decedați prin accidente rutiere. În România, datele unei anchete preliminare efectuată de Grupul Neurotrauma al SRN în 1997 au evidențiat o pondere a traumatismelor craniocerebrale cuprinsă între 25-95 %, și cu o mortalitate de 60-90 %, pe când același indicator a fost de 31 % în țările Comunității Europene în anul 1996.

Fracturile sunt leziuni ce apar în urma acțiunii unui traumatism puternic asupra osului, constând în întreruperea continuității acestuia. Fracturile masivului facial se limitează rareori numai la oasele maxilare propriuzise, implicând de regulă și alte oase ale etajului mijlociu al feței și chiar neurocraniul. Traseele fracturării sunt deosebit de variate în funcție de zona de aplicare, de direcția și forța agentului traumatizant, de aici, numeroase încercări de sistematizare și clasificare întâlnite în literatură.

În funcție de modul de acțiune a agentului vulnerant, de intensitatea lui fracturile pot fi de mai multe feluri:

- *fracturi închise* - tegumentele în jurul focarului de fractura sunt intacte;
- *fracturi deschise* - focarul de fractura comunica cu exteriorul printr-o plaga;
- *fracturi directe* - în care agentul traumatizant acționează chiar la locul de producere a fracturii;
- *fracturi indirecte* - traiectul de fractură apare la distanță de la locul de acțiune al agentului vulnerant.

De asemenea, traiectul fracturii poate avea aspecte foarte variate, după mecanismul de producere: fracturi spiroide, fracturi cu înfundare, deplasate.

Masivul facial este format dintr-un ansamblu de oase pneumatice cu pereți subțiri care este sediul a numeroase acte de agresiune cât și a altor modalități de producere a traumelor. În funcție de locul unde se produc pot fi traumatisme: cranio-faciale și maxilo-faciale. Fiecare dintre acestea pot fi fracturi directe și indirecte.

Fracturile specifice masivului facial, dar care rar se limitează numai la acesta, sunt:

- **Fractura de tip Le Fort I** - este fractura care separă platoul palato-dentar de restul feței. Acest tip de fractură este rezultatul unei forțe aplicate în partea de jos a maxilarului și se poate propaga în toate oasele din vecinătatea suprafeței de impact (figura 3.1).

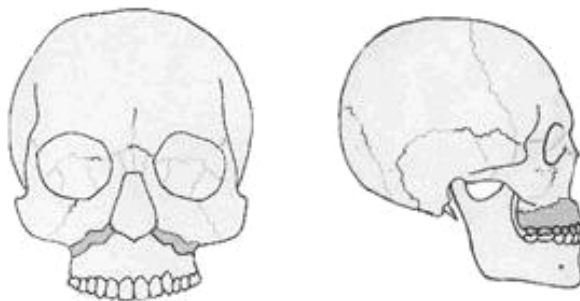


Fig. 3.1 Fractura de tip Le Fort I (Guerin)

- **Fractura de tip Le Fort II** sau fractura piramidală este rezultatul unui agent traumatizant aplicat în mijlocul maxilarului, are formă piramidală după cum îi spune și denumirea și direcția de propagare a ei poate fi pe tot mijlocul feței (figura 3.2).



Fig.3.2 Fractura de tip Le Fort II

- **Fractura de tip Le Fort III** este o disjunctie craniofacială înaltă, ce favorizează producerea breșelor durale prin intermediul etmoidului, cu apariția unor complicații oculare și infecțioase prin propagare ascendentă (figura 3.3).



Fig.3.3 Fractura de tip Le Fort III

Leziunile craniene se produc în circumstanțe foarte diferite la care contribuie energia cinetică traumatică – accelerație, decelerație, compresie – forța directă (800 kg. deformează craniul cu 1cm) și nu în ultimul rând arhitectura craniului care are un rol hotărâtor în formarea și propagarea liniilor de fractură.

Din punct de vedere biomecanic, structurile craniene formează un ansamblu arhitectural rezistent și elastic, datorită proprietăților sale constitutive de natură mecanică și arhitectonică. Neurocraniul are formă ovoidală, cu axul mare orientat antero-posterior unde este mai voluminos. Structurile osoase sunt continue, excepția fiind la nivelul găurii occipitale, unde se realizează joncțiunea cranio-spinală. Aceasta constituie o unitate mecano-structurală cu rol în mecanismele de producere a traumatismelor cranio-cerebrale, atât cele directe cât și cele mediate prin axul coloanei vertebrale.

Oasele calotei au o grosime variabilă de 0.4-1 cm, formate din țesut diploic dispus între cele două tăblii, externă și internă. Osul temporal prezintă caracteristic aderarea scuamei de diploe, iar la nivelul bazei craniului, spre deosebire de calotă, reliefulurile osoase au mari variații structurale, deoarece țesutul diploic se găsește numai în anumite regiuni. Iradierea liniilor de fractură se face ca regulă generală pe direcție paralelă cu axul de compresie.

Topografic bazei craniului se descriu trei etaje: anterior, mijlociu și posterior, delimitate de marginile posterioare ale aripilor mari sfenoidale – etajul anterior/etajul mijlociu – și marginea postro-superioară a stâncii osului temporal – etajul mijlociu/etajul posterior. Cele trei etaje sunt situate pe nivele diferite de sus în jos și dinspre anterior spre posterior. Iradierea liniilor de fractură se realizează prin respectarea orificiilor bazei.

Rezistența craniului se datorează zonelor osoase fortificate, organizate ca *stâlpi pilieri* sau *noduri de rezistență*. Structurile funcționale de rezistență ale neurocraniului au fost grupate în *arcuri* la nivelul bolții craniene, în *căpriori* la nivelul bazei și *stâlpi pilieri* la locul de întâlnire dintre arcuri și căpriori. Centrul structurilor de rezistență ale bazei craniului este format din corpul sfenoidului și procesul bazilar al occipitalului iar liniile au dispoziție convergentă. Aceste componente mecano-structurale nu conferă craniului în mod real o rezistență majoră, în practică fiind observate frecvent fracturi localizate în regiunile considerate cele mai rezistente. Aceste constatări susțin rolul preponderent al elementelor dinamice (modul de aplicare și distribuție a energiei cinetice, direcția și quantumul ei), cu rol secundar al caracterelor structurale statice în geneza traumatismului cranio-cerebral. Cunoașterea modului de producere al traumatismului cranio-cerebral are o deosebită importanță pentru interpretarea mecanismelor.

▪ **Fracturile craniene directe** sunt acele tipuri de fracturi care se produc și sunt localizate pe aria de impact. Se pot constata multe variante ale fracturilor craniene directe, fiecare cu caracteristici specifice care le individualizează ca forme distincte.

- *Fracturile liniare* se formează prin reducerea razei de curbură și interesează fie o singură tablă craniană când se constituie o fisură, sau ambele tăblii când formează o linie de fractură (figura 3.4). Cel mai frecvent direcția de propagare este meridională și afectează un os cranian sau oase conexe. Propagarea poate fi ecuatorială, când liniile de fractură sunt dispuse circular în jurul unui focar cu rază de curbură mai accentuată. Fracturile liniare pot prezenta ramificații la capete iar pe parcurs au o descendență variabilă.

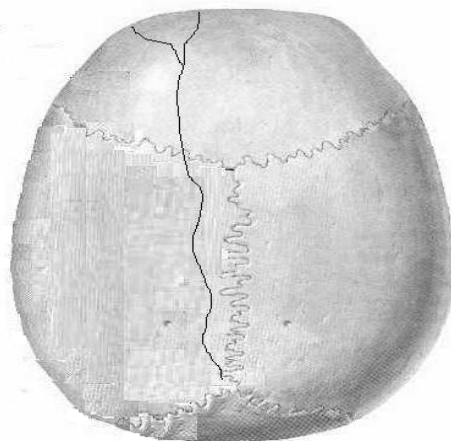


Fig.3.4 Fracturi liniare

- *Fracturile circulare* sunt dispuse ecuatorial în zona de impact și au o localizare dependentă de locul de aplicare a agentului vulnerant. Fracturile circulare de tip ecuatorial sunt denivelate sau subetajate și apar prin mecanism de lovire directă, acolo unde raza de curbură a cutiei craniene este mai mică. Aspectul fracturilor depinde de dimensiunile și forma agentului vulnerant.

Fracturi de tip particular: sunt fractura prin așchiere ce apare ca rezultatul acțiunii corpurilor ascuțite, cu viteză mare care se exercită tangent și detașează un fragment osos al calotei și *fracturi mediate* care se produc prin intermediul unor structuri extracraniene care transmit unda de forță traumatică aplicată la distanță de craniu, la nivelul acestuia. Fracturile mediate prezintă două varietăți mai importante și anume fractura mediată prin rahis și fractura craniană mediată prin mandibulă.

Fracturile cominutive: Morfologic în focarul de fractură cominutiv se constată mai multe fragmente osoase realizând aspect mozaicat al focarului. Fracturile cominutive apar prin impact direct sau intersectarea liniilor meridionale cu cele ecuatoriale (figura 3.5).

Fracturile dehiscente sunt particularizate prin distanța mare dintre versanții fracturii liniare. Pereții se situează pe planuri diferite ca în fractura în terasă, sau sunt în unghi în cazul fracturii în jgheab, fiind produse prin corpuri cu muchii.

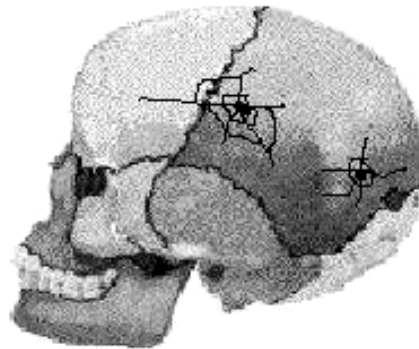


Fig.3.5 Fracturi cominutive

● **Fracturile craniene indirecte** – sunt fracturi iradiate de la o fractură directă de impact, sau pot apare controlateral zonei de impact, mai frecvent la bază dar se întâlnesc și la boltă. Ele sunt dispuse paralel cu axul de transmitere a forței și se subțiază spre capătul îndepărtat. Pentru a reveni la starea de sănătate antrioară producerii traumatismului vor fi aplicate în funcție de gradul de fractură diferite operații de reconstrucție.

Imobilizarea provizorie a fracturilor se face în scopul împiedicării mișcărilor fragmentelor osoase fracturate, pentru evitarea complicațiilor care pot fi provocate prin mișcarea unui fragment osos. Mijloacele de imobilizare sunt implantele cranio-maxilo-faciale de forme și dimensiuni variabile, în funcție de regiunile la nivelul cărora se aplică. Pentru a avea siguranța că fractura nu se deplasează nici longitudinal și nici lateral imobilizarea trebuie să cuprindă în mod obligatoriu fragmentele situate deasupra și dedesubtul focarului de fractură.

3.2. TIPURI DE IMPLANTE UTILIZATE PENTRU RESTAURAREA FRACTURILOR CRANIENE

Implantele sunt obiecte realizate din materiale biocompatibile, cu scopul de a fi introduse în corpul uman, unde vor rămâne o perioadă de timp în vederea reconstituirii oaselor sau vor fi extrase după remedierea fracturii. Avantajul tehnicii utilizării miniplăcuțelor și șuruburilor constă în obținerea unui înalt grad de stabilitate a porțiunii de os reconstituite.

Implantologia a înregistrat un progres important din momentul în care a fost demonstrată osteointegrarea titanului, implantele din titan obținând rezultate terapeutice remarcabile.

Pentru subiecții ce au suferit diferite traumatisme, cei cu malformații sau cu alte afecțiuni ale scheletului osos, restaurările protetice cu ajutorul implantelor s-au dovedit a fi deosebit de eficiente, calitățile lor superioare fiind atât funcționale cât și psihologice.

Implantele sunt realizate în conformitate cu colecția de standarde aprobată la nivel național, european și mondial, standarde ce cuprind concepții, condiții și cunoștințe tehnice și medicale. Ele pot avea suprafețe:

- netratate
- tratate cu depunere de alte substanțe
 - hidroxil apatita
 - oxid de aluminiu amorf
 - oxid de aluminiu cristalin
- tratate mecanic prin sablare.

Tratamentul fracturilor în general urmărește să reconstituie complet și repede funcțiile scheletului și constă în unirea formelor anatomiche variate, depinzând de așezarea și locul fracturii. Resturile de oase sunt capabile să preia sarcinile și implantul trebuie să substituie proprietățile de întindere pierdute. Această încărcare se împarte între os și implant, acesta trebuind să fie ductil și adaptabil la suprafața osului.



Fig.3.6 Diferite tipuri de plăcuțe și șuruburi de implantare

După forma și materialul folosit există mai multe tipuri de implante (figura 3.6):

- *Implante realizate din materiale biodegradabile:* utilizate pentru fixarea oaselor craniene ale pacienților de diferite vârste încă din 1996 și au marele avantaj că pe parcursul unui an ele pot fi asimilate de organism și eliminate. Principiul ce stă la baza acestei aplicații este descompunerea polimerilor biodegradabili în corpul uman în contact cu apa. Forma și dimensiunile acestui tip de implante este foarte variată, depinzând de dimensiunile și tipul oaselor ce urmează a fi reconstituite.
- *Implante stabilizatoare realizate din titan și oțel inoxidabil biocompatibil:* utilizate pentru traumele severe ale scheletului facial care necesită un număr mare de șuruburi și plăcuțe; implantele din titan sunt preferate pentru că au o înaltă rezistență la coroziune, datorită formării spontane a stratului subțire de oxigen. Titanul pur are o comportare pasivă și nu provoacă niciodată reacții toxice sau alergice. În tratarea fracturilor funcția implantului se extinde atât cât este necesar pentru osul afectat încât să reziste încărcării funcționale corespunzătoare.

Prinderea prin *plăcuțe* exclude mișcarea interfragmentară și realizează interpresarea a 2 suprafețe, os-os sau implant – os. Efectul compresiunii induse de fixare este dublu: acesta produce preîncărcarea în planul

fracturii și crește fricțiunea interfragmentară. Astfel fractura rămâne imobilizată atât timp cât preîncărcarea axială este mai mare decât rezistența la întindere produsă de funcții și atât timp cât fricțiunea interfragmentară previne deplasarea produsă de forțele de forfecare. În oasele fracturate compresiunea poate fi menținută o perioadă de la câteva săptămâni la câteva luni, suficient de lungă pentru a permite osului conectarea fragmentelor rupte.

Implantele utilizate pentru reconstrucția craniului sunt normalizate, existând specificații tehnice pentru materiale și dimensiuni. Sistemele diferitelor dimensiuni sunt simbolizate cu numere și sunt utilizate pentru diferitele zone ale craniului. Reprezentarea sistemului este indicată de gama de dimensiuni a șuruburilor.

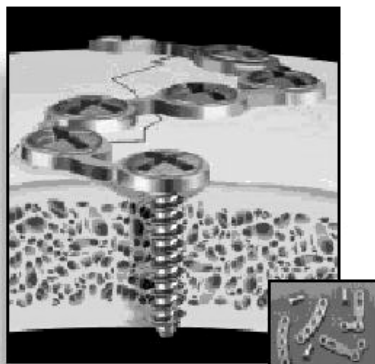


Fig.3.7 Prinderea plăcuței de implantare cu șuruburi pentru imobilizarea fragmentelor osoase

Șuruburile sunt elemente de bază pentru fixarea plăcilor sau a dispozitivelor similare pe os pentru a ține unite fragmentele osoase. Alegerea corectă a amplasării șuruburilor este foarte importantă în asigurarea stabilizării fracturilor. Cele mai bune plăcuțe sunt inutile dacă nu sunt fixate cu șuruburi corespunzătoare (figura 3.7). Pentru reconstituirea oaselor craniului sunt utilizate în general șuruburi cu diametrul cuprins între 1 și 2 mm. Forma plăcilor pentru fixarea fragmentelor osoase ale oaselor craniului și mijlocului feței corespunde anatomiei, cele mai frecvente fiind: în X, Z, Y, L cu înclinare spre dreapta sau spre stânga, curbate, etc. în funcție de necesitate.

Câteva exemple de implantare pentru repararea defectelor osoase de tip fractură la craniul uman, sunt prezentate în figura 3.8.

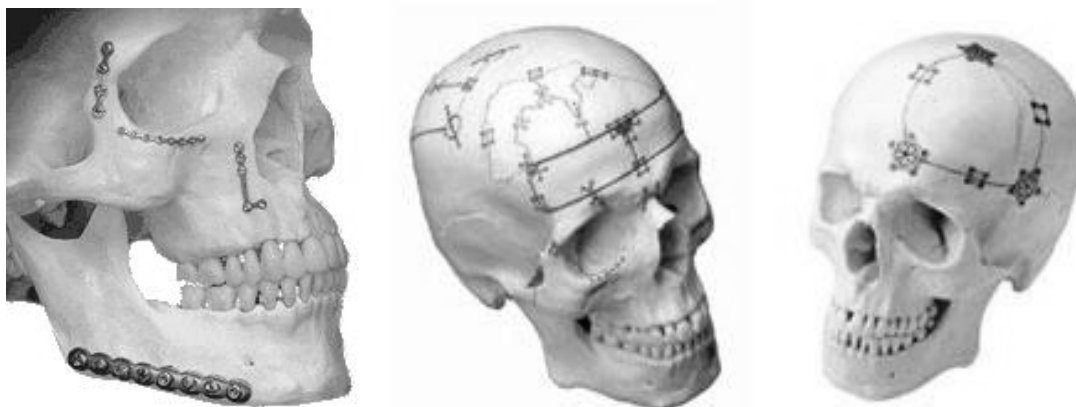


Fig.3.8 Exemple de implantare la nivelul scheletului cranian

Pentru situații complicate, la pacienții cu deficiențe severe se utilizează dispozitive speciale de fixare a fragmentelor osoase numite *distractoare*.

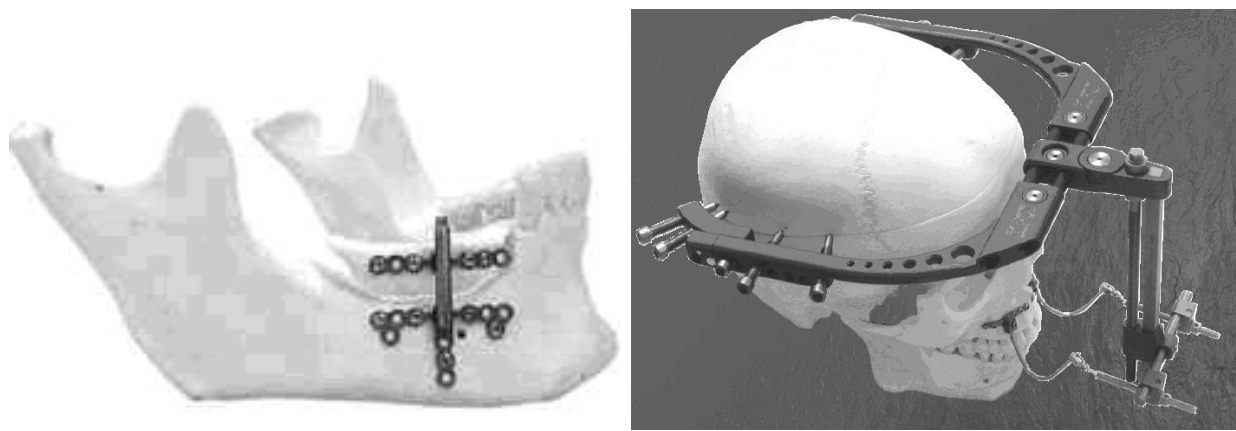


Fig.3.9 Exemple de distractoare pentru corectarea scheletului cranian

Dispozitivele de distractare sunt foarte bine tolerate de pacienți și pot fi utilizate pentru:

- toate tipurile de cranii cu orice fel de deficiențe;
- cazurile în care tratamentul cu implantate tip plăcuță nu a dat rezultate;
- situațiile în care este necesară grefă de os sau alte materiale.

Ele permit deplasarea corectă multidirecțională în mai multe planuri, precum și corectarea poziției implantului în timpul perioadei de reconstrucție a osului. Și acestea ca și implantate sunt întâlnite în diferite forme și dimensiuni, specifice oaselor ce urmează a fi implantate. Distractoarele au o construcție modulară cu mai multe ramificații în diferite planuri. Câteva soluții constructive de distractoare sunt prezentate în figura 3.9.

3.3. TRUSA DE IMPLANTE CHIRURGICALE

La Clinica de Chirurgie Oro-maxilo-facială din Timișoara au fost realizate mai multe intervenții chirurgicale reparatorii, în cadrul activității de testare clinică obligatorie pentru omologarea de către Ministerul Sănătății a trusei de implantate chirurgicale realizată în cadrul laboratorului LOPIFO, extensie a BCUM-ului *Centrul de Modelare a Protezării și Intervențiilor Chirurgicale asupra Scheletului Uman* CMPICUSU.

- **Analiza de risc pentru trusa de implantate**

În cursul omologării trusei (figura 3.10) s-a realizat și o **analiză de risc** pentru implantatele componente ale trusei și dispozitivul de distractare proiectat în cadrul CMPICUSU.

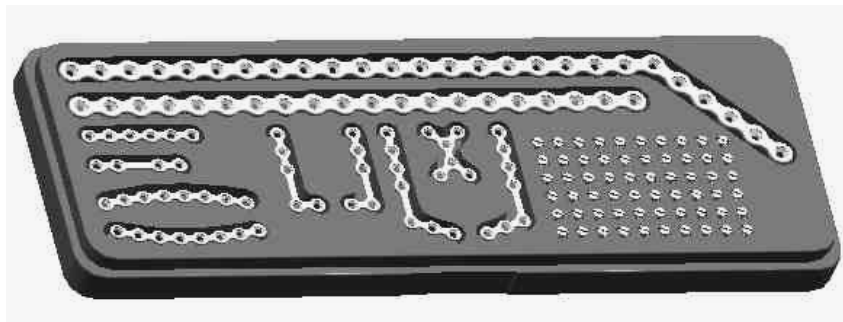


Fig.3.10 Trusa de implantate chirurgicale realizată în cadrul BCUM CMPICUSU

Analiza de risc a luat în considerare următoarele standarde și norme:

1. SR ISO 14971: 2002 Dispozitive medicale. Aplicarea gestiunii riscului la dispozitive medicale;
2. Legea 176/18.10.2000 privind dispozitivele medicale;
3. HG 190/20.02.2003 Hotărârea 190 privind stabilirea condițiilor de introducere pe piață și de utilizare a dispozitivelor medicale;

4. SR ISO 5832-2: 1996 Implanturi chirurgicale. Produse metalice. Partea 2: Titan nealiat;
5. SR EN 554: 2003 Sterilizarea dispozitivelor medicale. Validare si control de rutina pentru sterilizarea cu caldura umedă.

Componența dispozitivelor medicale pentru care s-a făcut analiza riscului este reprezentată de elementele trusei de implante cranio-maxilo-faciale TI 1:

- Plăcuță PL 135D 170x42,5x21/6;
- Plăcuță PL 135S 170x42,5x21/6;
- Plăcuță PD 161x20;
- Plăcuță PCV R85x8;
- Plăcuță PCO R85x8;
- Plăcuță PX 14,5x8,5x6;
- Plăcuță PL110D 30x12x5/3;
- Plăcuță PL110S 30x12x5/3;
- Plăcuță PL90D 24x6x4/2;
- Plăcuță PL90S 24x6x4/2;
- Plăcuță PD 30x6;
- Plăcuță PD 24x4;
- Șurub SHA 2/12;
- Șurub SHA 2/10;
- Șurub SHA 2/8.

Trusa de implante cranio-maxilo-faciale TI 1 reprezintă un sistem de osteosinteză pentru chirurgia craniană și maxilo-facială, fiind destinat rezolvării chirurgicale a fracturilor complicate ale viscerocraniului, precum și reconstrucției faciale în cadrul clinicilor de chirurgie oro-maxilo-facială, care efectuează astfel de intervenții chirurgicale. Trusa de implante constă în plăcuțe de diferite forme și dimensiuni, de construcție modulară, respectiv șuruburi de diferite lungimi, a căror utilizare specifică este decisă de medicul specialist, în funcție de natura și extinderea defectului osos ce urmează a fi remediat. Ea se încadrează în categoria dispozitivelor medicale din clasa II B de risc.

Proiectarea și executarea trusei de implante cranio-maxilo-faciale au fost realizate astfel încât, în condițiile utilizării în scopul prevăzut, elementele din componența acestora să fie ușor de implantat, să necesite un timp de intervenție chirurgicală redus și să nu compromită sănătatea și siguranța pacienților, respectiv a personalului medical. Plăcuțele au forme diferite, pentru a putea fi utilizate în cazul diverselor tipuri de fracturi și se aplică la locul fracturii, asigurând un suport mecanic necesar consolidării osoase și vindecării secundare a acesteia. Șuruburile au capul crestat, pentru a permite înșurubarea în structura osoasă.

Materialul folosit în cazul trusei de implante cranio-maxilo-faciale este Ti VT1-0 (SR ISO 5832-2: 1996). Compoziția chimică și proprietățile mecanice ale acestuia sunt atestate prin Certificatul de Calitate N 8/10-2003 în cazul tablelor folosite la confecționarea plăcuțelor și prin Certificatul de Calitate N 19/2003 în cazul sârmelor folosite la confecționarea șuruburilor.

Trusa de implante cranio- maxilo-faciale:

- nu necesită surse externe sau interne de alimentare cu energie;
- nu apar solicitări mecanice (forțe, mișcări neintenționate, vibrații);
- nu apar radiații sau câmpuri magnetice;
- nu necesită software dedicat sau operațiuni suplimentare de întreținere/ calibrare.

Trusa de implante cranio-maxilo-faciale se încadrează în categoria dispozitivelor medicale nesterile la livrare. Sistemul de ambalare ferește produsele de deteriorări mecanice și de contaminări chimice sau biologice, păstrându-se nivelul de curățenie corespunzător.

Înainte de utilizare, componentele destinate implantării pentru un caz dat se sterilizează în mod obligatoriu, pentru a evita riscul de infecție. Sterilizarea se poate face prin metodele care nu atrag modificarea proprietăților fizico-chimice ale materialelor. Aspectele legate de sterilizare și de evitarea biocontaminării intră sub controlul echipei medicale.

Materialele folosite la realizarea dispozitivelor menționate sunt utilizate frecvent în practica chirurgicală, în literatura medicală existând numeroase studii care atestă calitățile lor. Titanul este un material recunoscut pentru biocompatibilitatea sa, având o largă întrebuințare pentru dispozitivele medicale implantabile. Efectele secundare sau adverse induse de utilizarea trusei sunt rare, fiind date de limitele tehnicii chirurgicale și/sau de particularitățile câmpului operator. Din aceste motive, se poate considera că raportul risc/beneficii este net în favoarea utilizării acestui material. Dispozitivul poate fi încadrat în zona general acceptabilă de risc.

Riscurile legate de bioincompatibilitate, toxicitate, oncogenitate sunt eliminate prin folosirea de materiale ce se încadrează în normele prevăzute. Acestea sunt certificate de încadrarea materialelor în normele de calitate (atestare de certificatele de calitate).

Chiar în urma unei utilizări prelungite, concentrația titanului, atât la nivel local, cât și cea sistemică, nu depășește valorile maxime admise (20-200 ppm). În limita acestor concentrații, nu au fost observate semne de toxicitate, alergii sau alte efecte secundare. Aceste observații sunt rezultatul unor studii de durată efectuate de colective de cercetare specializate.

Titanul pur și oțelurile inoxidabile nu se încadrează în categoria materialelor biodegradabile, acest risc fiind exclus.

Implantul chirurgical intră în contact doar cu mediul intern, deci pH 7,35 - 7,45 și temperatura de 37 °C. În aceste condiții metalul se pasivează, coroziunea lui putând fi considerată inexistentă.

Materialele nu sunt magnetizabile sau ionizabile, pacientul beneficiar al implantului putând fi supus oricăror investigații imagistice (raze Roentgen, RMN, etc.) fără să modifice proprietățile implantului sau să producă influențe negative în zona implantată, datorită câmpurilor exterioare corpului uman.

Pot să apară deteriorări mecanice accidentale, ce nu pot fi prevăzute (accidente care pot afecta zona de implantare); dacă nivelul acestor solicitări nu îl depășește pe cel acceptabil pentru os, atunci nici porțiunea implantată nu va suferi deteriorări.

Implantele cranio-maxilo-faciale nu modifică constantele biologice ale organismului pacientului, nici la locul implantării, nici în alte organe ale acestuia.

Produsul este etichetat în mod corespunzător. Pe etichetă se menționează, în mod vizibil, următoarele elemente:

- inscripția: *Se utilizează doar de medicul specialist;*
- inscripția: *Componentele trusei sunt de unică folosință;*
- inscripția: *Se sterilizează înainte de implantare: temperatura maximă 180°C în aer cald sau maxim 134 °C în autoclavă.*

Implantarea se realizează de către un colectiv medical specializat, care cunoaște atât caracteristicile componentelor trusei, cât și modalitățile de a reduce la minim riscurile pre-, intra- și post-operatorii.

Instrucțiunile de operare la utilizarea trusei de implantate sunt simplu de urmat de către medicul specialist, prin urmare, problemele pot apărea doar în cazul utilizării unui instrumentar chirurgical necorespunzător.

Toate componentele trusei sunt prelucrate în mod corespunzător, neexistând suprafețe nefinisate sau muchii tăietoare (găurile pentru șuruburi sunt zencuite, iar suprafața plăcuțelor este lustruită cu ajutorul discurilor și a pastelor de șlefuit). Prin gradul ridicat de finisare al muchiilor și suprafețelor, implantele se integrează perfect în țesuturi, fiind eliminat riscul producerii unor microtraumatisme locale.

Atât implantele chirurgicale, cât și șuruburile necesare fixării acestora sunt de unică folosință.

Trusa de implantate chirurgicale nu necesită operațiuni speciale de întreținere.

Durata de întrebuințare este condiționată de viteza de consolidare a fracturii. Ea este evaluată de medicul specialist, pe baza examenelor clinice și radiologice. În principiu, durata de întrebuințare a implantelor este peste 30 de zile. După realizarea procesului de osteosinteză, plăcuțele și șuruburile pot fi îndepărtate sau pot să rămână definitiv la locul implantării, în funcție de situația clinică, respectiv toleranța pacientului. Solicitățile mecanice la care sunt supuse elementele trusei se încadrează în limitele fiziologice date de forța maximă a contracției musculare. Pot să apară și unele sarcini accidentale producătoare de tensiuni locale, dar acestea nu pot depăși limita de rezistență a osului fără defecte. Dimensionarea lor s-a făcut ținându-se seama de aceste valori maxime.

În ceea ce privește obligațiile producătorului, se au în vedere următoarele aspecte:

- un control riguros al calității materialelor utilizate în procesul de producție;
- respectarea cu strictețe a tuturor fazelor procesului tehnologic;
- verificări interfazice;
- verificarea produsului finit;
- controlul condițiilor de ambalare, etichetare și depozitare ale produselor finite.

Aspectele legate de utilizarea propriu-zisă a implantelor și șuruburilor de fixare intră în competența echipelor de chirurghi. Între aceștia și producători există o comunicare permanentă. Pe baza acestor observații producătorul poate remedia eventualele deficiențe ale produselor.

În urma analizei tuturor factorilor menționați, în conformitate cu Legea 176/2000 privind dispozitivele medicale și HG 190/20.02.2003 Hotărârea 190 privind stabilirea condițiilor de introducere pe piață și de utilizare a dispozitivelor medicale, producătorul Universitatea Politehnica Timișoara, Facultatea de Mecanică, *Laboratorul de proteze, orteze și implantate faciale și ortopedice* LOPIFO asigură funcționarea normală a trusei de implantate cranio-maxilo-faciale în condiții minime de risc atât pentru pacienți, cât și pentru personalul medical.

Chirurgul care a realizat intervențiile în cadrul lotului de teste clinice (prof.dr. Emil Urtilă) conchide în raportul său asupra acestor intervenții: *Materialul de osteosinteză permite realizarea facilă a osteosintezei la fel ca și alte materiale similare produse de firme străine. După practicarea osteosintezei, evoluția postoperatorie a fost normală, iar formarea calusului s-a derulat în timp mai scurt decât în cazurile osteosintezei cu fir de sârmă. Nu am avut în lotul studiat cazuri de respingere sau reacții negative ușoare la locul implantării. Nu au fost înregistrate nici incompatibilități imunologice, toxicologice sau de altă natură. În concluzie, se poate afirma că pe toată perioada urmărită implantele s-au comportat în mod corespunzător atât din punct de vedere medical, cât și în ceea ce privește aspectele mecanice sau de coroziune.*

• **Testarea implantelor componente ale trusei**

Pentru testarea implantelor chirurgicale a fost conceput un protocol complet de încercări care se bazează pe o serie de norme valabile în România, unele fiind preluate din sistemul emanat de Uniunea Europeană. Acestea sunt Legea nr. 176 din 18.10.2000 privind dispozitivele medicale și următoarele standarde:

Nr. crt.	Tip Standard	Nr. Standard	Conținut
1.	HG	190/20.02.2003	Hotărâre 190 privind stabilirea condițiilor de introducere pe piață și de utilizare a dispozitivelor medicale
2.	SR EN ISO	14602: 2001	Implanturi chirurgicale neactive. Implanturi pentru osteosinteză. Cerințe particulare
3.	SR EN ISO	14630: 2000	Implanturi chirurgicale neactive. Cerințe generale
4.	SR ISO	5832-2: 1996	Implanturi chirurgicale. Produse metalice. Partea 2: Titan nealiat
5.	SR EN	980: 2003	Simboluri grafice utilizate pentru etichetarea dispozitivelor medicale
6.	SR EN	12011: 2000	Instrumentar utilizat în asociere cu implanturi chirurgicale neactive. Cerințe generale
7.	STAS	5055/2-91	Ambalaje. Simboluri grafice de avertizare
8.	SR EN ISO	14971: 2003	Dispozitive medicale. Aplicarea gestiunii riscului la dispozitive medicale
9.	SR EN	554: 2003	Sterilizarea dispozitivelor medicale. Validare și control de rutină pentru sterilizarea cu căldură umedă
10.	SR EN	285: 2003	Sterilizare. Sterilizare cu aburi. Sterilizatoare mari
11.	STAS	6535/83	Protecție climatică. Împărțirea climatică a Pământului
12.	STAS	6692/83	Protecția climatică. Tipurile de protecție climatică
13.	SR EN	868-1/2003	Materiale și sisteme de ambalare pentru dispozitivele medicale care urmează a fi sterilizate
14.	Ordin MSF	185/2003	Aprobarea normelor tehnice privind asigurarea curățeniei, dezinfecției, efectuarea sterilizării și păstrarea sterilității obiectelor și materialelor sanitare în unitățile sanitare de stat și private
15.	Anexa 2 Ordin 185/2003	/06.03.2003	Norma tehnică din 06.03.2003 privind efectuarea sterilizării și păstrarea sterilității dispozitivelor materialelor sanitare

S-au stabilit următoarele încercări pentru care au fost redactate protocoale corespunzătoare și buletine de încercare respectând sistemul de calitate reglementat prin SR ISO EN 17025.

Toate încercările se pot realiza doar cu echipamente aflate în dotarea BCUM-CMPICSU și a extensiei sale laboratorului de încercare LOPIFO (Laborator de Orteze, Proteze și Implante Faciale și Ortopedice).

A. INCERCAREA LA COROZIUNE

A.1 Principiul metodei

Determinarea coroziunii prin metode electrochimice are la bază corelația directă ce există între curentul măsurat între electrozi și cantitatea de metal transferată în mediul coroziv. Cele mai folosite unități de măsură sunt g/an și mm/an, adâncime a penetrării.

A.2 Curba de polarizare

Curba de polarizare obținută este în concordanță cu ASTM G3 și G2.1. Pentru determinarea parametrilor de coroziune pot fi folosite atât metoda Stern, cât și Tafel.

A.3. Aparatură și materiale

Aparatura constă din:

- **Potențostatul / galvanostatul** denumit **VoltaLab 21** este de construcție compactă, cu un generator de semnal integrat, ce poate fi folosit ca un instrument independent atunci când este programat din panoul frontal. Este însoțit de softul propriu de achiziție VoltaMaster 4.

Folosind softul de achiziție VoltaMaster 4, rata maximă de scanare este de 10 mV/s. VoltaLab 21 înregistrează rezistența de polarizare și potențialul de coroziune pentru un interval de timp destul de lung. De asemenea mai sunt disponibile și module de determinare a coroziunii în puncte și a coroziunii galvanice.

- **Celula electrochimică BEC/EDI** -

Este confecționată din pyrex și permite termostatarea. În plus aceasta poate fi utilizată cu mai multe tipuri de electrozi.

Ca materiale se utilizează:

- **Electrozi**

B20B110 1 XR110 – Electrode de referință din calomel

B35M110 1 XM110 Electrode de platină ($\varnothing = 1$ mm, $l = 10$ mm)

- **Reactivi și soluții de lucru**

Mediile în care se desfășoară determinările de coroziune trebuie să se apropie cât mai mult de cel fiziologic. În acest scop pot fi folosite:

- Ser fiziologic
- Soluție Ringer
- Soluție Ringer lactat
- Albumină serică bovină (BSA)
- Saliva artificială
- Soluții de albumina cu concentrații diferite

A.4. Pregătirea eșantionului și epruvetei pentru încercare

Pregătirea eșantionului se face conform instrucțiunilor din „Manualul utilizatorului VoltaLab” urmând următorii pași și respectând condițiile:

- Înainte de efectuarea determinării, proba trebuie degresată și spălată din abundență cu apă distilată.
- Încercările fizice se efectuează în condiții de mediu cât mai apropiate de cele fiziologice și anume: pH 7,3 – 7,4 și temperatura de 37⁰ C. Pentru saliva artificială valoarea pH-ului poate varia între 5,5-7. Condiția de pH este îndeplinită prin utilizarea unor medii adecvate (menționate mai sus).
- Temperatura se menține în jurul valorii de 37⁰ C prin utilizarea unei celule de coroziune termostabilă. Aceasta are o cămașă externă prin care circulă apă a cărei temperatură este menținută constantă la valoarea dorită. Din aceste motive înainte de începerea lucrului propriu zis sunt necesare de operații pregătitoare în principal pentru soluția de lucru. Astfel soluția de lucru se păstrează la rece, la temperatura de aproximativ 4⁰ C. Ea este scoasă din frigider cu minim 30 min. Înaintea determinării și lăsată să ajungă la o temperatură cât mai apropiată de cea a camerei.
- Nu se folosesc soluții cu durata de valabilitate depășită, care au fost păstrate în condiții necorespunzătoare sau sunt tulburi.

A.5. Modul și mediul de lucru

- Soluția de lucru, adusă la temperatura camerei, se introduce în celula electrochimică.
- Se reglează temperatura termostatului și se pornește termostatarea. Controlul temperaturii soluției se realizează cu ajutorul unui termometru cu șlif introdus în soluția de lucru prin orificiul special prevăzut în capacul celulei.
- Concomitent, sunt pregătiți și electrozii.

- Se deșurubează capacul protector al contraelectrodului de Pt B35M110 1 XM110. Vârful electrodului se spală cu apă distilată și se șterge.
- După această pregătire, electrodul poate fi introdus în soluția de lucru, prin orificiul special prevăzut în capacul celulei.
- Ca electrod de referință se întrebuițează electrodul saturat de calomel B20B110 1 XR110.
- **Pentru a evita impurificarea electrodului, acesta nu va intra în contact direct cu soluția de lucru.** Pentru aceasta legarea lui se face indirect, prin intermediul unei punți de sare. Un braț al punții este introdus în celula electrochimică, iar celălalt într-un pahar Berzelius ce conține soluție saturată de KCl. ESC, suspendat de stativ, va intra în contact doar cu soluția saturată de KCl.
- Electrodul de lucru este confecționat din metalul ce va fi supus analizei. Suprafața acestuia trebuie să fie cunoscută. Din considerente tehnice, legate de limita curentului ce poate fi debitat de aparat, se recomandă o suprafață de 1-2 cm². Legătura cu instrumentul de măsură se face prin intermediul unor cabluri ecranate, special prevăzute pentru acest scop.
- Atunci când temperatura soluției a ajuns la 37⁰ C, cei trei electrozi se introduc în celulă și începe măsurarea potențialului.

A.6. Întreținerea echipamentului

După terminarea determinării, potențiostatul se închide prin acționarea butonului special prevăzut pe panoul frontal.

Atât electrodul de referință ESC (electrod saturat de calomel), cât și contraelectrodul (electrodul de Pt) au o sensibilitate deosebită și în cazul unei utilizări necorespunzătoare pot fi impurificați.

Pentru a se evita impurificarea ESC se introduce într-un pahar Berzelius conținând o soluție saturată de KCl. Legătura acestuia cu celula de coroziune se face obligatoriu printr-o punte de sare.

După încheierea determinării, vârful electrodului de calomel se introduce într-un căpăcel de plastic ce conține o soluție saturată de KCl și se depozitează la loc sigur, ferit de șocuri mecanice și variații mari de temperatură (preferabil în ambalajul original). Dacă nu este utilizat pentru mai mult timp, se verifică periodic prezența soluției de KCl în capacul protector.

După utilizare, contraelectrodul de Pt se spală din abundență cu apă distilată, se șterge și se aplică cele două capace protectoare după care se depozitează la loc sigur.

Puntea de sare este păstrată într-un pahar Berzelius ce conține o soluție suprasaturată de KCl.

Celula de coroziune trebuie golită, spălată cu apă distilată, ștersă și depozitată într-un loc special prevăzut.

Cablurile de legătură se deconectează de la panoul frontal și se păstrează la loc sigur.

A.7. Calculul și interpretarea rezultatului

Se face utilizând softul de achiziție VoltaMaster 4, ce însoțește aparatul.

Din meniul **File -> New sequence** se deschide o fereastră de dialog ce permite introducerea următoarelor date:

Operator :

Date :

Specification of the test :

Working Electrode :

Reference Electrode :

Auxiliary Electrode :

Comments :

Din meniul **Settings -> Instrument setup** se selectează portul (COM 1, 2...) și tipul aparatului (în cazul nostru voltaLab PGP 201)

Din meniul **Settings -> Cell setup** se setează tipul electrodului de referință (în cazul nostru ESC) și al celui de lucru (work electrode). Pentru electrodul de lucru trebuie să specificăm mărimea suprafața, densitatea materialului, compoziția chimică și valența.

Din meniul **Sequence edition** se selectează metoda și parametrii de lucru.

Fișierele de date obținute în urma încercării sunt de tip VM4Files.exp și de tip text.

Acestea pot fi prelucrate atât de software-ul aferent, dar pot fi și ușor importate în orice program de calcul statistic.

În cazul de față datele pot fi importate în Excel.

După prelucrare se obțin curbele caracteristice (Tafel, Evans, Stern) din care se determină viteza de coroziune, exprimată în mm/an.

A.8. Modul de stocare a rezultatelor

Proba va fi stocată pe raftul amenajat, în vederea încercării.

Operatorul va lua probele identificate conform PG-2.1.03.02 și va efectua încercarea aferentă fiecăreia. Datele obținute se vor introduce într-o fereastră specială a programului de achiziție a datelor- laboratory logbook, ce conține câmpuri predefinite în care se înscriu datele referitoare la operator, condiții de lucru, probă și alte comentarii. Fișierul este salvat automat de către program. Conținutul are forma dată în următoarele câmpuri:

Operator :

Date :

Specification of the test :

Working Electrode :

Reference Electrode :

Auxiliary Electrode :

Comments :

Valorile obținute sunt salvate atât într-un format intern, cu extensia VM4Files.exp, cât și în Notepad, de unde pot fi exportate în alte programe de prelucrare a datelor (de ex. Excel)

La data stabilită clientul va primi înapoi proba (indiferent dacă încercarea a fost distructivă sau nu) și raportul de încercare.

Rezultatele fiecărei încercări efectuate se vor stoca pe partiția „D” a hard drive-ului urmând ca săptămânal să se scrie pe cd-uri pentru a avea informațiile salvate în cazul că sistemul de calcul este indisponibil din considerente tehnice.

Această activitate mai permite regăsirea și reconstituirea condițiilor în care s-a efectuat fiecare încercare putându-se eventual relua o încercare în aceleași condiții.

Cd-urile pot conține sesiuni deschise în vederea scrierii ulterioare de alte informații pe un interval definit de activitate.

Păstrarea cd-urilor se va face în spații alocate și protejate împotriva accesului persoanelor neavizate.

B. INCERCAREA DE DURITATE

B.1. Principiul metodei

Metoda de încercare a durității se bazează pe determinarea adâncimii de pătrundere a penetratorului de diamant la aplicarea unei forțe de 6,5 kgf.

B.2. Aparatura, echipament de măsurare

Ca echipament este folosit aparatul de măsurare a durității HARDMATIC – seria 810-503. Etaloane folosite sunt de tip NAMAS – seria EP0364832. Aparatul de măsurare a durității HARDMATIC este un aparat portabil, care permite determinarea durității pe scările Vickers, Rockwell B, Rockwell C, Brinell. Măsurarea durității cu aparatul HARDMATIC nu necesită prelevarea unei epruvete din material și nici o pregătire specială a suprafeței pe care urmează să se facă măsurarea. Pot fi realizate măsurători atât pe suprafețe plane, cât și pe suprafețe curbe.

B.3. Pregătirea eșantionului și epruvetei pentru încercare

Dacă clientul are un lot mare de piese, dintre acestea se alege prin sondaj, la cererea clientului sau la propunerea operatorului un număr de piese pe care se va efectua încercarea de duritate.

După identificarea obiectelor de încercat, executantul încercării verifică ca suprafața piesei de încercat să fie curată, uscată, lipsită de porozități sau defecte de suprafață.

Dacă starea suprafeței de încercat necesită o prelucrare suplimentară, aceasta se va efectua printr-un procedeu care să evite modificarea structurii straturilor superficiale prin ecrusare sau încălzire.

B.4. Modul și mediul de lucru

Conform STAS 7925-84 Așezarea probelor la încercarea de duritate, proba trebuie fixată pentru a nu se deplasa în timpul apăsării. La încercarea probelor cilindrice se impune o așezare a probei care să permită măsurarea pe generatoarea opusă celei pe care se realizează rezemarea.

Sarcina se poate aplica pentru semifabricate sau piese a căror configurație permite apăsarea prin intermediul bucșei inferioare.

Pentru piesele cu forme complicate, se impune realizarea unor dispozitive de fixare conform STAS 7925-84, caracteristice fiecărui proces de control.

Fazele procesului de măsurare sunt:

- Aparatul se sprijină pe suprafața de măsurat prin intermediul bucșei de contact de la partea inferioară a aparatului. Prin apăsarea cu ambele mâini pe cele două mânere ale aparatului se eliberează resortul care imprimă penetratorul pe suprafața de măsurat.
- Se continuă apăsarea până la punctul mort, apoi se citește valoarea durității indicată pe cadranul aparatului de pe una dintre scările indicate pe cadran.
- După citire, se eliberează lent sarcina până când acul ajunge în poziția inițială (zero).

B.5. Întreținere, mentenanță și siguranță echipament

Aparatul HARDMATIC de măsurare a duriții trebuie manevrat cu grijă, pentru a preveni deteriorarea părților componente și pentru a putea fi siguri în mod continuu de performanța de măsurare. Când se folosesc mâinile pentru apăsarea pe mânerele aparatului, este esențial, ca mânerul să fie ferm fixat în jurul umărului protector la apăsare. Mânerele trebuie examinate vizual, periodic pentru a detecta eventuala stare de uzare sau funcționare incorectă.

Indicații speciale:

- Nu se lucrează cu aparatul dacă în vecinătate sunt mașini unelte în funcțiune.
- Aparatul trebuie să fie bine fixat pe masa de lucru, evitându-se vibrațiile.
- Pentru a preveni mătuirea suprafețelor metalice supuse măsurării, se recomandă acoperirea acestora cu un strat subțire de ulei contra ruginirii.
- Aparatul se șterge de praf cu o cârpă moale, după fiecare utilizare și se păstrează în cutia lui, în locașul special.

Precizia estimată a măsurătorii este stabilită după cum urmează:

Nr.crt.	Scara	Precizia de măsurare
1	HRC	± 2 unități
2	HRB	± 3 unități
3	HB	± 3 %
4	HV	± 2 %

Pentru verificarea corectitudinii măsurătorilor, se recomandă utilizarea etaloanelor de duritate. În acest scop, se fac măsurători de duritate pe etaloane NAMAS, livrate de producătorul aparatului.

Pentru eventualitatea că valorile indicate de aparat diferă față de valoarea nominală a etalonului, se continuă apăsarea până în momentul în care valoarea indicată coincide cu cea nominală, apoi se eliberează apăsarea.

După înlăturarea sarcinii, acul se aduce în poziția inițială cu ajutorul șurubului de reglaj.

Se realizează o nouă încercare pe proba etalon doar dacă valoarea indicată diferă față de valoarea nominală. Se repetă operația de reglare până când acul va indica valoarea nominală a duriții etalonului.

C. ANALIZE STRUCTURALE

C.1. Principiul metodei

Procedura stabilește modul de efectuare a analizelor structurale prin examinări macro și microscopice a materialelor metalice și nemetalice pentru punerea în evidență a defectelor, structurilor, constituenților metalografici, etc.

C.2. Aparatură și materiale

Echamente folosite și facilități:

- Mașina de șlefuit și lustruit probe metalografice Jean WIRTZ PHONIX 4000/2, No. 4.060557/10204
- Lupă binoculară (stereoscopică), seria 486-81
- Microscop MC 5 – A, seria 0085
- Sistem de calcul PC Intel Pentium IV
- Cameră foto digitală DIGITAL CAMERA, Model OLYMPUS No. C-3040ZOOM

Materiale folosite:

- Hârtie abrazivă
- Pâslă
- Alcool și apă distilată
- Pastă de diamant
- Reactiv

Recepția și prelevarea probei metalografice:

Dacă proba nu este prelevată de către beneficiar, atunci executantul taie proba din eșantionul primit, respectând următoarele reguli:

- La alegerea locului de tăiere a probei metalografice se va ține seama dacă se analizează structura unui semifabricat sau a unei piese finite. În cazul unui semifabricat, se vor pregăti două fețe secționate (longitudinal și transversal) din regiunea axială a semifabricatului, ținându-se seama de dimensiunile produsului (STAS 4203 – 74).

- În cazul pieselor defecte, proba va fi luată în imediata apropiere a locului defect, cuprinzându-l și pe acesta, iar pentru compararea structurilor se va lua încă o probă din regiunea fără defecte.
- În cazul pieselor turnate, se vor lua probe din fiecare zonă caracteristică de solidificare.
- La piesele tratate termochimic proba va cuprinde și stratul exterior (strat ce se examinează în mod deosebit).
- Operația de tăiere a probei nu trebuie să producă modificări în structura materialului. În acest scop se vor evita metodele de tăiere care produc deformări (dăltuirea, forfecarea, etc.) și cele care provoacă încălzirea metalului (flacăra oxiacetilenică).
- O tăiere corectă se efectuează cu ferăstrăul mecanic, prin așchiere pe mașini – unelte, răcirea făcându-se cu o soluție apoasă.
- Tăierea probelor din materiale cu duritate ridicată se face prin procedee neconvenționale (eroziune electrică, eroziune complexă, etc.) sau cu ajutorul unor discuri abrazive.
- Se recomandă ca proba metalografică să aibă o suprafață de cercetat de minimum 1 cm². Obișnuit, probele metalografice au dimensiunile 15x15x10 mm. Aceste dimensiuni nu sunt obligatorii, depind și de dimensiunile materialului cercetat (sârme, table subțiri).
- Executantul verifică dacă probele cuprind toate zonele de interes.

C.4. Modul și mediul de lucru

Prin examinare macroscopică se urmăresc indicații de discontinuități metalografice cu dimensiuni de 0,5 mm și mai mari, iar prin examinare microscopică cele cu dimensiuni mai mici de 0,5 mm. Examinarea macroscopică se face cu microscopul stereo și camera foto digitală, la o mărire de până la 70x. Examinarea microscopică se execută în lumină reflectată cu microscopul optic la mărimi de 100...500x și cu ajutorul camerei foto digitale se captează imaginea pe monitorul calculatorului, după care se salvează.

La examinarea microscopică se determină următoarele:

- structurile și constituenții metalografici;
- mărirea grăuntelui real;
- eventuale defecte.

Evaluarea imaginii se face în raport cu obiectivul examinării definit în standardul de metodă sau în specificația clientului.

Pentru cazuri speciale, mărirea la examinare poate fi extinsă peste aceste valori (de exemplu, 1000x...2500x).

Condiții de mediu impuse

- Temperatura ambiantă cuprinsă între 10 °C și 35 °C

C.5. Calculul și interpretarea rezultatului

Imaginile microstructurilor din câmpurile caracteristice sunt salvate după imprimarea scării de măsură specifice pentru fiecare mărire. Pe aceste imagini se apreciază, în conformitate cu standardele specificate la §3.1, următoarele:

- natura constituenților;
- forma și orientarea grăunților;
- mărirea de grăunte;
- grosimile straturilor depuse;
- conținutul de incluziuni nemetalice.

D. INCERCARE DE DETERMINARE A MASEI SI DENSITATII

D.1. Principiul metodei

D.1.1 Metoda de determinare a masei

Metoda de măsurare a masei, constă în determinarea masei elementelor cu ajutorul balanței KERN PRJ620-M.

D.1.2 Metoda de determinare a densității

Metoda de măsurare a densității, constă în determinarea masei elementelor în două variante (în aer și în lichid) cu ajutorul balanței KERN PRJ620-M, apoi valoarea densității e calculată analitic de softul balantei și apoi afișată.

D.2. Aparatura

Aparatura utilizată pentru determinarea masei și densității probei este compusă dintr-o balanță electronică de înaltă precizie KERN PRJ620-M conectată la un calculator. Achiziția datelor se face cu ajutorul unui soft specific acestei balanțe.

BALANTA KERN PRJ620-M

- domeniu de masura 62g-610 g;

- precizie de citire 0,1-1mg;
- gabarit 21,5x33x38 cm;
- alimentare 220 V, 50 Hz;
- accesorii pe determinarea densitatii.

PC

Calculatorul folosit pentru încercarea de determinare a masei și densității trebuie să conțină un port serial RS232 pentru comunicare. De asemenea trebuie instalat soft-ul dedicat balanței.

D.3. Pregătirea eșantionului și epruvetei pentru încercare

D.3.1. Pentru determinarea masei

Obiectul nu necesită nici o pregătire specială.

D.3.2 Pentru determinarea densității

Datorită faptului că este necesar să se facă două cântăriri (una în aer și alta în lichid), în funcție de porozitatea materialului probei aceasta se protejează cu un material special pentru cântărirea în lichid.

D.4. Modul de lucru

Echipamentul se reglează la nivel și se calibrează, păstrându-se în aceeași poziție pe toată durata încercărilor. În condițiile în care a fost modificată poziția de așezare a balanței este necesară o nouă reglare și calibrare.

Modul de pregătire al echipamentului urmărește respectarea instrucțiunilor de utilizare din "Cartea tehnică" a balanței.

În imediata vecinătate a suportului pe care se află așezată balanța este computerul ce urmează să achiziționeze datele indicate de balanță prin intermediul comunicării seriale RS232 și a soft-ului dedicat.

Pentru determinarea masei

- Se așează proba pe platoul balanței;
- Se așteaptă stabilizarea valori;
- Se trimite valoarea la PC unde fișierul de stocare a informațiilor este deschis în prealabil;
- Se salvează fișierul;
- Se prelucrează statistic datele în Excel;

Pentru determinarea densității

- Se selectează obțiunea de măsurare a densității;
- Se așează proba pe platoul balanței;
- Se determină masa probei în aer;
- Se așteaptă stabilizarea valorii;
- Se stochează valoarea în memoria balantei;
- Se mută proba în talerul aflat în lichid;
- Se determină masa probei în lichid;
- Se determină analitic densitatea materialului probei de soft-ul balanței cu ajutorul valorilor maselor obținute și cunoscându-se densitatea lichidului;
- Se trimite valoarea la PC unde fișierul de stocare a informațiilor este deschis în prealabil;
- Se va salva apoi fișierul de date;
- Se prelucrează statistic datele în Excel.

D.5 Achiziția datelor, calculul și interpretarea rezultatelor

Fișierul de date obținut în urma încercării este de tip Excel. În Laboratorul CIDUCOS datele vor fi prelucrate statistic în Excel. Datele obținute vor fi menționate în raportul de încercare.

D.6. Intreținerea, mentenanța și siguranța echipamentului

Pentru evitarea erorilor, trebuie respectate câteva reguli elementare:

- evitarea vibrațiilor și șocurilor;
- evitarea atmosferei corosive în camera balanței;
- menținerea unei temperaturi constante (diferența de temperatura între obiect și balanță poate induce erori de 0,15 mg la o diferență de 1°C, motiv pentru care, înainte de cântărire, obiectele de cântărit se lasă în camera balanței pentru a ajunge la aceeași temperatură);
- păstrarea unei curățenii perfecte a balanței;
- reglarea orizontalității balanței (sistem de nivel cu bulă);
- blocarea balanței când nu se lucrează;
- verificarea punctului zero înainte oricărei cântăriri;
- așezarea obiectului de cântărit se face pe mijlocul talerului.

E. INCERCARI MECANICE

E.1. Principiul metodei

Încercările mecanice tracțiune compresiune și încovoiere se realizează pe același echipament cu dispozitivare specifică obiectului de încercat

E.2. Aparatură și echipamente

Echipamentul folosit pentru determinarea caracteristicilor mecanice este compus din:

- ◆ standul motorizat UltraTest;
- ◆ celula de forță, dispozitive;
- ◆ PC.

E.3. Pregătirea eșantionului, epruvetei sau a obiectului pentru încercare

Manipularea obiectelor de încercare și etalonare se înregistrează în Registrul cu evidența obiectelor de încercat pentru identificare fiecare probă/obiect de încercat alocându-i-se un cod.

E.4. Modul de lucru cu echipamentul

Descrierea standul motorizat UltraTest

Capacitatea maximă de încărcare a UltraTest-ului este 1000N (220lbf), care în combinație cu o celulă digitală de măsurare a forței compun o soluție ușoară a unui echipament de măsurare a forței competitiv.

Principalele proprietăți ale standului sunt:

- Gabarit redus;
- Portabil;
- 290mm (11.5") cursa celulei de forță;
- 440mm (17") lungimea maximă a probei;
- Echipat cu limitatoare și comutatoare ajustabile;
- Permite revenirea capului standului (care conține celula de forță) la poziția sau încărcarea inițială după ruperea probei;
- Viteza de încărcare variază între 12.5 - 500mm/min (0.5 - 19.7"/min) și poate fi preselectată;
- Forța maximă 1000N (220 lbf)

Descrierea celulei de forță

- Acuratețe $\pm 0.25\%$
- Rata de captură a varfurilor variațiilor de încărcare 1000 Hz
- Conexiune RS232
- Permite autodiagnosticare;
- Prezintă gama mare de sisteme de prindere și accesorii ce pot fi adaptate oricarui tip de proba;
- Design ergonomic și manevrabilitate facilă;
- Abilitatea de a inversa sensul forței pe ecran în funcție de tipul încercării.

PC

Calculatorul folosit pentru încercarea de tracțiune trebuie să conțină un port serial RS232 pentru comunicarea și achiziția de date de la celula de forță. De asemenea trebuie instalat soft-ul LabView pentru a putea rula programul de achiziție, stocare și prelucrare de date necesar interpretării rezultatelor încercării.

E. 5. Modul de lucru

Pașii ce trebuie urmați pentru efectuarea unei încercări sunt:

- ◆ Se pornește Pc-ul;
- ◆ Se pornește standul motorizat UltraTest precum și celula de forță;
- ◆ Se verifică conexiunea între celula de forță și PC;
- ◆ Se pornește softul de achiziție ;
- ◆ Se ia proba de pe raftul destinat stocării probelor ce urmează a fi încercate.;
- ◆ Se aleg accesoriile de prindere funcție de forma și dimensiunile probei;
- ◆ Se fixează proba pe stand;
- ◆ Se alege sau se crează fișierul în care vor fi salvate datele. Fișierul este de tip txt și denumirea sa e dată de numele clientului urmată de data efectuării încercării apoi de tipul de încercare și apoi de numărul probei. Exemplu UPT010104t1 înseamnă că încercarea s-a efectuat pentru Universitatea Politehnica Timișoara în data de 01-01-04. Proba numărul 1 a fost supusă la încercarea de tracțiune;
- ◆ Se stabilește viteza de încărcare;
- ◆ Se apasă butonul de start pentru achiziția și stocarea datelor
- ◆ Se apasă butonul de pornire a încărcării standului;

- ◆ Se așteaptă până la terminarea încercării, urmărind ca parametrii de funcționare să varieze în limitele normale. În cazul unor anomalii se apasă butonul de Emergency Stop, acest lucru fiind urmat de reluarea încercării de la primul pas;
- ◆ Se va copia fișierul în care au fost salvate datele pe partiția „D” a pc-ului. Urmând ca o dată pe săptămână toate fișierele să fie inscripționate pe cd care se va stoca într-un spațiu protejat de accesul persoanelor străine.

E.6. Achiziția datelor, calculul și interpretarea rezultatelor

Fișierul de date obținut în urma încercării este de tip text. El poate fi ușor importat în orice program de calcul statistic. În Laboratorul CIDUCOS datele vor fi importate în Excel urmând a obține grafic curba caracteristică precum și domeniul de încărcare. Interpolând obținem ecuația curbei caracteristice precum și abaterea medie patratică, care vor fi menționate în raportul de încercare.

E.7. Întreținerea, mentenanța și siguranța echipamentului

Standul motorizat UltraTest nu necesită condiții speciale de întreținere dar trebuie manevrat cu grijă, pentru a preveni deteriorarea părților componente și a asigura în mod continuu performanța de măsurare. Se vor folosi doar accesoriile compatibile standului;

În timpul funcționării se urmărește să nu existe nici o sursă de vibrații în vecinătate.

Aparatul trebuie să fie bine fixat pe masa de lucru. În cazul în care aparatul este mutat nu necesită recalibrare;

Aparatul se curăță de impurități la terminarea încercării cu o cârpă moale;

Pentru conservare se va acoperi după utilizare cu o husă adecvată.

F. EVALUAREA RADIOLOGICĂ A REACȚIILOR TISULARE LOCALE INDUSE DE DISPOZITIVELE IMPLANTATE

F.1. Principiul metodei

După realizarea unui implant chirurgical țesutul în care se plasează implantul are o comportare care se desfășoară în timp în sensul modificării proprietăților sale. Pentru a verifica calitatea țesutului din vecinătatea implantului, la un interval determinat de timp de la realizarea sa, este necesară o testare radiologică. Această testare se face prin tomografie computerizată (CT), care reprezintă o metodă de diagnosticare ce folosește un echipament special cu raze X (computer tomograf) pentru a obține imagini ale unor secțiuni transversale ale corpului scanat. Poate fi realizată ca atare sau după administrarea unei substanțe de contrast.

Computerul tomograf crează imaginea folosindu-se de mai mulți detectori de raze X. Prin rotirea sursei de raze X și a detectorilor în jurul pacientului, sunt colectate date corespunzând diferitelor unghiuri de incidență a razelor X. Calculatorul procesează aceste date și crează o imagine sub forma unei secțiuni transversale a corpului. Computerul afișează aceste imagini sub formă de vederi detaliate ale diferitelor organe, scheletului osos și altor țesuturi, cu precădere a zonelor de interes, în speță a zonei în care a fost implantat dispozitivul. Imaginile obținute pot fi imprimate pe film sau păstrate în formă electronică. De asemenea se pot efectua diferite operații de prelucrare a acestor imagini precum și operații mai complexe de reconstrucție a unor porțiuni din corp pe baza unui set de imagini transversale. Timpul de examinare se menține scurt și se evită orice întârziere. Pacientul își ține respirația în timpul scanării (în special pentru investigații ale toracelui și abdomenului). Substanța de contrast poate fi administrată oral sau injectată înaintea realizării scanării și are rolul evidențierii unei porțiuni specifice din interiorul corpului rezultând imagini mai clare ale acelei porțiuni.

F.2. Aparatura și echipamente

Pentru testul propriu al Laboratorului CIDUCOS de *Evaluare radiologică a reacțiilor tisulare locale induse de dispozitivele implantate*, este necesară utilizarea următoarelor aparate și echipamente:

COMPUTER TOMOGRAF SIEMENS SOMATOM PLUS 4 POWER

- Dimensiuni gantry: 1983x890x2210mm; deschidere: 700 mm, posibilitate de înclinare $\pm 30^{\circ}$, grosime 505 mm;
- Detectorul cu Xenon: tip Quantilarc 6 cu 768 elemente, 1536 canale de măsurare și 1408 proiecții /s;
- Tubul de iradiere X: tip DURA 502 MC cu: intervalul de curent 50-320mA, tensiune reglabilă: 80, 120, 140kV; putere max. generator 40kW, în funcționare continuă 4 kW;
- Masa de poziționare reglabilă pe verticală între 480-1023 mm, lungime de 2434 mm și greutate proprie de 500 kg;
- Generatorul de tensiune înaltă dimensiuni 1737x650x850 mm și greutate de 350kg;
- Sistemul de răcire: dimensiuni 1737x650x850 mm și greutate de 200 kg;
- Capabilitate scanare în mod spiral.

MASINA DE DEVELOPAT AGFA DRYSTAR 3000

- Developare uscată;
- Dimensiuni filme AGFA:35x43 cm;
- Conectare rețea calculatoare;
- Tensiune de alimentare 230 V;

F.3. Pregătirea aparaturii și a pacientului

Pregătirea aparatului pentru realizarea testului

Pregătirea aparatului se realizează conform "Cartii tehnice" a aparatului.

Odată verificat documentul medical se stabilește modul în care trebuie pregătit pacientul pentru realizarea testului radiologic. În funcție de situația particulară a pacientului se pregătește aparatul CT cu care se va executa testarea. Apoi se trece la efectuarea acesteia.

Pregătirea pacientului în vederea examinării radiologice:

Pacientului îi va fi prezentată procedura de scanare la care urmează să fie supus și va fi instruit referitor la comenzile vocale pe care le va primi privitor la menținerea respirației. Operatorul se asigură că au fost înlăturate toate obiectele metalice pe care pacientul le poate avea asupra sa (ochelari, bijuterii, proteze, etc...). Substanțele de contrast se administrează la timpul potrivit.

Pe durata scanării, pacientul trebuie să rămână întins pe masa tomografului, care avansează prin centrul gantry-ului ce conține cadrul pe care sunt amplasate emițătoare și detectoare de raze X. Pentru obținerea unor imagini de calitate pacientul trebuie să stea confortabil, nemișcat, într-o poziție anatomic corectă.

Precauții ce trebuie realizate la poziționarea pacientului pe aparat:

- brațele pacientului trebuie securizate cu benzile prevăzute în acest scop, pentru a evita traumatismele cauzate de rolele de sub pat.
- operatorul trebuie să se asigure că pacientul este poziționat corect, pentru a evita coliziunea cu gantry-ul.
- operatorul trebuie să se asigure că părul sau hainele pacientului nu vor fi prinse în mecanismele patului culisant.
- operatorul trebuie să se asigure că cateterele, tuburile respiratorii, cablurile ECG nu sunt antrenate de către mecanismele patului culisant.

Sistemul nu este pornit până când siguranța pacientului și a operatorului este confirmată și nu există nici o obstrucție în mișcarea sistemului.

În timpul mișcării patului culisant sau a înclinării carcasei riscul de traumatisme crește. Punctele periculoase sunt marcate cu săgeți în figura 3.11.

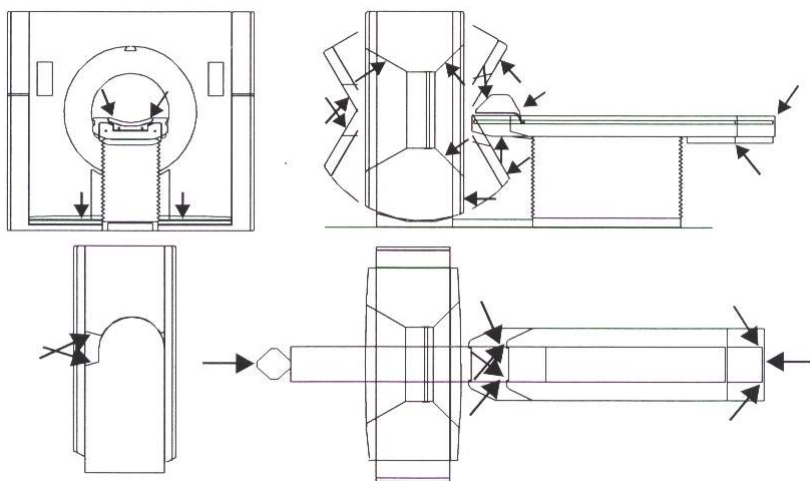


Fig. 3.11 Modul și mediul de lucru

Condiții de mediu impuse pentru desfășurarea testului sunt condiții normale de temperatură și umiditate. O scanare de bună calitate presupune caracteristici ale sistemului în limitele de toleranță. Testele de asigurare a calității sunt desemnate ca să ofere siguranța că aceste limite sunt menținute.

Sistemul este operant doar în încăperi destinate uzului medical. Pentru aceste testări se utilizează echipamentul instalat în Laboratorul de Imagistică Medicală al CMPICSU.

Echipamentul de protecție nu se folosește sau se depozitează în medii predispuse la explozii (aplicabil și la accesorii). Radiația este posibilă doar după ce toate ușile camerei de expunere sunt închise.

Becul ON al radiației de pe tastatură dar și de pe panoul de comandă al tubului se aprind numai după ce butonul START de pe tastatură a fost pornit.

Medicul are responsabilitatea de a proteja pacientul de expunerea nenecesară la radiație. Pornirea și oprirea sistemului, funcționarea și arhivarea datelor se face conform manualului de funcționare. Întreținerea, poziționarea pacientului se fac conform descrierii acestui manual. Se vor folosi doar accesorii aprobate. Niciodată nu se părăsește CT în funcționare, pacientul se ține permanent sub observație. Imaginile scanate se arhivează pentru a evita pierderea datelor

Sistemul CT funcționează pe principiu electromagnetic iar unitățile electronice care nu sunt conforme cu regulile (telefoane mobile) pot cauza distorsionării electromagnetice ale sistemului (aplicabil și undelor radio).

Butonul de *oprire de urgență* se instalează conform regulilor locale. Trebuie să iasă în evidență și să fie ușor accesibil, atât pe consolă cât și pe gantry.

Becurile ON de radiație trebuie instalate pe toate ușile camerei de examinare. Fiecare ușă trebuie prevăzută cu un întrerupător, pentru a preveni radiațiile când ușa este deschisă.

Regulile de siguranță mecanice trebuie cunoscute. Nici un obiect nu trebuie să cauzeze obstrucție, coliziune sau defectiune

Masa pacientului se coboară astfel ca acesta să se poată așeza confortabil. Se îndepărtează ochelarii, bijuteriile, protezele. Se setează înălțimea mesei la 125 mm (exceptie scanarea toracelui la 160 de mm). Gantry-ul se setează în poziție verticală. Se urmărește ca intrarea mesei în gantry să nu fie obstrucționată, pacientul să nu fie traumatizat. Trebuie asigurată:

- Evitarea oricărei coliziuni în tub.
- Ținerea pacientului sub observație constantă în timpul scanării, mișcării mesei sau al tubului.
- Vigilență crescută dacă înălțimea mesei este alta decât 125 mm
- Instruirea pacientului înainte de examinare privind comenzile vocale pentru respirație.

Folosirea unor proceduri de ajustare, altele decât cele specificate pot duce la expunerea la radiații periculoase.

În cursul examinării capului, ochelarii protectori trebuie purtați de pacient un interval de timp care îi este indicat și care corespunde timpului de acțiune a razelor laser. Acest interval îi este anunțat de către operator. Se pornesc razele laser, masa se poziționează orizontal. Când indicatorii laser sunt opriți se anunța pacientul ca ochelarii protectori pot fi îndepărtați. Înainte de acest anunț pacientul rămâne absolut nemișcat până la finalul scanării. Se ține apăsat butonul **OFF SET** până când masa se oprește cu punctul de start al examinării pacientului la planul de referință interior. Se apasă butonul **Horizontal Zeroing** pentru resetarea poziției de referință la zero. Se verifică orientarea pacientului pentru o imagine corectă. Repoziționarea pacientului folosește funcția **Patient Modify**. Se verifică dacă poziționarea pacientului a fost corect realizată. Pacientul stă sub observația continuă a operatorului care ține apăsat butonul **HEAR PAT** pentru a putea comunica în cursul examinării. O atenție specială se acordă administrării de substanță de contrast intravenos în cursul examinării cu masa în mișcare pentru a se evita coliziunile cu suportul pentru soluția perfuzabilă.

Protecția împotriva radiațiilor

Spațiul de lucru este protejat împotriva radiațiilor radioactive prin următoarele acțiuni, astfel:

- Consola de operare va fi localizată într-o cameră protejată împotriva radiațiilor de unde pacientul poate fi monitorizat.
- Personalul aflat lângă pacient în timpul scanării trebuie să poarte echipament de protecție
- Radiația este posibilă doar după ce toate ușile camerei de expunere sunt închise
- Becurile ON al radiației de pe tastatură și de pe panoul de comandă al tubului se aprind numai după ce butonul START de pe tastatură a fost pornit.
- Dacă becul ON este aprins fără ca butonul START să fi fost pornit, sau una din uși este deschisă sistemul se închide imediat și se contactează SIEMENS.
- Becurile ON de radiație trebuie instalate pe toate ușile camerei de examinare. Fiecare ușă trebuie prevăzută cu un întrerupător, pentru a prevenii radiațiile când ușa este deschisă.
- Se va menține un nivel al acestor radiații prevăzut în normele de lucru în mediu radioactiv

Comanda pentru testare

Solicitarea pentru executarea testului radiologic se face la recomandarea medicului printr-un document specific prezentat de către pacient(clientul laboratorului CIDUCOS).

F.5. Obținerea rezultatului testului radiologic

Imaginile obținute prin scanare sunt prelucrate pentru evidențierea zonelor de interes, realizarea reconstrucției zonei în care a fost fixat implantul. Pe baza acestor imagini medicul radiolog stabilește diagnosticul. Rezultatele analizei sunt înregistrate în fișa pacientului și de asemenea în raportul de încercare ce va fi eliberat în urma testului radiologic.

Datele obținute se salvează local și apoi vor fi transferate într-o bază de date existentă. Pentru condiții de siguranță, baza de date se salvează periodic pe suport media (CD-uri ce vor fi stocate într-un loc protejat la care nu au acces persoane neautorizate).

F.6. Intreținerea, mentenanța și siguranța echipamentului

Siguranța echipamentului și a persoanelor trebuie ținute continuu sub observație, respectând regulile de funcționare ale manualului de utilizare a aparatului. Orice problemă de întreținere și operare vor fi aduse la cunoștința reprezentantului Siemens ce raspunde de mentenanța aparatului.

Personalul ce utilizează CT trebuie să poarte pantofi cu talpă antistatică. Inclusiv scaunele cu roțile trebuie echipate cu cauciucuri. Pornirea și oprirea sistemului, funcționarea și arhivarea datelor se face conform manualului de utilizare.

Aparatul va fi păstrat curat și dezinfectat de substanțe de contrast sau alte substanțe organice.

Niciodată nu se părăsește CT în funcționare, pacientul se ține permanent sub observație.

Toți operatorii sistemului trebuie să cunoască locația extincătoarelor și a butonului de închidere de urgență.

Funcționarea sistemului se întrerupe imediat dacă acesta funcționează impropriu, pacientul este în pericol sau apare o situație de urgență

Oprirea sistemului duce la întreruperea radiațiilor și la blocarea oricăror mișcări ale carcasei și a patului culisant. Patul culisant poate fi tras manual din carcasă. Sistemul poate fi resetat doar după ce condițiile periculoase au fost identificate și remediate

Butonul de oprire de urgență se folosește doar în urgențe extreme:

- butonul STOP nu funcționează
- condiții periculoase ce pot duce la rănirea persoanelor sau la defectarea sistemului.

Butonul de oprire de urgență deconectează aparatul de la electricitate și orice activitate este întreruptă.

Sistemul nu trebuie pornit până când siguranța pacientului și-a operatorului este confirmată și nu există nici o obstrucție în mișcarea sistemului.

Sistemul CT funcționează pe principiu electromagnetic iar unitățile electronice care nu sunt conforme cu regulile (telefoane mobile) pot cauza distorsionării electromagnetice ale sistemului (aplicabil și undelor radio). Descărcările electrostatice pot duce la defectarea sistemului.

4. DISPOZITIVE EXTERIOARE DE CORECȚIE A DEFECTELOR DE SCHELET FACIAL

4.1. GENERALITĂȚI

Pentru proiectarea distractorului s-a folosit programul de modelare 3D Solid Edge, piesele componente și ansamblul astfel obținute urmând a fi analizate cu programul ANSYS.

Solid Edge este un sistem CAD (computer-aided design) dedicat modelării componentelor și ansamblurilor 3D precum și elaborării desenelor de execuție. Având la bază tehnologia STREAM, programul Solid Edge conține o interfață sugestivă, este ușor de învățat și utilizat. [1] [2]

Pentru o accesibilitate bună la comenzile folosite în proiectare, programul Solid Edge a separat mediul de proiectare în mai multe medii interconectate. Aceste medii sunt:

- Mediul **part** pentru modelarea 3D a pieselor componente;
- Mediul **assembling** pentru crearea ansamblurilor 3D;
- Mediul **draft** pentru dezvoltarea desenelor de execuție.

Aceste medii sunt în strânsă legătură, făcând ușoară comutarea între ele, acest lucru conducând la ușurarea proiectării.

4.2 MEDIUL DE PROIECTARE A COMPONENTELOR (PART)

Mediul **part** permite construcția modelelor solide 3D. Procesul de modelare pornește de la o formă de bază (bloc, cilindru), pe care se vor efectua operațiile de modelare (extrudare, decupare, găurire, rotunjire, teșire, filetare, etc). Proiectarea în acest mediu permite construcția piesei asemănător obținerii reale. Astfel, exact ca în modul real, construcția pornește de la definirea semifabricatului din care se va face piesa, etapă urmată de modelarea semifabricatului. Operațiile de modelare urmează îndeaproape operațiile reale necesare obținerii produsului finit. Existența sculei în vederea prelucrării reale este singura diferență între modelarea virtuală și cea reală. Aceasta reprezintă un avantaj deoarece, dacă modelul virtual este creat în acest mod, atunci cu siguranță poate fi obținut și practic.

După construcția tuturor pieselor necesare în mod individual, acestea se pot asambla și se poate elabora și desenul de execuție al piesei.

Pentru a crea ansamblul este necesară deschiderea mediului de asamblare. În acest mediu se importă componentele ansamblului și se vor defini relațiile de legătură între piese.

Pentru elaborarea desenului de execuție este necesară deschiderea mediului draft. Aici va fi importată piesa pentru care se dorește desenul de execuție. Desenul de execuție al piesei se obține automat, proiectantul având permisiunea de configurare a acestuia, conform standardelor internaționale precum și particularizarea desenului.

4.3.MEDIUL DE ASAMBLARE (ASSEMBLING)

Mediul de asamblare reprezintă un mediu complex ce facilitează lucrul cu multe componente și subansamble. Acest mediu conține comenzi specifice pentru a crea ansamble. Principalele comenzi conținute în acest mediu de asamblare sunt cele pentru plasarea componentelor ansamblului în poziția corespunzătoare cum ar fi alinierea planară, alinierea axială, introducerea unei componente în alta, definirea planelor de contact, definirea poziției relative între componente (distanță, unghi).

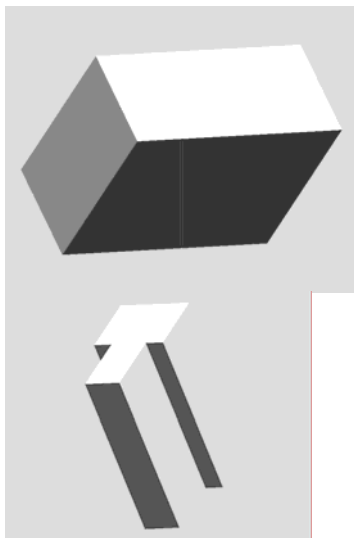
Relațiile dintre componentele ansamblului sunt menținute în mod automat, repetându-se la fiecare accesare. De exemplu, dacă două componente sunt coaxiale rămân coaxiale chiar dacă se modifică dimensiunea pieselor sau forma, atâta timp cât părțile definite pot rămâne coaxiale din punct de vedere tehnic. Fiecare piesă este proiectată în mediul part și importată în mediul de asamblare. O dată introdusă în ansamblu piesa mai poate fi editată astfel putând fi modificată. Fiecare piesă componentă a ansamblului reprezintă o entitate. Acest lucru permite analiza ansamblului din punct de vedere al asamblării, adică se poate verifica dacă relațiile de legătură între componentele ansamblului pot fi realizate și fizic. De asemenea, pe baza relațiilor de legatură între componente, se poate exploda ansamblul, acest lucru conducând la o vedere separată a componentelor acestuia, precum și a legăturilor existente între ele. Fiecare componentă în parte precum și ansamblul poate fi exportat într-un format înțeles de alte programe de proiectare 3D (ProE, Solid Works) precum și în programe de analiză (Ansys, Nastran, Partran).

- **Mediul de proiectare a desenelor tehnice (Draft)**

Mediul **draft** permite elaborarea desenelor tehnice având la bază piesa 3D. Există o strânsă legătură între mediul part și draft. Astfel, desenul tehnic al piesei va fi recompilat dacă piesa 3D este modificată și orice modificare a piesei va fi efectuată automat și în desen. Acest mediu permite pe lângă vederea piesei din diferite unghiuri, existența secțiunilor, detaliilor, dimensiunilor, notațiilor, precum și existența simbolurilor specifice desenului tehnic.[1] [2]

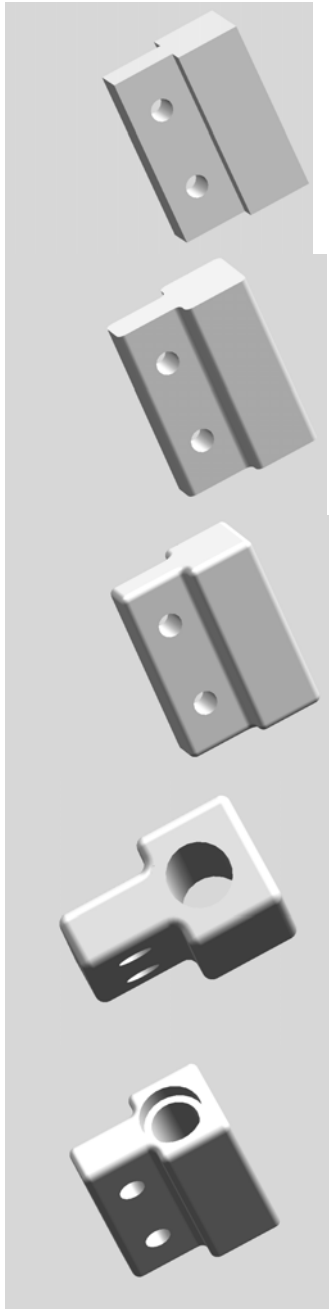
- **Etapele proiectării unei piese**

În cele ce urmează pentru a evidenția ușurința modelării precum și asemănarea cu modul real de obținere a piesei se vor prezenta principalele etape ale modelării 3D a unei piese aparținând distractorului osos:



Pentru început se alege un plan de referință unde se va plasa semifabricatul precum și dimensiunile acestuia.

Se alege planul, forma și adâncimea de tăiere. Acest lucru se va face cu comanda **Cutout**.



Se alege planul de găurire apoi diametrul găurii și adâncimea. Nu este nevoie să fie specificată adâncimea găurii în cazul găurilor străpunse. Astfel dacă nu este specificată adâncimea, gaura va străpunge piesa. Comanda utilizată este **Hole**.

Se aleg muchiile care doresc a fi rotunjite, apoi se selectează raza de racordare. Comanda folosită este **Round**.

Se aleg apoi contururile închise care se doresc rotunjite, apoi se selectează raza de racordare. Acest lucru se obține folosind comanda **Round**.

Pentru gaura transversală se alege planul pe care este perpendiculară axa găurii și conține planul de început al găurii. Apoi se alege diametrul și adâncimea găurii. Se va folosi comanda **Hole**.

Pentru noua gaură se vor efectua aceiași pași ca în etapa anterioară, dar se va defini în plus concentricitatea celor două găuri.

După ce s-a obținut modelul 3D al piesei, acesta va fi salvat. După salvare piesa poate fi importată în mediul draft pentru obținerea desenului de execuție și/sau în mediul de asamblare, făcând astfel parte dintr-un ansamblu.

Figura 4.1 reprezintă desenul de execuție al piesei, obținut prin importarea modelului 3D în mediul draft, iar în figura 4.2 este prezentată piesa ca făcând parte dintr-un ansamblu.

Pentru proiectarea distractorului și plăcuțelor de implantare s-a folosit programul de modelare 3D Solid Edge datorită facilităților puse la dispoziție de acesta, dintre care o parte au fost menționate mai sus. Avantajul folosirii acestui program reiese din ușurința proiectării precum și din posibilitățile de comunicare între acest program și majoritatea programelor de modelare și analiză existente pe piață în momentul actual.

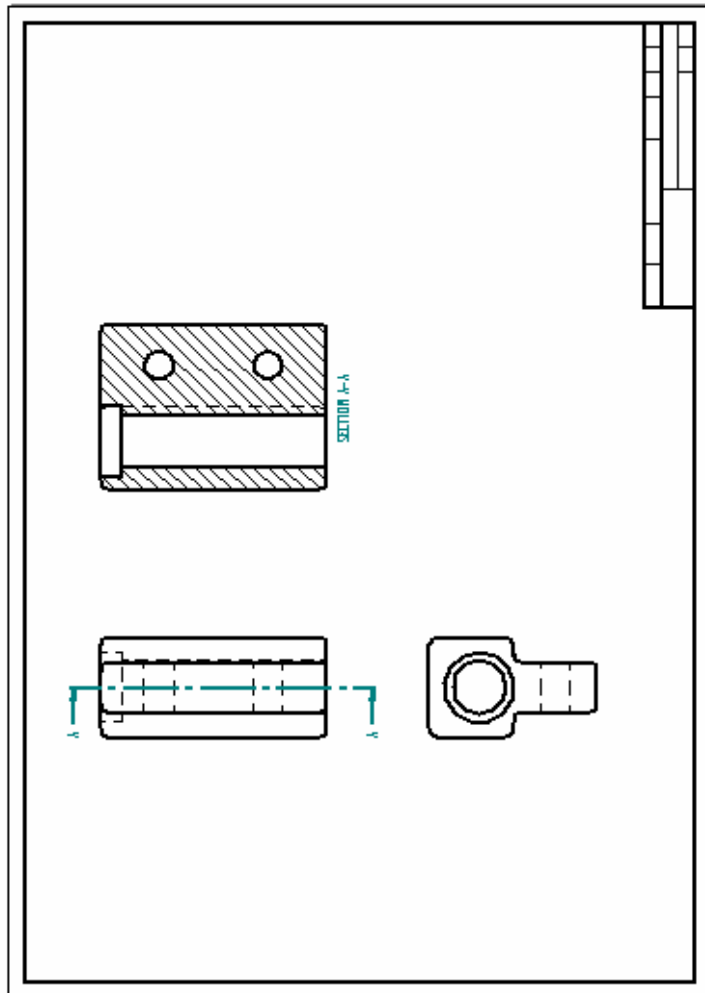


Fig.4.1 Desen de execuție a piesei modelate 3D în mediul **Part**

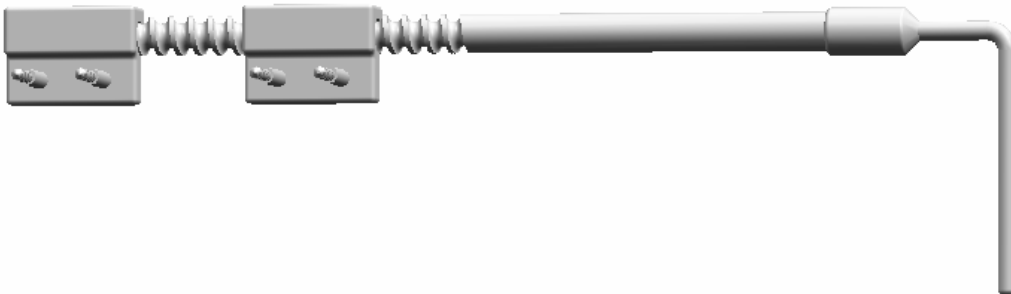
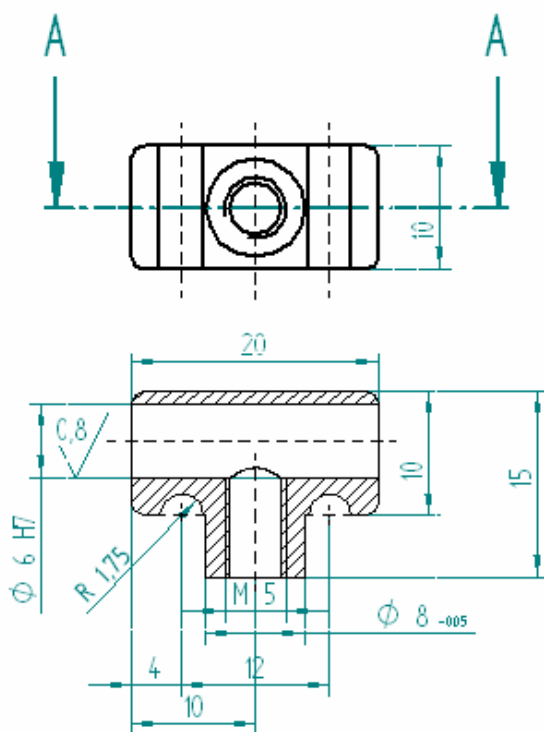


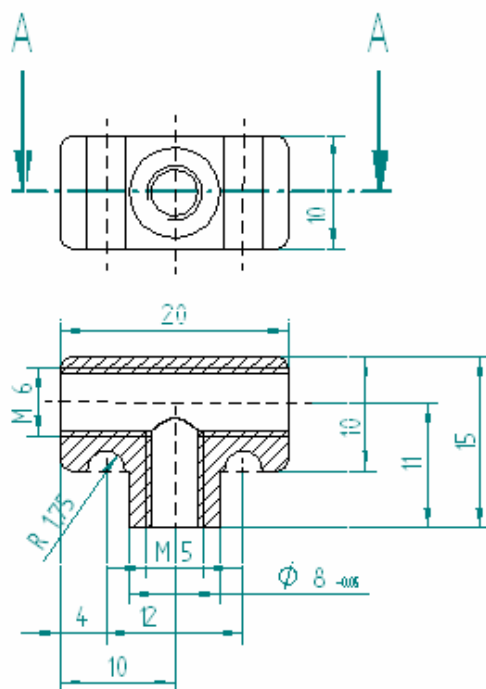
Fig.4.2 Ansamblu care conține piesa modelată 3D în mediul **Part**

Desenele de execuție ale pieselor distractorului sunt indicate în Anexă.



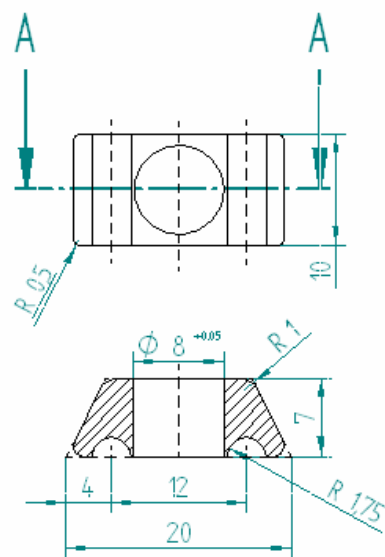
SECTIUNEA A-A

Nota:
Se finiseaza prin slefuire cu
pasta abraziva Becht Polishing
Cream REF 292 la 1500 rot/min



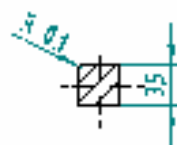
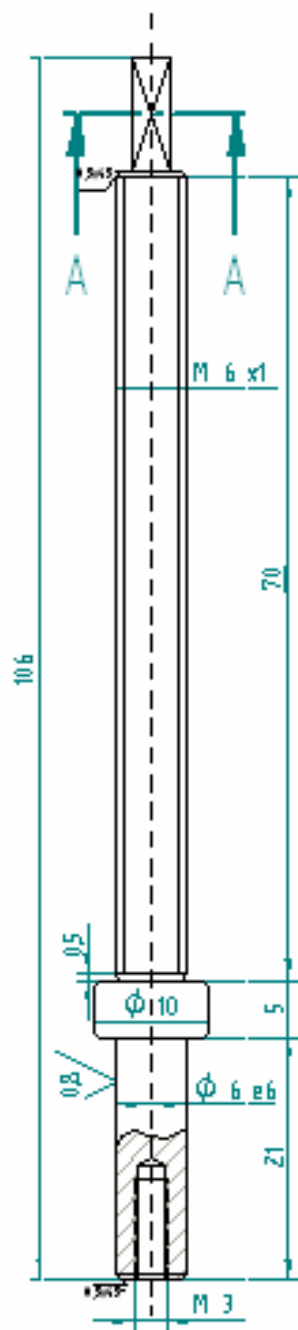
SECTIONEA A-A

Nota:
Se finiseaza prin stefuire cu
pasta abraziva Becht Polishing
Cream REF 292 la 1500 rot/min



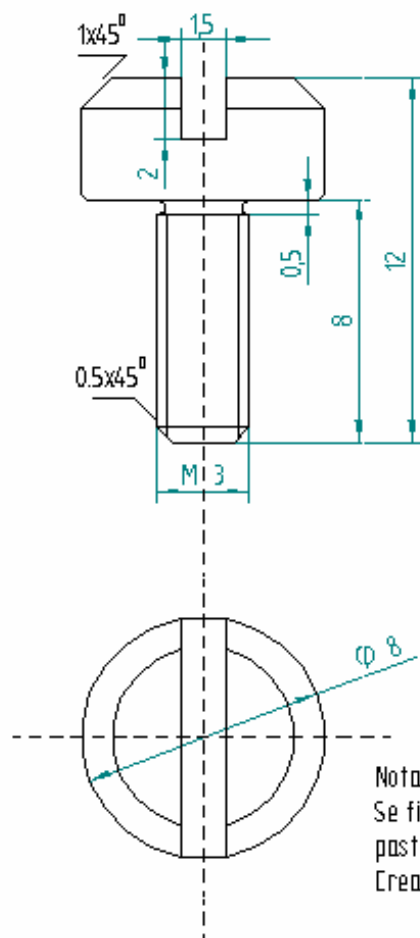
SECTIUNEA A-A

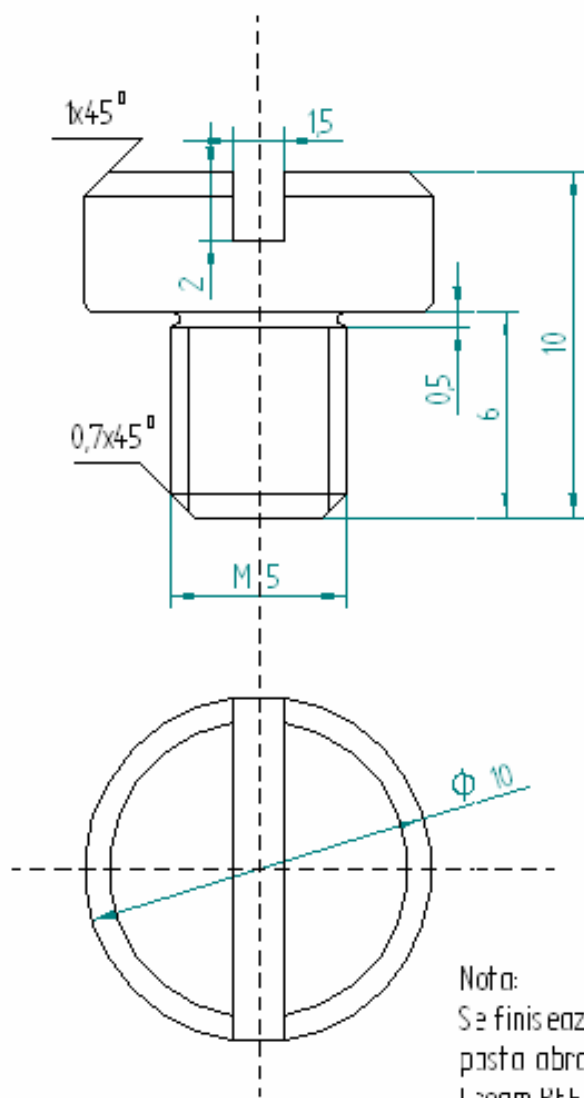
Nota:
Se finiseaza prin slefuire cu
pasta abraziva Becht Polishing
Cream REF 292 la 1500 rot/min

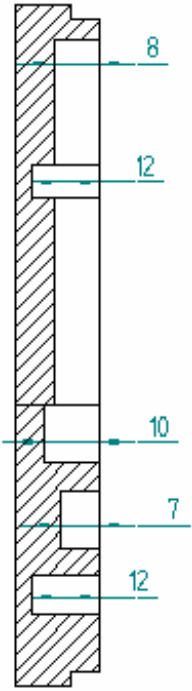
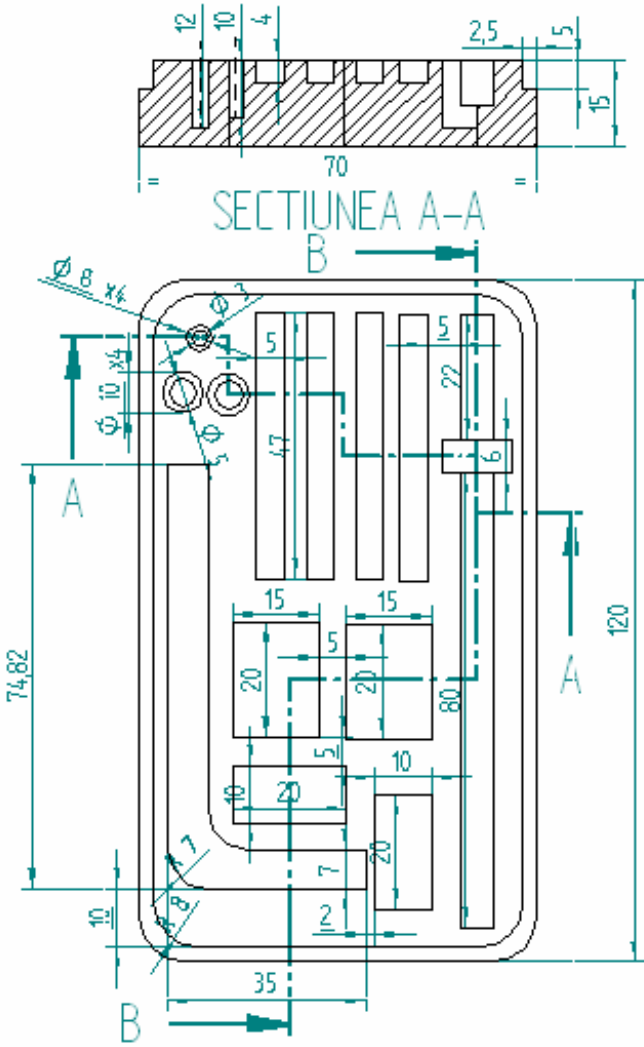


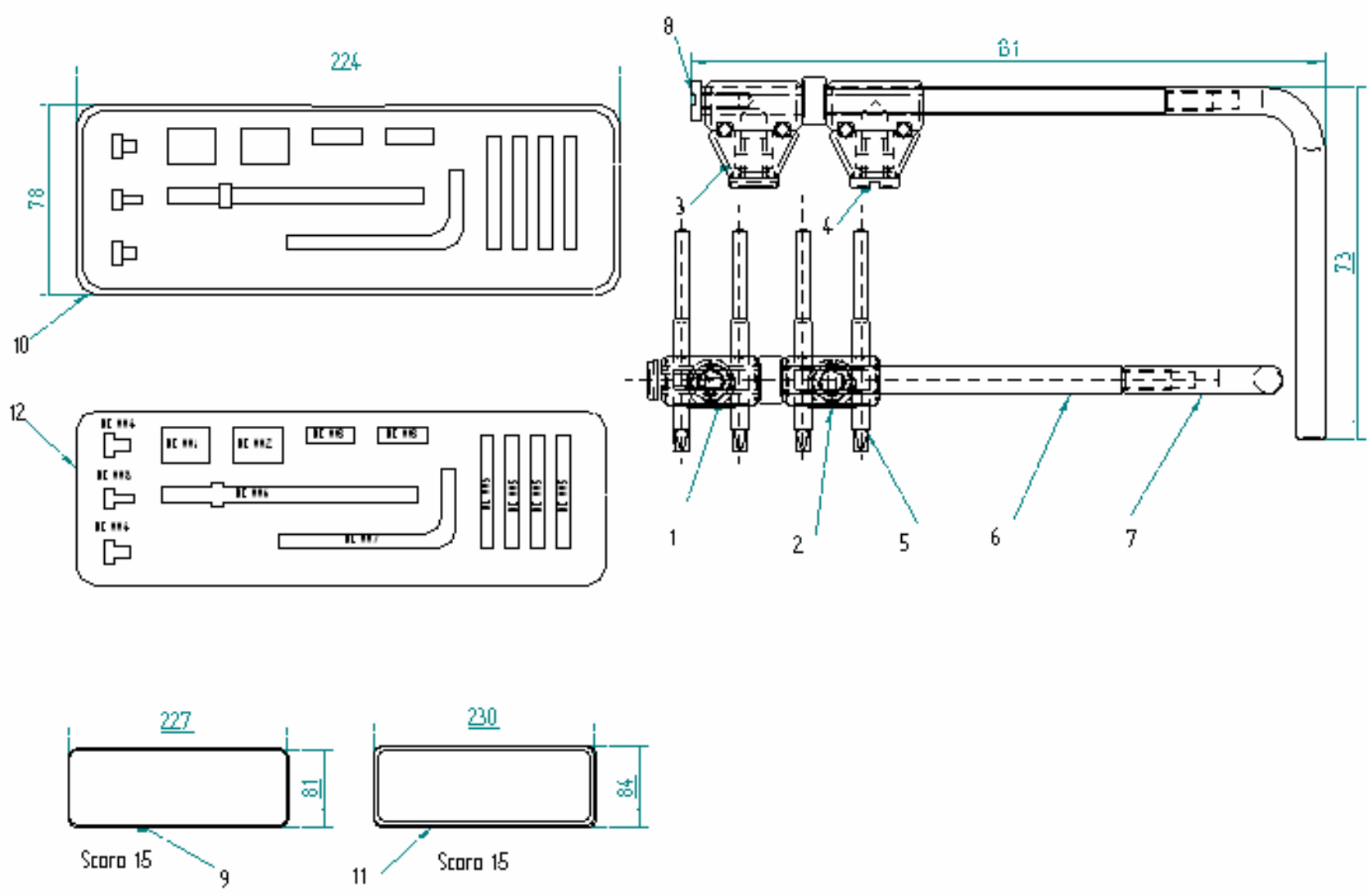
SECTIUNEA A-A

Nota:
Se finiseaza prin sleuire cu
pasta abraziva Becht Polishing
Cream REF Z92 la 1500 rot/min









BIBLIOGRAFIE SELECTIVA

- [1] Urtilă Emil – *Curs de chirurgie buco-maxilo-facială și stomatologie generală*, IMF Timișoara, 1987
- [2] Angelopoulos G. – *Long-Term Stability Of Temporomandibular Joint Remodelling Following Continuos Mandibular Advancement In The Juvenile Macaca Fascicularis: A Histomorphometric, Cephalometric And Electromyographic Investigation*, University of Toronto, 1991
- [3] Bratu D. și colectivul – *Aparatul dento-maxilar. Date de morfologie funcțională clinică*, Editura Helicon Timișoara, 1997
- [4] Williams, Edward D. - *Risk Management for Concussions, Jaw-Joint and Internal Head Injuries in Sports*, <http://www.e-lacrosse.com/science/mp.htm>, 2000
- [5] Drăgulescu D., Stanciu D., Moga D. – *Mechanical Stress and Equilibrium of Cephalic Joint in Biped Position*, Analele Facultății de Inginerie Hunedoara a Universității „Politehnica” Timișoara, tom II, fasc. 4, 2000
- [6] Toth-Tașcău M., Drăgulescu D. – *Biostatics of Individual Joint of Human Upper Limb*, Buletinul științific al Universității „Politehnica” Timișoara, vol. 45(59) no. 2, 2000
- [7] Weiner M. L. – *The Temporomandibular Joint or TMJ*, Minnesota Trial Lawyer Magazine, 12/1997
- [8] Uram-Țuculescu Sorin – *Instrumente, dispozitive și aparate în laboratorul de tehnică dentară*, Editura Helicon Timișoara, 1996
- [9] Wood W. - *A Review Of Masticatory Muscle Function*, J Prosthet Dent 57(2), 222-32, 1987
- [10] Douglas W. H. – *Considerations for Modeling*, Dent Mater. 1996 May;12(3):203-7
- [11] Hylander W., Ravosa M., Ross C., Wall C., Johnson K. - *Symphyseal fusion and jaw-adductor muscle force: An EMG study*, American Journal of Physical Anthropology, 2000, 112(4):469-492
- [12] Del Santo M., Marches F. Ng May, Hinton R. - *Age-Associated Changes In Decorin In Rat Mandibular Condylar Cartilage*, Archives of Oral Biology, v. 45, n. 6, (June, 2000.): 485-493.
- [13] Hems T., Tillmann B. - *Tendon entheses of the human masticatory muscles*, Anatomy and Embryology, 2000, 202(3):201-208
- [14] Koriath T. – *Features Of Human Jaw Design Which Maximize The Bite Force*, J. Biomech. 29 (5), 589-595, 1996
- [15] O'Brien, J. F., Bodenheimer, B. E., Brostow, G. J., Hodgins, J. K. - *Automatic Joint Parameter Estimation from Magnetic Motion Capture Data*, Proceedings of Graphics Interface 2000, Montreal, Quebec, Canada, May 15-17, pp. 53-60
- [16] Keros J., Bagic I., Verzak Z., Bukovic D. Jr, Lulic-Dukic O. - *A Biomechanical Analysis Of Deformation And Strain On Lower Jaw Model*, Coll Antropol, 22(1), 195-201, 1998
- [17] Chen J, Xu L: A finite element model of the human temporomandibular joint, J Biomechanic Engr 116,1994,p401-407;
- [18] DeVocht JW, Goel VK, Zeitler DL, Lew D : A Study of the Control of Disc Movement Within the Temporomandibular Joint Using the Finite Element Technique. Scheduled to be published in the December, 1996 issue of the Journal of Oral and Maxillofacial Surgery ;
- [19] Fontenot M, Block M, Kent J : Comparison of mechanical properties of the human temporomandibular joint disc and proplast II laminates, Proceedings of the International Congress on Tissue Integration in Oral and Maxillofacial Reonstruction, Brussels, Excerpta Medica, May, 1985,p265-266;
- [20] Hart RT, Hennebel VV, Thongpreda N, Van Buskirk WC, Anderson RC : Modeling the biomechanics of the mandible: a three-dimensional finite element study, J Biomechanics 25,1992,p261-86;
- [21] Oberg T, Carlsson GE, Fajers C-M: The temporomandibular joint. A morphologic study on a human autopsy material, Acta Odontol Scand 29,1971, p349-84;
- [22] Osborn J: The disc of the human temporomandibular joint: design, function and failure, J Oral Rehab 12, 1985,p279-293;
- [23] Geddes L.A. and Baker L.E: The specific resistance of biological material.A compendium of data for the biomedical engineer and psihologist,Med.and biol.eng.vol.5, 1967,p271-293;
- [24] Nisitani H, Teranishi T, Saimoto A, and Fukuyama K: Fracture and Strength of Solids, Trance Tech Publications, Part 1, Switzerland 2000, p553;
- [25] Hashin Z: Analysis of cracked laminates: a variational approach, Mechanics of Materials, North-Holland, Vol.4, 1985, p.121-136;

- [26] Ferrant, M., Warfield, S.K., Guttman, C.R.G., Mulkern, R.V., Jolesz, F.A., Kikinis, R.: 3d image matching using finite element based elastic deformation model, Proceedings of MICCAI,1995, p. 202–209;
- [27] Payan, Y. and Lavallée, S.: The Mesh-Matching algorithm: an automatic 3D mesh generator for finite element structures, *J. Biomech.* 33, 2000,p. 1005–1009;
- [28] Luo, G.M. and Zhang, Y.Y.:Improvement of stress singular element for crack problem in three dimensional boundary element method, *Engineering Fracture Mechanics* 31,1988,p993-999;
- [29] Delaire J.,: L'analyse architecturale et structurale cranio-faciale (de pro-fil). Principes torques. Quelques exemples d'emploi en chirurgie maxillo-faciale. *Rev. Stomatol. Chir. Maxillofac.* 79, 1978, p. 1–33;
- [30] Brunet M., Morestin M.,Walter Le.,:Failure prediction in anisotropic sheet-metals under forming operations using damage theory, *International Journal of Forming Processes*,No. 2,vol.5, P 225-235;
- [31] Heissler E, Fischer FS, Bolouri S,: Custom-made cast titanium implants produced with CAD/CAM for the reconstruction of cranium defects, *Int J Oral Maxillofac. Surg.*, 1998 Oct;27(5),p334-338;
- [32] Whitman DH, Connaughton B.: Model surgery prediction for mandibular midline distraction osteogenesis, *International Journal of Oral & Maxillofacial Surgery.* 1999 Dec;28(6):p.421-223;
- [33] Weihe S., Wehmöller M., Synthesis of CAD/CAM, robotics and biomaterial implant fabrication, single step reconstruction in computer aided frontotemporal bone resection, *International Journal of Oral & Maxillofacial Surgery*, vol. 29, October 2000, p.384 ;
- [34] <http://w.w.w.csinc.org>;
- [35] <http://w.w.w.mcsoftware.com.w.w.w.>;
- [36] <http://w.w.w.scielo.br.>;
- [37] <http://w.w.w.deskeng.com>; w.w.w.;
- [38] <http://w.w.w.2.mech.kth.se>.