

Oggetto:

studio di processo per la realizzazione di protesi in idrossiepatite

La presente relazione si propone di esporre un processo costruttivo per la realizzazione di protesi in idrossiepatite utilizzando le pu' moderne tecniche di disegno tridimensionale e prototipazione rapida.

I vari step saranno evidenziati e adeguatamente titolati

Ogni step si avvale di hardware e software adeguati a trasformare i le matematiche elaborate in oggetto e viceversa

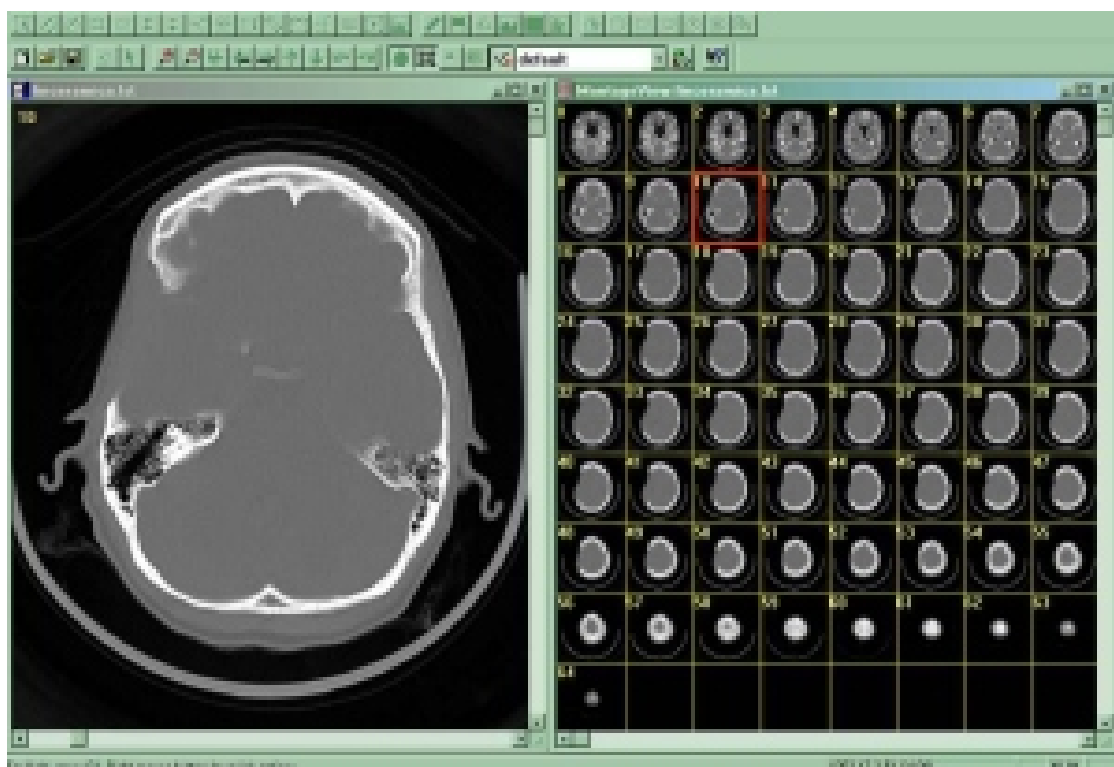
1) Ricostruzione virtuale tridimensionale partendo da tac

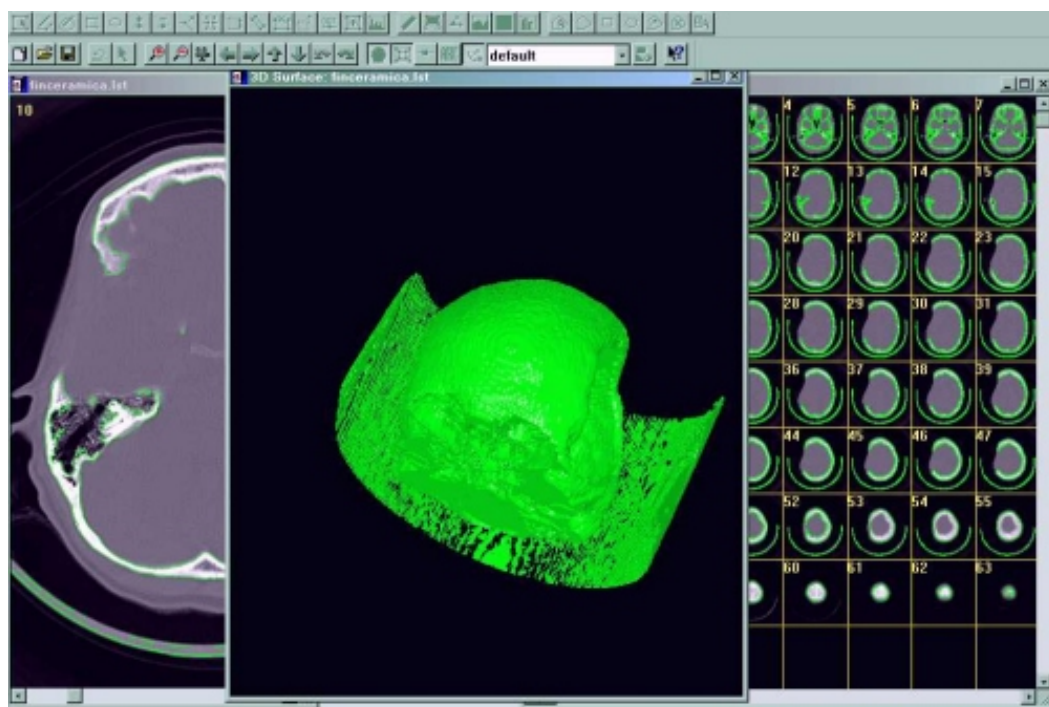
Partendo da un File contenete i dati di una tac , risonanza magnetica o rx , si importano le immagini in un'adeguata piattaforma di gestione Dicom compatibile.

Il primo problema da affrontare è leggere correttamente tutti i formati forniti dalle varie attrezzature mediche.

Dopo un'adeguato percorso di studio durato mesi si è individuato e ottenuto il software necessario; è seguita una fase di studio e sperimentazione su vari dati, e finalmente possiamo dire superato il primo problema di importazione tac.

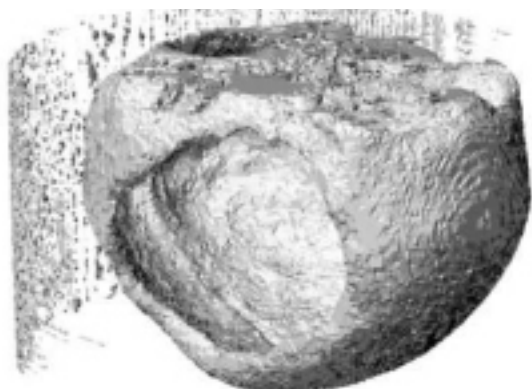
L'immagine che segue rappresenta l'importazione di una tac di teca cranica su cui ricostruiremo una protesi in Idrossiepatite





Il passaggio successivo è convertire la tac in rappresentazione matematica tridimensionale.

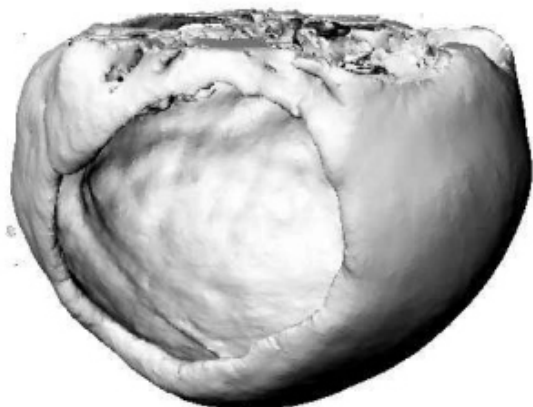
La qualità della ricostruzione dipenderà dal numero di strati contenuti nell'esame medico. In questo caso abbiamo a disposizione una tac con strati di 2 millimetri. **Il risultato della ricostruzione matematica è a lato.**



Ci risulta che solo due software al mondo attualmente possano svolgere questo lavoro, sono software abbastanza rari in quanto altamente specialistici, costosi, e dotati di chiave hardware.

Dopo adeguato studio e investimento siamo finalmente riusciti a trasformare in solido la tac.

Ma come si vede a lato **sono presenti vistosi scalini** e sporco impossibili da eliminare in quanto derivati dal limitato numero di strati tac forniti.



Questo inconveniente ci ha portato alla ricerca di una piattaforma adatta a trattare i dati stl.

a questo scopo abbiamo ricercato e ci siamo dotati di un software professionale che ci permette di **perfezionare il solido ricavato** dalla tac.

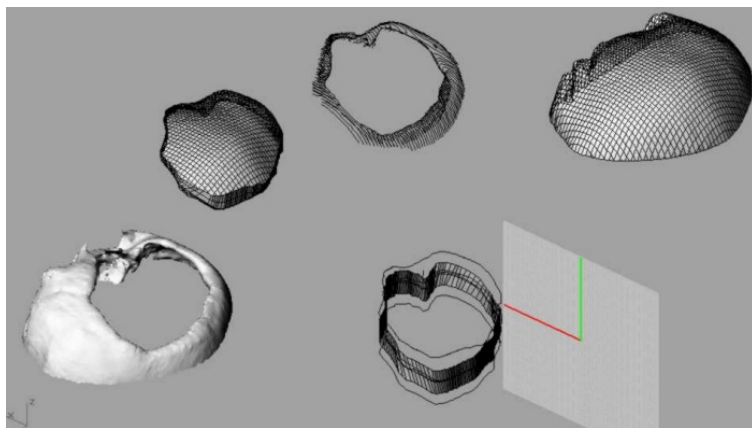
Il risultato è qui a lato esposto.

Ora la ricostruzione matematica della teca cranica è di qualità adeguata.

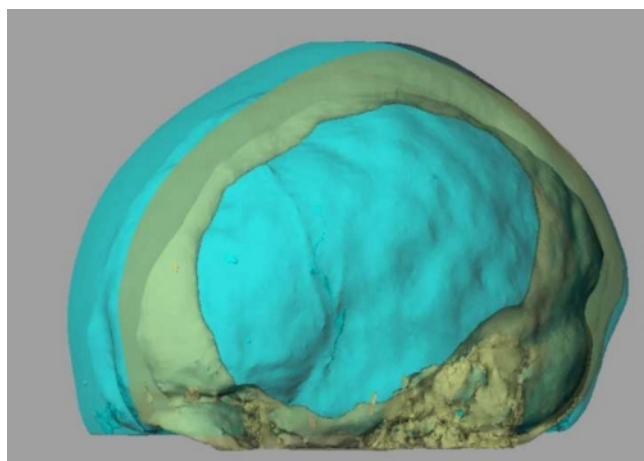
***Si puo' quindi ritenere completato il primo obiettivo .
Ricostruzione virtuale tridimensionale partendo da tac***

E stato necessario individuare, dotarsi e imparare ad utilizzare due software professionali specifici.

2) Progettazione e disegno 3d della protesi



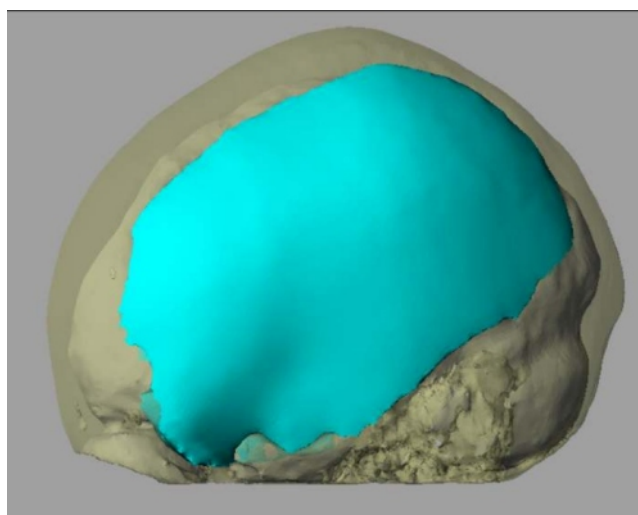
Una volta ottenuta la rappresentazione virtuale della teca cranica si apre il mondo del disegno 3d. Infiniti sono i possibili approcci. Noi abbiamo scelto di procedere all'**analisi della frattura** tracciandone i contorni e le superfici per la ricostruzione, questo lavoro è fatto con un'ulteriore software di modellazione solida. Anche in questo caso è indispensabile individuare la corretta piattaforma software ed imparare ad utilizzarla.



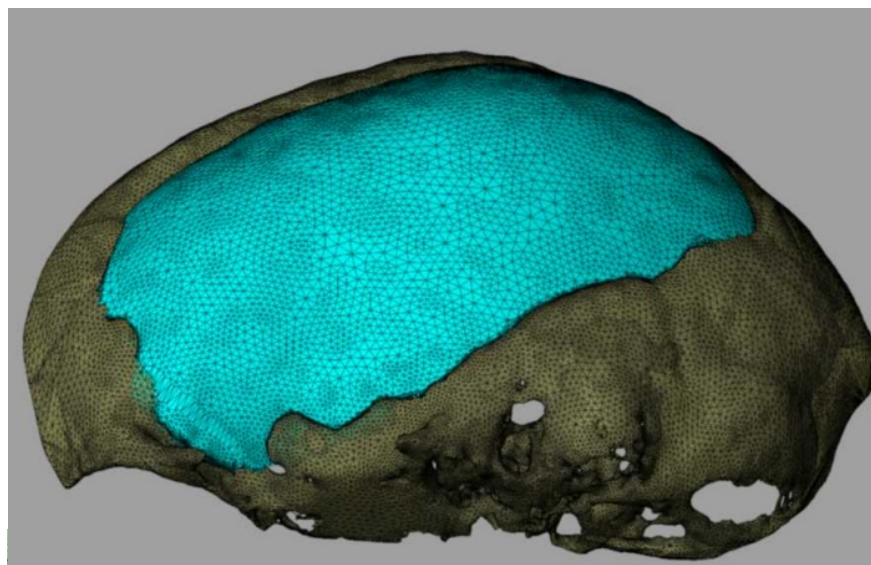
Con questo strumento è possibile sezionare il modello e studiare virtualmente la protesi. importante sarebbe l'assistenza di un medico che indichi le linee da seguire. Noi ci siamo limitati allo studio del processo.

Viste le forme geometriche irregolari, alla fine abbiamo scelto di tagliare virtualmente la teca cranica, **specchiarla e sovrapporre** la parte lesionata alla parte ancora integra. Va detto che le strategie di disegno saranno diverse tutte le volte, solo una conoscenza approfondita della modellazione solida darà la soluzione ottimale.

In questo caso la parte specchiata (copia della semiteca intatta) è stata resa trasparente e di colore azzurro così si comincia a vedere la forma che dovrà avere la protesi



Una volta posizionato correttamente negli assi x y e z le due calotte, sia quella lesionata che quella intatta, si utilizzano i **punti dati dalla calotta intatta per disegnare la protesi**, con una serie di processi in modellazione virtuale si giunge alla realizzazione tridimensionale di protesi che si adatta alla lesione.



Entrambi i solidi ottenuti sono trasformati in formato stl. Il formato leggibile dalle macchine per la prototipazione rapida.

A fianco si nota la caratteristica retinatura formata dai **triangoli che compongono il formato stl.**

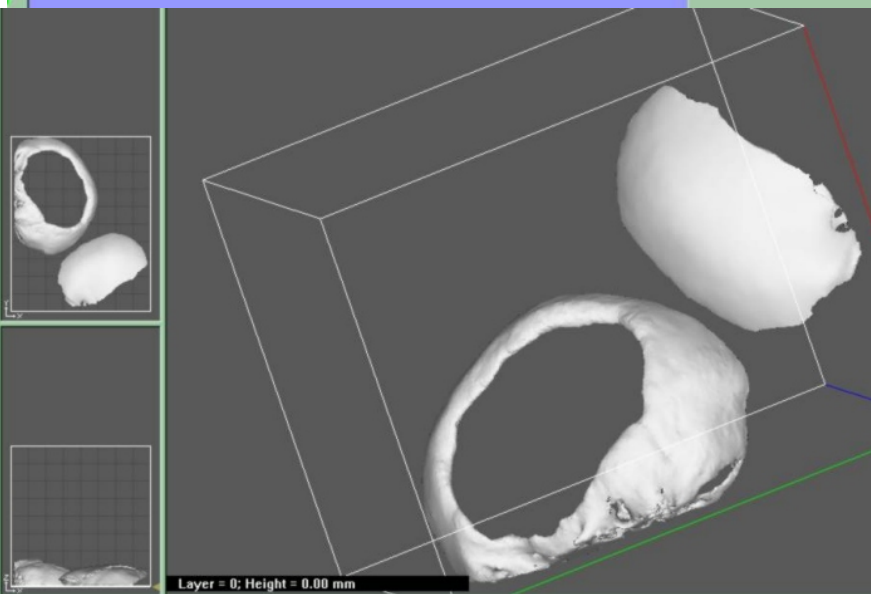
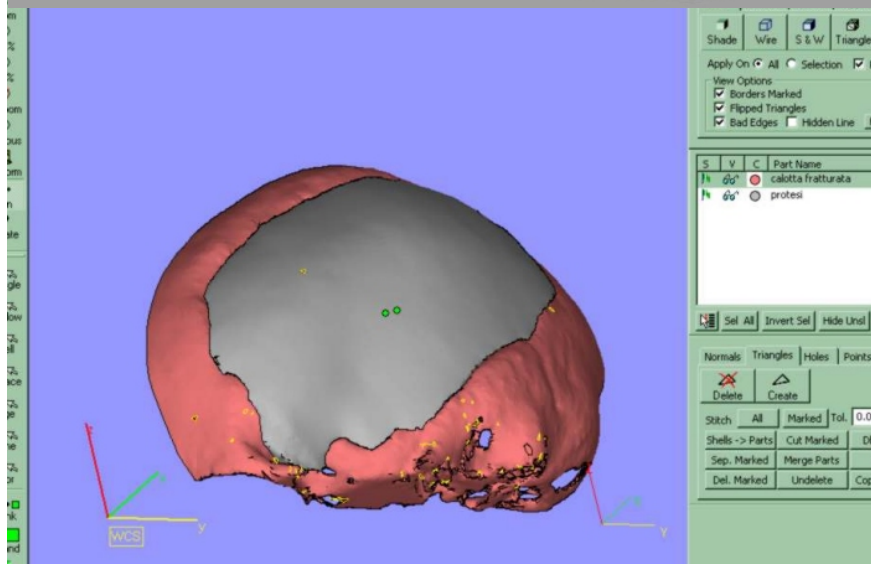
Purtroppo il solido in stl di forma così complessa di solito presenta degli errori matematici e le macchine da prototipazione non riescono a processare i solidi che contengono errori.

Per questo ci siamo dotati di un' adeguato **software per correggere gli errori.**

Ora è possibile stampare in solido la protesi e la teca cranica.

Ovviamente servirà una stampante 3d ed un software adeguato.

Fortunatamente l'investimento per l'acquisto della stampante è già stato fatto e questo strumento fa parte delle nostre attrezzature.



Si può quindi ritenere raggiunto l'obiettivo ricostruzione virtuale tridimensionale della protesi.

Questo sarà indispensabile quando si dovrà lavorare l'idrossepatte con macchine a controllo numerico.

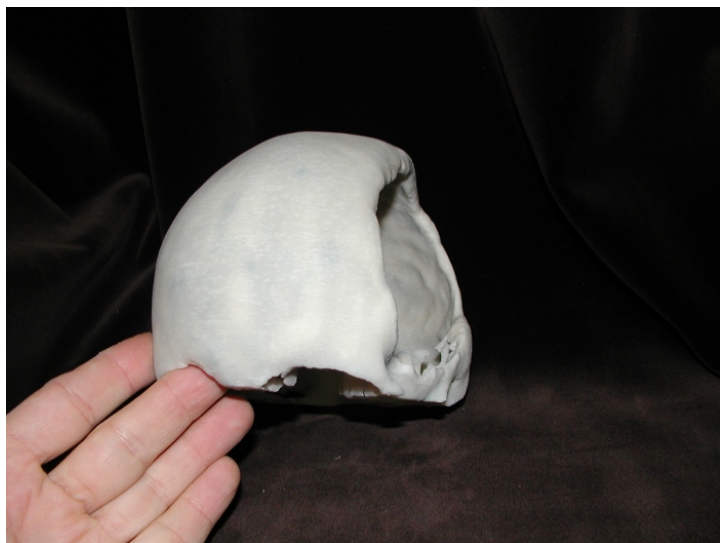
3) Realizzazione in solido di teca cranica e relativa protesi



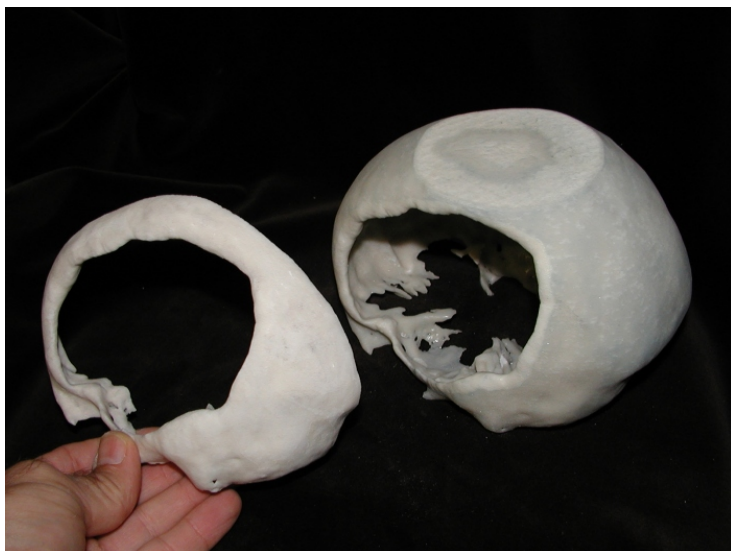
Dopo il lavoro di trattamento dato fin qui esposto, finalmente potremo **toccare con mano** la protesi e la teca cranica la stampante solida si adatta perfettamente a questo tipo di lavoro.

A lato si può vedere il risultato della stampa dei dati così trattati ora si potrà **sottoporre il lavoro fin qui effettuato all'analisi del medico** che deciderà se proseguire o modificare la protesi.

si tenga conto che giunti a questo punto una nuova protesi potrà richiedere un tempo di realizzazione di circa un'ora riteniamo quindi che sia particolarmente interessante questo processo al fine di ottimizzare il lavoro finale.



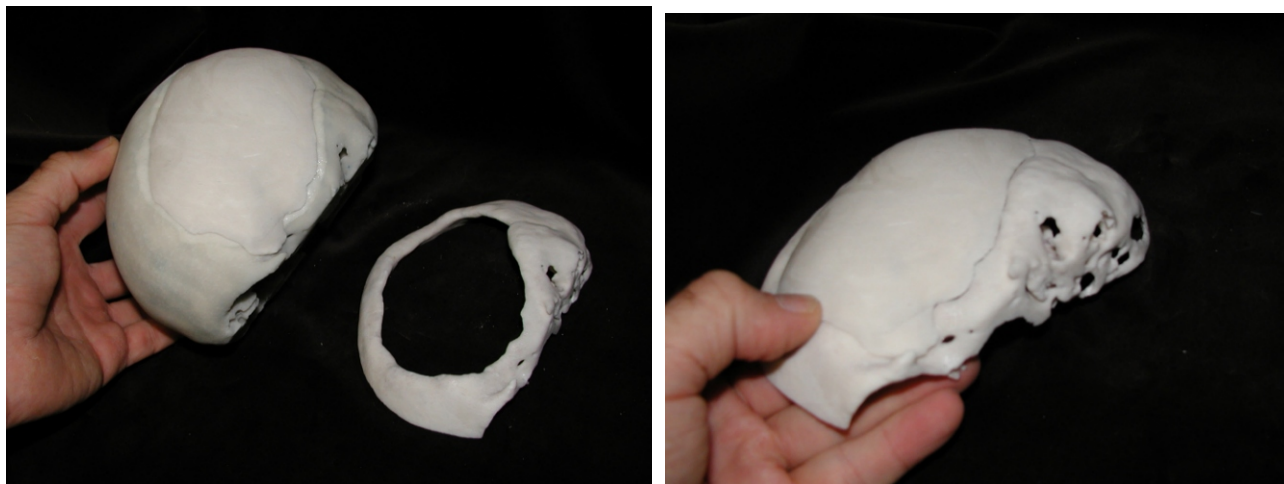
In questo caso si è proceduto anche a stampare la teca cranica completa al fine di confrontare le misure



risultati sono incoraggianti in quanto sin dalla prima stampa **non, emergono differenze o deformazioni dei pezzi ottenuti.**

Per comodità di studio la teca cranica è stata stampata con una base d'appoggio superiore spianata per poterla agevolmente posizionare sia dritta che rovesciata.

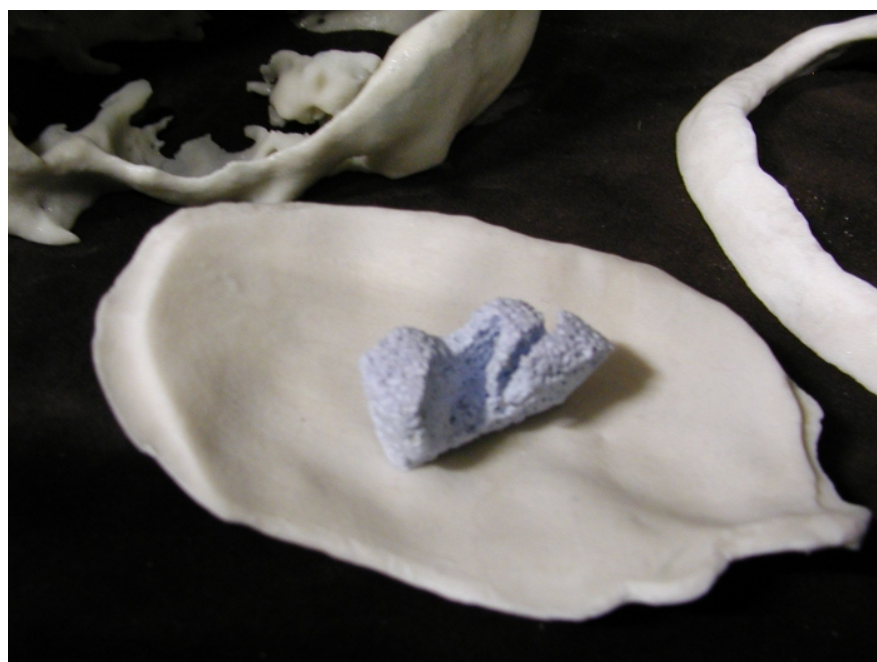
Di seguito si vede la protesi applicata alla semi calotta e la protesi applicata alla teca .
Si nota che **si adatta allo stesso modo** , a dimostrazione che il metodo applicato fin qui funziona adeguatamente.



Si può quindi considerare raggiunto il terzo obiettivo realizzazione in solido di teca cranica e protesi.

4) Realizzazione della protesi in idrossiepatite

Ovviamente la protesi così ottenuta non potrà essere impiantata, ma ha l'unico scopo di fornire al medico un campione della protesi definitiva che sarà realizzata in idrossiepatite o qualsiasi materiale voluto dal medico, al fine di valutarne preventivamente forma e caratteristiche dimensionali.



La realizzazione della protesi campione ha inoltre fornito una matematica che rappresenta esattamente il pezzo che vorremo ottenere quindi potremo adeguatamente utilizzare questi dati per lavorare l'idrossiepatite.

Lavorare l'idrossiepatite partendo dalle matematiche in questione presenta la difficoltà che derivata dall'origine minerale dell'idrossiepatite che tende facilmente a rompersi , scheggiarsi e rovina in breve gli utensili. Abbiamo quindi provato vari utensili raffreddamenti velocità e strategie di taglio fino a raggiungere il risultato di seguito esposto.

La lavorazione a controllo numerico dell'idrossepatite si è dimostrata particolarmente complicata a causa della sue caratteristiche meccaniche.

È sostanzialmente simile alle ceramiche e questo esula dai materiali metallici normalmente lavorati dalle macchine a controllo numerico.

Si è quindi effettuata una ricerca di utensili e strategie di lavoro. macchine adeguate alla lavorazione di questo specifico materiale, con adeguati sistemi di fissaggio del pezzo da lavorare, di raffreddamento e accorgimenti per scelta e usura dell'utensile,



A lato si vede un **campione di idrossepatite lavorato con macchina a controllo numerico** opportunamente attrezzata.

Di seguito un taglio ed una lavorazione sul pezzo che ha dimensioni di circa 5 cm. Dallo spigolo vivo ottenuto si può vedere come la lavorazione sia precisa e non rompa l'idrossepatite.



In questa immagine si nota come è ricavata una **semisfera all'interno del blocchetto in idrossepatite** si notano le righe lasciate dall'utensile sulla base della semisfera, che evidenziano la corretta lavorazione del pezzo, si nota il passaggio dell'utensile ogni 3 decimi di millimetro. Incrementare la precisione è solo una questione di tempo macchina.

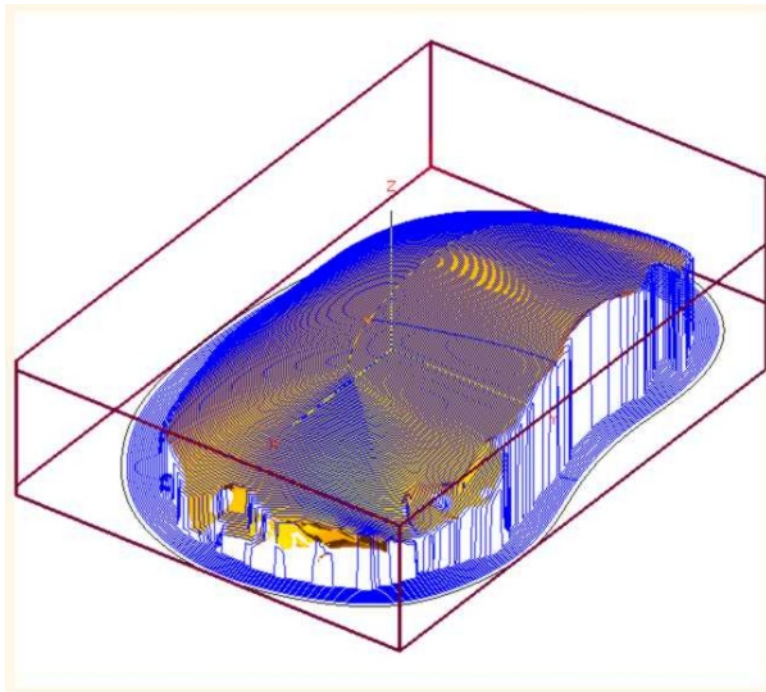
Questo ci permette di affermare con sicurezza che siamo arrivati a individuare il procedimento per lavorare a controllo numerico l'idrossepatite così da poter **trasformare un blocco di idrossepatite nella protesi** sopra realizzata con la precisione desiderata, partendo dalle matematiche ricavate nei precedenti passaggi.

Ora per raggiungere l'obiettivo 4 occorrerà

Lavorare l'idrossepatite nelle forme disegnate nell'obiettivo 2

Per lavorare adeguatamente l'idrossepatiche occorrerà una software che tenga in considerazione tutte le variabili necessarie a **trasformare il blocco grezzo nel pezzo lavorato**.

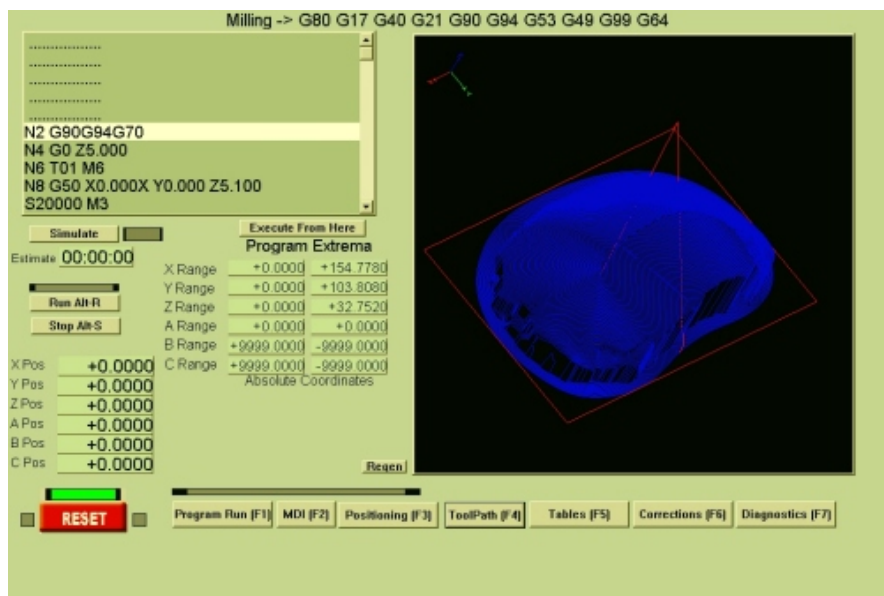
Le variabili sono molteplici e sono legate alle capacità di attrezzaggio della macchina e dell'utilizzatore, in sintesi si può dire che occorre :



Scelta dell'utensile, Sistema di raffreddamento utensile
Velocità di taglio, avanzamento , profondità di taglio, fissaggio pezzo, asportazione dei residui di lavorazione, lunghezza e diametro adeguato dell'utensile in relazione alla profondità di taglio ecc. Ecc..
Insomma tutto il bagaglio tecnico necessario a fare adeguatamente funzionare una macchina a controllo numerico.

Esistono **software specialistici** per questo compito .

Di lato si nota il **percorso utensile generato dal nostro software di gestione macchina** le righe blu rappresentano i movimenti che l'utensile dovrà compiere per ottenere la protesi



Il precedente software crea un codice macchina che descrive con adeguati comandi i movimenti dell'utensile , velocità di rotazione e velocità di entrata e di avanzamento, ma questo codice deve essere poi trasformato in **impulsi elettrici che possano controllare i motori** , Occorrerà quindi un'ulteriore software che interpreti detto codice e lo trasformi in segnali capaci di controllare il movimento di motori elettrici servo controllati da computer.

E questo è l'ultimo software necessario che trasformerà i dati macchina in movimenti utensili e ci darà quindi il pezzo in idrossepatiche.

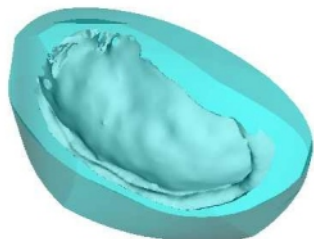
Di lato si nota la **schermata del nostro software di gestione motori**.

A questo punto possiamo dire di essere in grado di dare le forme desiderate ad un blocco di idrossepatiche.

Siccome il procedimento si basa sull'asportazione di materiale in eccesso sarebbe bene che il pezzo grezzo fosse il piu' possibile simile al pezzo finale, per **minimizzare gli scarti e i tempi di lavorazione**.

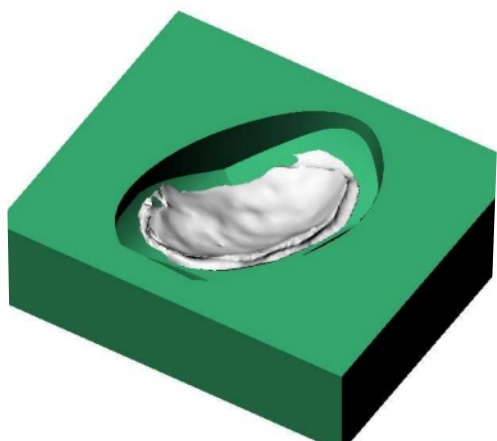
Per realizzare la protesi occorrerà quindi un pezzo il piu' possibile simile al pezzo finale. **Questo sarà oggetto di approfondito studio**, e si stanno valutando tecniche che possano utilizzare direttamente la stampa 3d del pezzo in idrossepatite di forme e dimensioni che tengano conto dei ritiri e delle deformazioni in fase di cottura. **Questo specifico compito è oggetto di analisi e studio con il centri ISTEK CNR di faenza.**

tuttavia per arrivare subito all'obbiettivo si procedere anche se aumentano i tempi ed i costi di lavorazione.



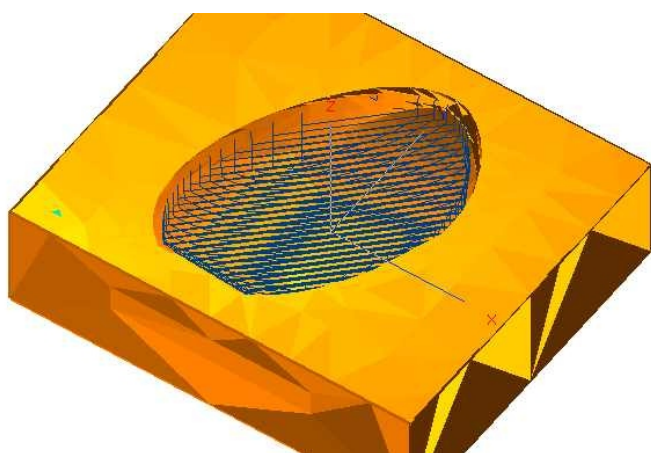
ci servirà il blocco di idrossepatite e ancora il modello matematico ci tornerà utile.

Disegnando un **solido che contenga la protesi**, di dimensioni che tengano conto del ritiro di 25% del pezzo in fase di cottura, si potrà ottimizzare la realizzazione del blocco **riducendo al minimo lo spreco della costosa idrossepatite.**



Detto solido verrà **sottratto virtualmente** da un blocco che ci servira da stampo.

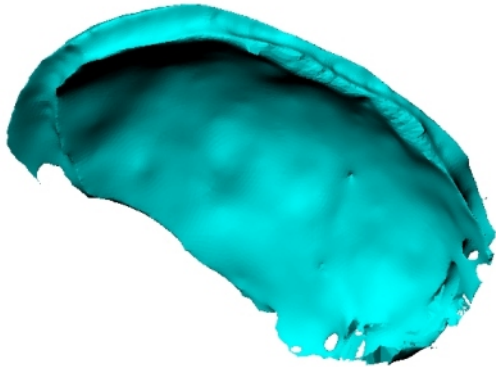
Il solido così ottenuto sarà **riprodotto in un materiale povero**, poliuretano espanso, facilmente lavorabile a macchina utensile.



Il software del movimento utensile calcherà il **percorso utensile** necessario a **realizzare lo stampo grossolano** per idrossepatite

Che in questo caso noi lo immaginiamo come un pozzetto a cielo aperto, ma ogni forma e ogni materiale è possibile, gessi o resine, o gomme, qui presentiamo il processo saranno poi gli esperti del settore ceramico ad indicarci cosa aserva loro per ottimizzare il processo.

Ottenuto il blocco di idrossepatite , opportunamente lavorato secondo le direttive descritte si potrà raggiungere l'obiettivo finale della **costruzione della protesi in idrossiepatite tramite macchina a controllo numerico.**



Si puo' quindi considerare raggiunto l'obiettivo ultimo di realizzare la protesi in idrossepatite tramite macchina a controllo numerico.

Conclusioni

I vantaggi derivanti da questo processo sono :

- 1) **La possibilità di avere una protesi in idrossiepatite nel giro di 24/ 48 ore**
- 2) **Maggiore precisione del sistema** , in quanto si lavora direttamente sui dati matematici e non sul modello materiale che potrebbe subire deformazioni
- 3) **possibilità di analizzare e modificare il modello di protesi** prima di procedere alla fresatura dell'idrossepatite
- 4) **minimizzazione degli scarti di idrossiepatite**
- 5) **possibilità di replicare la protesi nel caso di rotture accidentali**
- 6) **il tutto determina un minore costo della protesi**

Tutti i processi presentati all'interno della relazione sono stati eseguiti nei nostri laboratori con macchine e competenze maturate negli ultimi 6 anni investiti nella ricerca di metodi e processi per la prototipazione rapida applicata nel settore industriale.

È nostro interesse utilizzare il notevole investimento sostenuto per dare i nostri servizi al settore medico ritenendo che ogni protesi è e reterà un prototipo da realizzare su misura ogni volta.

Le possibili collaborazioni sono molteplici attendiamo vostre impressioni a riguardo
Per ogni comunicazione o chiarimento non esitate a contattarci.

Cordiali saluti
Moretti Massimo