

ΤΕΙ ΠΑΤΡΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΤΑΧΕΙΑΣ ΠΡΩΤΟΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗΣ ΚΑΙ ΤΑΧΕΙΑΣ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΚΑΛΟΥΠΙΩΝ ΣΕ ΙΑΤΡΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΑΣ:ΝΙΚΟΠΟΥΛΟΥ ΒΑΣΙΛΙΚΗ
ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ :ΣΑΛΩΝΙΤΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΠΑΤΡΑ 2008

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

2. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΤΑΧΕΙΑΣ ΠΡΩΤΟΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗΣ

2.1 Επισκόπηση.....	5
2.2 Ιστορική αναδρομή στη ταχεία πρωτοτυποποίηση.....	5
2.3 Στερεολιθογραφία και άλλα συστήματα τύπων ρητίνης.....	9
2.4 Πρωτοτυποποίηση μέσω εναπόθεσης ρευστού υλικού (FDM) και εκλεκτική συμπύκνωση λείζερ(SLS).....	11
2.5 Συστήματα σταγονιδίων/συνδέσμων (DS/BS).....	14
2.6 Σχετική τεχνολογία: Μικροσυστήματα και άμεσα συστήματα μετάλλων.....	15
2.7 Προετοιμασία αρχείων.....	16
2.8 Μειονεκτήματα της ταχείας πρωτοτυποποίησης για τις ιατρικές εφαρμογές.....	18

3. ΥΛΙΚΑ ΣΤΙΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ ΤΑΧΕΙΑΣ ΠΡΩΤΟΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗΣ

3.1 Ο ρόλος των υλικών στην γρήγορη κατασκευή.....	20
3.2 Υλικά για τις διαδικασίες της γρήγορης κατασκευής.....	20
3.3 Βιοσυμβατά υλικά.....	21

4. Ο ΡΟΛΟΣ ΤΗΣ ΓΡΗΓΟΡΗΣ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΣΤΙΣ ΙΑΤΡΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

4.1 Εισαγωγή.....	23
4.2 Χειρουργικός προγραμματισμός.....	25
4.2.1 Εικονικός προγραμματισμός.....	25
4.2.2 Εφαρμογή του σχεδίου.....	28
4.3 Γρήγορης ψηφοποίησης κατασκευή στην ιατρική εφαρμογή.....	31
4.3.1 Παραγόμενη από την ταχεία πρωτοτυποποίηση ανατομικά πρότυπα.....	31
4.4 Το μέλλον.....	37

5. ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ 3-D ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥΣ

5.1 Εισαγωγή.....	40
5.2 Τρισδιάστατη ιατρική ανίχνευση:διαδικασία.....	42
5.2.1 Τρισδιάστατη ανίχνευση.....	42
5.2.2 Απεικόνιση της αξονικής τομογραφίας και οι εφαρμογές της.....	43
5.2.3 Απεικόνιση της μαγνητικής τομογραφίας και οι εφαρμογές της.....	44
5.2.4 Απεικόνιση υπερήχου και οι εφαρμογές του.....	47
5.2.5 Τρισδιάστατη ανίχνευση λείζερ.....	48
5.3 Τρισδιάστατη αναδημιουργία.....	49

6. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

6.1 Ταχεία κατασκευή ιστών

6.1.1 Συστήματα βασισμένα στο λέιζερ και στις υπεριώδους ακτινοβολία πηγές φωτός.....	51
6.1.1.1 Συσκευή στερεολιθογραφίας.....	51
6.1.1.2 Εκλεκτική συμπύκνωση λέιζερ (SLS).....	52
6.1.1.3 Τοποθέτηση του επιπέδου στο αντικείμενο κατασκευής (LOM).....	53
6.1.1.4 Στερεά επίγεια θεραπεία (SGC).....	53

6.2 Ορθοπεδικά εμφυτεύματα

6.2.1 Εισαγωγή.....	54
6.2.1.1 Διαδικασία της τεχνικής πρόσθεσης κάτω από το γόνατο.....	56
6.2.1.2 Διαμόρφωση της θετικής φόρμας.....	56
6.2.1.3 Επεξεργασία της πρόσθεσης.....	57
6.2.1.4 Διαμόρφωση, ανάλυση και επεξεργασία.....	58
6.2.2 Διευκολυμένη με τον υπολογιστή προσέγγιση.....	58
6.2.2.1 Διαμόρφωση CAD.....	59

6.3 Ορθοδοντική

6.3.1 Συσκευές επεξεργασίας συνήθης με προηγμένη ψηφιοποιημένη κατασκευή.....	62
---	----

6.4 Κρανιοχειρουργική

6.4.1 Γρήγορη κατασκευή πριν την χειρουργική επέμβαση.....	66
--	----

7. ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

7.1 Τεχνολογία ανίχνευσης.....	71
7.2 Τεχνολογία ταχείας πρωτοτυποποίησης.....	73
7.3 Άμεση κατασκευή.....	76
7.4 Εφαρμοσμένη μηχανική ιστού.....	77

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	79
------------------------	----

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σκοπός της εργασίας που εκτελέστηκε είναι η ανασκόπηση των μεθόδων της ταχείας πρωτοτυποποίησης και της ταχείας κατασκευής καλουπιών στις ιατρικές εφαρμογές.

Στα κεφάλαια που ακολουθούν θα αναλύσουμε την μέθοδο της ταχείας πρωτοτυποποίησης καθώς επίσης και τα υλικά που χρησιμοποιούνται στην μέθοδο αυτή. Επίσης θα επισημάνουμε τον ρόλο της γρήγορης ψηφιακής σχεδίασης στις ιατρικές εφαρμογές και την καταγραφή των τρισδιάστατων δεδομένων καθώς και την επεξεργασία τους. Τέλος θα αναφερθούμε στους τομείς που μπορούν να βρουν εφαρμογές και να καταλήξουμε στις μελλοντικές εφαρμογές.

Σήμερα η μέθοδος της ταχείας πρωτοτυποποίησης και της ταχείας κατασκευής καλουπιών στις ιατρικές εφαρμογές έχει αναπτύξει απλές αναλυτικές μεθόδους που βοηθούν στην επίλυση με ικανοποιητική ακρίβεια μιας σειράς από τεχνικά προβλήματα στον ιατρικό τομέα.

2.ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΤΑΧΕΙΑΣ ΠΡΩΤΟΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗΣ

2.1 Επισκόπηση

Ενώ η τεχνολογία της ταχείας πρωτοτυποποίησης έχει αναπτυχθεί πρώτιστα για τη κατασκευαστική βιομηχανία για να βοηθήσει στην επιτάχυνση της ανάπτυξης των νέων προϊόντων, οι προμηθευτές και οι χρήστες συνειδητοποίησαν ότι η τεχνολογία ήταν επίσης κατάλληλη για εφαρμογές στον ιατρικό τομέα. Οι γιατροί και οι χειρουργοί έχουν ψάξει πάντα τους καλύτερους τρόπους να περιγράψουν, να καταλάβουν και να εντοπίσουν την κατάσταση μιας ασθένειας. Τα διαγνωστικά εργαλεία έχουν γίνει όλο και περισσότερο περίπλοκα και τα πιο πρόσφατα από αυτά : η αξονική τομογραφία, η μαγνητική τομογραφία μπορούν τώρα να παρουσιάσουν τα δεδομένα των ασθενών με διάφορους τρόπους με μεγάλη σαφήνεια και ακρίβεια. Ωστόσο, υπάρχουν πολλές περιπτώσεις όπου οι γιατροί ή οι χειρουργοί επιθυμούν να έχουν ένα φυσικό πρωτότυπο μπροστά τους παρά να πρέπει να εξετάσουν τις εικόνες σε μια οθόνη υπολογιστή. Πριν από ταχεία πρωτοτυποποίηση, τέτοια πρωτότυπα θα μπορούσαν μόνο να είναι γενικά και δεν θα ήταν απαραίτητα χρήσιμα στο να περιγράψουν μια μεμονωμένη κατάσταση. Με την ταχεία πρωτοτυποποίηση υπάρχει πλέον τρόπος δημιουργίας τέτοιων φυσικών στερεών πρωτοτύπων ενός ατόμου άμεσα από την τρισδιάστατη αναπαραγωγή δεδομένων από το ιατρικό σύστημα απεικόνισης.

2.2 Ιστορική αναδρομή στη ταχεία πρωτοτυποποίηση

Ο ορισμός της ταχείας πρωτοτυποποίησης χρησιμοποιείται σε μια σειρά από τεχνολογίες που μπορούν να κατασκευάζουν τα τρισδιάστατα αντικείμενα σε ένα ενιαίο στάδιο, άμεσα από τις περιγραφές του CAD. Υπάρχει ένας αριθμός από διάφορους όρους που συνδέεται με την ταχεία πρωτοτυποποίηση και που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να περιγράψει την τεχνολογία:

- **Επεξεργασία ελεύθερης μορφής.** Η ταχεία πρωτοτυποποίηση είναι κατά ένα μεγάλο μέρος 'γεωμετρικά ανεξάρτητη' δεδομένου ότι οποιαδήποτε αύξηση στην πολυπλοκότητα της μορφής δεν το καθιστά απαραίτητα δυσκολότερο στο να κατασκευαστεί.
- **Αυτοματοποιημένη επεξεργασία.** Αυτό συνδέει την ταχεία πρωτοτυποποίηση με άλλες, παρόμοιες τεχνολογίες όπως οι κατεργασίες NC για να υπογραμμίσει το γεγονός ότι τα κομμάτια παράγονται κατά ένα μεγάλο μέρος χωρίς

ανθρώπινη παρέμβαση. Δεδομένου ότι η ταχεία πρωτοτυποποίηση αντικαθιστά τις παραδοσιακές ικανότητες του κατασκευαζόμενου πρωτοτύπου, αυτό μπορεί να θεωρηθεί τεράστιο πλεονέκτημα από την άποψη της αυξανόμενης ταχύτητας κατασκευής, του ρυθμού απόδοσης και της μειωμένης απαίτησης στην ειδικευμένη εργασία.

- **Κατασκευή ανά επίπεδο.** Η ταχεία πρωτοτυποποίηση απλοποιεί τη σύνθετη τρισδιάστατη διαδικασία επεξεργασίας με τη μείωση της σε μια σειρά δισδιάστατων μορφών ή επιπέδων και την σύνθεσή τους από κοινού.

Ο τελικός ορισμός της βασισμένης σε επίπεδα κατασκευή είναι το κλειδί στο πώς η ταχεία πρωτοτυποποίηση λειτουργεί πραγματικά. Τα πρωτότυπα δημιουργούνται από τα συνδεδεμένα επίπεδα του υλικού από κοινού. Εάν τα επίπεδα είναι αρκετά λεπτά, κατόπιν τα πρωτότυπα θα προσεγγίσουν πολύ το αρχικό προοριζόμενο σχέδιο. Η περισσότερη ταχεία πρωτοτυποποίηση επεξεργάζεται τα πάχη επιπέδου χρήσης της τάξης του 0.1mm, και αυτό φαίνεται να είναι επαρκές για να ταιριάζει σε πολλές εφαρμογές. Η ταχεία πρωτοτυποποίηση επομένως είναι καλή αποδεκτή τεχνολογία στο βιομηχανικό τομέα, με πολλές διαφορετικές βιομηχανίες (π.χ. σκεύος για την κουζίνα, ηλεκτρονική, κοσμήματα, αυτοκινητοβιομηχανία και αεροδιαστημική βιομηχανία, κ.λπ.) που χρησιμοποιούν τις ικανότητές της. Ο όρος 'πρόσθετη' κατασκευή διακρίνει επίσης τη ταχεία πρωτοτυποποίηση από την επεξεργασία σε NC μηχανές, που χρησιμοποιεί ένα απόθεμα υλικού και μεταφέρει, ή αφαιρεί, το υλικό για να φανερώσει την τελική μορφή. Με τη ταχεία πρωτοτυποποίηση αρχίζεις με ακριβώς ένα υπόστρωμα και προσθέτεις το υλικό στα επίπεδα έως ότου το κομμάτι να ολοκληρωθεί.

Οι άνθρωποι εξοικειωμένοι με τα ιατρικά συστήματα απεικόνισης θα πρέπει να καταλάβουν αρκετά εύκολα πώς η βασική έννοια της ταχείας πρωτοτυποποίησης λειτουργεί. Τα δύο συστήματα απεικόνισης της αξονικής τομογραφίας και της μαγνητικής τομογραφίας δουλεύουν με παρόμοιο τρόπο. Οι τρισδιάστατες εικόνες από τα δεδομένα των ασθενών κατασκευάζονται με το συνδυασμό των δισδιάστατων επιπέδων που λαμβάνονται από τα συστήματα αισθητήρων και την παρεμβολή μεταξύ τους. Γενικά, ο διαχωρισμός επιπέδων είναι αρκετά μεγάλος και τραχύς σε σύγκριση με τις μηχανές της ταχείας πρωτοτυποποίησης, ωστόσο οι βελτιωμένοι αισθητήρες και οι τεχνικές επιτρέπουν στα πρωτότυπα της αυξανόμενης ακρίβειας να δημιουργηθούν. Κατά συνέπεια, ουσιαστικά, οι δύο διαδικασίες είναι πολύ παρόμοιες.

Η αξονική τομογραφία και η μαγνητική τομογραφία συνδυάζουν τις επίπεδες απεικονίσεις μέσω λογισμικού για να δημιουργήσουν ένα τρισδιάστατο πρωτότυπο, και η ταχεία πρωτοτυποποίηση παίρνει ένα τρισδιάστατο πρωτότυπο και το αναπαράγει σε μια φυσική μορφή με τον συνδυασμό των επιπέδων από κοινού. Αυτό είναι ίσως η σύμπραξη μεταξύ των δύο τύπων συστημάτων το οποίο ενθαρρύνει μερικούς για να ερευνήσουμε τη χρήση της ταχείας πρωτοτυποποίησης για την παραγωγή των ιατρικών πρωτοτύπων. Τα ιατρικά συστήματα απεικόνισης είναι ικανά να δημιουργήσουν εικονικά πρωτότυπα, αλλά πολλές ιατρικές εφαρμογές μπορούν περαιτέρω να ωφεληθούν από την παραγωγή των φυσικών πρωτοτύπων από αυτά τα δεδομένα.

Υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τρόποι με τους οποίους τα κομμάτια των επιπέδων μπορούν να κατασκευαστούν, και συνεπώς υπάρχουν πολυάριθμες διαφορετικές μηχανές ταχείας πρωτοτυποποίησης.

Ωστόσο, πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι η τεχνολογία της ταχείας πρωτοτυποποίησης πρωτοτύπου έχει πολλούς περιορισμούς:

- **Πάχος επιπέδου.** Ένα πάχος επιπέδου 0.1mm είναι ακόμα πάρα πολύ παχύ για πολλές εφαρμογές (ωστόσο πιθανόν αυτό δεν ισχύει για πολλά ιατρικά πρωτότυπα). Το μικρότερο δυνατό πάχος επιπέδου συνήθως είναι περίπου 0.02 mm, αλλά η μείωση του μέσου πάχους επιπέδου σε ακριβότερες μηχανές οδηγεί σε πιο αργή, διαδικασία. Όλα τα κομμάτια της ταχείας πρωτοτυποποίησης εκθέτουν μια χαρακτηριστική 'βηματική σύσταση'.
- **Ακρίβεια κομματιών.** Εκτός από το πάχος επιπέδου, υπάρχουν διάφορα άλλα ζητήματα ακρίβειας που έχουν επιπτώσεις στην οικοδόμηση των κομματιών. Κάποιος μπορεί να αναμένει μια ταχεία μηχανή πρωτοτυποποίησης για να έχει ένα ελάχιστο πάχος τοιχώματος. Κανονικά αυτά θα είναι μερικές δεκάδες χιλιοστόμετρα.
- **Η επαναληψιμότητα** της διαδικασίας της ταχείας πρωτοτυποποίησης είναι γενικά καλή (της τάξης μερικών μικρών), αλλά το κομμάτι συρρικνώνεται λόγω του υλικού και ο περιορισμός της διαδικασίας μπορεί να οδηγήσει στις ανοχές της τάξης των δεκάτων χιλιοστού.
- **Μέγεθος κομματιών.** Η γεωμετρική ανεξαρτησία δεν είναι αυστηρά αληθινή δεδομένου ότι τα πρωτότυπα περιορίζονται από τον μέγιστο χώρο εργασίας της μηχανής. Πολλές μηχανές της ταχείας πρωτοτυποποίησης είναι της τάξης

των 300mm³. Αυτό σημαίνει ότι ένα πρωτότυπο από ένα πλήρες ανθρώπινο κρανίο θα ήταν δύσκολο να δημιουργηθεί σε πολλές μηχανές και ότι πολλές ιατρικές εφαρμογές μπορούν να απαιτήσουν την κατασκευή των κομματιών τμηματικών ή σε κλίμακα.

- **Υλικά.** Ένα μεγάλο μέρος της επεξεργασμένης διαδικασίας στη ταχεία πρωτοτυποποίηση εξαρτάται από τη δυνατότητα να συνδυαστούν τα επίπεδα από κοινού. Αυτό επιβάλλει περιορισμούς στα υλικά, κατάλληλα για μια ιδιαίτερη διαδικασία. Η πλειοψηφία της διαδικασίας της ταχείας πρωτοτυποποίησης φτιάχνει πρωτότυπα από πολυμερή υλικά δεδομένου ότι αυτό αντιπροσωπεύει τις ικανοποιητικές υλικές ιδιότητες χωρίς την ανάγκη να προσφύγει στις πολύ υψηλές θερμοκρασίες ή στις δυνάμεις.
- **Αντοχή κομματιών.** Δεδομένου ότι τα κομμάτια φτιάχνονται σε επίπεδα, τα οποία συνδέονται έπειτα μαζί με κάποιο τρόπο, είναι πιθανό αυτές οι συνδεδεμένες περιοχές να αντιπροσωπεύουν τις αδυναμίες στη γενική δομή. Ακόμη και μέσα στην υλική σειρά μιας ιδιαίτερης διαδικασίας, συνήθως διαπιστώνεται ότι η μηχανική δύναμη των κομματιών που γίνεται είναι ελαφρώς κατώτερη από αυτήν των κομματιών που γίνεται με το ίδιο υλικό σε άλλες διαδικασίες παραγωγής.
- **Ταχύτητα.** Η ταχεία πρωτοτυποποίηση δεν είναι τόσο γρήγορη. Η κατασκευή των κομματιών παίρνει μερικές ώρες και ίσως μερικές ημέρες, ανάλογα με την διαδικασία και το μέγεθος του κομματιού. Ενώ αυτό είναι μια σημαντική βελτίωση στις συμβατικές προσεγγίσεις ενός φτιαγμένου πρωτοτύπου (με την προσθήκη της βελτιωμένης ακρίβειας, των υλικών ιδιοτήτων, κ.λπ.), υπάρχει πάντα μια απαίτηση για την περαιτέρω αύξηση στην ταχύτητα. Ένας χειρουργός που εργάζεται σε μια περίπτωση έκτακτης ανάγκης μπορεί να μην είναι σε θέση να περιμένει για τα πρωτότυπα, να έχουν φτιαχτεί σε αυτό το χρονικό πλαίσιο.
- **Κόστος.** Η τεχνολογία της ταχείας πρωτοτυποποίησης είναι ακόμα κάτι καινούριο και οι μηχανές γενικά τοποθετούνται μαζί ως μικρού όγκου παραγωγή. Πολλές από τις μηχανές έχουν κόστος άνω των US\$200.000. Οι τιμές όμως μειώνονται, και οι μικρότερες μηχανές που στρέφονται περισσότερο στον τομέα της έννοιας της διαμόρφωσης, γενικά με τις περιορισμένες ιδιότητες, πλησιάζουν ένα κόστος παρόμοιο με πολλά προϊόντα υπολογιστών υψηλών τελών (δηλ. γύρω από US\$30.000). Πολλές εφαρμογές για τα ιατρικά

πρωτότυπα μπορούν να εξεταστούν χρησιμοποιώντας αυτές τις μηχανές χαμηλού κόστους.

Οι ιατρικές εφαρμογές μπορούν να ταξινομηθούν σε επίπεδα από την άποψη της απαίτησης για τη υψηλή ταχύτητα, χαμηλού κόστους και ολοκλήρωσης με τις ιατρικές διαδικασίες. Η ακρίβεια είναι γενικά μιας χαμηλής προτεραιότητας ζήτημα σε σύγκριση με τις περισσότερες εφαρμογές της εφαρμοσμένης μηχανικής. Οι ιδιότητες του υλικού έχουν πολύ ειδικές απαιτήσεις με την βιοσυμβατότητα και την έγκριση από τις ιατρικές αρχές για τη χρήση στην πράξη, κ.λπ.

2.3 Στερεολιθογραφία και άλλα συστήματα τύπων ρητίνης

Τα αρχικά εμπορικά συστήματα της ταχείας πρωτοτυποποίησης που βασίζονται στη ρητίνη συνήθως αποκαλούνται συστήματα στερεολιθογραφίας. Η ρητίνη είναι ένα υγρό φωτοευαίσθητο πολυμερές σώμα το οποίο σκληραίνει όταν εκτεθεί στην υπεριώδη ακτινοβολία. Η υπεριώδους ακτινοβολία του φωτός προέρχεται από ένα λέιζερ, το οποίο σαρώνει επιφάνεια σύμφωνα με τη διατομή του κομματιού που αντιστοιχεί στο επίπεδο. Το λέιζερ διαπερνά στη ρητίνη για μια σύντομη απόσταση που αντιστοιχεί στο πάχος επιπέδου. Το πρώτο επίπεδο συνδέεται με μια πλατφόρμα, η οποία τοποθετείται ακριβώς κάτω από την επιφάνεια της περιεχόμενης ρητίνης. Η πλατφόρμα χαμηλώνει από το πάχος ενός επιπέδου και η ανίχνευση εκτελείται για το επόμενο επίπεδο. Αυτή η διαδικασία συνεχίζεται έως ότου έχει ολοκληρωθεί το κομμάτι.

Δεδομένου ότι η περιβάλλουσα αθεράπευτη ρητίνη είναι ακόμα σε υγρή μορφή, οποιαδήποτε προεξοχή στα χαρακτηριστικά του κομματιού πρέπει να υποστηριχθεί κατά τη διάρκεια της διαδικασίας κατασκευής για να αποτρέψει από την κατάρρευση κάτω από το βάρος του. Δεδομένου ότι το κομμάτι είναι χτισμένο επίπεδο επίπεδο, μερικές περιοχές μπορούν επίσης να αποσυνδεθούν αρχικά από το υπόλοιπο κομμάτι. Αυτές οι αποσυνδεδεμένες περιοχές πρέπει επίσης να υποστηριχθούν στο να εμποδίσουν αυτούς από την επίπλευση μακριά από την κορυφή της ρητίνης. Τα πρέπει επομένως να χτιστούν με τις δομές πρόσθετης υποστήριξης. Αυτοί πρέπει να αφαιρεθούν από το κομμάτι μόλις ολοκληρωθεί η διαδικασία κατασκευής.



Σχήμα 2.1 :Εξοπλισμός στερεολιθογραφίας με ένα χαρακτηριστικό κομμάτι

Η ακρίβεια αυτής της διαδικασίας θεωρείται γενικά ανάμεσα στις καλύτερες από όλες τις τεχνολογίες της ταχείας πρωτοτυποποίησης, και οι ρητίνες στερεολιθογραφίας είναι γενικά διαφανείς, οι οποίες είναι ένα πολύ χρήσιμο χαρακτηριστικό όσον αφορά στις ιατρικές εφαρμογές. Εξετάζοντας τη ρητίνη για την εποπτεία των εσωτερικών χαρακτηριστικών, ουσιαστικά που κάνουν το οστό να εμφανιστεί διαφανές, μπορεί να παρέχει σε έναν χειρουργό πολλή διορατικότητα για την κατάσταση του ασθενή. Μια ιδιαίτερη ρητίνη που αναπτύσσεται συγκεκριμένα για ιατρικές εφαρμογές το καθιστούν πιθανό επιλεκτικά να χρωματίσει τις περιοχές μέσα στο κομμάτι με αυτές τις περιοχές στο φως της υπεριώδους ακτινοβολία. Μόλις ολοκληρωθούν, τα κομμάτια μπορούν να καθοριστούν με την εφαρμογή μιας λάκας που είναι διαπερατή στο ορατό φως αλλά εμποδίζει την είσοδο υπεριώδους ακτινοβολία. Δεδομένου ότι το υπόλοιπο του κομματιού της στερεολιθογραφίας είναι διαφανές, οι χρωματισμένες περιοχές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να δώσουν έμφαση στα χαρακτηριστικά μέσα στο κομμάτι. Για παράδειγμα, η αγγειακή δομή μπορεί να τονιστεί με αυτόν τον τρόπο και ο χειρουργός μπορεί να προγραμματίσει τη χειρουργική διαδικασία έτσι ώστε τα αιμοφόρα αγγεία να μπορούν να αποφευχθούν.

Η στερεολιθογραφία είναι μια αρκετά ακριβή τεχνολογία, αλλά υπάρχουν τώρα διάφορα άλλα συστήματα βασισμένα στην ρητίνη σε πολύ φτηνότερες τιμές. Ωστόσο, η αρχική τεχνολογία στερεολιθογραφίας από τα τρισδιάστατα συστήματα ακόμα ευρέως θεωρείται το καλύτερο παράδειγμα αυτού του είδους τεχνολογίας.

2.4 Πρωτοτυποποίηση μέσω εναπόθεσης ρευστού υλικού(FDM) και εκλεκτική συμπύκνωση λέιζερ(SLS)

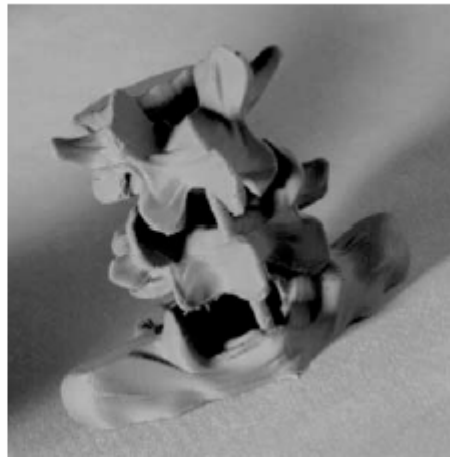
Υπάρχουν πολλοί τρόποι να διακριθούν οι διαφορετικές τεχνολογίες της ταχείας πρωτοτυποποίησης. Αυτές οι τεχνολογίες χρησιμοποιούν τη θερμότητα για να λιώσουν τη βάση του υλικού από το οποίο τα αντίστοιχα κομμάτια της ταχείας πρωτοτυποποίησης κατασκευάζονται. Με τη διαδικασία της πρωτοτυποποίησης μέσω εναπόθεσης ρευστού υλικού το υλικό λιώνει μέσα σε ένα θάλαμο πρόωσης από την οποία εξωθείται.

Με τη διαδικασία της εκλεκτικής συμπύκνωσης λέιζερ το υλικό τροφοδοτείται σε μια μορφή σκόνης και ένα λέιζερ χρησιμοποιείται για την εκλεκτική τήξη της διατομής επίπεδου. Και οι δύο διαδικασίες επομένως οδηγούν σε κομμάτια που είναι σχετικά ισχυρά και ανθεκτικά στη θερμότητα σε σύγκριση με τις περισσότερες από τις άλλες διαδικασίες της ταχείας πρωτοτυποποίησης. Τέτοια κομμάτια αναφέρονται συχνά έχοντας τις λειτουργικές ιδιότητες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τις πραγματικές εφαρμογές ή τουλάχιστον για εξεταστικούς λόγους.

Δεδομένου ότι τα κομμάτια της πρωτοτυποποίησης μέσω εναπόθεσης ρευστού υλικού παράγονται χρησιμοποιώντας ένα υλικό που εξωθείται επάνω σε μια πλατφόρμα υποεπιπέδων, αυτά απαιτούν τις δομές υποστήριξης της προεξοχής για τα χαρακτηριστικά με τον ίδιο σχεδόν τρόπο όπως τα κομμάτια εκλεκτικής συμπύκνωσης λέιζερ. Αυτές οι υποστηρίξεις πρέπει να αφαιρεθούν από το πραγματικό κομμάτι στη φάση περάτωσης, και υπάρχουν αυτήν την περίοδο δύο διαφορετικές τεχνικές σε λειτουργία. Ή μία μέθοδος χρησιμοποιεί ένα υλικό με ελαφρώς διαφορετικές μηχανικές ιδιότητες για να διαμορφώσει τις δομές υποστήριξης. Αυτό το υλικό αποσπάται αρκετά εύκολα από το κομμάτι του υλικού όταν ολοκληρώνεται το κομμάτι. Η δεύτερη προσέγγιση χρησιμοποιεί ένα υλικό που είναι υδροδιαλυτό. Μετά από έναν σύντομο χρονικό διάστημα στο θερμό νερό, το κομμάτι του υλικού παραμένει. Αυτή η διαδικασία μπορεί να επιταχυνθεί χρησιμοποιώντας την υπερηχητική αναταραχή του νερού. Αυτή η δεύτερη διαδικασία αφήνει μία καθαρή διεπιφάνεια όπου

χρησιμοποιήθηκε για να ενωθεί με το κομμάτι , και οι υποστηρίξεις μπορούν επίσης να αφαιρεθούν από δύσκολες σε πρόσβαση περιοχές μέσα στα κομμάτια.

Η πρώτη διαδικασία, ωστόσο, μπορεί ακόμα να είναι χρήσιμη, ιδιαίτερα για ορισμένες ιατρικές εφαρμογές. Από την υποστήριξη, το υλικό εξωθείται από ένα ιδιαίτερο θάλαμο, που μπορεί να επιλέξει να έχει ένα διαφορετικό χρώμα. Το πρωτότυπο μπορεί να τέμνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να απαιτήσει την χρησιμοποίηση χτισμένου κομματιού του υλικού σε μερικές περιοχές και να υποστηριχθεί το υλικό σε άλλο. Δεν είναι ουσιαστικό ότι όλο το υλικό υποστήριξης αφαιρείται, και έτσι οι τετμημένες περιοχές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να αντιπροσωπεύσουν τα διαφορετικά χαρακτηριστικά. Για παράδειγμα, ένα υλικό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αντιπροσωπεύσει το υγιές κόκαλο ενώ το άλλο υλικό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αντιπροσωπεύσει το καρκινώδες υλικό. Ενώ αυτά τα υλικά δεν είναι διαφανή με αυτόν τον τρόπο στερεολιθογραφίας ρητινών, υπάρχει το πλεονέκτημα ότι κάθε υλικό μπορεί να διαλέξει να έχει ένα χρώμα από μια σειρά επιλογών. Δεδομένου ότι υπάρχουν μόνο δύο θάλαμοι εξώθησης στη πρωτοτυποποίηση μέσω εναπόθεση ρευστού υλικού, αυτό είναι ο μέγιστος αριθμός χρωμάτων που μπορεί πιθανόν να διαλέξει.



Σχήμα 2.2: Μηχανή Maxum, και πρωτότυπο σπονδυλικής στήλης που δημιουργείται χρησιμοποιώντας την πρωτοτυποποίηση μέσω εναπόθεση ρευστού υλικού.

Δεδομένου ότι η διαδικασία της εκλεκτικής συμπύκνωσης λέιζερ παράγει τα κομμάτια από ένα υποεπίπεδο σκόνης, λιώνοντας επιλεκτικά το υλικό σύμφωνα με την αντίστοιχη διατομή, το σημαντικότερο πλεονέκτημα είναι ότι οι υποστηρίξεις δεν είναι απαραίτητο να παραχθούν. Η σκόνη που περιβάλλει το κομμάτι περιορίζεται μέσα σε

ένα θάλαμο κατασκευής που παρέχει τελικά μια φυσική υποστήριξη για το κομμάτι κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας. Αυτό καθαρίζει μακριά από το κομμάτι πολύ εύκολα, που μειώνει το μετά χρόνο επεξεργασίας καθώς επίσης και την οργάνωση λογισμικού του κομματιού (δεδομένου ότι κανένα στοιχείο υποστήριξης δεν χρειάζεται να παραχθεί). Ο έλεγχος της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της διαδικασίας της εκλεκτικής συμπύκνωσης λέιζερ είναι πολύ κρίσιμος, και τα κομμάτια εκθέτουν μια κονιώδη σύσταση που είναι επίσης ελαφρώς πορώδης (για τα λειτουργικά κομμάτια περίπου 80%). Το σημαντικότερο πλεονέκτημα αυτής της διαδικασίας είναι η μεταβλητότητά του. Τα κομμάτια είναι γενικά περισσότερο ακριβέστερα από τα κομμάτια της πρωτοτυποποίησης μέσω εναπόθεσης ρευστού υλικού, με τις ιδιότητες της δύναμης αποδεκτές για λειτουργικούς λόγους (όπως την κοπή και τη σταθεροποίηση βιδών) κατά τη χρησιμοποίηση ως βάση το υλικό νάιλον. Η ίδια διαδικασία μπορεί επίσης να κατασκευάσει κομμάτια κατάλληλα για τις εφαρμογές ρίψης επένδυσης χρησιμοποιώντας ως βάση το υλικό στυρόλιο. Η αλλαγή του υλικού ξανά και τα κομμάτια του μετάλλου μπορούν να κατασκευαστούν με την προσθήκη μιας διαδικασίας της διήθησης φούρνου. Αυτά τα κομμάτια είναι ένα μίγμα χαλκού και χάλυβα που είναι αποδεκτά για τις βραχυπρόθεσμες εφαρμογές σχεδίασης του σχήματος έγχυσης. Η διαδικασία ρίψης επένδυσης μπορεί να είναι χρήσιμη για τα κατασκευαζόμενα κομμάτια στις ιατρικές εφαρμογές και το μέταλλο μπορεί να επιλεγεί να είναι βιοσυμβατό.

Φυσικά, με την προστιθέμενη μεταβλητότητα της διαδικασίας της εκλεκτικής συμπύκνωσης λέιζερ έρχεται να προστεθεί το κόστος. Η βασική γραμμή της μηχανής της πρωτοτυποποίησης μέσω εναπόθεσης ρευστού υλικού είναι αρκετά χαμηλότερη στην τιμή από τη μηχανή της εκλεκτικής συμπύκνωσης λέιζερ. Μια άλλη σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο μηχανών είναι ο χρόνος να φτιαχτεί. Οι μηχανές της εκλεκτικής συμπύκνωσης λέιζερ είναι αρκετά πιο αργές από ότι στην πραγματικότητα, οι περισσότερες άλλες διαδικασίες της ταχείας πρωτοτυποποίησης. Ενώ οι μηχανές της εκλεκτικής συμπύκνωσης λέιζερ έχουν έναν μεγάλο χρόνο προθέρμανσης, είναι πιθανόν να φτιάξει κομμάτια σε ποσότητες, οι οποίες σημαίνει ότι ο χρόνος ανά κομμάτι μπορεί να είναι αρκετά χαμηλός.



Σχήμα 2.3: Εκλεκτική συμπύκνωση λέιζερ εξοπλισμού και κομμάτια δειγμάτων που γίνονται από τη νάilon σκόνη.

2.5 Συστήματα σταγονιδίων / συνδέσμων (DS/BS)

Τα πιο πρόσφατα συστήματα εκμεταλλεύονται τις ink-jet τεχνολογίες ή άλλες μορφές συστήματος απόθεσης σταγονιδίων για να κάνουν την ταχεία πρωτοτυποποίηση των κομματιών. Τα συστήματα σταγονιδίων είναι πολύ ελέγξιμα, αποθέτουν τα υλικά σε πολύ μικρές ποσότητες και μπορούν να κατασκευαστούν στις σειρές και είναι επομένως πολύ κατάλληλα για τη βάση ενός συστήματος απόθεσης. Υπάρχουν δύο κύριοι τρόποι με τους οποίους η απόθεση σταγονιδίων χρησιμοποιείται:

1) Για την πτώση στη σκόνη των συστημάτων χρησιμοποιείται το ink-jet σύστημα για να καταθέσει έναν σύνδεσμο που κολλά τα μόρια σκονών από κοινού.

Η μορφή αυτής της τεχνολογίας που αναπτύσσεται για την ταχεία πρωτοτυποποίηση έχει τη βάση της σε ένα δίπλωμα ευρεσιτεχνίας του MIT που ονομάζεται τρισδιάστατη εκτύπωση. Ωστόσο κομμάτια από αυτές τις μηχανές επειδή εκθέτουν σχετικά φτωχές μηχανικές ιδιότητες, μπορούν να ενισχυθούν.

Οι ink-jet σύνδεσμοι εκτυπωτών μπορούν επίσης να καταθέσουν υλικά με διαφορετικά χρώματα, καθιστώντας αυτούς κατά συνέπεια χρήσιμους για τα πολύχρωμα κομμάτια. Αυτά τα κομμάτια είναι αδιαφανή όπως στην διαδικασία της εκλεκτικής συμπύκνωσης λέιζερ, αλλά τα πολλαπλάσια χρώματα μπορούν να ωφελήσουν σε διάφορες εφαρμογές όπου η αποτελεσματική επικοινωνία των ιδεών απαιτείται.

2) Για την πτώση στα συστήματα πτώσης καταθέτει το υλικό σε μια υγρή μορφή, η οποία σταθεροποιείται αμέσως μετά. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με τις βάσεις του υλικού σε λιωμένη μορφή, χρησιμοποιώντας την ψύξη για να το σταθεροποιήσει, ή τη χρησιμοποίηση μιας φωτοθεραπευτικής διαδικασίας παρόμοιας με τη

στερεολιθογραφία. Στην τελευταία διαδικασία ένα ισχυρό φως θεραπείας χρησιμοποιείται για να σταθεροποιήσει το υλικό αφότου προέρχεται από το ακροφύσιο των τυπωμένων υλών. Υπάρχουν διάφορες μηχανές που χρησιμοποιούν αυτήν την προσέγγιση για να φτιάξουν τα κομμάτια. Δεδομένου ότι η χρήση μηχανών παράγει μαζικά την τεχνολογία εκτύπωσης, το κόστος μπορεί να έχει κρατηθεί αρκετά χαμηλά χωρίς συμβιβασμό στην ακρίβεια. Αυτές οι μηχανές είναι επομένως γενικά χαμηλού κόστους και ενεργούν γρήγορα(αν και υπάρχουν μερικές εξαιρέσεις, ιδιαίτερα σχετικά με την ταχύτητα της κατασκευής).

Τα κομμάτια που έρχονται από αυτές τις μηχανές είναι γενικά πιο αδύνατα από τα κομμάτια της στερεολιθογραφίας, της εκλεκτικής συμπύκνωσης λέιζερ ή της πρωτοτυποποίησης μέσω εναπόθεσης ρευστού υλικού.

Υπάρχει επίσης ένας περιορισμός στη σειρά των διαθέσιμων υλικών και επομένως και στις αντίστοιχες εφαρμογές. Αυτές οι μηχανές αναφέρονται συχνά ως έννοια σχεδιαστών, η αίτησή τους είναι καλοταίριασμένη στα πρώτα στάδια της ανάπτυξης προϊόντος. Για τις ιατρικές εφαρμογές μία πρέπει να δει αυτές τις μηχανές να χρησιμοποιούνται ως ενισχύσεις επικοινωνίας όπου ένας γιατρός μπορεί να επεξηγήσει μια προτεινόμενη διαδικασία σε έναν ασθενή με τη βοήθεια ενός πρωτοτύπου από τα δεδομένα των ασθενών.



Σχήμα 2.4: Μηχανή ZCorp Z406 και μερικά κομμάτια που δημιουργούνται χρησιμοποιώντας την ικανότητα του χρώματος

2.6 Σχετική τεχνολογία: Μικροσυστήματα και άμεσα συστήματα μετάλλων

Υπάρχουν συγκεκριμένοι περιορισμοί για τις περισσότερες τεχνολογίες της ταχείας πρωτοτυποποίησης, εκείνοι της ακρίβειας και τις ιδιότητες του υλικού. Γενικά, οι

περισσότερες τεχνολογίες της ταχείας πρωτοτυποποίησης λειτουργούν τις περισσότερες μηχανές με κλίμακα περίπου 100 μm και η ακριβέστερη μετάβαση με κλίμακα περίπου 25 μm . Ομοίως, τα περισσότερα πρωτότυπα της ταχείας πρωτοτυποποίησης γίνονται από τα πολυμερή υλικά που έχουν περιορίσει τη δύναμη και τη θερμική αντίσταση σε σύγκριση με τα μέταλλα, για παράδειγμα. Αυτοί οι περιορισμοί είναι μια συνέπεια της βασισμένης προσέγγισης στο επίπεδο και με την λεπτομέρεια πώς τα επίπεδα συνδυάζονται από κοινού. Οι υψηλές θερμοκρασίες και οι δυνάμεις που μπορούν να απαιτούν να συνδυάσουν τα ισχυρότερα υλικά μαζί επίσης να οδηγήσουν στην ακριβή τεχνολογία και στην απώλεια ενέργειας. Ομοίως, εάν οι μηχανές φτιαχτούν για να κατασκευάσουν τα κομμάτια σε πολύ μικρές διαστάσεις, οι μηχανές θα απαιτούσαν πολύ ακριβό προσδιορισμό θέσης και έλεγχο.

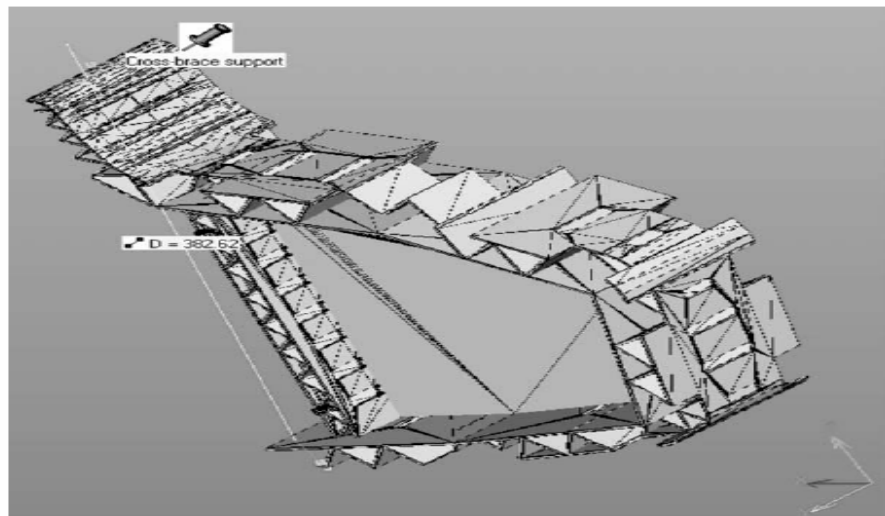
2.7 Προετοιμασία αρχείων

Η ταχεία πρωτοτυποποίηση είναι μια τεχνολογία που μετατρέπει την τρισδιάστατη στερεά διαμόρφωση, την εικονική, και τα αρχεία CAD σε φυσικά πρωτότυπα. Δεδομένου ότι υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τύποι μορφών αρχείου CAD, είναι απαραίτητο για τα αρχεία CAD να μετατραπούν έτσι ώστε η μηχανή της ταχείας πρωτοτυποποίησης να μπορεί να τα διαβάσει. Σχεδόν όλες οι μηχανές της ταχείας πρωτοτυποποίησης χρησιμοποιούν την ίδια μέθοδο εισαγωγής αρχείων για τα πρωτότυπα αρχεία. Αυτή η μέθοδος καλείται φορμά στερεολιθογραφίας (STL) μετά από τη διαδικασία στερεολιθογραφίας που την καθόρισε αρχικά. Τα αρχεία της στερεολιθογραφίας είναι προσεγγίσεις επιφάνειας από στερεά πρωτότυπα που παράγονται μέσα στο σύστημα CAD. Η προσέγγιση εκτελείται με τη διαμόρφωση των κλειστών επιφανειών χρησιμοποιώντας τα επίπεδα τρίγωνα. Εάν τα τρίγωνα είναι πολύ μικρά, τότε η προσέγγιση της επιφάνειας μπορεί να είναι πολύ ακριβής, ωστόσο για κυρτές και για ελεύθερες μορφές επιφάνειες (όπως τα ιατρικά πρωτότυπα) τα μεγέθη αρχείων μπορούν να είναι πολύ μεγάλα.

Ο λόγος για να παγιδέψει τα τρίγωνα είναι ότι καθιστά την προετοιμασία των επιπέδων αρκετά απλή για το λειτουργικό σύστημα της ταχείας πρωτοτυποποίησης. Τα επίπεδα παράγονται βασικά από τον έλεγχο της διατομής των τριγώνων με ένα επίπεδο να αντιπροσωπεύει το ύψος Z για ένα ιδιαίτερο επίπεδο.

Κάθε διατομή του τριγώνου θα διαμορφώσει ένα διάνυσμα που είναι μέρος μιας περίληψης για το επίπεδο αντικειμένου. Τα διανύσματα πρέπει να είναι συνδεδεμένα

μέχρι τη μορφή σε ένα πλήρες περίγραμμα περίληψης. Δεδομένου ότι είναι δυνατό να υπάρξουν πολλά περιγράμματα που διαμορφώνουν ένα ιδιαίτερο επίπεδο, είναι επίσης απαραίτητο να καθοριστούν τα τοποθετημένα περιγράμματα. Τα περιγράμματα που τοποθετούνται μέσα σε άλλο αντιπροσωπεύουν μια κοιλότητα ή μια τρύπα, για παράδειγμα, ενώ περαιτέρω για να τοποθετηθεί μπορεί να αντιπροσωπεύσει άλλες περιοχές του αντικειμένου που κατασκευάζονται. Η μετατροπή στο σχήμα στερεολιθογραφίας είναι μια σχετικά απλή διαδικασία και δεν υπάρχει γενικά καμία διάκριση μεταξύ των διαφορετικών αντικειμένων. Τα χωριστά αντικείμενα θα μπορούσαν να συνδυάζονται στο ίδιο αρχείο στερεολιθογραφίας.



Σχήμα 2.5: Μέρος CAD που παρουσιάζει τριγωνικές απόψεις των δεδομένων στερεολιθογραφίας.

Οι μηχανές που μπορούν να χρησιμοποιήσουν τα διαφορετικά υλικά μπορούν επίσης να απαιτήσουν τις διαφορετικές παραμέτρους οργάνωσης για κάθε υλικό, και αυτές πρέπει να επιλεγούν σε αυτή τη φάση. Συχνά υπάρχει μια ανάγκη να γίνει μια αξιολόγηση της πολυπλοκότητας της γεωμετρίας για να εξασφαλίσει ότι το κομμάτι πρόκειται να φτιαχτεί βέλτιστα. Μερικά παραδείγματα περιλαμβάνουν:

- **Προσανατολισμός της κατασκευής.** Δεδομένου ότι οι μηχανές είναι ετερογενείς στο χαρακτήρα, τα κομμάτια μπορούν να ποικίλουν στην ποιότητα εάν φτιαχτεί σε διαφορετικούς προσανατολισμούς. Η λεπτότερη

λεπτομέρεια βρίσκεται γενικά στις ανοδικές αντιμετωπιζόμενες επιφάνειες, για παράδειγμα. Επίσης, τα κομμάτια θα ποικίλουν στο χρόνο κατασκευής, ανάλογα με το ύψος της κατασκευής.

- **Παχιά και λεπτή τοιχώματος δομή.** Οι δομές με λεπτά τοιχώματα μπορούν να απαιτήσουν την πρόσθετη ενέργεια ή το υλικό για να εξασφαλίσει αποτελεσματική κατασκευή. Τα παχιά περιτοιχισμένα συστατικά μπορούν αντίστοιχα να απαιτήσουν τη λιγότερο ενέργεια ή το υλικό για να αποφύγουν τη διαστρέβλωση κομματιών ή την περιττή απώλεια
- **Σύνθετη γεωμετρία.** Μερικές μηχανές της ταχείας πρωτοτυποποίησης μπορούν να απαιτήσουν την εκτίμηση σχετικά με την πολυπλοκότητα της γεωμετρίας κομματιών από την άποψη των παγιδευμένων όγκων, της επικάλυψης των χαρακτηριστικών, κ.λπ.
- **Αφαίρεση υποστήριξης.** Σχετικά με την ανωτέρω, σύνθετη γεωμετρία τα συστατικά μπορούν να έχουν τις υποστηρίξεις που δεν μπορούν να αφαιρεθούν εύκολα μόλις το κομμάτι είναι πλήρες. Αποφάσεις σχετικά με το εάν τροποποιήσει ή αφαιρέσει αυτές τις υποστηρίξεις πρέπει να γίνουν.

Πολλά από αυτά τα ζητήματα είναι ιδιαίτερα σχετικά με τα ιατρικά πρωτότυπα δεδομένου ότι αυτοί είναι συχνά σύνθετοι, σε ελεύθερες μορφές πρωτότυπα που δεν σχεδιάζονται χρησιμοποιώντας οποιεσδήποτε συγκεκριμένες αρχές της εφαρμοσμένης μηχανικής. Τέτοια πρωτότυπα αντιπροσωπεύουν τους κατασκευαστές μιας πρόκλησης πρωτότυπου της ταχείας πρωτοτυποποίησης και επομένως η ιδιαίτερη πείρα απαιτείται συχνά για να φτιαχτούν τέτοια πρωτότυπα αποτελεσματικά.

2.8 Μειονεκτήματα της ταχείας πρωτοτυποποίησης για τις ιατρικές εφαρμογές

Κόστος. Πολλές μηχανές της ταχείας πρωτοτυποποίησης είναι δαπανηρές για να τρέξουν, ιδιαίτερα από την άποψη του κόστους του υλικού. Αυτό είναι εν μέρει μια συνέπεια του σχετικά χαμηλού αριθμού των μηχανών που είναι διαθέσιμες σήμερα. Δεδομένου ότι η τεχνολογία γίνεται πολύ δημοφιλής σε όλες τις περιοχές, το κόστος της λειτουργίας σίγουρα θα μειωθεί. Πράγματι, τα στοιχεία ήδη δείχνουν ότι το κόστος

της λειτουργίας έχει πέσει με συνέπεια χρόνο με τον χρόνο όλο και περισσότερο τα τελευταία 15 χρόνια.

Εκτός από το κόστος, οι **ιδιότητες των υλικών** δεν είναι ιδανικές για ιατρικές εφαρμογές. Περισσότερο σημαντικό, τα υλικά της ταχείας πρωτοτυποποίησης πρέπει να είναι αρκετά πιο βιοσυμβατά από ότι είναι αυτή τη στιγμή.

Πολλά υλικά δεν είναι ακόμα κατάλληλα να αποστειρωθούν και να χρησιμοποιηθούν για ιατρικές εφαρμογές. Οι μηχανικές ιδιότητες από τα μεγαλύτερα κομμάτια της ταχείας πρωτοτυποποίησης είναι γενικά φτωχές, με τα κομμάτια συχνά να είναι πάρα πολύ αδύνατα ή εύθραυστα για να αντισταθούν στη σταθερή χρήση. Ένας στόχος της έρευνας της ταχείας πρωτοτυποποίησης είναι να αναπτυχθούν οι γρήγορες τεχνολογίες κατασκευής που χρησιμοποιούν την βασισμένη στο επίπεδο προσέγγιση στην άμεση κατασκευή των προϊόντων. Με το απαιτητικό περιβάλλον που συνδέεται με τη σταθερή χρήση, τους σκληρούς και μεταβλητούς όρους και τα βαριά φυσικά φορτία, είναι σίγουρα πολύ μακρινό προτού η γρήγορη κατασκευή των ιατρικών συσκευών να είναι εφικτή.

Ο όρος της ταχείας πρωτοτυποποίησης είναι κάπως διφορούμενη. Μερικές φορές το πρωτότυπο δεν χρησιμοποιείται ως πρωτότυπο (στην περίπτωση της γρήγορης κατασκευής) και, το πιο σημαντικό για πολλούς, τα κομμάτια δεν γίνονται αρκετά γρήγορα. Ο όρος αναφέρεται σε έναν εναλλακτικό τρόπο παραγωγής πρωτοτύπου το οποίο απαιτεί σημαντικά περισσότερο χρόνο και προσπάθεια από τους ειδικευμένους τεχνίτες. Ωστόσο, αυτό είναι κάτι το οποίο οι μηχανικοί, οι σχεδιαστές προϊόντων και οι υπεύθυνοι για την ανάπτυξη μπορούν να εκτιμήσουν περισσότερο από τους γιατρούς και τους χειρουργούς.

Όπως είναι, η ταχεία πρωτοτυποποίηση μπορεί μόνο να εφαρμοστεί στις εφαρμογές που περιλαμβάνουν τον προγραμματισμό κατά τη διάρκεια των περιόδων εβδομάδων ή μηνών παρά τις επείγουσες καταστάσεις.

Τέλος, οι γιατροί και οι χειρουργοί υποστηρίζονται από πολλούς διαφορετικούς τεχνικούς εμπειρογνώμονες. Είναι δύσκολο να δει ακριβώς ποιος τύπος τεχνικού θα είναι αρμόδιος για την παραγωγή των πρωτοτύπων, αλλά είναι πιθανόν τέτοια πείρα να μην είναι συνήθως διαθέσιμη σε κανονικό νοσοκομείο. Αυτό μπορεί να έχει μια επιρροή στον τύπο μηχανής που θα αποδεικνυόταν κατάλληλη για τις ιατρικές εφαρμογές δεδομένου ότι οι πιο ευπροσάρμοστες μηχανές απαιτούν επίσης τη μεγαλύτερη περίθαλψη, την προσοχή και την πείρα προκειμένου να τρέξουν επιτυχώς.

3.ΥΛΙΚΑ ΣΤΙΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ ΤΑΧΕΙΑΣ ΠΡΩΤΟΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗΣ

3.1 Ό ρόλος των υλικών στη γρήγορη κατασκευή

Η ευελιξία των υλικών στη γρήγορη κατασκευή, μαζί με την ακρίβεια και την τελική επιφάνεια, είναι από την αρχή ένας κρίσιμος παράγοντας στην τεχνολογία. Είναι ένα επιτρεπόμενο χαρακτηριστικό της γρήγορης κατασκευής. Όπως είναι στην περίπτωση για οποιαδήποτε διαδικασία κατασκευής, η επιλογή των υλικών εξαρτάται εν μέρει από τις λεπτομέρειες της διαδικασίας. Ακριβώς όπως η ρευστότητα είναι κρίσιμη για τη ρίψη και η πλαστικότητα είναι απαραίτητη για το σφυρηλατημένο κομμάτι, οι διαδικασίες της γρήγορης κατασκευής επιβάλλουν περιορισμούς σε μια σειρά από διαθέσιμα υλικά. Συνδεδεμένοι οι περιορισμοί με τη διαδικασία είναι απαιτήσεις προϊόντων που επιδιώκονται από την τελική χρήση του προϊόντος. Ένας σημαντικός ρόλος της ανάπτυξης των υλικών στη γρήγορη κατασκευή είναι η προσαρμογή των υλικών, των κραμάτων και των πολλών συστατικών των συστημάτων για να δημιουργήσει τα επεξεργάσιμα υλικά με μια αποδεκτή τελική απόδοση.

3.2 Υλικά για τις διαδικασίες της γρήγορης κατασκευής

Στη συνέχεια παρουσιάζεται κατάλογος από εμπορικά διαθέσιμα των υλικών συστημάτων από έναν επιλεγμένο κατάλογο από σύγχρονους κατασκευαστές. Μαζί περιλαμβάνουν τις φωτοθεραπευτικές ρητίνες, το ιξώδες σύνδεσμο πολυμερή σωμάτων, το δεισδυμένο μέταλλο, το άμεσο μέταλλο και τα δεισδυμένα μη μεταλλικά.

1.Στερεολιθογραφία(SLA). Όλα τα εμπορικά φωτοπολυμερή για τη στερεολιθογραφία είναι ιδιόκτητες εποξικές και ακρυλικά εποξικά υβρίδια. Τρισδιάστατα συστήματα αγοράζουν τέσσερα φωτοπολυμερή αυτήν την περίοδο. Ο πρώτος είναι ένα υλικό χαμηλής τέφρας για τη ρίψη των σχεδίων. Τα άλλα τρία φωτοπολυμερή προσφέρουν τη μακριά ζωή δεξαμενών, την οπτική σαφήνεια, τους ομαλούς πλευρικούς τοίχους, το λεπτό θεραπευμένο πλάτος γραμμών, το χαμηλό ιξώδες και τη χαμηλή θεραπεία της διακένωσης.

2.Εκλεκτική συμπίκνωση λέιζερ(SLS). Τα εμπορικά υλικά είναι πολυμερή σώματα, μέταλλα ή κεραμικά συστήματα συνδέσμων και άμεσα συστήματα μετάλλων. Το δημοφιλέστερο υλικό είναι το πολυαμίδιο, διαθέσιμο στις τακτοποιημένες και με γυαλί

ενισχυμένες δομές. Ένα αργίλιο γεμισμένο πολυαμίδιο έχει αναπτυχθεί από την EOS GmbH. Το πολυστυρόλιο και μια ρητίνη επικαλυμμένη με άμμο είναι διαθέσιμα επίσης. Τρισδιάστατα συστήματα προσφέρουν τρεις εμπορικές σκόνες εκλεκτικής συμπύκνωσης λείζερ. Είναι ένα νάιλον που διατυπώνεται με ή χωρίς ενίσχυση γυαλιού.

3.Λιωμένη διαμόρφωση απόθεσης. Η Stratasys έχει αναπτύξει τις ίνες εξώθησης των ABS, τον πολυάνθρακα και τον polyphenylsulfone.

4. Τρισδιάστατη εκτύπωση. Η Z-Corp προσφέρει ένα σύνθετο κεραμικό ασβεστοκονίαμα καθώς επίσης και άμυλο βασισμένο υλικό και ένα ευθύ ασβεστοκονίαμα.

3.3 Βιοσυμβατά υλικά

Στη χειρουργική επέμβαση, ένα βιοσυμβατό υλικό είναι ένα συνθετικό ή φυσικό υλικό που χρησιμοποιείται για να αντικαταστήσει μέρος ενός συστήματος διαβίωσης ή για να λειτουργήσει σε οικεία επαφή με τον ιστό διαβίωσης. Τα βιοσυμβατά υλικά προορίζονται να διασυνδεθούν με τα βιολογικά συστήματα για να αξιολογήσουν, να μεταχειριστούν, να αυξήσουν ή να αντικαταστήσουν οποιαδήποτε ιστό, όργανο ή λειτουργία του σώματος. Τα βιολογικά υλικά είναι συνήθως μη βιώσιμα, αλλά μπορούν επίσης να είναι βιώσιμα. Ένα βιοσυμβατό υλικό είναι διαφορετικό από ένα βιολογικό υλικό όπως το κόκαλο που παράγεται από ένα βιολογικό σύστημα. Τα τεχνητά ισχία, οι τεχνητοί βηματοδότες, και οι καθετήρες όλοι γίνονται από διαφορετικά βιολογικά υλικά και περιλαμβάνουν διαφορετικές ιατρικές συσκευές. Τα βιολογικά υλικά δεν γίνονται από τους οργανισμούς διαβίωσης αλλά έχουν τις συνθέσεις και τις ιδιότητες παρόμοιες με εκείνους που γίνονται από τους οργανισμούς διαβίωσης. Το hydroxylapatite επίστρωμα ασβεστίου που βρίσκεται σε πολλά τεχνητά ισχία χρησιμοποιείται ως αντικατάσταση οστών που επιτρέπει την ευκολότερη σύνδεση του μοσχεύματος στο οστό διαβίωσης. Με την λειτουργία της επιφάνειας μπορεί να παρέχει έναν τρόπο για να μετασχηματιστεί ένα βιοαδρανές υλικό σε ένα βιολογικό ή ακόμα και βιοενεργό υλικό από τη σύζευξη των πρωτεϊνικών στρωμάτων στην επιφάνεια, ή το επίστρωμα η επιφάνεια με την μόνη συγκέντρωση των ικριωμάτων

πεπτιδίων για να δανείσει τη βιοδραστικότητα ή τη σύνδεση κυττάρων τρισδιάστατης μήτρας. Διαφορετικές προσεγγίσεις στην λειτουργία των βιολογικών υλικών υπάρχουν. Η επεξεργασία πλάσματος έχει εφαρμοστεί επιτυχώς στα χημικά αδρανή υλικά όπως τα πολυμερή σώματα ή το πυρίτιο για να μπολιάσει τις διάφορες λειτουργικές ομάδες στην επιφάνεια του μοσχεύματος. Τα Polyahydrides είναι πολυμερή σώματα που χρησιμοποιούνται επιτυχώς ως υλικά μιας παράδοσης φαρμάκων. Σήμερα, η έρευνα βιολογικών υλικών είναι ένας πολύ συναρπαστικός και γρήγορα αυξανόμενος τομέας ενδιαφέροντος. Ο 20ός αιώνας είδε την ανάπτυξη των προκαλούμενων από τον άνθρωπο υλικών και των συσκευών στο στάδιο όπου μπορούν τώρα να χρησιμοποιηθούν για να αντικαταστήσουν επιτυχώς τα κομμάτια ανθρώπινου σώματος. Οι σημαντικές πρόοδοι έγιναν επίσης στον τομέα της ιατρικής, και δεδομένου ότι τέτοια μέση υπολογιζόμενη διάρκεια ζωής μας έχει αυξηθεί. Οι εκφυλιστικές ασθένειες είναι ένα κρίσιμο θέμα ειδικά στην ηλικία, ο οποίος απαιτεί στη συνέχεια την περαιτέρω ανάπτυξη των πιο τεχνητών οργάνων, των ενώσεων και των συσκευών παράδοσης φαρμάκων που είναι ουσιαστικά στη διατήρηση μιας καλής ποιότητας ζωής. Τα βιοϊατρικά υλικά παίζουν τώρα έναν κύριο ρόλο στην αντικατάσταση και τη βελτίωση της λειτουργίας κάθε συστήματος σωμάτων συμπεριλαμβανομένου αυτού των σκελετικών, κυκλοφοριακών και νευρικών συστημάτων. Μερικά κοινά μοσχεύματα περιλαμβάνουν τις κοινές αντικαταστάσεις ισχίων, τεχνητές βαλβίδες καρδιών, οδοντικά μοσχεύματα και φακοί επαφής, για να αναφέρουν ακριβώς μερικούς. Για να λειτουργήσουν σε τέτοια οικεία επαφή με το ανθρώπινο σώμα, τα δυσμενή αποτελέσματα αυτών των εμφυτευμένων υλικών και οι συσκευές πρέπει να ελαχιστοποιηθούν. Κάποιος πρέπει να εξασφαλίσει ότι τα εμφυτευμένα υλικά υπολείμματα μακροπρόθεσμα σωμάτων χωρίς απόρριψη, δεν προκαλούν μια αλλεργική ή τοξική αντίδραση, δεν καταστρέφουν τα ενζυμικά κύτταρα ή τον ιστό, ή προκαλούν τη θρόμβωση και τους όγκους. Μια μέθοδος από αυτές τις ανεπιθύμητες ξένες αντιδράσεις σωμάτων είναι να βελτιωθεί η βιοσυμβατότητα των υλικών μοσχευμάτων.

4. Ο ΡΟΛΟΣ ΤΗΣ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΣΤΙΣ ΙΑΤΡΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Η εξέλιξη της ιατρικής απεικόνισης έχει παράσχει στους νοσοκομειακούς γιατρούς τα μέσα για τις λεπτομερείς απόψεις της δομής και της λειτουργίας στην ασθένεια της ανατομίας. Περαιτέρω, τα πακέτα λογισμικού που κατασκευάζουν τα σύνθετα εικονικά πρωτότυπα χρησιμοποιώντας αυτή την εικόνα των δεδομένων είναι στην κοινή χρήση όχι μόνο για την ποιοτική οπτική επιθεώρηση αλλά και για τον ποσοτικό προγραμματισμό των παραμέτρων της θεραπείας. Ενώ ο συνδυασμός της εικόνας των δεδομένων και του υπολογιστή αναπαράγοντας αποφέρει μια ποικιλία εργαλείων για την απεικόνιση και την επεξεργασία, οι δυσκολίες παραμένουν στο σχεδιασμό και στην εφαρμογή των προσχεδιασμένων παραμέτρων θεραπείας.

Οι πρόοδοι στην τεχνολογία κατασκευής έχουν καταστήσει την κατασκευή πιθανόν υπερβολικά ακριβή. Για παράδειγμα, η ταχεία πρωτοτυποποίηση παρήγαγε τα ανατομικά πρωτότυπα που μεταφράζει την εικόνα των δεδομένων σε στερεά αντίγραφα δίνοντας στους χειρουργούς τα μέσα για την αφή της αλληλεπίδρασης με την ασθένεια της ανατομίας πριν από τη λειτουργία. Τέτοια πρωτότυπα χρησιμοποιούνται συχνά για να προγραμματίσουν τις σύνθετες κρανιοπροσωπικές χειρουργικές επεμβάσεις, και ως βάση για την προσαρμογή στις συσκευές όπως οι πλάκες τιτανίου. Επιπλέον, αυτά τα μηχανήματα θεραπείας ενσωματώνονται σε συγκεκριμένο ασθενή με ανατομικά χαρακτηριστικά και οι προσχεδιασμένοι παράμετροι θεραπείας όπως οι τροχιές τρυπανιών ή τα επίπεδα της οστεοτομίας δίνουν στους χειρουργούς τα κομψά και αξιόπιστα εργαλεία για να φέρουν τα σχέδια θεραπείας από τον υπολογιστή στο χειρουργείο.

4.1 Εισαγωγή

Οι παθολόγοι ασχολήθηκαν με τις σύνθετες ιατρικές επεμβάσεις όπως η κρανιακή αναδημιουργία, η ορθογναθική χειρουργική επέμβαση και η ακτινοθεραπεία, μεταξύ των άλλων, στηρίζονται όλο και περισσότερο στις τεχνολογίες που διευκολύνουν το προ-χειρουργικό προγραμματισμό και στην προσομοίωση. Η παράλληλη πρόοδος στην απεικόνιση του υπολογιστή και στις τεχνικές για τον εικονικό χειρισμό δεδομένων παρέχει το πλαίσιο για το λεπτομερή προγραμματισμό των σύνθετων ιατρικών περιθάλψεων. Παρά τα αυξανόμενα επίπεδα της λεπτομέρειας πιθανόν όλο και περισσότερο ισχυρό του υπολογιστή υλικό και λογισμικό, η εικονική αντιπροσώπηση της ιατρικής εικόνας των δεδομένων παραμένει, για το μεγαλύτερο κομμάτι,

περιορισμένη στις επί της οθόνης επιδείξεις που δεν παρέχουν κανένα μέσο για την αληθινή τρισδιάστατη κατανόηση ή την αλληλεπίδραση της αφής. Επιπλέον, η μεταφορά των παραμέτρων θεραπείας από το προγραμματισμένο περιβάλλον στον πραγματικό ασθενή για την επέμβαση προκαλεί το ενδιαφέρον. Ο εικονικός προγραμματισμός των περιβαλλόντων συχνά επιτρέπει την απεικόνιση των δεδομένων και το χειρισμό σε μια κλίμακα που είναι πολύ λεπτότερη και που μπορεί να εκτιμηθεί ουσιαστικά. Επιπλέον, τα περισσότερα εικονικά συστήματα προγραμματισμού δεν επιβαρύνονται από τέτοιες πραγματικές προκλήσεις όπως η κίνηση του ασθενή, η αιμορραγία, η περιορισμένη ορατότητα μέσω των μικρών τομών και των ζητημάτων στείρωσης. Επομένως, ενώ μπορεί να είναι δυνατό, για παράδειγμα, να προγραμματιστεί η τέλεια τροχιά για μια νωτιαία βίδα pedicle σε ένα εικονικό περιβάλλον, πραγματικά εφαρμόζοντας αυτό το σχέδιο θεραπείας σε μια σταθερή, επαναλαμβανόμενη και αξιόπιστη μόδα είναι δυσκολότερο. Υπάρχει βεβαίως μια αξία στην άσκηση από τον εικονικό προγραμματισμό, δεδομένου ότι ο χειρουργός θα έχει την ευκαιρία να κερδίσει την κατανόηση της μοναδικής ασθένειας της ανατομίας. Αυτό μπορεί να είναι ένα πολύτιμο εργαλείο προετοιμασίας για τους παθολόγους, παρέχοντας μια λεπτομερή πρόβλεψη που συμπληρώνει την εκπαιδευμένη πείρα τους. Δεδομένου ότι η τάση προς τη λιγότερη εισβολή και η χρονοβόρος διαδικασία συνεχίζει, οι παθολόγοι θα στηριχθούν πιθανόν σε πιο μεγάλο ποσοστό των προηγμένων εργαλείων, συμπεριλαμβάνοντας τη χρήση της ψηφιακής κατασκευής για τον προγραμματισμό και την παράδοση θεραπείας των επεμβάσεων. Οι προηγμένες μέθοδοι κατασκευής συμπεριλαμβανομένης της ταχείας πρωτοτυποποίησης αντέχουν οικονομικά τα μέσα για να κατασκευαστούν τα στερεά αντικείμενα βασισμένα στα ιατρικά απεικόνισης δεδομένα. Η παραγόμενη από την ταχεία πρωτοτυποποίηση ανατομικά πρωτότυπα παρέχει τα μέσα για την αφή της αλληλεπίδρασης με την ανατομία, και για την δοκιμή των μαθημάτων όπως την οστεοτομία και το χειρουργικό προγραμματισμό χρησιμοποιώντας τα πραγματικά όργανα που θα χρησιμοποιηθούν σε μια διαδικασία. Τα πρωτότυπα χρησιμοποιούνται συχνά στους τομείς όπως η κρανιοπροσωπική χειρουργική επέμβαση, που δίνει στους χειρουργούς ένα υπερβολικά ακριβές αντίγραφο της ασθένειας της ανατομίας για τη χειρουργική δοκιμή και την προσαρμογή στα μηχανήματα θεραπείας. Οι τεχνικές της ταχείας πρωτοτυποποίησης μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για να δημιουργήσουν τα συνήθως μηχανήματα θεραπείας που ενσωματώνουν τα ανατομικά χαρακτηριστικά, εκτός από τις σχεδιασμένες παραμέτρους θεραπείας όπως

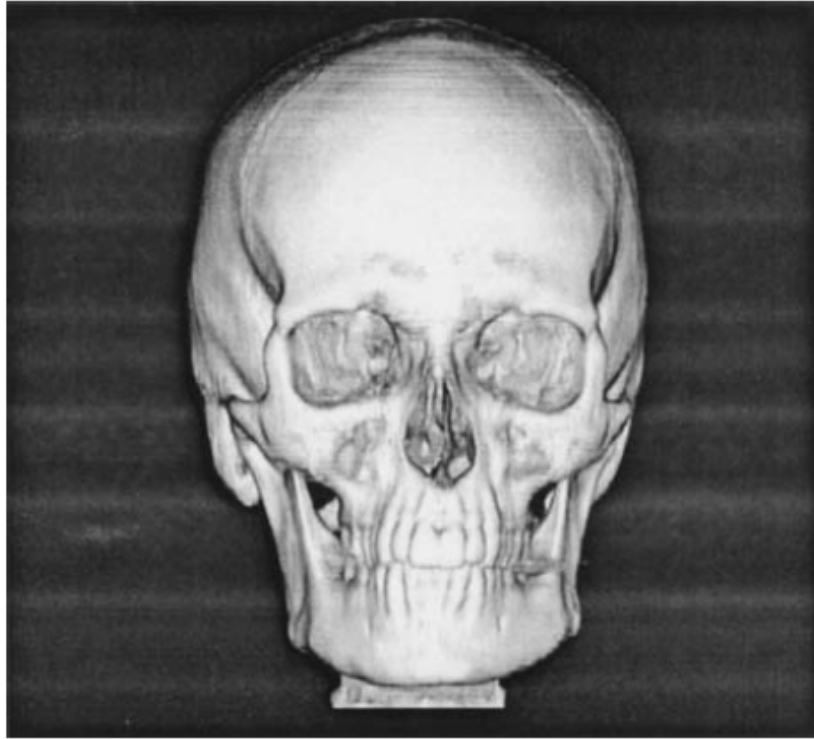
οι τροχιές τρυπανιών, οι περικοπές των επιπέδων και η μετακίνηση των τμημάτων των οστών. Αυτές οι γρήγορες ψηφιακές τεχνικές κατασκευής παρουσιάζουν κομψές λύσεις σε πολλά ιατρικά προβλήματα, συμπεριλαμβάνοντας το σχέδιο συγκεκριμένων μοσχευμάτων του ασθενή και του εύρωστου φορέα για να φέρει τις παραμέτρους θεραπείας στον ασθενή με έναν αληθινό συνήθης τρόπο. Η επεξεργασία, μέσω της ταχείας πρωτοτυποποίησης ή της γρήγορης ψηφιοποίησης κατασκευής, με τους συνήθης βοηθούς θεραπείας όπως τα πρωτότυπα, οι οδηγοί τρυπανιών παρέχει τα εξειδικευμένα ενδιάμεσα μηχανήματα για την ακριβή εφαρμογή της συνήθης σχεδιασμένης επέμβασης θεραπείας.

4.2 Χειρουργικός προγραμματισμός

4.2.1 Εικονικός προγραμματισμός

Ιστορικά, και, ως ένα ορισμένο βαθμό, αυτήν την περίοδο, οι παθολόγοι έχουν στηριχθεί επάνω στην κατάρτιση και την πείρα, στα σκίτσα, στα απλά πρωτότυπα και την διανοητική απεικόνιση που προγραμματίζουν τις διαδικασίες τους. Ενώ αυτή η προσέγγιση παραμένει, σε έναν βαθμό, στα πρωτότυπα της περίθαλψης σήμερα, η εμπειρία δείχνει ότι ο φραγμός θα αυξηθεί μόλις εκτιμήσουν πλήρως οι χειρουργοί τη ισχύ της μορφής του υπολογιστή και την απεικόνιση της μορφής. Σαν τάση προς τη λιγότερη εισβολή, οι ακριβέστερες θεραπείες συνεχίζουν, οι προηγμένες τεχνολογίες, είναι ικανές σε όλα τα στάδια μιας διαδικασίας (προγραμματισμός, παράδοση, συνέχιση), να υποθέτουν την κεντρική σημασία.

Υπάρχουν τα συστήματα λογισμικού που μπορούν να φορτώσουν, να ενσωματώσουν και να χειριστούν τους διάφορους τύπους της εικόνας των δεδομένων για να κατασκευάσουν τα σύνθετα εικονικά πρωτότυπα. Με τη συσσώρευση των ομοκαταχωρημένων τομογραφικών της εικόνας τομών σε έναν ενιαίο όγκο δεδομένων, οι τρισδιάστατες αποδόσεις και οι πλάγιες αναδημιουργίες τομών μπορούν να γίνουν (σχήμα 4.1). Οι ακτινολόγοι αξιολογούν συχνά τέτοιες επιδείξεις από κοινού με την αρχική εικόνα των επιπέδων για διαγνωστικούς λόγους. Οι πιο σύγχρονοι ο αξονικός και ο μαγνητικός τομογράφος εξοπλίζονται με τέτοιο λογισμικό στην κονσόλα του χειριστή, έτσι ώστε οι δευτεροβάθμιες αναδημιουργίες μπορούν να υπολογιστούν από την αρχική εικόνα των δεδομένων κατά την διάρκεια της απόκτησής τους.



Σχήμα 4.1: Παραγόμενη από τον υπολογιστή τρισδιάστατη απόδοση του κόκαλου, βασισμένη στις εικόνες της αξονικής τομογραφίας.

Η ποιοτική αξιολόγηση αυτών των αναδημιουργημένων εικόνων και της απόδοσης όγκου διαδραματίζει όλο και περισσότερο ρόλο στην πρακτική του ακτινολόγου. Βεβαίως, η δυνατότητα να αποκτηθούν και να υποβληθούν σε επεξεργασία οι εικόνες σε υψηλή και υψηλότερη χωρική ανάλυση έχει ωθήσει στην ανάπτυξη των νέων τεχνολογιών και εφαρμογών. Οι παθολόγοι έχουν αναγκαστεί να ακολουθήσουν την μέθοδο.

Ωστόσο υπάρχουν αξιοσημείωτοι περιορισμοί στην παρούσα κατάσταση των τρισδιάστατων αναδημιουργιών και της επίδειξης εικόνας. Στην πραγματικότητα, τα συστήματα δεν παρέχουν την αφή της αλληλεπίδρασης στα δεδομένα, και οι αποδόσεις στις οθόνες του υπολογιστή δεν παρουσιάζουν αληθινές τρισδιάστατες σχέσεις, χρησιμοποιώντας αντί αυτού τα υπολογιστικά πρωτότυπα του φωτός και της σκιάς για να δώσουν εικόνες σε μια επίπεδη οθόνη που ο παρατηρητής αντιλαμβάνεται ως τρισδιάστατη. Ενώ οι τεχνολογίες όπως οι haptic διεπαφές, οι μηχανές των οποίων και οι αισθητήρες παρέχουν τη βάση για μηχανική ανατροφοδότηση, και οι ογκομετρικές επιδείξεις που προκύπτουν, δεν είναι σε διαδεδομένη χρήση.

Μια από τις πιο πρόωρες εφαρμογές του με τη βοήθεια υπολογιστή ποσοτική θεραπεία προγραμματισμού στην ιατρική αμφισβητήθηκε στο σχέδιο της θεραπείας της ακτινοβολίας στη δόση των σχεδίων. Οι υπολογιστές εφαρμόστηκαν με στόχο την πρόβλεψη, μέσω των σύνθετων υπολογισμών, οι δόσεις ακτινοβολίας κατατέθηκαν στον ιστό όταν εκτίθονταν στους συνδυασμούς των ακτινών της ακτινοβολίας. Οι ογκολόγοι ακτινοβολίας και οι φυσικοί θα στηρίζονται σε αυτά τα υπολογιστικά αποτελέσματα για να σχεδιάσουν τις ρυθμίσεις ακτινών που παρέδωσαν μια καθορισμένη δόση ακτινοβολίας σε έναν όγκο στόχων ενώ αποφεύγουν την υπερβολική δόση στον περιβάλλοντα υγιή ιστό. Οι πιο πρόωρες εκδόσεις τέτοιων προγραμμάτων υπολόγισαν τις δόσεις στα ενιαία σημεία και σχετικά μόνο στις χονδροειδείς αντιπροσωπεύσεις στην ασθένεια της ανατομίας όπως μια ενιαία τομή της αξονικής τομογραφίας ή ένα ψηφιοποιημένο περίγραμμα του ασθενή(αποκτήθηκε με ένα ασβεστοκονίαμα). Τα τρέχοντα συστήματα προγραμματισμού θεραπείας της ακτινοβολίας υπολογίζουν τις πλήρεις τρισδιάστατες διανομές της ακτινοβολίας δόσεις και μπορούν να παραγάγουν τις λεπτομερείς αποδόσεις που χτίζονται από τα ομοκαταχωρημένα σύνολα των πολύμορφων της εικόνας δεδομένων. Αυτό που είναι αξιοσημείωτο σε αυτήν την συζήτηση για τον προγραμματισμό θεραπείας της ακτινοβολίας είναι ότι οι εικόνες των δεδομένων χρησιμοποιούνται για να κατασκευάσουν ένα εικονικό πρωτότυπο ενός συγκεκριμένου ασθενή και οι σύνθετοι αλγόριθμοι χρησιμοποιούνται για να υπολογίσουν τα αποτελέσματα (διανομές δόσεων ακτινοβολίας) μιας δεδομένης επιλογής θεραπείας. Χαρακτηριστικά, διάφορα σχέδια θεραπείας εικονίζονται, και το σχέδιο που εγκαθιστά καλύτερα τη συνταγή του παθολόγου, εφαρμόζεται.

Τα καθοδηγούμενα από την εικόνα χειρουργικά συστήματα αναπτύχθηκαν στις αρχές της δεκαετίας του 1990 ως τεχνική για να συνδέει την εικόνα των δεδομένων και τα εικονικά πρωτότυπα με την πραγματική ασθένεια της ανατομίας. Τα καθοδηγούμενα από την εικόνα χειρουργικά συστήματα ενσωματώνουν τα ακόλουθα χωρικά συστήματα, οπτικά ή μαγνητικά χαρακτηριστικά, με τα συστήματα λογισμικού που χειρίζονται την ιατρική εικόνα των δεδομένων. Το αποτέλεσμα μπορεί να μελετηθεί ανάλογος με ένα σύστημα παγκόσμιας πλοήγησης για το χειρουργείο. Στο σύστημα παγκόσμιας πλοήγησης, βάζει σε τροχιά τους δορυφόρους της γης που μπορεί να εντοπίσει τη θέση μιας συσκευής αποστολής σημάτων του συστήματος της παγκόσμιας πλοήγησης σε ένα αυτοκίνητο, να συσχετίσει τη θέση της σε έναν χάρτη οδών και να παρέχει τις κατευθύνσεις στον οδηγό. Στα καθοδηγούμενα από την εικόνα

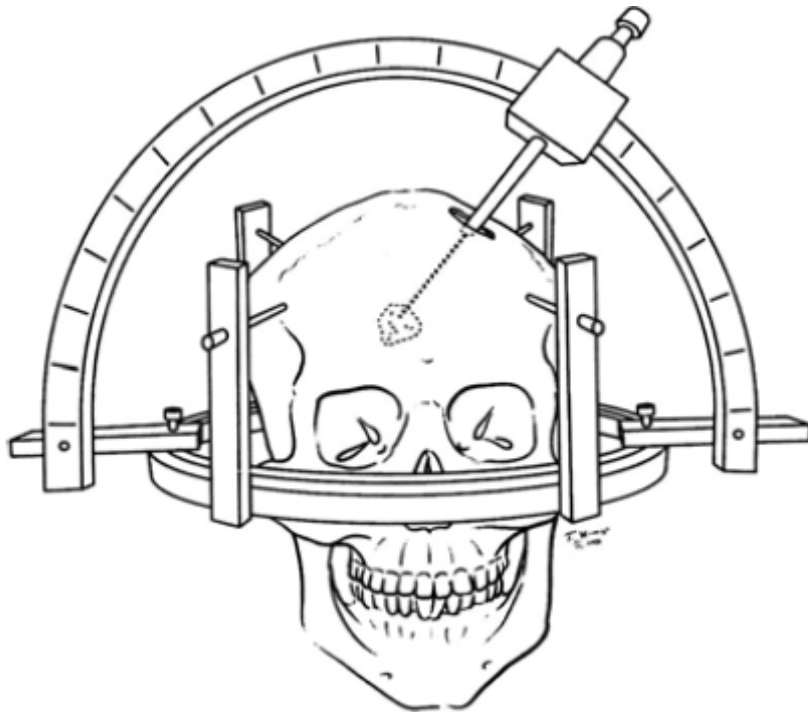
χειρουργικά συστήματα ο ραδιοεντοπιστής τεχνολογίας μπορεί να ακολουθήσει τη θέση ενός οργάνου στο χέρι ενός χειρουργού, να συσχετίσει τη θέση της σχετικά με τις προ-εγχειρητικές επίκτητες εικόνες και να παρέχει τις οδηγίες στο χειρουργό. Τα καθοδηγούμενα από την εικόνα χειρουργικά συστήματα χρησιμοποιούνται από τους νευροχειρουργούς για να εντοπίσουν τους όγκους στον εγκέφαλο για τη λιγότερη εισβολή και τις πληρέστερες οπισθοτομίες, από τους ωτορινολαρυγγολογικούς χειρουργούς για τις ασφαλέστερες, ακριβέστερες διαδικασίες κόλπων και όλο και περισσότερο στις ορθοπεδικές για την καθοδήγηση στις συνολικές κοινές αντικαταστάσεις.

Από ανάγκη, τα καθοδηγούμενα από την εικόνα χειρουργικά συστήματα εφαρμόζουν τα προηγμένα χαρακτηριστικά λογισμικού στην αναδημιουργία και την απόδοση από τα σύνθετα συνολικά δεδομένα της εικόνας. Αυτά τα χαρακτηριστικά επιτρέπουν τον ποσοτικό προγραμματισμό στις χειρουργικές τροχιές και τη μέτρηση του στόχου των όγκων αλλά, στην πραγματικότητα χρησιμοποιούνται χαρακτηριστικά σε μόνο μερικούς τύπους διαδικασιών. Στις περιπτώσεις όπως στο πλαίσιο στερεοταξία της βιοψίας, ή στην εμφύτευση των βαθιών διεγερτικών του εγκεφάλου, τα εργαλεία προγραμματισμού χρησιμοποιούνται για να καθορίσουν τις τοποθετήσεις για τα παραδοσιακά πλαίσια στερεοταξίας μηχανήματα. Στους περισσότερους άλλους τύπους περιπτώσεων, όπως η λειτουργική ενδοσκοπική χειρουργική επέμβαση κόλπων, η οποία είναι μια πολύ γρηγορότερη διαδικασία, εκτελέστηκε χρησιμοποιώντας την ελευθερία δράσης των οργάνων, ελάχιστος ή καθόλου προγραμματισμός υπολογιστών δεν εκτελείται πριν από τη διαδικασία.

4.2.2 Εφαρμογή του σχεδίου

Ακριβώς όπως ο τομέας της θεραπείας ακτινοβολίας είναι ένα καλό παράδειγμα του πρόωρου προγραμματισμού θεραπείας με υπολογιστή, είναι επίσης ένα κατάλληλο παράδειγμα για τις προκλήσεις της εφαρμογής των προσχεδιασμένων παραμέτρων θεραπείας. Ακόμη και στα σύγχρονα τμήματα ογκολογίας ακτινοβολίας υπάρχει μια βαριά εμπιστοσύνη στις παραδοσιακές χειροκίνητες τεχνικές για τη δημιουργία της συνήθης υποστήριξη του ασθενούς και ευθυγράμμισης συσκευών σχεδιάστηκαν με σκοπό να επιτρέψουν την παράδοση των σχεδιασμένων θεραπειών ουσιαστικά. Τα θερμοπλαστικά υλικά Moldable, τα μαξιλάρια και οι πολλαπλάσιες θεραπείες για τη μίμηση της οργάνωσης και της παράδοσης επεξεργασίας είναι πραγματικά απαραίτητα για να εφαρμόσουν ένα σχέδιο θεραπείας παραγόμενο στον υπολογιστή.

Αυτή η εμπιστοσύνη στις χειροκίνητες τεχνικές της δημιουργίας συσκευών για να διευκολύνουν την εφαρμογή των μολύβδων θεραπείας σχεδίων οδηγεί `στη ψηφιακή αποσύνδεση'. Οι θεραπείες προγραμματίζονται σε ένα εικονικό περιβάλλον και παραδόθηκαν χρησιμοποιώντας τα σύνθετα ελεγχόμενα από τον υπολογιστή μηχανήματα.



Σχήμα 4.2: Πλαίσιο στερεοταξίας για χειρουργική επέμβαση.

Ωστόσο, τα ενδιάμεσα βήματα της παράδοσης θεραπείας στηρίζονται στη χειροκίνητη μεταφορά της πληροφορίας και της επεξεργασίας των μηχανημάτων, οι οποίες προφανώς μπορεί να είναι υποκειμενικές και επιρρεπές σε ανθρώπινο λάθος.

Πολλοί τύποι του στερεού αλλά ρυθμισμένου μηχανήματος έχουν αναπτυχθεί για να διευκολύνουν την ακριβή παράδοση των παραμέτρων θεραπείας που σχεδιάστηκαν πριν από τη διαδικασία. Τα πλαίσια στερεοταξίας είναι ένα καλό παράδειγμα για αυτό (σχήμα 4.2). Χρησιμοποιημένα για τη στοχοθέτηση στη θεραπεία ακτινοβολίας ή τη χειρουργική επέμβαση, τα πλαίσια στερεοταξίας καθορίζονται άκαμπτα στο κεφάλι ενός ασθενή χρησιμοποιώντας την εισβολή της βελόνας. Οι μελέτες απεικόνισης αποκτιούνται με την ισχύ στο πλαίσιο που περιλαμβάνει την ανατομία του ασθενή καθώς επίσης και το πλαίσιο στερεοταξίας, ωστόσο είναι δυνατό να ενσωματωθεί ο

στόχος του σημείου των συντεταγμένων από την εικόνα του συστήματος στη συντεταγμένη συστήματος του πλαισίου. Με τη θέση του χειρουργικού στόχου καθιερώνεται σχετικά με τη θέση από τα εξωτερικά σταθερά πλαίσια, είναι δυνατό να ρυθμιστούν οι τοποθετήσεις στο πλαίσιο στερεοταξίας στοχεύοντας την συσκευή για να φθάσει σε αυτούς τους στόχους. Τα μειονεκτήματα σε τέτοιες τεχνικές είναι ότι οι μελέτες απεικόνισης πρέπει να αποκτιούνται με το συνημμένο πλαίσιο, το οποίο είναι δυσκίνητο και άβολο, και ότι μόνο ένα σημείο ή μια τροχιά μπορεί να στοχεύσει σε έναν χρόνο. Μια μυριάδα των μηχανημάτων για μη εισβολή, επαναλαμβάνει την ιδεοληψία ότι η σταθεροποίηση των μέσων του πλαισίου στερεοταξίας έχουν προταθεί και καταχωρηθεί.

Τα χειρουργικά συστήματα πλοήγησης είναι πιθανά μια πρόοδος πέρα από τα πλαίσια στερεοταξίας, δεδομένου ότι αποφεύγουν τις ογκώδους εισβολής μηχανήματα και μπορούν να ακολουθήσουν τα όργανα σε πραγματικό χρόνο. Ωστόσο, έχουν μερικές σημαντικές αδυναμίες, οδηγός μεταξύ των οποίων είναι η ελεύθερη δράση της φύσης των οργάνων. Ο χειρουργός πρέπει με το χέρι να ευθυγραμμίσει ένα όργανο στην προσχεδιασμένη τροχιά, χρησιμοποιώντας τις επί της οθόνης επιδείξεις για την αναφορά. Αυτό μπορεί να είναι δύσκολο και εφιστά την προσοχή του χειρουργού στη οθόνη υπολογιστή και μακριά από τον ίδιο τον ασθενή. Ακόμα και όταν ευθυγραμμίζει ο χειρουργός το όργανο στις προσχεδιασμένες παραμέτρους, αυτή η θέση χάνεται όταν θέτει ο χειρουργός το όργανο κάτω. Οι πρακτικότητες της χειρουργικής επέμβασης απαιτούν ότι οι χειρουργοί μεταστρέφουν συχνά τα όργανα και ότι διατηρούν την προσοχή στον ασθενή άμεσα, παρά από μια εικονική αντιπροσώπηση του ασθενή. Για παράδειγμα, στους περισσότερους τύπους χειρουργικών επεμβάσεων, οι στόχοι όπως τη διαχείριση της αιμορραγίας δεν καθοδηγούνται με τον προ-χειρουργικό προγραμματισμό και οι χειρουργοί πρέπει να εστιάσουν στην ανατομία του ασθενή όπως εμφανίζεται μπροστά σε αυτούς, παρά σε μια οθόνη υπολογιστή ή κάποια άλλη αντιπροσώπηση του ασθενή. Αυτό προκαλεί το πρόβλημα της προσοχής ρωγμής, ως χειρουργοί πρέπει να διαιρέσουν την προσοχή τους μεταξύ του εικονικού ασθενή και του πραγματικού ασθενή. Ενώ χρησιμοποιώντας το όργανο ελέγχου υπολογιστών για να εφαρμόσει το σχέδιο και να ευθυγραμμίσει το όργανο, ο χειρουργός είναι ακόμα αρμόδιος για την εκτέλεση των βασικών χειρουργικών διοικητικών στόχων στο χέρι.

Υπάρχουν λίγες αναπτυσσόμενες τεχνολογίες που έχουν εφαρμοστεί στο στόχο της προ-εγχειρητικής θεραπείας σχεδίου. Η ρομποτική θα φαινόταν να είναι το μέσο της

εξισορρόπησης για μερικούς από τους αναφερόμενους περιορισμούς αλλά για το μεγαλύτερο μέρος δεν έχει αγκαλιαστεί από την ιατρική κοινότητα. Η δυνατότητα να οδηγηθεί ένας μεταφορέας οδηγών ή οργάνων τροχιάς σε μια θέση που καθορίζεται από ένα προ-χειρουργικό σχέδιο θα απέφευγε τα όρια της ελεύθερης πλοήγησης. Ένας ρομποτικός βραχίονας θα μπορούσε να απομακρυνθεί επανειλημμένα από το χειρουργικό τομέα, κατόπιν να αντικατασταθεί, ανακουφίζοντας κατά συνέπεια τις δυσκολίες, για παράδειγμα, με ένα πλαίσιο στερεοταξίας. Παρά τα πιθανά πλεονεκτήματά της, η ρομποτική τεχνολογία δεν έχει κερδίσει πολλή αποδοχή, πιθανόν λόγω των υψηλών δαπανών, της περιορισμένης δυνατότητας εφαρμογής (τα μηχανήματα που έχουν πωληθεί τείνουν να είναι κατάλληλα για μόνο έναν μικρό αριθμό διαδικασιών) και οι ανησυχίες σχετικά με την αξιοπιστία και την απώλεια ανθρώπινου ελέγχου.

Μια άλλη πιθανή λύση στο διασπασμένο πρόβλημα προσοχής είναι η αυξημένη πραγματικότητα, δηλαδή η δυνατότητα να προβληθούν τα παραγόμενα από υπολογιστή δεδομένα στο οπτικό πεδίο ενός χειρουργού σε πραγματικό χρόνο. Αυτή είναι μια αναπτυσσόμενη τεχνολογία που χρησιμοποιείται στην υπεράσπιση και η βιομηχανία θα παρέχει τις οδηγίες από την επίστρωση των γραφικών αντιπροσωπεύσεων του εικονικού προσχεδιασμού άμεσα στο πεδίο του χειρουργού. Με άλλα λόγια, οι προσχεδιασμένοι παράμετροι θα εμφανίζονταν στο χειρουργό άμεσα στον τομέα, παρά σε μια οθόνη. Ωστόσο, καμία φυσική οδηγία δεν παρέχεται και τα όργανα πρέπει ακόμα να χειρίζονται ελεύθερη δράση, επιβάλλοντας περιορισμούς παρόμοιους με μερικούς από εκείνους που αναφέρθηκαν πριν.

4.3 Γρήγορης ψηφιοποίησης κατασκευή στην ιατρική εφαρμογή

4.3.1 Παραγόμενη από την ταχεία πρωτοτυποποίηση ανατομικά πρωτότυπα

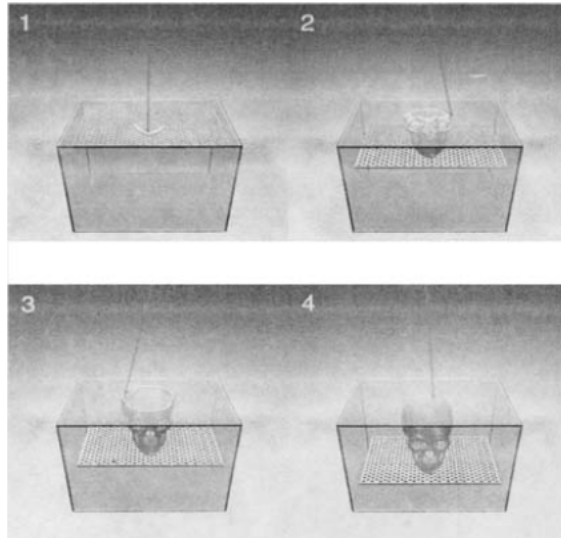
Με την εμφάνιση της υπολογιζόμενης τομογραφίας ανίχνευσης τεχνικές στη δεκαετία του '70, δόθηκε στους χειρουργούς η πρώτη αναλαμπή στο χώρο στα σωστά σύνολα δεδομένων που παράχθηκαν χωρίς εισβολή. Αυτό ξεσήκωσε τη διάγνωση και τη θεραπεία πολλών διαφορετικών παθολογιών, και το πεδίο του έχει συνεχίσει να επεκτείνεται από τότε. Πολύ αρχικά, μερικοί χειρουργοί συσσώρευσαν στον ιστό την δομή της εικόνας των δεδομένων, τομή επάνω στην τομή, για να δημιουργήσουν τις ακατέργαστες τρισδιάστατες εικόνες. Αυτό επέτρεψε τη πρωτοφανή απεικόνιση σε τρισδιάστατο και κατέστησε πιθανή την αξιολόγηση των παιδιατρικών παραμορφώσεων και των τραυματικών τραυματισμών με έναν εξ ολοκλήρου νέο

τρόπο. Αυτή η μορφή ήταν εξαιρετικά χρήσιμη, αλλά ακόμα στερήθηκε το αισθητό δεδομένο που ένα φυσικό πρωτότυπο θα παρείχε.

Από το αρχές δεκαετίας του '80 έχουν υπάρξει διάφοροι μέθοδοι για τη δημιουργία των τρισδιάστατων φυσικών πρωτοτύπων από τις μορφές απεικόνισης όπως ο αξονικός τομογράφος. Οι επιχειρήσεις έχουν παραγάγει αυτά τα πρωτότυπα για αρκετά έτη με την άλεση των υλικών όπως ο αφρός και το πολυουρεθάνιο. Η άλεση είναι μια αφαιρετική διαδικασία στην οποία το πρωτότυπο διαμορφώνεται από την ελεγχόμενη αφαίρεση του υλικού από έναν φραγμό εκείνου του υλικού. Ενώ αυτή η τεχνική μπορεί τελικά να παρέχει μια αρκετά ακριβή αντιπροσώπευση μιας τρισδιάστατης δομής, στερείται τη δυνατότητα να παρασχεθούν οι ακριβείς εσωτερικές και εξωτερικές δομές για την αξιολόγηση της παθολογίας που παρουσιάζεται.

Η στερεολιθογραφία, η πρώτη αποκαλούμενη 'ταχεία πρωτοτυποποίηση' διαδικασία, αναπτύχθηκε μέσα στα τέλη της δεκαετίας του '80 για να μετριάσει τις αδυναμίες της διαδικασίας άλεσης. Η στερεολιθογραφία επιτρέπει στους σχεδιαστές την εκτύπωση στα τρισδιάστατα κομμάτια που σχεδιάζουν. Η διαδικασία χρησιμοποιεί την υπεριώδη λέιζερ η οποία αρχίζει με μια αντίδραση φωτοπολυμερισμού που θεραπεύει τοπικά την υγρή ρητίνη σε ένα στερεό πλαστικό (σχήμα 4.3). Το μεγαλύτερο κομμάτι της άμεσης χρήσης της ήταν στους αυτοκίνητους και αεροδιαστημικούς τομείς, αλλά βαθμιαία οι ιατρικές εφαρμογές αυτής της τεχνολογίας προέκυψαν. Από την στιγμή που η τρισδιάστατη αξονική τομογραφία ήταν σε λειτουργία για περίπου 10 έτη, οι χειρουργοί σε ορισμένες ειδικότητες στηρίχθηκαν σε μεγάλο ποσοστό στα τρισδιάστατα απεικόνισης εργαλεία. Η συγχώνευση της τρισδιάστατης ιατρικής απεικόνισης και της στερεολιθογραφίας ήταν αρκετά εύκολη επειδή και οι δύο τεχνολογίες στηρίχθηκαν στις τομές, ή στα στρώματα, ως εισαγωγή. Τα εργαλεία λογισμικού αναπτύχθηκαν συγκεκριμένα για αυτόν τον στόχο, και οι χειρουργοί έχουν έρθει να στηριχθούν σε αυτήν την τεχνολογία ως τυποποιημένο δεδομένο στον προγραμματισμό μερικών σύνθετων επεξεργασιών.

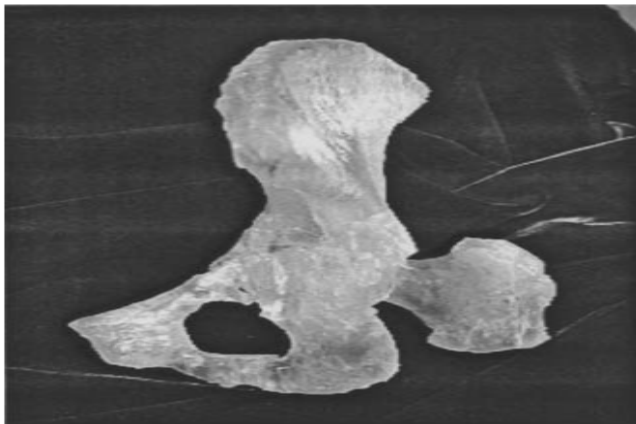
Η στερεολιθογραφική ανατομική διαμόρφωση έχει χρησιμοποιηθεί στην κλινική πρακτική με κάποια μορφή από το αρχές της δεκαετίας του '90. Σε βασικούς όρους, η διαδικασία χρησιμοποιεί τις εικόνες της αξονικής τομογραφίας και βοηθούμενη από τα μηχανήματα του υπολογιστή για να παραγάγει τα φυσικά πρωτότυπα της δομής οστών ενός ιδιαίτερου ασθενή.



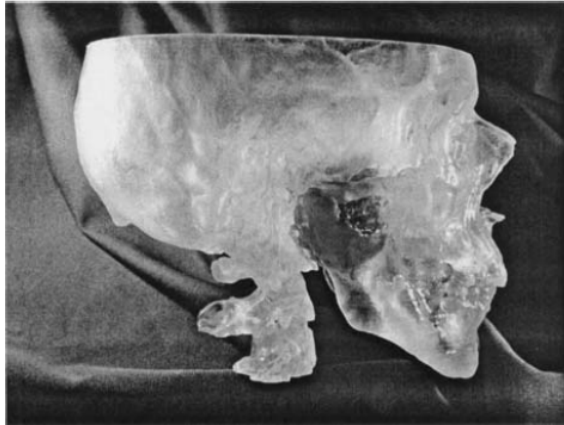
Σχήμα 4.3: Σχηματική αναπαράσταση της διαδικασίας στερεολιθογραφίας, που παρουσιάζει την παραγωγή ενός κρανίου.

Οι χειρουργοί έχουν βρει τις χρήσεις για αυτά τα αισθητά πρωτότυπα σε πολλές ειδικότητες, αλλά κρανιοπροσωπικοί χειρουργοί παραμένει η μεγαλύτερη ομάδα χρηστών τους παγκοσμίως.

Αυτή η τεχνική παρέχει τα πρωτότυπα που είναι εξαιρετικά ακριβή και επιτρέπει την απεικόνιση των εσωτερικών δομών, όπως τα κανάλια νεύρων και οι κοιλότητες κόλπων. Το σχήμα 4.4 παρουσιάζει ένα παράδειγμα ενός πρωτοτύπου στερεολιθογραφίας που παράγεται από τα δεδομένα του αξονικού τομογράφου. Η ταχεία πρωτοτυποποίηση χαρακτηρίζεται από τις διαδικασίες που δημιουργούν ένα φυσικό αντικείμενο από τα αυτοματοποιημένα δεδομένα χρησιμοποιώντας μια πρόσθετη, βασισμένη στο στρώμα τεχνική.



Σχήμα 4.4: Πρότυπο στερεολιθογραφίας του οστού hemipelvis, που παράχθηκε χρησιμοποιώντας τις εικόνες της αξονικής τομογραφίας.



Σχήμα 4.5: Τρισδιάστατο πρότυπο βασισμένο στην επιφάνεια και στο οστό δερμάτων όπως φαίνεται στην αξονική τομογραφία.

Η τεχνολογία έχει εξελιχθεί για να καλύψει μια οικογένεια από κατασκευαστικές τεχνικές συμπεριλαμβάνοντας την εκλεκτική συμπύκνωση λέιζερ (SLS), την λιωμένη διαμόρφωση απόθεσης (FDM), τη τρισδιάστατη εκτύπωση (3DP), το τοποθετημένο σε επίπεδα κατασκευασμένο αντικείμενο (LOM), multiJet διαμορφωμένο (MJM) και πολλά άλλα. Εξειδικευμένες διεπαφές λογισμικού απαιτούνται για να πάρουν την ιατρική απεικόνιση δεδομένων που χρησιμοποιούνται χαρακτηριστικά για την ανατομική διαμόρφωση (δηλ. αξονική ή μαγνητική τομογραφία) και να τα μετατρέψουν στα αρχεία που απαιτούνται για να καθοδηγήσουν τις συσκευές της ταχείας πρωτοτυποποίησης. Τα παραγόμενα πρωτότυπα είναι χαρακτηριστικά του σκληρού ιστού της ανατομίας λόγω της ανάγκης να αναδημιουργήσουν οστεώδεις ατέλειες. Η κατάλληλη μορφή απεικόνισης για αυτά τα πρωτότυπα είναι ο μαγνητικός τομογράφος, που, κατά τρόπο ενδιαφέροντος, μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για να δημιουργήσει τα πρωτότυπα μαλακού ιστού, πιο συγκεκριμένα από την εξωτερική ανατομία. Το σχήμα 4.5 παρουσιάζει το παραγόμενο πρωτότυπα ενός νηπίου με μια αυστηρή κρανιοπροσωπική αναταραχή. Περιστασιακά, οι αγγειακές δομές πρέπει να διαμορφωθούν. Ένας αξονικός τομογράφος με ένα παράγοντα αντίθεσης χρησιμοποιείται έπειτα για να εντοπίσει τον όγκο, για την κατάτμησή του από το λογισμικό υπολογιστών. Το σχήμα 4.6 παρουσιάζει ένα πρωτότυπο ενός ασθενή με

ένα myxoma που περιλαμβάνει το σωστό temporomandibular κοινό και κρανιακό fossa. Χρησιμοποιώντας δυο χρώματα διαμορφώνοντας τη διαδικασία που έχει αναπτυχθεί, είναι δυνατό να τέμνονται οι χωριστές δομές εκτός από το οστό. Αυτό πραγματοποιείται από μια ειδική διατυπωμένη υγρή ρητίνη που έχει δύο δόσεις που απαντούν στα επίπεδα στην υπεριώδους ακτινοβολία. Ο πρώτος το αναγκάζει για να σταθεροποιήσει και, εάν εκτίθεται σε μια πρόσθετη δόση από μιας υπεριώδους ακτινοβολίας με λέιζερ, θα αλλάξει το χρώμα. Σε αυτήν την περίπτωση, ο όγκος παρουσιάζεται ως κόκκινο υλικό. Αυτή η μοναδική προσέγγιση μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά για τον προσδιορισμό των κατώτερων φατνιακών δομών νεύρων, των δομών δοντιών και του μαλακού και σκληρού ιστού όγκων καθώς επίσης και των υπαρχόντων μοσχευμάτων.

Τα φυσικά ανατομικά πρωτότυπα (βιοπρότυπα) που παράχθηκαν από την ιατρική απεικόνιση δεδομένων έχουν χρησιμοποιηθεί όλο και περισσότερο συχνά κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών. Αυτά τα πρωτότυπα είναι χαρακτηριστικά της οστεώδους ανατομίας και χρησιμοποιούνται για τον προγραμματισμό των σύνθετων περιπτώσεων αναδημιουργίας που μπορούν ή δεν μπορούν να περιλάβουν την προσαρμογή μιας χειρουργικής συσκευής ή να εφαρμόσουν για να χρησιμοποιηθούν κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας. Αυτά τα πρωτότυπα παρέχουν κάτι το οποίο καμία άλλη απεικόνιση μελέτης δεν μπορεί: ένα φυσικό αντικείμενο από το οποίο να κάνει τις μετρήσεις: ένα αφής αντίγραφο για το οποίο να κάμψει τα μηχανήματα, ένα ίχνος επάνω στο οποίο να προετοιμάσει τις διαδικασίες, που χρησιμοποιούν τα πραγματικά χειρουργικά όργανα. Οι πρώτες χρήσεις για τη φυσική διαμόρφωση περιέλαβαν το σχέδιο και την επεξεργασία του επί παραγγελία πλέγματος τιτανίου για τις κρανιακές ατέλειες και τους κάτω γναθιαίους δίσκους. Τα πρωτότυπα έχουν χρησιμοποιηθεί από τότε για το σχέδιο και την επεξεργασία των μοσχευμάτων που κυμαίνονται από τις συνολικές temporomandibular κοινές αντικαταστάσεις ως μερικές συσκευές αντικατάστασης γονάτων. Εκτός από τη δημιουργία της αληθινής συνήθειας μοσχευμάτων, τα πρωτότυπα έχουν χρησιμοποιηθεί όλο και περισσότερο για τις διαδικασίες όπως η χειρουργική επέμβαση σαγονιών ή η νωτιαία τήξη στον προγραμματισμό της διαδικασίας.

Η απόσπαση της οστεογέννησης της προσοχής του σκελετού του προσώπου μπορεί να απαιτήσει τον πιο σύνθετο προγραμματισμό από την παραδοσιακή ορθογναθική χειρουργική επέμβαση λόγω της βαθμιαίας επιμήκυνσης της διαδικασίας και των συσκευών που χειρίζονται. Η καμπύλη μάθησης για την απόσπαση της προσοχής

είναι σύμφωνα με τις υπάρχουσες πληροφορίες απότομη, με συνέπεια ένα υψηλότερο ποσοστό περιπλοκής όταν οι άπειροι χειρουργοί εκτελούν τις διαδικασίες από όταν τους εκτελούν οι πιο πεπειραμένοι χειρουργοί. Τα στερεολιθογραφικά πρωτότυπα έχουν χρησιμοποιηθεί κατά τον προγραμματισμό των διαδικασιών απόσπασης της προσοχής προκειμένου να συγκρατηθεί η καμπύλη μάθησης. Ένα βασισμένο στην αξονική τομογραφία φυσικό πρωτότυπο επιτρέπει την αληθινή τρισδιάστατη απεικόνιση, τον προγραμματισμό της οστεοτομίας και την προσαρμογή του μηχανήματος στην ανατομία πριν από τη διαδικασία. Τα επιλεκτικά χρωματισμένα πρωτότυπα στερεολιθογραφίας που δίνουν έμφαση στο κατώτερο φατνιακό νεύρο, τα δόντια και τους οφθαλμούς δοντιών έχουν χρησιμοποιηθεί επίσης για τον ακριβή προγραμματισμό της σύνδεσης εκτροπής για να αποφευχθεί η ζημία στις ζωτικής σημασίας δομές.

Οι συμφωνίες που παράγουν και εφοδιάζουν της γρήγορης κατασκευής σχεδίου πρωτότυπα καλούνται γραφεία υπηρεσιών. Ένα ικανό γραφείο υπηρεσιών θα απασχολήσει ένα ειδικευμένο ραδιολογικό προσωπικό, που εκπαιδεύει στην εικόνα το ανθρώπινο σώμα και που εξουσιοδοτούσε για να λάβει τις ενημερωμένες αποφάσεις για την παραγωγή αυτών των υπερβολικά ακριβών πρωτοτύπων. Επειδή τα μηχανήματα είναι πολύ ακριβά να αγοράσουν και να διατηρήσουν, τα περισσότερα νοσοκομεία και ιατρικά κέντρα είναι αυτήν την περίοδο ανάκαμα να φέρουν αυτήν την τεχνολογία στο εσωτερικό. Το πρώτο βήμα στη διαδικασία της απόκτηση ενός πρωτοτύπου περιλαμβάνει τη μεταφορά των δεδομένων από την ανίχνευση της αξονικής τομογραφίας στη δυνατότητα διαμόρφωσης. Υπάρχει χαρακτηριστικά μια χρονική ανοχή 1-5 ημερών για την παραγωγή ενός πρωτοτύπου από την ακατέργαστη εικόνα δεδομένων. Όλο και περισσότερο, αυτά τα δεδομένα μπορούν να μεταφερθούν μέσω του Διαδικτύου με το πρωτόκολλο μεταφοράς αρχείων άμεσα από το κέντρο ακτινολογίας. Η αποζημίωση για τα πρωτότυπα ποικίλλει σε κάθε χώρα, με μερικούς ασφάλειας υγείας προμηθευτές καλύπτοντας το κόστος και μερικά που δεν καλύπτουν το κόστος των πρωτοτύπων. Χαρακτηριστικές αξίες για τα ανατομικά πρωτότυπα σειρές από 500 σε 3000 US\$.

Τα πρωτότυπα είναι τώρα διαθέσιμα από τους ιατρικούς προμηθευτές της διαμόρφωσης στα διαφορετικά υλικά. Οι νέες διαδικασίες όπως η τρισδιάστατη εκτύπωση έχουν επιτρέψει στα λιγότερο ακριβά πρωτότυπα να διατεθούν για τις λιγότερο σύνθετες περιπτώσεις. Τα πρωτότυπα είναι επίσης διαθέσιμα να επιτρέψουν την ενδολειτουργική χρήση. Αυτό επέκτεινε την ικανότητα να ενθαρρύνει τους

χειρουργούς για να χρησιμοποιήσει τα πρωτότυπα ανεπανάληπτα. Μια τέτοια χρήση έχει μειώσει τη νοσηρότητα των εμβολίων ιστού και των λαμβανουσών περιοχών τους επιτρέποντας υπόψη το χειρισμό του μπολιασμένου ιστού επάνω σε ένα αποστειρωμένο πρωτότυπο.

Ο αξονικός τομογράφος είναι το σημαντικότερο βήμα της ολόκληρης διαδικασίας διαμόρφωσης. Η τελευταία ακρίβεια από το πρωτότυπο είναι εντελώς εξαρτώμενη από την ποιότητα της ανίχνευσης της αξονικής τομογραφίας. Η ακριβής εφαρμογή από τη διαμόρφωση του πρωτόκολλου είναι ο δεύτερος καθοριστικός παράγοντας, συμπεριλαμβανομένης της χρήσης 1mm × 1mm συνεχείς αξονικές τομές και ένας τυποποιημένος αλγόριθμος για τον κρανιοπροσωπικό σκελετό. Άλλοι τομείς της ανατομίας, όπως τα πυελικά οστά, μπορούν να απεικονίζονται επιτυχώς χρησιμοποιώντας 3 mm. × 3mm συνεχείς αξονικές τομές που αναδημιουργούνται στη συνέχεια σε λιγότερο από 3mm χωρίζοντας κατά διαστήματα. Ένα ικανό γραφείο υπηρεσιών που παρέχει τις διαμορφώνοντας υπηρεσίες πρέπει να είναι σε θέση να παρέχει τα συγκεκριμένα πρωτόκολλα για πολλούς τυποποιημένους τομείς της ανατομίας πριν από την ανίχνευση.



Σχήμα 4.6: Πρωτότυπο στερεολιθογραφίας δύο χρωμάτων παρουσιάζοντας έναν όγκο myxoma της σωστής temporomandibular ένωσης .

4.4 Το μέλλον

Όπως η τεχνολογία οδηγείται αναπόφευκτα μπροστά, οι εφαρμογές της γρήγορης ψηφιοποιημένης κατασκευής στην ιατρική θα επεκταθούν. Η έρευνα στην επιστήμη βιολογικών υλικών δείχνει τη δυνατότητα πραγματοποίησης της άμεσης επεξεργασίας των εμφυτεύσιμων υλικών χρησιμοποιώντας όπως την ταχεία πρωτοτυποποίηση τεχνολογία. Αυτό θα μπορούσε να είναι μια σημαντική πρόοδος επιτρέποντας τη

γρήγορη κατασκευή της αληθινής συνήθης εμφυτεύσιμες συσκευές όπως οι κοινές προσθέσεις, τα πλήρη τμήματα του ελλείποντος κόκαλου ή τα απορροφήσιμα ικρίσματα που παρέχουν τη δομή ενώ οι κατασκευασμένες αντικαταστάσεις ιστού παίρνουν τη λαβή. Αντί των αλλοπλαστικών υλικών, τα οποία ανέχονται μόνο από το σώμα, αυτά τα νεώτερα υλικά έχουν τη δυνατότητα να υποκινήσουν την αύξηση και να ενσωματωθούν πραγματικά στο σώμα.

Τα παραγόμενα με τη ταχεία πρωτοτυποποίηση πρωτότυπα και οι βοηθοί θεραπείας κατασκευάζονται για το μεγαλύτερο κομμάτι από τα ειδικευμένα γραφεία υπηρεσιών. Ακόμη και με τις σύγχρονες τεχνικές για τη σύντομη μεταφορά δεδομένων μέσω του Διαδικτύου και της αξιόπιστης ολονύκτιας ναυτιλίας αναπόφευκτα υπάρχει μια χρονική ανοχή αρκετών ημερών για τα γραφεία υπηρεσιών για να παρέχει ένα πρωτότυπο. Δεδομένου ότι περισσότερες ειδικότητες κεφαλαιοποιούν στη γρήγορη κατασκευή, μπορεί να κοστίσει αποτελεσματικά για τις εγκαταστάσεις υγειονομικής περίθαλψης που τακτοποιούν για ένα επιτόπιο ή κοντινό κατάστημα της γρήγορης ψιφοποιημένης κατασκευής. Αναμένεται ότι, εάν το χρονικό διάστημα που απαιτείται για να πάρει μια συσκευή πρωτοτύπων ή επεξεργασίας στα χέρια ενός παθολόγου μειώνεται, μπορούν να βρουν μια ευρύτερη αποδοχή, ιδιαίτερα στους τομείς που περιορίζονται από τη χρονική επείγουσα ανάγκη όπως το ορθοπεδικό τραύμα ή η την καρδιοθωρακική χειρουργική επέμβαση.

Η δύναμη υπολογιστών έχει αυξηθεί εκθετικά κατά τη διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας. Οι σχετικά ανέξοδοι υπολογιστές είναι τώρα ικανοί στον χειρισμό μεγάλων ποσών των δεδομένων που παράγονται στην ιατρική απεικόνιση. Οι ικανότητες της γραφικής παράστασης παράγουν τώρα γρήγορες διερμηνεύσεις από την εικόνα των δεδομένων και επιτρέπουν την κατάρτιση των σύνθετων πρωτοτύπων που χτίζονται από τα πολλαπλάσια σύνολα της εικόνας των δεδομένων. Προσομοίωση της θεραπείας διαδικασίες (υπολογισμός των διανομών δόσεων ακτινοβολίας, μετακίνηση των τμημάτων κόκαλων και προσομοίωση από την απάντηση δερμάτων/μαλακού ιστού, το βιομηχανικό υπολογισμό της κοινής λειτουργίας, το πεπερασμένο στοιχείο η ανάλυση της δύναμης, κ.λπ.) επιτρέπει στους παθολόγους να μιμηθούν τα αποτελέσματα των διαφορετικών συνδυασμών από τις παραμέτρους θεραπείας πριν αποφασίζοντας σχετικά με την καλύτερη σειρά μαθημάτων για τον ασθενή. Επίσης αξιοσημείωτες είναι οι πρόοδοι στα εφαρμοσμένες μαθηματικά και εφαρμογές της έρευνας, οι οποίες έχουν διευκολύνει την ανάπτυξη των μεθόδων βελτιστοποίησης που μπορεί να εφαρμοστεί στην ιατρική. Οι αλγόριθμοι βελτιστοποίησης όπως η

μιμούμενη ανόπτηση και ο γραμμικός προγραμματισμός μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να βρουν τον καλύτερο συνδυασμό παραμέτρων για να παραγάγει την επιθυμητή έκβαση. Ένα σημαντικό παράδειγμα είναι αποκαλούμενο 'αντίστροφος προγραμματισμός'. Αυτή η τεχνική, που χρησιμοποιείται στην ακτινοθεραπεία, τον καθιστά πιθανό για ένα παθολόγο για να εισαγάγει την επιθυμητή δόση σε έναν όγκο στόχων και τους περιορισμούς, όπως η μέγιστη ανεκτή δόση στην περιβάλλουσα υγιή ανατομία. Η βελτιστοποίηση του αλγόριθμου θα επιστρέψει έπειτα έναν συνδυασμό ακτινών ακτινοβολίας που θα επιτυγχάνει περισσότερο εκείνα τα αποτελέσματα. Στην παραδοσιακή 'μπροστινό προγραμματισμό' προσέγγιση, οι διανομές δόσεων ως αποτέλεσμα των διαφορετικών συνδυασμών γωνιών ακτινών και οι εντάσεις συγκρίνονται από έναν ανθρώπινο χειριστή σε μια βάση δοκιμής και λάθους, έως ότου επιτυγχάνεται ένα αποδεκτό σχέδιο. Οι αλγόριθμοι βελτιστοποίησης θα γίνουν πιθανώς ευρύτερα χρησιμοποιημένοι μέσα σε άλλες ιατρικές ειδικότητες επίσης, που επιτρέπουν στους ιατρικούς ειδικούς για να προγραμματίσει τις μοναδικές, από μαθηματική άποψη βέλτιστες στρατηγικές επεξεργασίας, παρά του κατάλληλου τομή προσεγγίσεις που συχνά προκύπτουν από την ανθρώπινα δοκιμή και το λάθος. Τα αποτελέσματα τα οποία παράγονται από υπολογιστή επεξεργασίας σχέδια μπορούν πολύ καλά να είναι δύσκολο να εφαρμοστούν τη χρησιμοποίηση των παραδοσιακών τεχνικών. Υπό αυτήν τη μορφή, οι τεχνικές της γρήγορης ψηφιοποιημένης κατασκευής θα μπορούσαν να διαδραματίσουν έναν ρόλο μέσα στην ενσωμάτωση των βημάτων τέτοιας υψηλής τεχνολογίας, σχεδιασμένες από υπολογιστή ιατρικές επεμβάσεις.

5.ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ 3-D ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥΣ

Αυτό το κεφάλαιο καλύπτει διάφορες τεχνικές σύλληψης κατάλληλες για τις ιατρικές εφαρμογές.

Πολλές τρισδιάστατες τεχνολογίες ιατρικής ανίχνευσης μπορούν να βοηθήσουν να συλλέξουν ή να συλλάβουν την αρχική γεωμετρία των δεδομένων. Η αξονική τομογραφία και η μαγνητική τομογραφία είναι πολύ δημοφιλής στην ιατρική εφαρμογή και η ανιχνευμένη παρουσίαση των δεδομένων (από επίπεδο σε επίπεδο) έντονα μοιάζει με το σχήμα της τομής των δεδομένων που χρησιμοποιείται για να οδηγήσει στο νέο παράδειγμα κατασκευής από τη ταχεία πρωτοτυποποίηση. Ενθαρρυμένοι από την ομοιότητα, μεταφραστές υπολογιστών έχουν αναπτυχθεί για να μετατρέψουν

τα δεδομένα της αξονικής / μαγνητικής τομογραφίας από την εικονική πραγματικότητα τους σε ένα σχήμα από το οποίο η ταχεία πρωτοτυποποίηση να μπορεί να χρησιμοποιείται για να παραγάγει ανατομικά ακριβή φυσικά πρωτότυπα (πραγματική εικονικότητα). Η ακρίβεια της ταχείας πρωτοτυποποίησης οδηγεί στον καθορισμό των αλγορίθμων για τις αναγνωρισμένες επιφάνειες και στα χαρακτηριστικά από τα δεδομένα της αξονικής / μαγνητικής τομογραφίας. Πρωτότυπα ταχείας πρωτοτυποποίησης έχουν βρεθεί για να έχουν την ιδιαίτερη χρησιμότητα μέσα σε πολλές εφαρμογές, όπως στις διαγνώσεις, στον προγραμματισμό επεξεργασίας, στην πρακτική διαδικασία/ στην προσομοίωση και στις διαβουλεύσεις. Οι ανακρίβειες στα πρωτότυπα της ταχείας πρωτοτυποποίησης προκύπτουν από την περιορισμένη ανάλυση των δεδομένων της αξονικής / μαγνητικής τομογραφίας και από τους περιορισμούς με τα σύγχρονα δεδομένα της ερμηνείας των αλγορίθμων. Η τρισδιάστατη τεχνολογία ανίχνευσης με λέιζερ μπορεί να δώσει γρήγορα αποτελέσματα με υψηλή ανάλυση, και, βασισμένη σε αυτό το πλεονέκτημα, της αντίστροφης εφαρμοσμένης μηχανικής και της ταχείας πρωτοτυποποίησης που μπορούν να ενσωματωθούν για τις ιατρικές εφαρμογές. Αυτό το κεφάλαιο περιγράφει δύο μεθόδους για την διαμόρφωση των τρισδιάστατων πρωτοτύπων της ταχείας πρωτοτυποποίησης από τα ανιχνευμένα με λέιζερ δεδομένα. Οι σύγχρονες εφαρμογές θα επεξεργαστούν για αυτές τις φυσικές ιατρικές εικόνες μαζί με τις ερευνητικές προσπάθειες στην παραγωγή της ακριβέστερης επιφάνειας των δεδομένων.

5.1 Εισαγωγή

Μια από τις πιο χρονοβόρες πτυχές της δημιουργίας των τρισδιάστατων εικονικών πρωτοτύπων είναι η δημιουργία γεωμετρικών πρωτοτύπων των αντικειμένων. Αυτό μπορεί να ματαιωθεί ιδιαίτερα όταν υπάρχει μια πραγματική ή φυσική έκδοση του αντικειμένου. Ευτυχώς, υπάρχουν μία ποικιλία από εμπορικά διαθέσιμες τεχνολογίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να ψηφιοποιήσουν τα αντικείμενα από τη μοριακή κλίμακα μέχρι τα πολυώροφα κτήρια.

Η διαδικασία της τρισδιάστατης ψηφιοποίησης αποτελείται βασικά από μια φάση αντίληψης που ακολουθείται από μια φάση αναδημιουργίας. Η φάση αντίληψης συλλέγει ή συλλαμβάνει τα ακατέργαστα δεδομένα και παράγει τα αρχικά γεωμετρικά δεδομένα, συνήθως ως δισδιάστατο όριο αντικειμένου, ή ως ένα τρισδιάστατο σημείο

σύννεφου. Οι τεχνολογίες αντίληψης είναι βασισμένες στην ανίχνευση, την απεικόνιση, την τηλεμέτρηση ή το συνδυασμό τους. Η φάση αναδημιουργίας είναι εσωτερική επεξεργασία των δεδομένων στα συμβατικά τρισδιάστατα του CAD και στα γεωμετρικά δεδομένα της ζωτικότητας, όπως τα NURBS και τα σύνολα πολυγώνων. Τα περίπλοκα αναδημιουργίας λογισμικού πακέτα είναι διαθέσιμα από τους προμηθευτές ανιχνευτών και τους έμμεσα εμπλεκόμενους λογισμικού προμηθευτές.

Τα συστήματα ανίχνευσης ψηφιοποιούν από τον προσδιορισμό θέσης ενός ελέγχου στο αντικείμενο και προκαλούν τον υπολογιστή να καταγράψει τη θέση. Ο απλούστερος ιχνηλάτης είναι ένας μηχανικός σύνδεσμος ή παντογράφος. Οι ηλεκτρομαγνητικοί, οι υπερηχητικοί, οι οπτικοί, οι γυροσκοπικοί και οι αδρανείς ιχνηλάτες χρησιμοποιούνται επίσης σε μερικούς εμπορικούς τρισδιάστατους ψηφιοποιητές. Οι ιχνηλάτες μπορούν να ταλαιπωρούνται από τα προβλήματα παρέμβασης, είτε μηχανικά είτε ηλεκτρομαγνητικά. Το αντικείμενο και το διάστημα του περιβάλλοντος και των υλικών πρέπει να εξεταστούν.

Η απεικόνιση αρχίζει με τη σύλληψη μιας ή περισσότερων δυσδιάστατων εικόνων που χρησιμοποιούνται έπειτα ως εισαγωγή στην απεικόνιση της επεξεργασίας των δεδομένων για να δημιουργήσουν τα αρχικά γεωμετρικά δεδομένα. Μερικοί μέθοδοι απεικόνισης δημιουργούν ένα σημείο σύννεφου, ενώ άλλοι χρησιμοποιούν την εξαγωγή χαρακτηριστικών για να δημιουργήσουν το αρχικό πρωτότυπο τοπολογίας. Ή ενεργή απεικόνιση των συστημάτων σχεδιάζει ένα κυματοειδές ή ένα πλέγμα καλουπιού για τα αντικείμενα για να παρέχει τα γνωστά σημεία αναφοράς και να απλοποιήσει την επεξεργασία εικόνας. Ή παθητική απεικόνιση συστημάτων συλλέγει το διαθέσιμο φως.

Μια άλλη προσέγγιση εικόνας στην τρισδιάστατη ανίχνευση στηρίζεται στη χρησιμοποίηση μιας σειράς τομών που χωρίζονται εξαιτίας του αντικειμένου. Αυτά μπορούν να επιτευχθούν πραγματικά κόβοντας το αντικείμενο και παίρνοντας τις οπτικές φωτογραφίες των τομών ή χρησιμοποιώντας τους προηγμένους αισθητήρες όπως ο υπέρηχος, η μαγνητική τομογραφία, η αξονική τομογραφία και τα ομοεστιακά μικροσκόπια. Οι τομές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να παραγάγουν τα ογκομετρικά δεδομένα ή η εξαγωγή χαρακτηριστικών να χρησιμοποιηθεί στις εικόνες για να παραγάγει τις γραμμές του περιγράμματος. Και οι δύο μορφές δεδομένων μπορούν να μετατραπούν εύκολα σε πολυγωνικά και σε πρωτότυπα επιφάνειας. Τα μικροσκοπικά και ογκομετρικά συστήματα είναι γενικά πολύ ακριβά.

Όλες οι απεικονίσεις των τεχνολογιών απαιτούν τις πολλαπλάσιες εικόνες από τις διαφορετικές απόψεις προκειμένου να δημιουργηθεί μια πλήρης του αντικειμένου ανίχνευση. Μερικά συστήματα ανίχνευσης αποκτούν αυτά με την περιστροφή του αντικειμένου, ενώ άλλα συνδυάζουν έναν αισθητήρα απεικόνισης (ή τηλεμέτρησης) με μια συσκευή ιχνηλατών επιτρέποντας στον αισθητήρα να κινηθεί γύρω από το αντικείμενο. Πολλά από το λέιζερ ή από την κυματοειδής ανίχνευση των προμηθευτών, αγοράζουν τους αισθητήρες τους για τη σύνδεση σε CMM μηχανικά όπλα.

Δεν μπορούν όλες οι τρισδιάστατες ψηφιοποίησης τεχνικές να χρησιμοποιηθούν για την ιατρική απεικόνιση, λόγω των διαφορετικών απαιτήσεων για την ιατρική ανίχνευση και την ανίχνευση της βιομηχανίας. Αυτό το κεφάλαιο συζητά μόνο μερικές ιατρικές τεχνικές ανίχνευσης και τις διαδικασίες τους.

5.2 Τρισδιάστατη ιατρική ανίχνευση:διαδικασία

Υπάρχουν πολλές τρισδιάστατες τεχνικές ανίχνευσης που έχουν χρησιμοποιηθεί στις ιατρικές εφαρμογές. Η αξονική τομογραφία, η μαγνητική τομογραφία, η υπερηχητική απεικόνιση και η τρισδιάστατη ανίχνευση λέιζερ είναι οι πιο συνηθέστεροι που χρησιμοποιούνται.

Η ιατρική διαδικασία ανίχνευσης αποτελεί μια φάση ανίχνευσης και μια φάση αναδημιουργίας. Η φάση της τρισδιάστατης ανίχνευσης συλλαμβάνει τα ακατέργαστα δεδομένα και παράγει τα αρχικά γεωμετρικά δεδομένα, συνήθως ως δισδιάστατο όριο αντικειμένου ή ως τρισδιάστατο σημείο σύννεφου. Η τρισδιάστατη φάση αναδημιουργίας είναι η εσωτερική επεξεργασία αυτών των δεδομένων στα συμβατικά τρισδιάστατα CAD και στη ζωτικότητα της γεωμετρίας των δεδομένων όπως τα σύνολα NURBS και τα σύνολα πολυγώνων.

5.2.1 Τρισδιάστατη ανίχνευση

Οι διάφορες τεχνικές ανίχνευσης έχουν διάφορους τρόπους εργασίας και τα κλινικά οφέλη τους είναι επίσης διαφορετικά. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν στις διάφορες ιατρικές εφαρμογές λόγω των μοναδικών χαρακτηριστικών τους. Το ακόλουθο τμήμα συζητά τις ευρύτατα χρησιμοποιημένες τρισδιάστατες ιατρικές ανίχνευσης τεχνολογίες: την αξονική τομογραφία, την μαγνητική τομογραφία, την απεικόνιση υπερήχου και την τρισδιάστατη ανίχνευση λέιζερ.

5.2.2 Απεικόνιση της αξονικής τομογραφίας και οι εφαρμογές της

Η αξονική τομογραφία, αναπτύχθηκε τα μέσα της δεκαετίας του '70 και είναι τώρα διαθέσιμη σε πάνω από 30 000 θέσεις σε όλο τον κόσμο. Η αξονική τομογραφία είναι γρήγορη, και έχει τη μοναδική δυνατότητα να απεικονίζει ένα συνδυασμό από μαλακό ιστό, οστό και αιμοφόρα αγγεία. Η αξονική τομογραφία βασίζεται στην αρχή της ακτίνας X: καθώς οι ακτίνες X περνούν μέσω του σώματος αυτοί απορροφώνται ή μειώνονται σε διάφορα επίπεδα, δημιουργώντας μια μήτρα ή ένα σχεδιάγραμμα ακτινών της ακτίνας X της διαφορετικής δύναμης. Αυτό το σχεδιάγραμμα της ακτίνας X καταχωρείται στην ταινία, δημιουργώντας κατά συνέπεια μια εικόνα. Στην περίπτωση της αξονικής τομογραφίας, η ταινία αντικαθίσταται από έναν διαμορφωμένο ανιχνευτή που μετρά το σχεδιάγραμμα της ακτίνας X.

Ένας αξονικός τομογράφος μοιάζει με μεγάλο, τετραγωνικό ντόνατς. Το άνοιγμα του ασθενούς είναι 60-70 εκατοστά. (24-28") στη διάμετρο. Μέσα στις καλύψεις του αξονικού τομογράφου περιστρέφεται ένα πλαίσιο το οποίο έχει έναν σωλήνα ακτίνας X τοποθετημένο στη μια πλευρά και του σχήματος μπανάνα διαμορφωμένου ανιχνευτή στη αντίθετη πλευρά. Κάθε φορά που κάνουν ο σωλήνας και ο ανιχνευτής της ακτίνας X μια περιστροφή 360°, μια εικόνα ή τομή αποκτιέται. Αυτή η τομή είναι παράλληλη (εστιασμένη) σε ένα πάχος 1-10 χιλιοστά χρησιμοποιώντας τα παραθυρόφυλλα μόλυβδου μπροστά από το σωλήνα ακτίνας X και τον ανιχνευτή ακτίνας X.

Δεδομένου ότι ο σωλήνας και ο ανιχνευτής ακτίνας X κάνουν αυτήν την περιστροφή σε 360°, ο ανιχνευτής παίρνει τα πολυάριθμα στιγμιότυπα (αποκαλούμενα σχεδιαγράμματα) της μειωμένης ακτίνας, της ακτίνας X. Χαρακτηριστικά, σε μια περιύλιξη 360°, περίπου 1000 σχεδιαγράμματα επιλέγονται. Κάθε σχεδιάγραμμα υποδιαιρείται στο χώρο (διαιρεμένος σε χωρίσματα) από τους ανιχνευτές και τροφοδοτείται περίπου σε 700 μεμονωμένα κανάλια. Κάθε σχεδιάγραμμα έπειτα αναδημιουργείται προς τα πίσω (ή στο υπόβαθρο) από έναν υπολογιστή σε μια δυσδιάστατη εικόνα της τομής η οποία ανιχνεύθηκε.

Αντίθετα άλλες ιατρικής απεικόνισης τεχνικές, όπως η συμβατική απεικόνιση της ακτίνας X (ακτινογραφία), η αξονική τομογραφία επιτρέπει την άμεση απεικόνιση και τη διαφοροποίηση των δομών του μαλακού ιστού, όπως το συκώτι, ο ιστός του πνεύμονα και το λίπος. Η αξονική τομογραφία είναι ιδιαίτερα χρήσιμη στην έρευνα για το μεγάλο διάστημα που καταλαμβάνει τα τραύματα, τους όγκους και τις μεταστάσεις και μπορεί να αποκαλύψει όχι μόνο την παρουσία τους αλλά και το μέγεθος, τη χωρική θέση και την έκταση ενός όγκου.

Η απεικόνιση της αξονικής τομογραφίας του κεφαλιού και του εγκεφάλου μπορεί να ανιχνεύσει τους όγκους, να παρουσιάσει τους θρόμβους αίματος και τις ατέλειες αιμοφόρων αγγείων, να παρουσιάσει τις μεγεθυμένες κοιλίες (που προκαλούνται από μια συγκέντρωση του εγκεφαλονωτιαίου ρευστού) και να απεικονίζει άλλες ανωμαλίες όπως εκείνες των νεύρων ή των μυών του ματιού.

Εξ αιτίας του σύντομου χρόνου ανίχνευσης 500ms σε μερικά δευτερόλεπτα, η αξονική τομογραφία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για όλες τις ανατομικές περιοχές, συμπεριλαμβάνοντας την κίνηση και την αναπνοή του ασθενούς. Για παράδειγμα, στο θώρακα, η αξονική τομογραφία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την απεικόνιση των κονδυλωδών δομών, στις διηθήσεις του ρευστού, της ίνωσης (παραδείγματος χάριν από τις ίνες αμιάντων) και των διαχύσεων (πλήρωση ενός διακένου υαλοπίνακα με το ρευστό).

Η αξονική τομογραφία είναι η βάση για την μεσολαβητική εργασία όπως στην καθοδήγηση της αξονικής τομογραφίας στην βιοψία και στην ελάχιστη εισβολή της θεραπείας. Οι εικόνες της αξονικής τομογραφίας χρησιμοποιούνται επίσης ως βάση για τον προγραμματισμό της ακτινοθεραπείας του καρκίνου θεραπεία. Η αξονική τομογραφία επίσης συχνά χρησιμοποιείται για να ακολουθήσει την πορεία της θεραπείας του καρκίνου για να καθορίσει πώς ο όγκος αποκρίνεται στην θεραπεία.

Η απεικόνιση της αξονικής τομογραφίας παρέχει μαζί την καλή μαλακή ανάλυση του ιστού (σε αντίθεση) καθώς επίσης και την υψηλή χωρική ανάλυση. Αυτό επιτρέπει τη χρήση της αξονικής τομογραφίας στην ορθοπεδική ιατρική και την απεικόνιση των οστεωδών δομών συμπεριλαμβανομένου των προπτώσεων (προεξοχή) των σπονδυλικών δίσκων, την απεικόνιση των σύνθετων ενώσεων όπως τον ώμο ή το ισχίο ως λειτουργική μονάδα και τα σπασίματα, ειδικά εκείνα που έχουν επιπτώσεις στη σπονδυλική στήλη. Οι ικανότητες της εικόνας της αξονικής τομογραφίας όπως οι πολυσχεδιασμένες αναδημιουργίες και η τρισδιάστατη επίδειξη ενισχύουν περαιτέρω την αξία της απεικόνισης της αξονικής τομογραφίας για τους χειρουργούς. Για παράδειγμα, η τρισδιάστατη αξονική τομογραφία είναι ένα ανεκτίμητο εργαλείο για την χειρουργική αναδημιουργία μετά από τραύμα στο πρόσωπο.

5.2.3 Απεικόνιση της μαγνητικής τομογραφίας και οι εφαρμογές της

Οι αρχές της μαγνητικής τομογραφίας (MR) ερευνήθηκαν αρχικά στη δεκαετία του '50, που δείχνει ότι τα διαφορετικά υλικά αντήχησαν στις διαφορετικές ισχύς μαγνητικών πεδίων. Η μαγνητική τομογραφία (επίσης γνωστή ως MRI) ερευνήθηκε αρχικά στις

αρχές της δεκαετίας του 1970, και τα πρώτα πρωτότυπα της μαγνητικής τομογραφίας εξετάστηκαν στους κλινικούς ασθενείς το 1980.

Η μαγνητική τομογραφία χρησιμοποιεί τη μαγνητική ενέργεια και τα ραδιοκύματα για να δημιουργήσει τις διατομικές εικόνες ή τις τομές του ανθρώπινου σώματος. Το κύριο συστατικό των περισσότερων συστημάτων της μαγνητικής τομογραφίας είναι ένας μεγάλος διαμορφωμένος σωλήνας ή ένας κυλινδρικός μαγνήτης. Επίσης τώρα είναι διαθέσιμο στα συστήματα της μαγνητικής τομογραφίας με ένα Γ διαμορφωμένο μαγνήτη ή μιας άλλης μορφής ενός ανοικτού σχεδίου. Η δύναμη της μαγνητικής τομογραφίας στα συστήματα του μαγνητικού πεδίου μετρείται στις μετρητικές μονάδες που αποκαλούνται τέσλα. Οι περισσότεροι από τους κυλινδρικούς μαγνήτες έχουν μια δύναμη μεταξύ 0.5 και 1.5 T και οι περισσότεροι από τους ανοικτούς ή Γ διαμορφωμένους μαγνήτες έχουν μια μαγνητική δύναμη μεταξύ 0.01 και 0.35 T. Ένα 1.5 T σύστημα μαγνητικής τομογραφίας έχει ένα μαγνητικό πεδίο 30 000 φορές ισχυρότερο από το τράβηγμα της βαρύτητας στη γήινη επιφάνεια.

Για να αρχίσει την εξέταση της μαγνητικής τομογραφίας, ο ασθενής τοποθετείται σε ένα ειδικό κρεβάτι και τοποθετημένος μέσα στο σύστημα της μαγνητικής τομογραφίας ανοίγει όπου το μαγνητικό πεδίο δημιουργείται από το μαγνήτη. Κάθε συνολική εξέταση της μαγνητικής τομογραφίας χαρακτηριστικά αποτελείται από μια σειρά 2-6 ακολουθιών, με κάθε ακολουθία διάρκειας μεταξύ 2 και 15 λεπτών. Μια ακολουθία της μαγνητικής τομογραφίας είναι μια απόκτηση δεδομένων που παράγει μια συγκεκριμένη εικόνα προσανατολισμού και έναν συγκεκριμένο τύπο της εμφάνισης εικόνας ή σε αντίθεση. Κατά συνέπεια, μία χαρακτηριστική εξέταση μπορεί να διαρκέσει συνολικά 10 λεπτά, ανάλογα με τον τύπο της εξέτασης που οργανώνεται και το σύστημα της μαγνητικής τομογραφίας που χρησιμοποιείται.

Κατά τη διάρκεια της εξέτασης, ένα ραδιοσήμα ανάβει και σβήνει, και στη συνέχεια η ενέργεια που απορροφάτε από τα διαφορετικά άτομα στο σώμα αντηχείτε ή απεικονίζεται πίσω από το σώμα. Αυτές οι ηχώ μετρούνται συνεχώς από τον ανιχνευτή της μαγνητικής τομογραφίας και ένας ψηφιακός υπολογιστής αναδημιουργεί αυτές τις ηχώ στις εικόνες του σώματος. Το τρύπημα που ακούγεται κατά τη διάρκεια της εξέτασης της μαγνητικής τομογραφίας δημιουργείται όταν ανάβουν και σβήνουν τα πηνία κλίσης για να μετρήσουν το σήμα της μαγνητικής τομογραφίας που απεικονίζεται πίσω από το σώμα του ασθενούς. Ένα όφελος της μαγνητικής τομογραφίας είναι ότι μπορεί εύκολα να αποκτήσει τις άμεσες απόψεις του σώματος

σχεδόν από οποιοσδήποτε προσανατολισμό, ενώ οι ανιχνευτές της αξονικής τομογραφίας χαρακτηριστικά αποκτούν τις εικόνες κάθετα στο μακρύ σώμα του άξονα.

Ένα όφελος της μαγνητικής τομογραφίας είναι ότι, αντίθετα από τη συμβατική ακτίνα Χ ή την απεικόνιση της αξονικής τομογραφίας, δεν χρησιμοποιεί την ακτινοβολία της ακτίνας Χ. Η μαγνητική τομογραφία είναι μη επιδρομική και παρέχει στις έξοχες εικόνες την άριστη αντίθεση της λεπτομέρειας του μαλακού ιστού και των ανατομικών δομών όπως το γκρίζο και άσπρο υλικό στον εγκέφαλο ή σε μικρά μεταστατικά τραύματα (καρκίνοι) στο συκώτι. Σε σύγκριση με την μαγνητική τομογραφία, η συμβατική ακτίνα Χ παρέχει εικόνες των πυκνών δομών όπως τα οστά με καλή ανάλυση. Το αγγειογράφημα της ακτίνας Χ είναι το παραδοσιακό πρωτότυπο για την απεικόνιση αγγείων όπως οι καρωτιδικές αρτηρίες στο λαιμό, τα αγγεία στον εγκέφαλο, τα περιφερειακά αγγεία των βραχιόνων και των ποδιών ή οι στεφανιαίες αρτηρίες που παρέχουν το αίμα στην καρδιά. Ωστόσο, η συμβατική αγγειογραφική απεικόνιση χρειάζεται πολύ εργασία και εντατικό χρόνο και απαιτεί τη διαχείριση των σημαντικών ποσοτήτων της αντίθεσης να απεικονίζει τα αιμοφόρα αγγεία. Η αγγειογραφία της ακτίνας Χ δεν παρέχει καλές εικόνες στα μαλακά όργανα του ιστού στο σώμα όπως στο συκώτι ή στον εγκέφαλο.

Όπως η μαγνητική τομογραφία, η αξονική τομογραφία δημιουργεί επίσης τις λεπτομερείς διατομικές εικόνες του σώματος. Ωστόσο, ενώ η αξονική τομογραφία μπορεί να απεικονίσει το μαλακό ιστό κτίζει πολύ καλύτερα από τη συμβατική ακτίνα Χ, αυτό δεν έχει αρκετή αντίθεση στη λεπτομέρεια που παρέχει η μαγνητική τομογραφία. Πολλές ασθένειες, για παράδειγμα ορισμένοι όγκοι εγκεφάλου, είναι ευκολότερα εμφανείς στις εικόνες της μαγνητικής τομογραφίας από ό, τι στις αντίστοιχες εικόνες της αξονικής τομογραφίας εξ αιτίας του καλύτερου καθορισμού αντίθεσης της μαγνητικής τομογραφίας.

Η απεικόνιση της μαγνητικής τομογραφίας είναι μοναδική δεδομένου ότι μπορεί επίσης να δημιουργήσει τις λεπτομερείς εικόνες των αιμοφόρων αγγείων χωρίς τη χρήση της αντίθεσης των μέσων (αν και υπάρχει μια τάση προς τη χρήση των πρόσθετων μέσων αντίθεσης της μαγνητικής τομογραφίας αποκαλούμενο γαδολίνιο όταν απεικονίζονται τα αγγεία καθώς επίσης και ο μαλακός ιστός όπως ο εγκέφαλος). Η χρήση της απεικόνισης της μαγνητικής τομογραφίας ως διαγνωστική τεχνική συνεχίζει να αυξάνεται, επιτρέποντας τη μελέτη όλο και περισσότερων μελών του σώματος. Αρχικά, η μαγνητική τομογραφία χρησιμοποιήθηκε κυρίως να απεικονίζει τον εγκέφαλο και τη νωτιαία στήλη, και κάθε εξέταση θα μπορούσε να διαρκέσει μέχρι

1 ώρα. Ωστόσο, οι μαγνητικοί τομογράφοι μπορούν τώρα να απεικονίζουν ένα πλήθος από τα πρόσθετα κομμάτια του σώματος που περιλαμβάνει τραυματισμοί των ενώσεων (όπως ο ώμος, το γόνατο, ο αγκώνας και ο καρπός), των αιμοφόρων αγγείων (για παράδειγμα, καρωτιδικές αρτηρίες, νεφρικές αρτηρίες και περιφερειακές αρτηρίες ποδιών) και του στήθους, καθώς επίσης και των κοιλιακών και πυελικών οργάνων όπως το συκώτι ή την αρσενική και θηλυκή αναπαραγωγική ανατομία. Οι εξετάσεις της μαγνητικής τομογραφίας έχουν γίνει επίσης πολύ γρηγορότερες, συναγωνιζόμενες σε μερικές περιπτώσεις την ταχύτητα του σπειροειδούς της αξονικής τομογραφίας. Οι ειδικευμένοι χειριστές της μαγνητικής τομογραφίας με τον πιο πρόσφατο εξοπλισμό μπορούν τώρα να κάνουν τις πλήρεις στερεότυπες μελέτες (π.χ. εγκέφαλος ή γόνατο) μέσα σε τόσο λίγο όπως σε 10 λεπτά. Σε μερικές περιπτώσεις, τα συστήματα της μαγνητικής τομογραφίας που εξοπλίζονται με τις επίπεδες συσκευασίες της απεικόνισης ήχου μπορούν να χρησιμοποιήσουν τη πρόσθετη έκτακτη ανάγκη ή τα γρήγορα πρωτόκολλα για να κάνουν μια βασική επικεφαλής μελέτη μέσα σε τόσο λίγο όπως σε 5-20 δευτερόλεπτα.

5.2.4 Απεικόνιση υπερήχου και οι εφαρμογές του

Στη δεκαετία του '60 οι αρχές των εντοπισμών ανίχνευσης εφαρμόστηκαν στην ιατρική διαγνωστική απεικόνιση. Η διαδικασία υπερήχου περιλαμβάνει την τοποθέτηση μιας μικρής συσκευής που ονομάζεται μετατροπέας έναντι στο δέρμα του ασθενή κοντά στην περιοχή ενδιαφέροντος, για παράδειγμα, έναντι στην πίσω εικόνα των νεφρών. Ο μετατροπέας υπερήχου συνδυάζει τις λειτουργίες ενός στερεοφωνικού μεγάφωνου και ενός μικροφώνου σε μια συσκευή: μπορεί να διαβιβάσει τον ήχο και να λάβει τον ήχο. Αυτός ο μετατροπέας παράγει ένα ρεύμα των μη ακουσμένων, της υψηλής συχνότητας ήχου κυμάτων που διαπερνούν στο σώμα και την αναπήδηση μέσα από τα όργανα. Ο μετατροπέας ανιχνεύει τους ήχους των κυμάτων καθώς αναπηδούν μακριά ή αντηχούν πίσω από τις εσωτερικές δομές και τα περιγράμματα των οργάνων. Οι διαφορετικοί ιστοί απεικονίζουν αυτά τα ήχου κύματα διαφορετικά, προκαλώντας μια υπογραφή που μπορεί να μετρηθεί και να μετασχηματιστεί σε μια εικόνα. Αυτά τα κύματα λαμβάνονται από τη μηχανή υπερήχου και μετατρέπονται σε ζωντανές εικόνες με τη χρήση των υπολογιστών και του λογισμικού αναδημιουργίας.

Η απεικόνιση υπερήχου (επίσης αποκαλείται ανίχνευση υπερήχου ή σοναργραφία) είναι σχετικά μια ανέξοδη, γρήγορη και μιας ελεύθερη μορφή απεικόνισης της ακτινοβολίας. Ο υπέρηχος είναι άριστος για μη εισαγωγική απεικόνιση και διάγνωση

διάφορων οργάνων και όρων, χωρίς την ακτινοβολία της ακτίνας Χ. Η σύγχρονη μαιευτική ιατρική (για την καθοδήγηση της εγκυμοσύνης και την γέννηση παιδιών) στηρίζεται σε μεγάλο ποσοστό στον υπέρηχο για να παρέχει τις λεπτομερείς εικόνες. Ή απεικόνιση υπερήχου μπορεί να δείξει την εμβρυακή ανάπτυξη την λειτουργία του σώματος όπως την αναπνοή, την ούρηση και την κίνηση. Η απεικόνιση υπερήχου και η αγγειογραφία υπερήχου βρίσκουν έναν μεγαλύτερο ρόλο στην ανίχνευση, τη διάγνωση και τη θεραπεία των καρδιακών παθήσεων, την επίθεση καρδιών, το οξύ κτύπημα και την αγγειακή ασθένεια που μπορούν να οδηγήσουν στο κτύπημα. Ο υπέρηχος χρησιμοποιείται επίσης όλο και περισσότερο για να απεικονίσει τα στήθη και να οδηγήσει στη βιοψία του καρκίνου του μαστού.

5.2.5 Τρισδιάστατη ανίχνευση λέιζερ

Η τρισδιάστατη ανίχνευση λέιζερ είναι μια τρισδιάστατη τεχνολογία ψηφιοποίησης επιφάνειας που συλλαμβάνει την ψηφιακή μορφή των φυσικών αντικειμένων χρησιμοποιώντας τριγωνισμού λέιζερ τεχνολογίας. Το λέιζερ τριγωνισμού είναι μια ενεργός στερεοσκοπική τεχνική όπου η απόσταση του αντικείμενου υπολογίζεται με τη βοήθεια μιας κατευθυνόμενης πηγής φωτός και μιας βιντεοκάμερας. Μια ακτίνα λέιζερ εκτρέπεται από έναν καθρέφτη επάνω σε ένα αντικείμενο ανίχνευσης. Το αντικείμενο διασκορπίζει το φως, το οποίο συλλέγεται έπειτα από μια βιντεοκάμερα που βρίσκεται σε γνωστή τριγωνική απόσταση από το λέιζερ. Χρησιμοποιώντας την τριγωνομετρία, οι τρισδιάστατες χωρικές συντεταγμένες (X Y Z) ενός σημείου επιφάνειας υπολογίζονται. Η δυσδιάστατη σειρά της φωτογραφικής μηχανής CCD συλλαμβάνει την επιφάνεια του σχεδίου της εικόνας και ψηφιοποιεί όλα τα δεδομένα των σημείων κατά μήκος του λέιζερ. Μέσω του εξειδικευμένου λογισμικού, το τρισδιάστατο λέιζερ εξετάζει τα δεδομένα που μπορούν να συγκριθούν εύκολα με ένα αρχείο CAD, επιτρέποντας τις αποκλίσεις από το κανονικό που επιδεικνύεται γραφικά.

Το αρχικό πλεονέκτημα της ανίχνευσης λέιζερ είναι ότι η διαδικασία γίνεται χωρίς επαφή και γρήγορα και οδηγεί στις ισότιμες θέσεις που βρίσκονται άμεσα στην επιφάνεια του ανιχνευμένου αντικείμενου. Αυτό επιτρέπει στα εύθραυστα κομμάτια να μετρηθούν και καθιστά τις ανιχνευμένες ισότιμες θέσεις ιδιαίτερα χρήσιμες στις οδοντικές ή προσθετικές εφαρμογές. Η υψηλή ανάλυση και η λεπτότερη ακτίνα του λέιζερ επιτρέπουν επίσης την ανίχνευση των ιδιαίτερα λεπτομερών αντικειμένων όπου οι μηχανικοί έλεγχοι αφής μπορούν να είναι πάρα πολύ μεγάλοι για να ολοκληρώσουν τον στόχο. Επίσης, ενώ πολλά συστήματα ελέγχων αφής προσπαθούν να

υπολογίσουν τις αληθινές συντεταγμένες της επιφάνειας με την αντίληψη της εκτροπής ελέγχων, υπάρχει ορισμένη γεωμετρία όπου η εκτροπή ελέγχων μπορεί να ξεγελιέται.

5.3 Τρισδιάστατη αναδημιουργία

Η αναδημιουργία είναι η διαχωρισμένη επανοικοδόμηση από κάτι που έχει χωριστεί κατά κομμάτια. Στο ιατρικό πλαίσιο απεικόνισης, είναι συχνά απαραίτητο να αποκτηθούν τα δεδομένα από τις μεθόδους που τα ουσιαστικά χωριστά δεδομένα χωρίζονται (ή αποκτούν το ένα κομμάτι δεδομένων σε μια στιγμή) προκειμένου να είναι σε θέση να δουν τι είναι μέσα. Επίσης, ένα μεγάλο μέρος της αναδημιουργίας είναι σε θέση έπειτα να δει, ή να απεικονίσει, μια φορά όλα τα δεδομένα μόλις αυτά έχουν ξαναμπεί ξανά μαζί. Τώρα αυτά φαίνονται να είναι αρκετά διαχωρισμένα αλλά εδώ είναι μερικά παραδείγματα της πραγματικότητας:

1. Στην διαδοχική μικροσκόπηση της τομής, ο ιστός που μελετάται είναι τεμαχισμένος σε διάφορες τομές και κάθε τομή τίθεται σε ένα μικροσκόπιο. Κατόπιν, οι εικόνες κάθε τομής συλλαμβάνονται. Για να αναδημιουργήσουμε πώς ο ιστός έμοιαζε προτού να τον τεμαχίσουμε, πρέπει να βάλουμε όλες τις εικόνες όλων αυτών των τομών πίσω μαζί πάλι, ακριβώς σαν να βάζαμε τις πραγματικές τομές της πλάτης ιστού μαζί πάλι.
2. Στην ομοεστιακή μικροσκόπηση, το μικροσκόπιο μπορεί να λάβει ένα ενιαίο επίπεδο της εικόνας των δεδομένων χωρίς να πρέπει να τεμαχίσει τον ιστό. Σε αυτήν την περίπτωση, δεν πρέπει να ευθυγραμμίσουμε εκ νέου τις εικόνες των τομών πολύ, αλλά ακριβώς τις συσσωρεύουμε πίσω μαζί και απεικονίζουμε έπειτα το αποτέλεσμα.
3. Στην αξονική τομογραφία, ο ανιχνευτής αποκτά διάφορες προβολές, σαν μια ακτίνα Χ, από τις διαφορετικές θέσεις. Κατόπιν, αυτές οι διαφορετικές απόψεις μέσω του αντικείμενου (ή του προσώπου) πρέπει να συνδυάζονται για να αναδημιουργήσουν το τρισδιάστατο αντικείμενο.
4. Στην μαγνητική τομογραφία, η συσκευή απεικόνισης αποκτά διάφορα διατομικά επίπεδα δεδομένων μέσω του ιστού που μελετάται. Δεδομένου ότι όλα αυτά τα επίπεδα πρέπει να συσσωρευτούν πίσω μαζί για να λάβουν την πλήρη εικόνα αυτό που ο ιστός έμοιαζε, η μαγνητική τομογραφία συνεπάγεται από κάποιο ποσό αναδημιουργίας και επίσης, από την καλή απεικόνιση.

Αυτό βασίζεται στην τοποθέτηση των τομών πίσω μαζί, που είναι ευκολότερη για την απεικόνιση ομοεστιακής, μαγνητικής ή αξονικής τομογραφία, αλλά οι διαδοχικές τομές της αναδημιουργίας απαιτούνται ακόμα. Όσο μικρότερο είναι το αντικείμενο που

εξετάζεται, τόσο δυσκολότερο είναι να φτάσει μια απεικόνιση της τεχνικής όπως η μαγνητική τομογραφία ή η ομοεστιακή μικροσκοπηση για να δει αυτό, επειδή η πληροφορία από τις περιβάλλουσες περιοχές θολώνουν έξω το ενδιαφέρον του αντικείμενου. Κατά συνέπεια, το μικρότερο πράγμα που η μαγνητική τομογραφία μπορεί να δει είναι για 1mm^3 . Για τα ομοεστιακά μικροσκοπία, το μικρότερο αντικείμενο που μπορεί να ανιχνευτεί είναι περίπου $1/10\ \mu\text{m}$ ($1/10\ 000\ \text{mm}$). Ωστόσο, μόλις τεμαχιστεί επάνω το αντικείμενο, άλλες μορφές μικροσκοπησης όπως ένα ηλεκτρονικό μικροσκόπιο μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να δουν τα αντικείμενα σχεδόν τόσο μικρά όπως $1/10\ 000\ \mu\text{m}$ ($1/100\ 000\ 000\ \text{mm}$). Υπάρχει ακόμα νεότερη ατομική δύναμη των μικροσκοπίων που επιτρέπουν ακόμη και την ανίχνευση των μεμονωμένων ατόμων, αλλά λίγοι ερευνητές (μέχρι τώρα) έχουν κάνει τις τρισδιάστατες αναδημιουργίες σε αυτό το μικρό επίπεδο. Το πρόβλημα είναι, ωστόσο, ότι, όσο μικρότερη η κλίμακα, τα περισσότερα χειροποίητα αντικείμενα μπορούν να εισαχθούν, έτσι η διαδικασία ανοικοδόμησης γίνεται δυσκολότερη.

6.ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

6.1 Ταχεία κατασκευή ιστών

Η εφαρμοσμένη μηχανική ιστού είναι ένας αναδυόμενος τομέας που επιτρέπει να εξεταστεί το πιθανό μέλλον για την αναπαραγωγική ιατρική. Χρησιμοποιώντας αυτήν την τεχνολογία, μπορεί να είναι δυνατό να αναπαραγάγει ή να αντικαταστήσει κατεστραμμένους ιστούς με τα αυξημένα από το εργαστήριο κομμάτια όπως το οστό, το χόνδρος, τα αιμοφόρα αγγεία και το δέρμα. Η πιο κοινή βάση της έννοια της εφαρμοσμένης μηχανικής ιστού είναι να συνδυάσει ένα ικρίωμα/μια μήτρα, διαβιβάζοντας κύτταρα ή βιολογικά ενεργά μόρια για να διαμορφώσει μια εφαρμοσμένη μηχανική ιστού κατασκευή, για να προωθήσει την επισκευή και την αναγέννηση των ιστών. Το ικρίωμα αναμένεται να υποστηρίξει την αποίκιση, τη μετανάστευση, την αύξηση και τη διαφοροποίηση κυττάρων, και για να καθοδηγήσει την ανάπτυξη του απαιτούμενου ιστού ή για να ενεργήσει ως μηχανήμα παράδοσης φαρμάκων.

Η έρευνα για την κατασκευή της πορώδους δομής των ικριωμάτων για την εφαρμοσμένη μηχανική ιστού έχει πραγματοποιηθεί για τις επόμενες τρεις δεκαετίες. Οι συμβατικές τεχνικές περιλαμβάνουν τη διαλυτική ρίψη, τη σύνδεση ινών και την ελασματοποίηση μεμβρανών, κ.λ.π. Αυτή η εργασία έχει αναθεωρηθεί αλλού. Η

στερεά ελεύθερης μορφής επεξεργασία και η ταχεία πρωτοτυποποίηση εφαρμόστηκαν στη δεκαετία του '90 για να κατασκευάσουν τα σύνθετα διαμορφωμένα ικριώματα. Αντίθετα από τη συμβατική κατεργασία, η οποία περιλαμβάνει τη σταθερή αφαίρεση των υλικών, η στερεά ελεύθερης μορφής επεξεργασία είναι σε θέση να χτίσει τα ικριώματα με επιλεκτικά προσθετικά υλικά, από επίπεδο σε επίπεδο, όπως διευκρινίζεται από ένα πρόγραμμα υπολογιστών. Κάθε επίπεδο αντιπροσωπεύει τη μορφή της διατομής του πρωτοτύπου CAD σε συγκεκριμένο επίπεδο. Σήμερα, η στερεά ελεύθερης μορφής επεξεργασία αντιμετωπίζεται ως υψηλή δυνατή επεξεργασία τεχνολογία για την παραγωγή των ικριωμάτων πλατφορμών τεχνολογία. Επιπλέον, ένα από τα δυνατά οφέλη που προσφέρονται από την στερεά ελεύθερης μορφής επεξεργασίας τεχνολογία είναι η δυνατότητα να δημιουργηθούν τα κομμάτια με την ιδιαίτερα αναπαραγωγική αρχιτεκτονική και τη συνθετική παραλλαγή πέρα από ολόκληρο το καλούπι εξ αιτίας της ελεγχόμενης από τον υπολογιστή του επεξεργασία

6.1 Συστήματα βασισμένα στο λέιζερ και στις υπεριώδους ακτινοβολία πηγές φωτός

6.1.1.1 Συσσκευή στερεολιθογραφίας

Η πιο διαδεδομένη χρήση της συσκευής στερεολιθογραφίας στη βιοϊατρική βιομηχανία περιορίζεται προς το παρόν στη δημιουργία των ακριβών πρωτοτύπων για το χειρουργικό προγραμματισμό. Ωστόσο, έχουν υπάρξει ερευνητικές έρευνες σχετικά με την επεξεργασία των εμφυτεύσιμων μηχανημάτων και του ικριώματος χρησιμοποιώντας τα φωτοπολυμεριζόμενα βιολογικά υλικά με τη μέθοδο της συσκευής στερεολιθογραφίας. Θεωρητικά, η συσκευή στερεολιθογραφία παρέχει έναν υψηλό βαθμό του ελέγχου για την κατασκευή από την σχεδιασμένη του ικριώματος αρχιτεκτονική όπως η ενσωμάτωση των βιοπαραγόντων κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας διαδικασία.

Η στερεολιθογραφία βασίζεται στη χρήση μιας υπεριώδους ακτινοβολίας λέιζερ που το διάνυσμα ανιχνεύεται πέρα από την κορυφή του υγρού λουτρού ενός φωτοπολυμεριζόμενου υλικού. Η υπεριώδους ακτινοβολίας λέιζερ αναγκάζει το λουτρό να πολυμερίζει όπου η ακτίνα λέιζερ χτυπά την επιφάνεια του λουτρού, με συνέπεια τη δημιουργία ενός πρώτου στερεού πλαστικού στρώματος και ακριβώς κάτω από την επιφάνεια. Το στερεό επίπεδο έπειτα χαμηλώνει στο λουτρό και η παραγόμενη από το λέιζερ διαδικασία πολυμερισμού επαναλαμβάνεται για την παραγωγή του επόμενου επιπέδου, και ούτω καθεξής, έως ότου μια πολλαπλότητα των υπέρθετων επιπέδων λαμβάνονται, διαμορφώνοντας την επιθυμητή αρχιτεκτονική ικριωμάτων, που

αποκτιέται. Το πρόσφατο δημιουργημένο επίπεδο σε κάθε περίπτωση χαμηλώνει πάντα σε μια θέση για τη δημιουργία του επόμενου επιπέδου ελαφρώς κάτω από την επιφάνεια του υγρού λουτρού. Μόλις το ικρίωμα είναι πλήρες, η πλατφόρμα αυξάνεται από τη δεξαμενή και η υπερβολική ρητίνη στραγγίζεται. Το ικρίωμα έπειτα αφαιρείται από την πλατφόρμα, πλένεται στην υπερβολική ρητίνη και τοποθετείται έπειτα σε μιας υπεριώδους ακτινοβολίας φούρνο για μια τελική θεραπεία.

Για τις βιομηχανικές εφαρμογές οι ρητίνες φωτοπολυμερούς είναι μίγματα απλού χαμηλού μοριακού βάρους μονομερή ικανά στις αντιδρώντες αλυσίδες για να σχεδιάσουν τις στερεά μακριά αλυσίδα πολυμερή όταν ενεργοποιούνται από την ακτινοβολία ενέργεια μέσα σε μια συγκεκριμένη σειρά του μήκους κύματος. Τα εμπορικά υλικά χρησιμοποιημένα από την συσκευή στερεολιθογραφίας εξοπλισμό βασίζονται σε εποξύ ή σε ακρυλάτη ρητίνες που προσφέρουν τα ισχυρά, ανθεκτικά και ακριβή κομμάτια/πρωτότυπα. Ωστόσο, αυτό το υλικό δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ικρίωμα υλικό εξ αιτίας της έλλειψης βιοσυμβατικότητας και βιοδιασπασιμότητας. Ως εκ τούτου, η περιορισμένη επιλογή φωτοπολυμερισμού στα βιολογικά υλικά είναι ένας σημαντικός περιορισμός για τη χρήση της τεχνικής συσκευής στερεολιθογραφίας στο σχέδιο και την επεξεργασία των ικριωμάτων για την εφαρμοσμένη μηχανική ιστού εφαρμογές. Ωστόσο, τα βιοσυμβατά ακρυλικά, βασισμένα πολυμερή στο ανυδρίδιο και οξειδίο πολυαιθυλενίου μπορούν να εξερευνηθούν στη μελλοντική έρευνα, δεδομένου ότι είναι ήδη στην έρευνα ή στο κλινικό στάδιο χαρακτηριστικά ως ιάσιμα ή ενχύσιμα. Η παραλλαγή εγκάρσιας διάβασης λέιζερ ή η ένταση ταχύτητας μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να ποικίλουν στην διασύνδεση ή στην πυκνότητα πολυμερών μέσα σε ένα επίπεδο έτσι ώστε οι ιδιότητες του υλικού μπορούν να ποικίλουν από θέση σε θέση μέσα στο ικρίωμα. Αυτό θα το καθιστούσε πιθανό να κατασκευάσει το αποκαλούμενο διφασικό ή τριφασικό μήτρας συστήματα.

6.1.1.2 Εκλεκτική συμπύκνωση λέιζερ (SLS)

Η εκλεκτική συμπύκνωση λέιζερ χρησιμοποιεί επίσης μια ακτίνα λέιζερ, αλλά για να συμπυκνώσει τις περιοχές μιας αόριστης συμπιεσμένης σκόνης. Σε αυτήν την μέθοδο, ένα λεπτό επίπεδο της σκόνης διαδίδεται ομοιόμορφα επάνω σε μια επίπεδη επιφάνεια με έναν μηχανισμό κυλίνδρων. Η σκόνη είναι έπειτα περιοχή αναπαραγωγής ειδώλου που ανιχνεύεται με μια υψηλής ισχύος ακτίνα λέιζερ. Το υλικό σκόνης που χτυπιέται από τη ακτίνα λέιζερ λιώνεται, ενώ οι άλλες περιοχές της σκόνης

παραμένουν χωρισμένες. Διαδοχικά τα επίπεδα της σκόνης κατατίθενται και η περιοχή αναπαραγωγής ειδώλου ανιχνεύεται, το ένα πάνω από άλλο, έως ότου ένα ολόκληρο κομμάτι ολοκληρώνεται. Κάθε επίπεδο συμπυκνώνεται αρκετά βαθειά για να συνδεθεί με το προηγούμενο επίπεδο.

6.1.1.3 Τοποθέτηση του επιπέδου στο αντικείμενο κατασκευής(LOM)

Η τοποθέτηση του επιπέδου στο αντικείμενο κατασκευής είναι μια διαδικασία όπου τα μεμονωμένα επίπεδα κόβονται από ένα φύλλο του λέιζερ ελεγχόμενο από τον υπολογιστή, και μετά τα μεμονωμένα επίπεδα συνδέονται μαζί για να διαμορφώσουν ένα τρισδιάστατο αντικείμενο. Η τοποθέτηση του επιπέδου στο αντικείμενο κατασκευής έχει χρησιμοποιηθεί για την επεξεργασία των βιοενεργών μοσχευμάτων κόκαλων, χρησιμοποιώντας HA και το ασβέστιο φωσφορικού άλατος. Κάτω από την επιφάνεια του φύλλου αλουμινίου έχει έναν σύνδεσμο που, όταν πιέστηκε και θερμάνθηκε από τον κύλινδρο, τον αναγκάζει να κολλήσει στο προηγούμενο φύλλο αλουμινίου. Μόλις χτιστούν τα κομμάτια, το εξωτερικό της τομής εκκολάπτεται για να βοηθήσει την αφαίρεση του υπερβολικού υλικού, σε αντιδιαστολή με τις βασισμένες στο ρευστό διαδικασίες (π.χ. διαδικασία συσκευής στερεολιθογραφίας), όπου το εσωτερικό εκκολάπτεται. Το μειονέκτημα είναι η παραγωγή των καμένων ακρών λόγω της περικοπής λέιζερ, όχι βέβαια ένα ζήτημα με τις περισσότερες εφαρμογές, αλλά δημιουργεί τα ανεπιθύμητα και ενδεχομένως επιβλαβή συντρίμια στις βιοϊατρικές εφαρμογές. Υλική υποβάθμιση στη θερμαινόμενη ζώνη μπορεί επίσης να εμφανιστεί. Η ανάπτυξη μιας νέας έννοιας μηχανών χρησιμοποιεί μια λεπίδα αντί του λέιζερ, και αυτή η τεχνολογία μπορούσε να έχει μια μεγαλύτερη δυνατότητα για την εφαρμογή στην επεξεργασία των ικριωμάτων.

6.1.1.4 Στερεά επίγεια θεραπεία (SGC)

Εκτός από την κλασική βασισμένη σε λέιζερ συσκευή στερεολιθογραφίας διαδικασία, οι εναλλακτικές διαδικασίες που χρησιμοποιούν τις ψηφιακές γεννήτριες μασκών, π.χ. υγρές επιδείξεις κρυστάλλου ή ψηφιακές συσκευές καθρεφτών, έχουν χρησιμοποιηθεί επιτυχώς για να χτίσουν τις δομές από τα πολυμερή και τα κεραμικά. Στη ταχεία πρωτοτυποποίηση λογοτεχνία αυτή η διαδικασία επίσης ονομάζεται στερεά επίγεια θεραπεία. Σε αντίθεση με το παραδοσιακό της υπεριώδους ακτινοβολία λέιζερ που βασίστηκε στην συσκευή στερεολιθογραφίας, τα συστήματα της ψηφιακής ελαφριάς επεξεργασίας είναι σημαντικά φτηνότερα και επομένως πιο ευπροσάρμοστα όσον

αφορά τις τροποποιήσεις του υλικού. Συγχρόνως, οι μηχανές της ψηφιακής ελαφριάς επεξεργασίας μπορούν να εκθέσουν ένα ολόκληρο επίπεδο αμέσως, ενώ τα βασισμένα σε λέιζερ συστήματα πρέπει να ανιχνεύσουν το περίγραμμα του αντικειμένου διαδοχικά. Τα συστήματα της ψηφιακής ελαφριάς επεξεργασίας βασίζονται σε μια ψηφιακή μικροκαθρέφτισης συσκευή (όπως χρησιμοποιείται στα καταναλωτικά ηλεκτρονικά). Με την προβολή ενός δυαδικού αρχείου εικόνας επάνω στη φωτοευαίσθητη ρητίνη, η υγρή ρητίνη μπορεί να σταθεροποιηθεί επιλεκτικά. Θεωρητικά, τα συστήματα της ψηφιακής ελαφριάς επεξεργασίας μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να κατασκευάσουν τα ικρίωματα με την υψηλή ανάλυση και τη γεωμετρική πολυπλοκότητα. Ωστόσο, μια προϋπόθεση είναι η διαθεσιμότητα ενός ελαφρύ, ιάσιμου, βιοσυμβατού πολυμερούς υλικού.

Η ευρύτερη εφαρμογή της στερεάς επίγειας θεραπείας στο σχεδιασμό των ικριωμάτων οδηγείται κυρίως από τις αναπτύξεις στα φωτοχημικά του οδηγούμενου σχηματισμού τεχνολογία του πηκτώματος των βιομακρομορίων που τροποποιούνται χημικά με τις φωτοδιμερισμού ομάδες. Οι πρόσφατες αναθεωρήσεις συνοψίζουν τη χημεία και τη λογική χρησιμοποιώντας αυτά τα πολυμερή στην βασισμένη από το ικρίωμα εφαρμοσμένη μηχανική ιστού.

6.2 Ορθοπεδικά εμφυτεύματα

6.2.1 Εισαγωγή

Εκατομμύρια άνθρωποι υποβάλλονται παγκοσμίως σε χειρουργική επέμβαση κάθε έτος για να λάβουν ορθοπεδικά μοσχεύματα. Οι πιο κοινοί τύποι αντικαταστάσεων περιλαμβάνουν τις ενώσεις ισχίων ή γονάτων, και ο αριθμός χειρουργικών επεμβάσεων που πραγματοποιούνται κάθε έτος αναμένεται να αυξηθεί αισθητά στην επόμενη δεκαετία. Η άνοδος στις κοινές χειρουργικές επεμβάσεις αντικατάστασης αποδίδεται σε παράγοντες όπως στην αύξηση του ηλικιωμένου πληθυσμού, στους πιο ενεργούς τρόπους ζωής και στην αυξανόμενη παχυσαρκία. Δυστυχώς, η αντικατάσταση των ενώσεων δεν διαρκούν κατά τρόπο αόριστο. Όταν το μόσχευμα φθείρει ή ένα από τα συστατικά έχει χαλαρώσει, ο ασθενής πρέπει να περάσει από μια χειρουργική επέμβαση αναθεώρησης. Αυτό περιλαμβάνει την αφαίρεση τον παλαιού μοσχεύματος και την παρεμβολή ενός νέου. Οι χειρουργικές επεμβάσεις αναθεώρησης είναι συχνά πιο περίπλοκες από ότι η αρχική χειρουργική επέμβαση, και οι περισσότεροι άνθρωποι μπορούν μόνο να περάσουν από 1-3 αναθεωρήσεις

στη ζωή τους. Η μακροζωία ενός μοσχεύματος εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Εμπειρικά, τα μοσχεύματα διαρκούν 10-15 έτη για τους παλαιότερους ασθενείς και ακόμα λιγότερο για τους νεώτερους ή τους πιο ενεργούς ασθενείς. Ένας σοβαρός παράγοντας είναι η αρχική τακτοποίηση του μοσχεύματος, η οποία επηρεάζεται από το μέγεθος του μοσχεύματος που επιλέγεται από τον παθολόγο και η ακρίβεια της προετοιμασίας των οστών. Σύμφωνα με μελέτη, η μέση επιφάνεια επαφών μεταξύ του οστού και του μοσχεύματος είναι μόνο 53% εξ αιτίας των εργαλείων χειρός και των τεμνόντων οδηγών που χρησιμοποιήθηκαν. Τα περισσότερα μοσχεύματα ισχίων και γονάτων έρχονται σε 5-7 γενικές μορφές και σχεδιάζονται βάσει του μέσου ασθενή. Ένα μεγάλο ποσοστό των αναθεωρήσεων μοσχευμάτων γίνεται απαραίτητο λόγω της χαλάρωσης των συστατικών. Η χαλάρωση συχνά προκαλείται από το οστό που αναδιαμορφώνει ως αποτέλεσμα τις συγκεντρώσεις πίεσης στις δομές των οστών (δηλαδή το οστό μεταμορφώνεται). Τα σύγχρονα εργαλεία χειρός χρησιμοποιήθηκαν στη χειρουργική επέμβαση για να διαμορφώσουν το οστό και για να εγκαταστήσουν την πρόσθεση που έχουν περιορίσει το σχέδιο των τμημάτων μοσχευμάτων στο παρελθόν. Δεδομένου ότι τα πριόνια, και τα τρυπάνια χρησιμοποιούνται για να διαμορφώσουν το οστό, η διεπαφή μεταξύ του μοσχεύματος και του οστού πρέπει να περιλάβει τις επίπεδες ή κυλινδρικές επιφάνειες. Για να λύσουν μερικά από τα προβλήματα σχετικά με την αναδιαμόρφωση των οστών και για να επιτύχουν μια καλύτερη τακτοποίηση για κάθε ασθενή, τα συνηθισμένα σχεδιασμένα τμήματα μοσχευμάτων έχουν αρχίσει πρόσφατα να εμφανίζονται. Σε πολλές περιπτώσεις, τα ίδια ορθοπεδικά εργαλεία χειρών χρησιμοποιούνται στη χειρουργική επέμβαση, και το σύνηθες μόσχευμα διαμορφώνεται όπως τα συμβατικά μοσχεύματα. Η μόνη διαφορά είναι ότι το μέγεθος του μοσχεύματος προσαρμόζεται για τον ασθενή. Οι ερευνητές μπορούν να προσαρμόσουν ολόκληρο το μόσχευμα με το σχεδιασμό των συνηθισμένων εργαλείων και των τεμνόντων οδηγών για να πάνε μαζί με τα μοσχεύματα στα οποία και το μέγεθος και η μορφή έχουν προσαρμοστεί για να ταιριάξουν τον ασθενή. Η επεξεργασία της προσθετικής υποδοχής για κάτω από τα γόνατα των ανάπηρων είναι πάντα ένας χρονοβόρος και περίπλοκος στόχος. Δεδομένου ότι οι όροι του κάθε ασθενούς κολοβώματος διαφέρουν, κάθε υποδοχή πρέπει να προσαρμοστεί. Κατά συνέπεια, πολλή πείρα απαιτείται επίσης στην περιοχή του προσθετικού. Λόγω της ελεύθερης μορφής του σχήματός του, δεν είναι ένας εύκολος στόχος να εκτελεσθεί η ανάλυση σχεδίου και να αυτοματοποιηθεί η διαδικασία επεξεργασίας της υποδοχής.

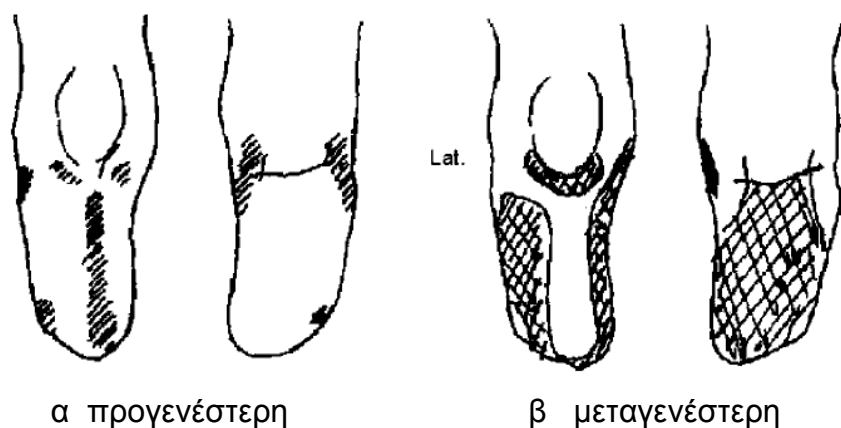
6.2.1.1 Διαδικασία της τεχνικής πρόσθεσης κάτω από το γόνατο

Η διαδικασία περιλαμβάνει αρχικά την ενυδάτωση ενός επιδέσμου στο νερό και το ασβεστοκονίαμα, και έπειτα το τύλιγμα του στρώματος του επιδέσμου γύρω από το κολόβωμα του ασθενή για να λάβει τη μορφή της. Η σύνθεση επιδέσμων/ασβεστοκονιάματος επιτρέπεται έπειτα για να σκληρύνει. Η υποδοχή αφαιρείται από το κολόβωμα και χρησιμοποιείται ως αρνητική φόρμα.

Το ασβεστοκονίαμα χύνεται στην αρνητική φόρμα. Κάποιος χρόνος πάλι επιτρέπεται για το ασβεστοκονίαμα για να σκληρύνει πριν από την αρνητική φόρμα που κόβεται ανοικτά για να εξαγάγει τη θετική φόρμα μέσα. Τέλος, η επιφάνεια της θετικής φόρμας απαλύνεται. Εναλλακτικά, ένας πρόσθετος ψηφιοποιητής χρησιμοποιείται για να ψηφιοποιήσει το εσωτερικό της αρνητικής φόρμας. Τα μεταλλαγμένα δεδομένα στέλνονται έπειτα σε μια CNC μηχανή για να χαράξουν έξω τη θετική φόρμα.

6.2.1.2 Διαμόρφωση της θετικής φόρμας

Καταρχήν, οι ευαίσθητες περιοχές στο κολόβωμα, που δεν μπορούν να πάρουν πάρα πολύ φορτίο, πρέπει να προσδιοριστούν, για παράδειγμα, σε περιοχές από τις πλευρές του γονάτου και του ακραίου τέλους του κολοβώματος (σκιασμένες περιοχές στο σχήμα 6.2.1α).



Σχήμα:6.2.1 Ευαίσθητες και ανεκτικές από την πίεση περιοχές στο κολόβωμα.

Σε αυτές τις θέσεις, η ανακούφιση πρέπει να παρασχεθεί ώστε να αποτραπεί οποιαδήποτε αγχωτική επαφή μεταξύ αυτών των ευαίσθητων περιοχών και της

προσθετικής υποδοχής. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την εφαρμογή του πρόσθετου ασβεστοκονιάματος σε αυτές τις περιοχές, έτσι ώστε η προσθετική υποδοχή που παράχθηκε θα έχει τις κοιλότητες και να μην έχουν μια σφιχτή τακτοποίηση πέρα από το κολόβωμα σε αυτές τις περιοχές. Διαφορετικά, αυτό μπορεί επίσης να αφεθεί μόνο επειδή, κατά τη διάρκεια της παραγωγής της προσθετικής υποδοχής, ένα επίπεδο του υφάσματος θα τυλιχτεί πέρα από τη θετική φόρμα προτού να χυθεί το εποξικό ακριβώς απέναντι. Ως εκ τούτου, όταν αφαιρείται το ύφασμα, το η χορήγηση εισάγεται αυτόματα.

Σε μια περιοχή όπου μπορεί να πάρει φορτίο, για παράδειγμα, ακριβώς κάτω από το γόνατο (σκιασμένες περιοχές στο σχήμα 6.2.1β), το περισσότερο υλικό αφαιρείται έτσι ώστε η πρόσθεση θα καθίσει σωστά σε αυτές τις περιοχές οι οποίες μπορούν να εξυπηρετηθούν όπως στις στηρίξεις. Η διαμόρφωση της θετικής φόρμας είναι μια διαδικασία που απαιτεί πείρα. Το προσθετικό θα αισθανθεί τη δομή οστών του ασθενή και θα αποφασίσει το ποσό υλικού που αφαιρείται στις ανεκτικής πίεσης περιοχές. Υπάρχουν πακέτα λογισμικού που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να διευκολύνουν αυτές τις διαδικασίες. Το λογισμικό θα δεχτεί τα δεδομένα CAD και θα εκτελέσει τις απαραίτητες τροποποιήσεις χρησιμοποιώντας τους ειδικούς τύπους σχεδίου (ένα είδος έμπειρου συστήματος). Υπάρχει ένας κατάλογος ειδικών προσθετικών από τα οποία ένας χρήστης μπορεί να επιλέξει να κάνει τις απαραίτητες τροποποιήσεις. Ως εκ τούτου, η παραγωγή μπορεί να είναι αρκετά διαφορετική, ανάλογα με το επιλεγμένο προσθετικό, αλλά η γενική οδηγία είναι βασισμένη στα βήματα που εξηγούνται ανωτέρω.

6.2.1.3 Επεξεργασία της πρόσθεσης

Στην επεξεργασία μιας προσθετικής υποδοχής, ένα επίπεδο της δομής αρχικά τυλίγεται πέρα από τη θετική φόρμα. Στη συνέχεια, ένα έλασμα του υλικού τοποθετείται πέρα από την δομή. Δύο είδη υλικού μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε αυτήν την περίπτωση: φύλλο οξικού άλατος ή φύλλο πολυπροπυλενίου. Το εποξικό χύνεται έπειτα στο διάστημα μεταξύ της δομής και του ελάσματος του υλικού. Με την χρησιμοποίηση ενός κενού συστήματος για να απορροφήσει έξω τον αέρα, το εποξικό σύρεται στο ύφασμα. Μετά επιτρέποντας στο εποξικό να σκληρύνει, αυτή η διαδικασία επαναλαμβάνεται άλλες 4-6 φορές, ανάλογα με το μέγεθος και το βάρος του ασθενή. Όταν η προσθετική υποδοχή κατασκευάζεται, ο άξονας και το τεχνητό πόδι επιτίθενται επάνω σε αυτό για να παραγάγουν την πρόσθεση των χαμηλών άκρων. Τέλος, η

πρόσθεση ολοκληρώνεται κατάλληλα για να του δώσει μια περισσότερο γενική μορφή, (δείτε Σχήμα 6.2.2).



Σχήμα:6.2.2 Ολοκληρωμένη πρόσθεση.

6.2.1.4 Διαμόρφωση, ανάλυση και επεξεργασία

Με τη ανάλυση πεπερασμένων δεδομένων και την ταχεία πρωτοτυποποίηση η προαναφερθείσα κουραστική διαδικασία μπορεί ενδεχομένως να απλοποιηθεί και να μικρύνει. Ο μακροπρόθεσμος στόχος είναι να είναι σε θέση να αναπτύξει ένα αναλυτικό εργαλείο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να προβλέψει τη διανομή πίεσης σε μια προσθετική υποδοχή σχεδίου και να αυτοματοποιήσει πλήρως τη διαδικασία της επεξεργασίας μιας πρόσθεσης. Η διαδικασία στερεολιθογραφίας στηρίζεται σε μια υπεριώδη ακτίνα λέιζερ ανίχνευσης για να σκληρύνει διαδοχικά λεπτά στρώματα του φωτοπολυμερούς, κατασκευάζοντας κάθε επίπεδο πάνω από το προηγούμενο επίπεδο έως ότου έχει διαμορφωθεί ένα τρισδιάστατο κομμάτι. Με την ανάπτυξη των ανθεκτικών και ισχυρών υλικών κατάλληλα με τον πολυμερισμό, η μέθοδος στερεολιθογραφίας της επεξεργασίας έχει μια υψηλή πιθανότητα της παραγωγικότητας στα λειτουργικά προσθετικά κομμάτια και συγχρόνως μικραίνει την παραγωγή στη χρονική ανοχή.

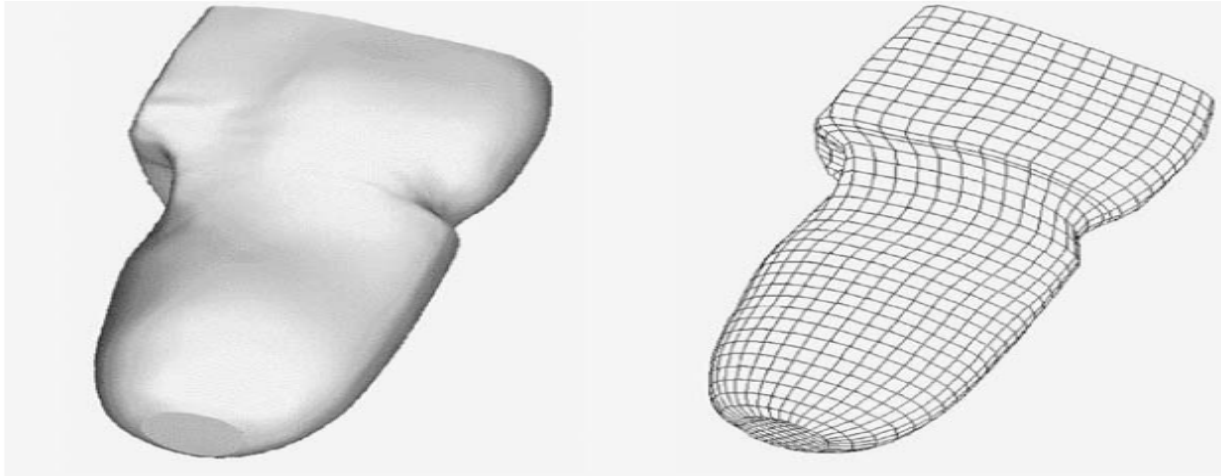
6.2.2 Διευκολυμένη με τον υπολογιστή προσέγγιση

Δεδομένου ότι η διαδικασία σχήματος είναι πολύ κουραστική, ο στόχος είναι να αυτοματοποιηθεί όσο το δυνατόν περισσότερο. Αυτό μπορεί να αρχίσει με τα δεδομένα ανίχνευσης αξονικής τομογραφίας ή μαγνητικής τομογραφίας του κολοβώματος και της μετατροπής του συνόλου δεδομένων σε ένα πρωτότυπο CAD ή ένα αρχείο στερεολιθογραφίας. Λογισμικό αποκαλούμενο Mimics χρησιμοποιείται για να μετατρέψει τα αρχεία της αξονικής τομογραφίας ή μαγνητικής τομογραφίας στο περίγραμμα ή τα αρχεία στερεολιθογραφίας, και κάποιο άλλο λογισμικό CAD μπορεί να διαβάσει σε αυτά τα αρχεία περιγράμματος και να παραγάγει ένα πρωτότυπο CAD. Ένα πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι θα είναι σε θέση επίσης να παρέχει τα δεδομένα για την εσωτερική δομή, π.χ. το οστό ή ο ιστός, οι οποίοι είναι χρήσιμοι για την πεπερασμένη ανάλυση δεδομένων. Τέλος, το πρωτότυπο CAD υποβάλλεται σε επεξεργασία και στέλνεται στη μηχανή στερεολιθογραφίας για την επεξεργασία της προσθετικής υποδοχής.

6.2.2.1 Διαμόρφωση CAD

Ένα τρισδιάστατο πρωτότυπο CAD μιας αριστερής επιγονατιδικού-τένοντα-ρουλεμάν προσθετικής υποδοχής κάτω από το γόνατο με ένα μήκος περίπου 20cm κατασκευάζεται από μια τροποποιημένη θετική φόρμα ενός κολοβώματος. Η φόρμα μεταλλάσσεται με έναν τρόπο επίπεδο από επίπεδο στα δεδομένα περιγράμματος χρησιμοποιώντας μια ισότιμη μετρητική μηχανή. Συνολικά υπάρχουν 46 περιγράμματα που παράχθηκαν στο ποικίλο ύψος, με περισσότερα περιγράμματα να λαμβάνονται στις περιοχές με τις περίπλοκες επιφάνειες, π.χ. στο επίπεδο γονάτων.

Μια εξωτερική επιφάνεια δημιουργείται επίσης από ένα άλλο σύνολο καμπυλών η οποία δημιουργήθηκε αντισταθμίζοντας τις αρχικές καμπύλες στη Χ-Υ κατεύθυνση από μια σταθερή απόσταση 3mm. Με αυτόν τον τρόπο, αυτές οι δύο επιφάνειες χρησιμεύουν να εσωκλείσουν ένα λεπτό τμήμα με ένα πάχος 3mm. Αν και η συσκευασία FEM είναι σε θέση να αναλύσει το πρωτότυπο ως δεδομένο κοχυλιών, περαιτέρω τροποποιήσεις στο πάχος μιας ιδιαίτερη θέση δεν είναι επιτρεπτή. Ωστόσο, με τις δύο επιφάνειες, οι εντοπισμένες τροποποιήσεις του πάχους μπορούν να γίνουν εύκολα στην εξωτερική επιφάνεια χωρίς αλλαγή της εσωτερικής επιφάνειας.

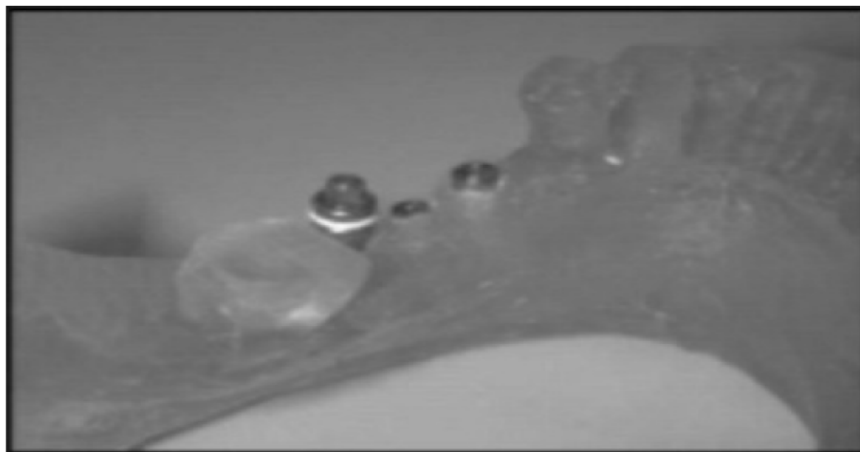


α Τρισδιάστατη επιφάνεια πρωτοτύπου και β Πεπερασμένα στοιχεία πρωτοτύπου

Σχήμα 6.2.3: Επιφάνεια και πεπερασμένα δεδομένα πρωτοτύπου της προσθετικής υποδοχής κάτω από το γόνατο.

6.3 Ορθοδοντική

Η χρήση της γρήγορης κατασκευής έχει χρησιμοποιηθεί στην ορθοδοντική, και ιδιαίτερα για εμφύτευση του στόματος. Τα μοσχεύματα τεχνητών δοντιών συνδέονται με την κάτω γνάθο και τη γνάθο από τη σταθεροποίηση βιδών.



Σχήμα 6.3.1 : Προσομοίωση μοσχευμάτων

Η διάτρηση από τις σχετικά μακροχρόνιες τρύπες σε τέτοιες στενές δομές οστών σε μια ακριβή θέση απαιτεί τη μεγάλη ακρίβεια και όταν διευθύνεται με το χέρι είναι επιρρεπές σε λάθος. Αντίστροφα η εφαρμοσμένη μηχανική και η γρήγορη κατασκευή

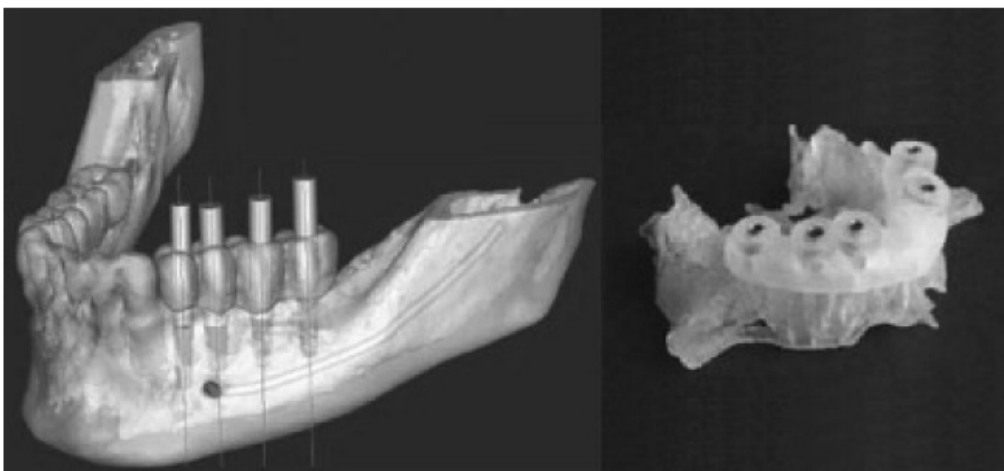
έχει χρησιμοποιηθεί για να επιτρέψει την παραγωγή από τα βοηθητικά εργαλεία και τους οδηγούς που παρέχουν τη βελτιωμένη ακρίβεια, μεγαλύτερη ταχύτητα θεραπείας και ουσιαστικά μηδέν κίνδυνο λανθασμένης τοποθέτησης.

Τα πρωτότυπα στερεολιθογραφίας έχουν χρησιμοποιηθεί στην προεγχειριστική προσομοίωση προγραμματισμού και στις χειρουργικές επεμβάσεις για τα οδοντικά μοσχεύματα (που καταδεικνύονται στο σχήμα 6.3.1). Η διαφάνεια του πρωτοτύπου παρείχε στο χειρουργό την πληροφορία για την εσωτερική δομή, η οποία το κατέστησε ευκολότερο να εργαστεί. Μετά από την επαλήθευση ήταν σαφές ότι ο σωστός προσδιορισμός θέσης του μοσχεύματος κάνει αυτό ένα πολύ ισχυρό εργαλείο για την προεγχειριστική προσομοίωση και την επαλήθευση.

Οι ορθοδοντικοί οδηγοί τρυπανιών έχουν αποδειχθεί για να ανακουφίσουν τους χειρουργούς από τις ανησυχίες σχετικά με τον προσδιορισμό θέσης και την τοποθέτηση που επέτρεψαν την αποδοτικότερη θεραπεία.

Η επιχείρηση υλοποίησης παράγει το λογισμικό προϊόντων για τον καθορισμό και την παραγωγή των απαραίτητων οδηγών γεωμετρίας που προέρχεται από τα δεδομένα επιθεώρησης (δηλ. αξονική τομογραφία), και παρέχει επίσης μια υπηρεσία της κατασκευής των οδηγών. Αυτοί καλούνται SimPlant και SurgiGuides αντίστοιχα. Τα παραδείγματα παρουσιάζονται στο σχήμα 6.3.2.

Η έρευνα έχει πραγματοποιηθεί στην γρήγορη κατασκευή στα οδοντικά μοσχεύματα στους ίδιους.



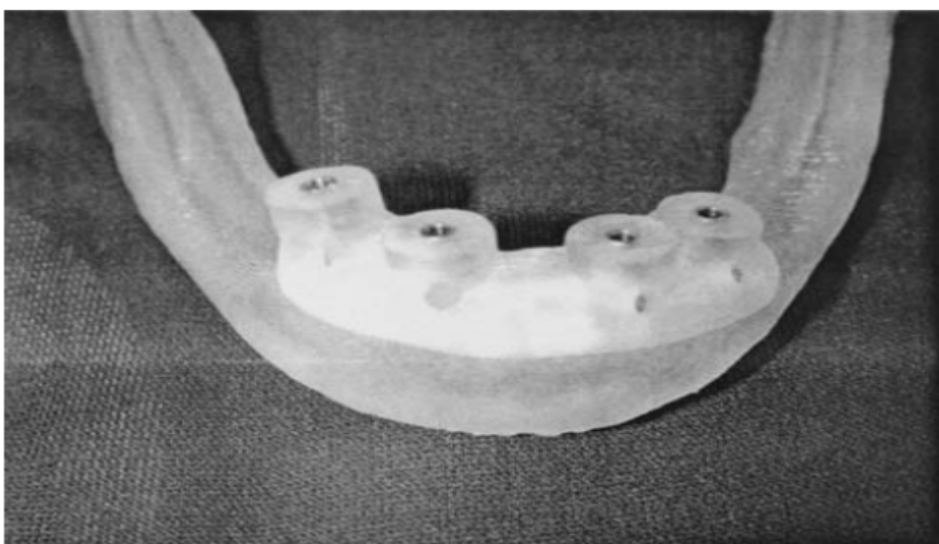
Σχήμα : 6.3.2 Παράδειγμα προγραμματισμού μοσχευμάτων με SimPlant και το πρωτότυπο οδηγών από SurgiGuides.

Η επιτυχής εκμετάλλευση της γρήγορης κατασκευής στις τεχνολογίες στις υψηλές εντάσεις για τις ορθοδοντικές εφαρμογές αντιπροσωπεύεται από Align τεχνολογίες, οι οποίες παράγουν το σύστημα Invisalign για την αποκατάσταση δοντιών. Η θεραπεία αποτελεί τον ασθενή φορώντας μια διαδοχική σειρά προσαρμοσμένων σαφών πλαστικών ευθυγραμμιστών. Κάθε ευθυγραμμιστής στη σειρά παράγεται έμμεσα από τα μεμονωμένα πρωτότυπα στερεολιθογραφίας. Οι Align τεχνολογίες ισχυρίζονται 40000 θεραπείες που αξιώνουν μέχρι σήμερα 18-30 ευθυγραμμιστές (και επομένως πρωτότυπα στερεολιθογραφίας) παράχθηκαν για κάθε περίπτωση.

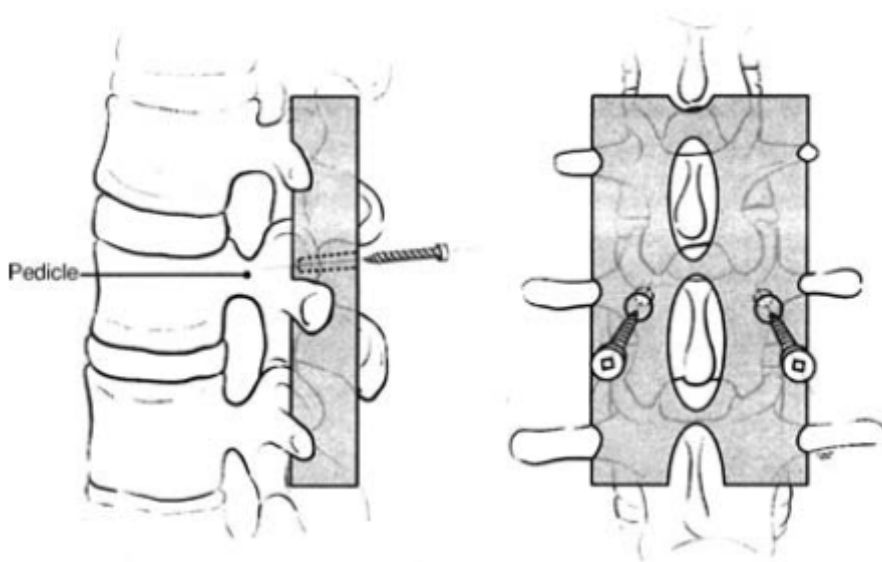
Η χρήση της γρήγορης κατασκευής στην ορθοδοντική είναι μια εφαρμογή που εμπορικά γρήγορα έχει χρησιμοποιηθεί. Η τεχνολογία έχει καταστήσει τις προηγουμένως λεπτές και απαιτητικές διαδικασίες εμφύτευσης πιο εφικτές και στη συνέχεια γίνεται όλο και περισσότερο κοινή.

6.3.1. Συσκευές επεξεργασίας συνήθης με προηγμένη ψηφιοποιημένη κατασκευή

Οι προηγμένες τεχνικές κατασκευής μπορούν επίσης να βοηθήσουν κοντά στο τμήμα μεταξύ του ψηφοποιημένου προγραμματισμού και την παράδοση της θεραπείας. Υπάρχουν διάφορα παραδείγματα της ταχείας πρωτοτυποποίησης τεχνολογίας που χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία των μηχανημάτων για να βοηθήσουν στην εφαρμογή των χειρουργικών επεμβάσεων. Οι οδηγοί τρυπανιών για τα οδοντικά μοσχεύματα (σχήμα 6.3.3), αγγεία χρησιμοποίησαν την CMF χειρουργική επέμβαση για να βοηθήσουν να ευθυγραμμίσουν τα τμήματα οστών.



Σχήμα 6.3.3 : Χειρουργικός οδηγός τρυπανιών για την οδοντική τοποθέτηση μοσχευμάτων.



Σχήμα 6.3.4: Σκίτσο έννοιας του πρωτοτύπου για την εισαγωγή βιδών pedicle

Τέτοιοι βοηθοί θεραπείας ενσωματώνουν συγκεκριμένα του ασθενούς ανατομικά χαρακτηριστικά, χαρακτηριστικά αρνητικά της μοναδικής δομής οστών που συμπληρώνουν την ανατομία που στοχεύει στη διαδικασία. Για παράδειγμα, οδηγοί τρυπανιών χρησιμοποιήθηκαν για τα οδοντικά μοσχεύματα κατάλληλα βολικά πέρα από το οστό του σαγονιού μόνο σε μια πιθανή θέση. Μια φορά σε θέση οι τρύπες στον οδηγό, που αντιστοιχούν στις προγραμματισμένες τροχιές μοσχευμάτων, περιορίζουν το τρυπάνι του παθολόγου κατά μήκος των πορειών που σχεδιάστηκαν πριν από τη διαδικασία στον υπολογιστή. Με τους οδηγούς τρυπανιών στη θέση, ο παθολόγος μπόρεσε γρήγορα και με βεβαιότητα να τρυπήσει με τρυπάνι στο οστό χωρίς χρησιμοποίηση των παραδοσιακών τεχνικών ευθυγράμμισης ή με την απευθείας σύνδεση απεικόνισης της ακτίνας Χ. Αυτό είναι ένα άριστο παράδειγμα για το πώς η σύγχρονη κατασκευή μπορεί να διευκολύνει την εφαρμογή ενός σχεδίου θεραπείας που σχεδιάστηκε ουσιαστικά. Οι παρόμοιοι τύποι του συνήθους μηχανήματος έχουν προταθεί για τη νωτιαία τοποθέτηση βιδών pedicle (σχήμα 6.3.2) και τη χειρουργική επέμβαση για τα πυελικά σπασίματα. Σύμφωνα με τις ίδιες γραμμές, τα πρωτότυπα για τις ογκομετρικές οπισθοτομίες στη νευροχειρουργική έχουν προταθεί. Αυτές οι

συσκευές ταιριάζουν με τα περιγράμματα της περιβάλλουσας οστεώδους ανατομίας και περιλαμβάνουν ένα παράθυρο που αποκόπτει για να δείξει τα σύνορα ενός τραύματος που έχει γίνει εκτομή. Τα συνήθης μηχανήματα στερεοταξίας που κατασκευάζονται χρησιμοποιώντας τις τεχνικές της γρήγορης ψηφοποιημένης κατασκευής έχουν προταθεί και είναι διαθέσιμα στο εμπόριο. Αυτοί στηρίζονται συχνά σε βίδα στους καθοδηγητικούς δείκτες που τοποθετούνται στο κεφάλι του ασθενή, που περιβάλλει την προτεινόμενη χειρουργική περιοχή εισόδων, πριν από την απεικόνιση. Αυτές οι ανιχνεύσεις χρησιμοποιούνται έπειτα ως βάση για την τροχιά μιας βελόνας ή στη βελόνα βιοψιών που θα εισαγάγουν ένα ηλεκτρικό διεγερτικό σε έναν βαθύ πυρήνα του εγκεφάλου. Μόλις αυτή η τροχιά προγραμματίζεται όσον αφορά τα δεδομένα εικόνας, και επομένως οι καθοδηγητικοί δείκτες είναι παρών επίσης στην ανίχνευση, ένας φυσικός οδηγός μπορεί να κατασκευαστεί (FHC ,Crop, Bowdoinham, ME, United States). Αυτός ο οδηγός θα τοποθετήσει στους καθοδηγητικούς δείκτες, ακόμα παρουσιάζει στο κεφάλι του ασθενή, και θα χρησιμεύσει να στοχεύσει τα όργανα στο προγραμματισμένο ενδοχειρουργικό σημείο στόχων. Το όφελος μια τέτοια προσέγγιση είναι ότι ένα ογκώδες, της εισβολής πλαίσιο αποφεύγεται και ο ασθενής δεν χρειάζεται να παραμείνει στο νοσοκομείο μεταξύ της απεικόνισης και της πραγματικής θεραπείας.

Η χρήση των τεχνολογιών που ομαδοποιούνται γενικά στον τομέα της γρήγορης ψηφοποιημένης κατασκευής αυξάνεται σε πολλούς τομείς της βιομηχανίας, που αλλάζει τον τρόπο που οι άνθρωποι αγοράζουν τα προϊόντα και τις υπηρεσίες. Η δυνατότητα στην κατασκευή με τα συνήθης αγαθά γρήγορα και επικερδώς έχουν βοηθήσει διάφορες επικρατούσες γραμμές παραγωγής και έχουν προσκρούσει στην παραγωγή των καταναλωτικών αγαθών όπως οι υπολογιστές και οι τρέχοντες καταστάσεις. Στο παρελθόν, ενώ οι διαδικασίες ήταν πάρα πολύ αργές και ακριβές να επιτρέψουν την αποδοτικότητα, οι κερδοφόροι χρησιμοποιούν στις καταναλωτικές εφαρμογές, έκαναν τις επιδρομές στην κλινική σφαίρα.

Μια από τις αρχικές χρήσεις της φυσικής διαμόρφωσης από τα ιατρικά δεδομένα εικόνας ήταν η παραγωγή των συνήθης αλλοπλαστικών μοσχευμάτων και των χειρουργικών μέσων. Ξεχωριστές πρόωρες εφαρμογές συμπεριλαμβανόμενες σε συνολικές συνήθης κοινές αντικαταστάσεις όπως τις προσθέσεις γονάτων και ισχίων καθώς επίσης και σε συγκεκριμένες του ασθενούς αντικαταστάσεις TMJ. Μια από τις επιτυχεστερες εφαρμογές της γρήγορης ψηφοποιημένης κατασκευής είναι στο ορθοδοντικό προϊόν Invisalign. Σε αυτήν την εφαρμογή, 15-20 σύνολα

ευθυγραμμιστών δοντιών εξυπηρετούν τον ίδιο σκοπό με τα παραδοσιακά ορθοδοντικά στηρίγματα. Η διαδικασία αρχίζει με μια φόρμα από τα δόντια του ασθενή που μεταλλάσσεται για να παρέχει ένα εικονικό αντίγραφο για τον προγραμματισμό των βημάτων της αποκατάστασης των δοντιών. Από το σχέδιο υπολογιστών μια σειρά ευθυγραμμιστών σχεδιάζεται, η οποία ο ασθενής φορά στη σειρά σε μια διαδικασία που διαρκεί εφ' όσον 18 μήνες. Οι ευθυγραμμιστές είναι παραχθείς όχι άμεσα χρησιμοποιώντας τη στερεολιθογραφία, αλλά τα κύρια πρωτότυπα στις οποίες τα σχέδια κατασκευάζονται δημιουργείται χρησιμοποιώντας τη στερεολιθογραφία. Οι ευθυγραμμιστές είναι μετακινούμενοι και διαφανείς που παρέχει πολλά οφέλη από την άποψη της άνεσης και των καλλυντικών ανησυχιών.

Άλλα είδη με έλεγχο από υπολογιστή τεχνικής κατασκευής χρησιμοποιούνται στην ιατρική για την προσαρμογή σε μια μεγάλη κλίμακα επίσης. Τα σύνθετα σχέδια θεραπείας ακτινοβολίας, συγκεκριμένα εκείνοι που υιοθετούν μια τεχνική γνωστή ως μεταβαλλόμενη ως προς την ένταση θεραπεία ακτινοβολίας (IMRT), εφαρμόζονται συχνά με τα συνήθως αλεσμένα φίλτρα αντιστάθμισης ιστού. Με το σχέδιό τους βασισμένο στα δεδομένα της αξονικής τομογραφίας και ο εικονικός προγραμματισμός θεραπείας, αυτά τα φίλτρα διαμορφώνουν τις ακτίνες ακτινοβολίας προκειμένου να παραδοθούν τα σχέδια θεραπείας που επιδιώκουν να μεγιστοποιήσουν τη δόση στους όγκους όγκων γενικά φειδωλή τον περιβάλλοντα υγιή ιστό. Τα φίλτρα μπορούν να αλεστούν από τα μέταλλα που μειώνουν τις ακτίνες ακτινοβολίας (SPR, Sanford, FL, United States) και είναι έτσι ικανά να ποικίλουν την ένταση της ακτινοβολίας πέρα από μια ακτίνα, και να καθορίσουν άνοιγμα εκείνης της ακτίνας. Συστήματα προγραμματισμού επεξεργασίας υπολογιστών είναι όλο και περισσότερο αυτοματοποιημένα, χρησιμοποιώντας τους αλγορίθμους βελτιστοποίησης για να καθορίσει μια ρύθμιση των ακτινών που θα εκπληρώσει τη συνταγή ενός παθολόγου. Αυτά τα συστήματα παρέχουν στους νοσοκομειακούς γιατρούς ένα εικονικό περιβάλλον στο οποίο να σχεδιάσει τις σύνθετες ρυθμίσεις των ακτινών. Συχνά, τα εξίσου σύνθετα μηχανήματα απαιτούνται για να εφαρμόσουν αυτά τα εικονικά σχέδια, και οι τεχνικές της προηγμένης ψηφιοποιημένης κατασκευής όπως η κατεργασία αριθμητικού ελέγχου υπολογιστών (CNC) χρησιμοποιούνται επιτυχώς. Μετά από έναν υπολογιστή το σχέδιο εγκρίνεται από έναν παθολόγο, οι γεωμετρικοί υπολογισμοί μετατρέπουν το σχέδιο επεξεργασίας CNC στις οδηγίες που μπορούν έπειτα να μεταφερθούν ηλεκτρονικά σε μια δυνατότητα κατεργασίας.

6.4 Κρανειοχειρουργική

6.4.1 Γρήγορη κατασκευή πριν την χειρουργική επέμβαση

Μερικές από τις πιο πρόωρες εφαρμογές της ιατρικής στη κατασκευή του επιπέδου και στις σχετικές τεχνολογίες έχουν εκμεταλλευτεί για τις ενέργειες της γρήγορης κατασκευής πριν την χειρουργική επέμβαση. Εάν τέτοιες εφαρμογές ταιριάζουν μέσα στον ακριβή καθορισμό της γρήγορης κατασκευής τότε μπορούν να συζητηθούν. Στις διάφορες εφαρμογές το αντικείμενο που κατασκευάζεται, χρησιμοποιείται άμεσα για να παραγάγει μια επιθυμητή τελική παραγωγή δηλαδή μια χειρουργική προσομείωση. Εντούτοις, αυτό μπορεί να αντιμετωπιστεί ως κομμάτι μιας διαδικασίας και δεν είναι το τελικό προϊόν, το οποίο είναι μια αποτελεσματική ιατρική περίθαλψη. Ωστόσο, τα οφέλη και η αποδοχή που έχουν πραγματοποιηθεί μέσω αυτών των εργασιών έχουν υποκινήσει τη συνεχιζόμενη έρευνα και τις περαιτέρω εφαρμογές της γρήγορης κατασκευής των τεχνολογιών στην υγειονομική περίθαλψη.

Η υψηλή πολυπλοκότητα στις χειρουργικές επεμβάσεις μπορεί να διαρκέσει περισσότερο από 10 ώρες. Όσο περισσότερη αυτή η περίοδος, τόσο μεγαλύτερος ο κίνδυνος για τον ασθενή. Κατά συνέπεια, οποιοσδήποτε προγραμματισμός, πρακτική, προσομοίωση, αξιολόγηση και απόφαση διαδικασία που μπορεί να εκτελεστεί πριν την χειρουργική επέμβαση είναι μιας μεγάλης αξίας. Τα χειρουργικά εργαλεία προγραμματισμού αντιπροσωπεύουν μερικά από τα πιο πρόωρα παραδείγματα της γρήγορης κατασκευής στις εφαρμογές της υγειονομικής περίθαλψης.

Οι εφαρμογές εξαρτώνται κανονικά από την ακτίνα X της αξονικής τομογραφίας ή την μαγνητική τομογραφία των δεδομένων του ασθενή και περιλαμβάνουν:

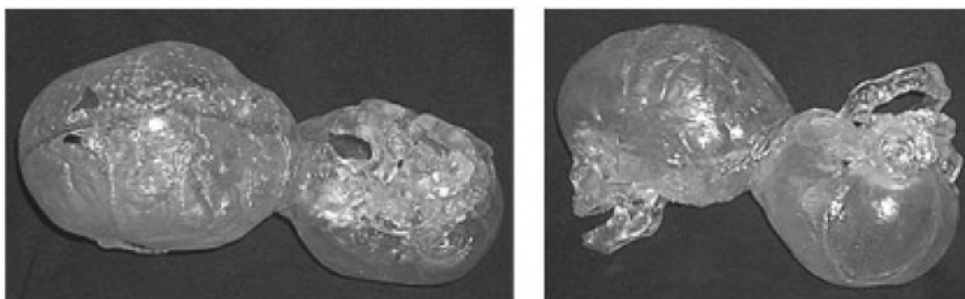
- Προεγχειρητικός προγραμματισμός
- Πριν την διαμόρφωση σταθεροποίησης τμημάτων
- Κατασκευή των χειρουργικών οδηγών και πρωτοτύπων
- Προσομοίωση των χειρουργικών διαδικασιών.
- Κατάλληλη αξιολόγηση των μοσχευμάτων
- Επίδειξη του ασθενούς
- Ενδολειτουργική καθοδήγηση
- Κατάρτιση χειρουργών και απτή καταγραφή

Οι διάφορες ερευνητικές ομάδες και οι χειρουργοί έχουν αξιολογήσει τη χρήση της γρήγορης κατασκευής στο χειρουργικό προγραμματισμό. Η εμπορική κατασκευή αυτών των προϊόντων ειδικεύεται ιδιαίτερα από δύο σημαντικές επιχειρήσεις: ματεριαλισμό και ανατομία.

Μερικά παραδείγματα της αξίας της γρήγορης κατασκευής πριν την χειρουργική επέμβαση τεχνικές συνοψίζονται κατωτέρω. Ο Minns σε σχετική ερευνητική εργασία εξέθεσε τη χρήση της γρήγορης κατασκευής για να παραγάγει μια προεγχειριστική στερεά γεωμετρία στερεολιθογραφίας από έναν ασθενή με μια ατέλεια του διάμεσου κνημιαίου οροπεδίου (η κορυφή της κνήμης) του γονάτου για την προτεινόμενη επανορθωτική επέμβαση. Η γεωμετρία έδωσε στο χειρουργό μαζί τις τρισδιάστατες ανατομικές πληροφορίες που έπρεπε να εξακριβώσουν εάν εκεί ήταν επαρκής η οστεώδης υποστήριξη μετά από την κοπή για να εγκαταστήσει μια πρόσθεση, καθώς επίσης και ένα στερεό προϊόν στις οποίες να μιμηθεί την προτεινόμενη χειρουργική επέμβαση, πριν αναλαμβάνει τη διαδικασία στον ασθενή.

Ο Schenker εξέθεσε τη χρησιμότητα της αντίστροφης εφαρμοσμένης μηχανικής και της γρήγορης κατασκευής τεχνολογίες στην εμφάνιση των καινούργιων εργαλείων στην ιατρική. Η δυνατότητα της εξέταση και φυσικά ο χειρισμός της ακριβής γεωμετρίας πριν από τη χειρουργική επέμβαση παρείχαν τα μεγάλα οφέλη στην αξιολόγηση της διαδικασίας και το μόσχευμα ταίριαξε σε δύσκολες περιπτώσεις. Η χρήση της γρήγορης κατασκευής παρείχε τον μειωμένο κίνδυνο για τον ασθενή και μείωσε το κόστος μέσω του μειωμένου χρόνου του χειρουργείου. Μια περιπτωσιολογική μελέτη παρουσιάστηκε περιλαμβάνοντας την αντικατάσταση ισχίων σε έναν ασθενή που είχε δοκιμάσει την αυστηρή απώλεια οστών μέσω της οστεοπόρωσης.

Η ανατομία έχει παρουσιάσει προηγουμένως μια περίπτωση σχετικά με τη χρήση της γρήγορης κατασκευής στον προγραμματισμό πριν την χειρουργική στο χωρισμό των σιαμαίων διδύμων στο Μπρίσμπαν.



Σχήμα 6.4.1: Γρήγορη κατασκευή των βιοπρωτοτύπων TM για σύνθετο χειρουργικό προγραμματισμό.

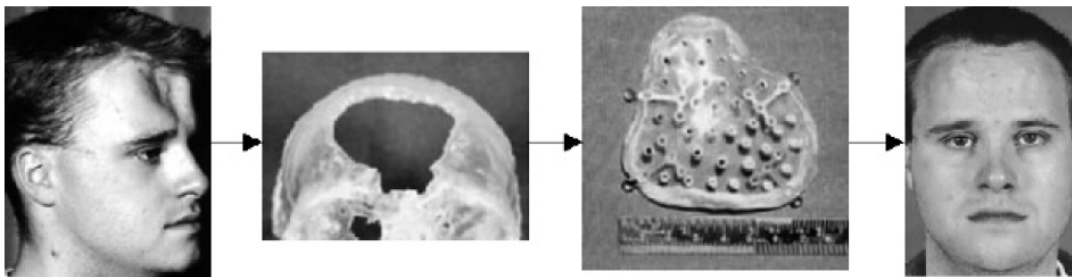
Το λεπτομερές πραγματικού μεγέθους βιοπρωτότυπο TM επέτρεψε σε πολλούς χειρουργούς σχετικούς να αξιολογήσουν και να προγραμματίσουν το βέλτιστο χωρισμό ακριβώς και να μελετήσουν τη σχέση των κρίσιμων αιμοφόρων αγγείων στη στενή εγγύτητα στο κρανίο και σε άλλα. Το βιοπρωτότυπο TM κατασκευάστηκε χρησιμοποιώντας την επιλεκτικά αληθοφανή ρητίνη StereoCol, για να ενισχύσει την απεικόνιση των αιμοφόρων αγγείων με τον κόκκινο χρωματισμό. Τα στερεά αντίγραφα ήταν ένα κρίσιμο φυσικό εργαλείο επικοινωνίας για τη χειρουργική ομάδα στον προγραμματισμό και κατά τη διάρκεια της σύνθετης 12ώρης λειτουργίας.

Η χρήση του βιοπρωτότυπου TM προσδιορίστηκε ως κρίσιμη για την επιτυχία της διαδικασίας και τη μείωση των περιπλοκών. Και τα δύο μωρά μετακινήθηκαν τελικά από τη λειτουργική θέση της εντατικής παρακολούθησης πιο σύντομα από το αναμενόμενο και η λειτουργία χωρισμού θεωρήθηκε μια πλήρης επιτυχία.

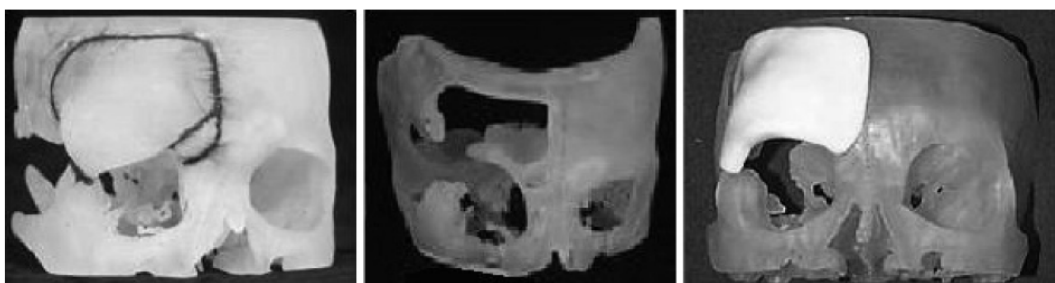
Ένα παράδειγμα της γρήγορης κατασκευής που επιτρέπει την ακριβή παραγωγή μοςχευμάτων παρέχεται από το πανεπιστημιακό νοσοκομείο του Ρότερνταμ που παρουσίασαν την περίπτωση ενός 24χρονου αγοριού με μια μεγάλη κρανιοπροσωπική τραυματική μετωπική ατέλεια κόκαλου. Και οι προστατευτικοί και καλλυντικοί λόγοι κατέστησαν την αναδημιουργία αυτής της ατέλειας απαραίτητη. Ένα polymethylmethacrylate (PMMA) κρανιοπλαστικό μόσχευμα παρήχθη έμμεσα μέσω ενός πρωτοτύπου της στερεολιθογραφίας της καταστραμμένης περιοχής. Στη συνέχεια, το ακριβές εξάρτημα του μοςχεύματος μίκρυνε το χρόνο λειτουργίας και εξάλειψε την ανάγκη για οποιεσδήποτε διορθώσεις. Το φυσικό περίγραμμα του κρανίου επανεγκαθιδρύθηκε και καμία περιπλοκή δεν αντιμετωπίστηκε. Ο κύκλος διαδικασίας είναι διευκρινισμένος στο σχήμα 6.4.2.

Η ανατομία έχει παρουσιάσει μια ενιαία περίπτωση όπου η γρήγορη κατασκευή έχει εφαρμοστεί στον χειρουργικό προγραμματισμό, αντανάκλαση και παραγωγή μοσχευμάτων (που διευκρινίζεται στο σχήμα 6.4.3). Η περίπτωση αφορούσε μια 60χρονη γυναίκα που παρουσίασε μια μεγάλη ακριβής μετωπική οστεώδης αύξηση (υπεροστωτικό μηνιγγίωμα) η οποία αφαιρέθηκε. Ο ασθενής εξέθεσε στη συνέχεια έναν μειωμένο τροχιακό όγκο και μια ευδιάκριτη καλλυντική παραμόρφωση. Η προτεινόμενη αφαιρετική χειρουργική επέμβαση μιμήθηκε αρχικά χρησιμοποιώντας βιοπρωτότυπα της κρανιακής γεωμετρίας του ασθενή.

Μετά την επέμβαση, ένα άλλο βιοπρωτότυπο TM παράχθηκε από το οποίο ένα μόσχευμα διαμορφώθηκε, παράχθηκε και αξιολογήθηκε. Ο χειρουργός υπολόγισε ότι την τελευταία 1 ώρα από τον χρόνο λειτουργίας σώθηκε και στις δύο χειρουργικές φάσεις. Η εξοικονόμηση χρόνου οφειλόταν στο χειρουργό με βεβαιότητα από την οπισθοτομία όγκων βάσει τον προγραμματισμό πριν την εγχείρηση και από την χρήση του προκατασκευασμένου μοσχεύματος



Σχήμα 6.4.2: Κρασιοπλαστική εμφύτευση διαμέσου της γρήγορης κατασκευής οπτικοποίησης.



Σχήμα 6.4.3: Χειρουργικός προγραμματισμός, αντανάκλαση και παραγωγή μοσχευμάτων.

Η χρήση της γρήγορης κατασκευής για την ελεύθερη περιορισμένη έρευνα και την ελεύθερη επικίνδυνη χειρουργική προσομοίωση δίνει έμφαση στη χρησιμότητά της ως εργαλείο εκπαίδευσης. Ο Suzuki εξέθεσε το ρόλο της γρήγορης κατασκευής στην εκπαίδευση των φοιτητών Ιατρικής όσον αφορά τη χειρουργική επέμβαση αυτιών. Αυτή η χειρουργική επέμβαση είναι ιδιαίτερα λεπτή και το οστό κατασκευάζεται εξαιρετικά μικρό. Προηγουμένως έχει καταδειχθεί ότι οι δεξιότητες στη χειρουργική επέμβαση αυτιών αναπτύσσεται καλύτερα με την τεμάχιση ενός χρονικού οστού (η δομή κρανίου που βρίσκεται γύρω από το αυτί). Ωστόσο, μόνο ένας περιορισμένος αριθμός των εκπαιδευόμενων μπορεί να παρέχει αυτήν την ευκαιρία λόγω της έλλειψης των διαθέσιμων οστών. Προκειμένου να εξεταστεί αυτό, τα πρωτότυπα χτίστηκαν από την γρήγορη κατασκευή της τεχνολογίας της στερεολιθογραφίας. Αυτά ήταν παρόμοια στη σκληρότητα με το πραγματικό οστό, με μια ακριβή αναπαραγωγή της επιφάνειας των δομών. Αυτό θα μπορούσε να αφαιρεθεί χρησιμοποιώντας ένα χειρουργικό τρυπάνι, ένα τροχό και ένα αρδευτικό αναρρόφησης με τον ίδιο τρόπο όπως ένα πραγματικό οστό. Το malleus και το incus (που αποτελούν τα κομμάτια της χρονικής δομής οστών) αναπαρήχθησαν, μαζί με τα ημικυκλικά κανάλια και τις ωοειδείς και στρογγυλές θέσεις παραθύρων. Συμπεραίνετε ότι τέτοια πρωτότυπα της γρήγορης κατασκευής χρησιμεύουν ως ένα καλό εκπαιδευτικό εργαλείο για τη χειρουργική επέμβαση μέσα στα αυτιά.

Οι προγενέστερες εργασίες έχουν καταδείξει τις πολλές εφαρμογές και την αξία της γρήγορης κατασκευής στο χειρουργικό προγραμματισμό. Μπορεί να δει αυτό σε τέτοιες εφαρμογές της γρήγορης κατασκευής να διευκολύνει την αυξανόμενη ταχύτητα και την αποδοτικότητα της θεραπείας. Οι τάσεις που εκτίθενται αποκαλύπτουν ότι η χρήση της γρήγορης κατασκευής στο χειρουργικό προγραμματισμό κινείται πέρα από τις αρχικές εφαρμογές της ως εργαλείο απεικόνισης για τους χειρουργούς και σε ένα εργαλείο εφαρμοσμένης μηχανικής για την παραγωγή μοσχευμάτων και τις ανοικοδομητικές θεραπείες.

7.ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

7.1Τεχνολογία ανίχνευσης

Τα διάφορα συστήματα έχουν παρουσιαστεί, και τα συμβατικά και τα μη συμβατικά. Τα ευρύτατα χρησιμοποιημένα συστήματα για τη χρήση με την τρισδιάστατη διαμόρφωση είναι η αξονική τομογραφία και η μαγνητική τομογραφία. Ωστόσο, υπάρχουν διάφορες εφαρμογές που περιλαμβάνουν την εξωτερική ανίχνευσης της τεχνολογίας χρησιμοποιώντας επίσης το λέιζερ και άλλες μορφές οπτικής ανίχνευσης εξοπλισμό. Αν και η τεχνολογία ελέγχων αφής χρησιμοποιείται ευρέως στη βιομηχανία, είναι ιδιαίτερα απίθανο να χρησιμοποιηθεί για τις ιατρικές εφαρμογές που περιλαμβάνουν την ασθενής ανίχνευση. Επίσης, δεδομένου ότι τα ανατομικά δεδομένα είναι ελεύθερης μορφής ιδιαίτερα στη φύση, που περιλαμβάνει τα μεγάλα σημεία του συνόλου για την ακριβή περιγραφή των επιφανειών και των στερεών, όλα τα συστήματα ανίχνευσης πρέπει να είναι ιδιαίτερα αυτοματοποιημένα.

Ωστόσο, τέτοια συστήματα είναι αυτήν την περίοδο μεγάλα και ογκώδη. Θα ήταν μεγάλο όφελος στην παραγωγή τέτοια φορητή τεχνολογία, ακόμη και στην έκταση που είναι σε θέση να τοποθετηθούν τα συστήματα σε ένα φορητό. Για την μαγνητική τομογραφία, τα μεγέθη μαγνητών έρχονται κάτω από τις ισοδύναμες εκτιμήσεις τέσλα, αλλά τα τρέχοντα συστήματα πιθανόν περιορίζονται στις στρατιωτικές εφαρμογές. Φυσικά, τα περισσότερα συστήματα σχεδιάζονται για να φιλοξενήσουν ένα πλήρες σώμα. Οι περισσότερες εφαρμογές που απαιτούν αξονική τομογραφία / μαγνητική τομογραφία είναι επικεφαλής, πίσω και οι λεκανικές περιοχές, έτσι η διάσταση ανοιγμάτων πρόκειται πάντα να είναι αρκετά μεγάλη και η ανάπτυξη των μικρών μηχανών που μπορούν μόνο να περιλάβουν τα όπλα και τα πόδια είναι κάπως περιοριστική.

Η αξονική τομογραφία είναι ακόμα πιο δημοφιλέστερη σε σύγκριση με την μαγνητική τομογραφία. Αυτό είναι επειδή είναι βασισμένο στην α τεχνολογία που ήταν με μας για πολλά έτη – Χ ακτίνα τεχνολογίας. Όλοι ξέρουμε ότι οι Χ ακτίνες είναι επικίνδυνες στο ανθρώπινο σώμα, και η αξονική τομογραφία απαιτεί την παρεμβολή των πολλαπλάσιων εικόνων της Χ ακτίνας. Ευτυχώς, η ευαισθησία των αισθητήρων έχει βελτιωθεί αρκετά τα τελευταία χρόνια, καθώς επίσης το υλικό και το λογισμικό χρησιμοποιήθηκαν για να επεξεργαστεί τα ακατέργαστα δεδομένα. Ωστόσο, πρόκειται πάντα να είναι ένα όριο στο διάστημα επιπέδων των ανιχνευτών της αξονικής τομογραφίας που οδηγεί ακόμα σε μια ασφαλή δόση. Αυτήν την περίοδο, 3mm είναι

ένα κανονικό χαμηλότερο όριο. Όπου η εφαρμογή το απαιτεί, οι πιο προηγμένοι ανιχνευτές της αξονικής τομογραφίας μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να παρέχουν τους διαχωρισμούς επιπέδων σε 1mm. Ακόμη και με αυτό, οι μηχανές της ταχείας πρωτοτυποποίησης είναι πολύ περισσότερο ακριβής. Επομένως, η ποιότητα των δεδομένων ακόμα αυτήν την περίοδο περιορίζεται από την τεχνολογία ανίχνευσης σε αυτήν την περίπτωση. Ωστόσο, η βιομηχανική αξονική τομογραφία και η αξονική τομογραφία των μικροϋπολογιστών (για την μη-διαβίωση υποδειγμάτων) μαζί παρουσιάζουν την ικανότητα αυτής της τεχνολογίας να εργαστούν ακόμα και στην κλίμακα μικρού.

Η τεχνολογία της μαγνητικής τομογραφίας που είναι η πιο κοινή χρησιμοποιείται για την μαλακή ανάλυση ιστού. Η αξονική τομογραφία είναι σε θέση να διακρίνει την πυκνότητα ιστού, αλλά, δεδομένου ότι η μαγνητική τομογραφία μπορεί να συντονιστεί για να ανιχνεύσει τα διαφορετικά μόρια, η δομή ιστού μπορεί επίσης να ανιχνευθεί. Αυτό παρέχει πολύ καθαρές εικόνες στα δεδομένα των ασθενών. Η λειτουργία της μαγνητικής τομογραφίας παρέχει τα προστιθέμενα οφέλη από τον έλεγχο της κατάστασης του ασθενούς με την πάροδο του χρόνου. Ωστόσο, υπάρχει μια λιγότερο ευδιάκριτη σύνδεση μεταξύ της τεχνολογίας της μαγνητικής τομογραφίας και της προηγμένης κατασκευής τεχνολογίας. Αυτό είναι ίσως επειδή οι περισσότερες AMT εφαρμογές περιλαμβάνουν αυτήν την περίοδο το οστεώδη παρά τον μαλακό ιστό. Επίσης, οι περισσότερες εφαρμογές υποθέτουν τις ομοιογενείς υλικές ιδιότητες. Η μαγνητική τομογραφία ταιριάζει καλύτερα στα διαγνώσεις και στην απεικόνιση. Το κύριο πλεονέκτημα είναι η δυνατότητα να διακριθούν τα πολλαπλάσια υλικά και να αντιπροσωπευθούν αυτά σε ένα εικονικό περιβάλλον. Η ταχεία πρωτοτυποποίηση τεχνολογία αρχίζει να προφθάνει, με το χρώμα της ταχείας πρωτοτυποποίησης και επίσης τη δυνατότητα να δημιουργηθούν οι ετερογενείς δομές. Αυτό είναι σίγουρα ένας σημαντικός ερευνητικός τομέας.

Ένα ευδιάκριτο πλεονέκτημα της εξωτερικής ανίχνευσης τεχνολογίας είναι η φόρητοτητά του. Υπάρχουν πολλοί ανιχνευτές λέιζερ διαθέσιμοι που είναι χαμηλότερου κόστους, ακριβείς και εύχρηστοι. Όπου τα κεφάλια είναι ανιχνευμένα, υπάρχουν άλλοι μέθοδοι που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να αποφύγουν τα μάτια. Φυσικά, ο περιορισμός είναι ότι δεν υπάρχει κανένας τρόπος να καθοριστεί η εσωτερική δομή ενός δείγματος, αλλά υπάρχουν πολυάριθμα παραδείγματα όπου η εξωτερική καλλυντική εμφάνιση ενός ασθενή μπορεί να απαιτηθεί. Ένα πρόσφατο παράδειγμα είναι το ενδιαφέρον που οι δικανικοί παθολόγοι έχουν σε χρησιμοποίηση

των φορητών ανιχνευτών λέιζερ για να συλλάβουν τις τρισδιάστατες εικόνες ενός θύματος στον τόπο του εγκλήματος.

Τα αποτελέσματα απεικόνισης υπερήχου στην πολύ χαμηλής ποιότητας παραγωγή συγκρίθηκαν με τα άλλα συστήματα. Ωστόσο, είναι μια πολύ ασφαλής μέθοδος που μπορεί ίσως να βρει μερικές εφαρμογές. Οι διαδικασίες αφαίρεσης θορύβου μπορούν να εφαρμοστούν κατά τη δειγματοληψία των δεδομένων κατά τη διάρκεια μιας μακροπρόθεσμης περιόδου. Είναι επίσης μια σχετικά φορητή τεχνολογία που μπορεί να χρησιμοποιηθεί μαζί με τη τεχνολογία της ταχείας πρωτοτυποποίησης για να απεικονίσει τα δεδομένα που να είναι δύσκολο να ληφθούν με άλλους τρόπους.

7.2 Τεχνολογία ταχείας πρωτοτυποποίησης

Η τεχνολογία της ταχείας πρωτοτυποποίησης που χρησιμοποιείται για να δημιουργήσει τα ιατρικά πρωτότυπα έχει αποδειχθεί ανεκτίμητη στις πολυάριθμες εφαρμογές. Η τεχνολογία της ταχείας πρωτοτυποποίησης αναπτύχθηκε αρχικά για να λύσει τα προβλήματα στην κατασκευασμένη ανάπτυξη προϊόντος. Βεβαίως, οι κατασκευαστές μηχανών της ταχείας πρωτοτυποποίησης αναγνωρίζουν την αξία και το όφελος και έχει γίνει κάποιος τρόπος για την ανάπτυξη των υλικών και την διαδικασία αύξησης για να ταιριάζουν την ιατρική βιομηχανία επίσης, αλλά είναι απίθανο να γίνει μια προτεραιότητα. Οι ακολουθίες είναι μερικά ζητήματα που διακρίνουν τις ιατρικές εφαρμογές από την κατασκευή:

- **Ταχύτητα.** Η ταχεία πρωτοτυποποίηση των πρωτοτύπων μπορεί συχνά να πάρει μια ημέρα ή ακόμα και πιο πολύ για να δημιουργηθούν. Η προετοιμασία δεδομένων μπορεί στην πραγματικότητα να πάρει ακόμα περισσότερο. Αυτό σημαίνει ότι τα ιατρικά πρωτότυπα μπορούν μόνο να περιληφθούν στις χειρουργικές διαδικασίες που απαιτούν το μακροπρόθεσμο προγραμματισμό, και δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν, για παράδειγμα, ως ενισχύσεις για τις επείγουσες επιχειρήσεις.
- **Κόστος.** Η χρησιμοποίηση της ταχείας πρωτοτυποποίησης των πρωτοτύπων για να λύσει τα προβλήματα κατασκευής μπορεί να βοηθήσει εκτός από τα εκατομμύρια δολαρίων για την παραγωγή μεγάλης ποσότητας. Σε σύγκριση, τα ιατρικά πρωτότυπα βελτιστοποιούν τον προγραμματισμένο χρόνο του χειρουργού και βελτιώνει την ποιότητα και την αποτελεσματικότητα. Αυτά τα

ζητήματα είναι δυσκολότερο να ποσολογηθούν στο επίπεδο του κόστους, αλλά είναι σαφές ότι μόνο οι πιο σύνθετες περιπτώσεις μπορούν να δικαιολογήσουν τη δαπάνη των πρωτοτύπων.

- **Ακρίβεια.** Πολλές διαδικασίες της ταχείας πρωτοτυποποίησης βελτιώνονται για να δημιουργήσουν τα ακριβέστερα συστατικά. Ωστόσο, οι ιατρικές εφαρμογές αυτήν την περίοδο δεν απαιτούν τέτοια υψηλή ακρίβεια επειδή τα δεδομένα από τα τρισδιάστατα συστήματα απεικόνισης είναι αρκετά λιγότερο ακριβή από τις μηχανές της ταχείας πρωτοτυποποίησης τις οποίες τροφοδοτούν.
- **Υλικά.** Μόνο μερικά υλικά της ταχείας πρωτοτυποποίησης είναι ταξινομημένα ασφαλή για να μεταφερθούν στο χειρουργείο, και κανένα δεν είναι αυτήν την περίοδο τοποθετημένο σε θέση μέσα στο σώμα. Αυτό περιορίζει τη σειρά των εφαρμογών για τα πρωτότυπα.
- **Ευκολία στη χρήση.** Οι μηχανές της ταχείας πρωτοτυποποίησης απαιτούν γενικά έναν βαθμό εξειδικευμένου τεχνικού προκειμένου να επιτευχθούν τα πρότυπα καλής ποιότητας. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα για τις μεγαλύτερες, πιο σύνθετες και πιο ευπροσάρμοστες μηχανές, οι οποίες δεν είναι επίσης ιδιαίτερα κατάλληλες στα ιατρικά εργαστηριακά του περιβάλλοντος. Συνδεδεμένο με τις δεξιότητες λογισμικού που απαιτούνται για την προετοιμασία δεδομένων, αυτό απαιτεί μια σημαντική επένδυση κατάρτισης για οποιαδήποτε ιατρική καθιέρωση επιθυμώντας να χρησιμοποιήσει την τεχνολογία.

Για τις υπάρχουσες εφαρμογές στην ιατρική, για να κάνει τη ταχεία πρωτοτυποποίηση να επεξεργάζεται αποτελεσματικότερα, οι προμηθευτές πρέπει να επικεντρωθούν στην ανάπτυξη των μηχανών που είναι ανέξοδες να τρέξουν αλλά με καλές υλικές ιδιότητες. Τα πρωτότυπα πρέπει να αντισταθούν σε έναν βαθμό σωματικής κακοποίησης συμπεριλαμβανομένου του χειρισμού, της κοπής, της διάτρησης, κ.λπ. Υπάρχουν πολλές μηχανές διαθέσιμες σήμερα που παρέχουν την ικανοποιητική δύναμη. Ωστόσο, μερικά κομμάτια που είναι αρκετά ισχυρά μπορούν να έχουν μια τραχύτητα επιφάνειας που αποτρέπει τη χρήση των πολύ μικρών βιδών για την άσκηση της χειρουργικής επέμβασης σταθεροποίησης. Οι περισσότερες μηχανές της ταχείας

πρωτοτυποποίησης είναι αρκετά ακριβείς επειδή τα πρωτότυπα δεδομένων είναι γενικά λιγότερο ακριβή από τη διαδικασία της ταχείας πρωτοτυποποίησης. Είναι όλα αρκετά γρήγορα επειδή οι εφαρμογές που απαιτούν αυτές τις διαδικασίες προγραμματίζονται και σχεδιάζονται κατά τη διάρκεια της περιόδου εβδομάδων ή μηνών. Κατά συνέπεια, η σημαντικότερη παγίδα για τις υπάρχουσες εφαρμογές είναι το κόστος. Φυσικά, αυτό δεν περιγράφει την κατάσταση για την ανάπτυξη των νέων ιατρικών εφαρμογών για τη ταχεία πρωτοτυποποίηση. Οι αναδυόμενες εφαρμογές θα ωφελούνταν από:

- την άμεση κατασκευή των βιοσυμβατών υλικών
- την ετερογενή κατασκευή, των συμπεριλαμβανομένων και των πολλαπλάσιων υλικών
- το χρώμα, και άλλα ενδεικτικά χαρακτηριστικά
- την ολοκλήρωση με τις ηλεκτρονικές και ηλεκτρομηχανικές συσκευές
- την αυξανόμενη ακρίβεια, για να ταιριάζει με τις αναπόφευκτες βελτιώσεις στην τεχνολογία ανίχνευσης.

Φυσικά, υπάρχει πολλή έμφαση από τους επιστήμονες των υπολογιστών στην ανάπτυξη της εικονικής πραγματικότητας για τις ιατρικές εφαρμογές. Η εικονική πραγματικότητα βεβαίως έχει έναν σημαντικό ρόλο που διαδραματίζεται στις ιατρικές εφαρμογές. Υπάρχει πολλή συζήτηση σχετικά με την οποία οι μέθοδοι είναι καλύτεροι να χρησιμοποιηθούν, και συχνά θα οδηγήσει στις προσωπικές προτιμήσεις. Ωστόσο, είναι σαφές ότι οι περισσότεροι γιατροί και χειρουργοί είναι πολύ αφής με τον τρόπο που εξετάζουν, εντοπίζουν και αλληλεπιδρούν με τους ασθενείς και τις ασθένειές τους. Τα φυσικά πρωτότυπα που γίνονται χρησιμοποιώντας τη ταχεία πρωτοτυποποίηση είναι πιο στενά στην πραγματική κατάσταση από πολλές απόψεις. Η χωρική ερμηνεία, η ενσωμάτωση αφής και η οπτική ανατροφοδοτεί κατά τρόπο αληθινά δαισθητικό, είναι κάτι που είναι πολύ δύσκολο να παραχθεί σε ένα εικονικό περιβάλλον. Τελικά, αυτό μπορεί να είναι δυνατόν να επιτύχει. Ωστόσο, η χαμηλή προσέγγιση τεχνολογίας της χρησιμοποίησης των πρωτοτύπων της ταχείας πρωτοτυποποίησης είναι ήδη με μας.

7.3 Άμεση κατασκευή

Για πολλούς ερευνητές στη ταχεία πρωτοτυποποίηση, το άγιο δισκοπότηρο είναι γρήγορη κατασκευή. Αυτό είναι διαδικασία του αρχικού πρωτότυπου CAD και όχι μόνο τα πρωτότυπα αλλά και τα πραγματικά λειτουργικά κομμάτια. Ζούμε σε έναν κόσμο όπου υπάρχει συνεχώς αυξανόμενη απαίτηση για τη γρηγορότερη ανάπτυξη των προϊόντων, συχνά με τα σύνθετα, μοναδικά ή συνήθως χαρακτηριστικά. Η ταχεία πρωτοτυποποίηση έχει την ικανότητα να κατασκευάσει τα κομμάτια άμεσα από τα αρχικά δεδομένα CAD, χωρίς σημαντική ανάγκη στην οργάνωση των μηχανών όσον αφορά τη γεωμετρία του κομματιού. Αυτό τοποθετεί τη ταχεία πρωτοτυποποίηση ως ιδανική τεχνολογία για την εκμετάλλευση αυτής της απαίτησης. Η προσέγγιση επιπέδου μπορεί να εφαρμοστεί για να δημιουργήσει τα συστατικά έτοιμα για τη χρήση.

Υπό μια πολύ περιορισμένη έννοια, η γρήγορη κατασκευή είναι ήδη με μας. Η γρήγορη κατασκευή μπορεί να είναι μια επιλογή με υψηλό κόστος, που προσαρμόζεται, με σύνθετη γεωμετρία στα πλαστικά κομμάτια. Η σύνδεση κολοβωμάτων διαιρείται σε αυτήν την κατηγορία και με την περαιτέρω ανάπτυξη θα μπορούσε να θεωρηθεί βιώσιμη και οικονομικώς αποδοτική λύση.

Για τους περισσότερους ερευνητές, ωστόσο, ο κύριος στόχος είναι να παραχθούν τα κομμάτια με τις καλές υλικές ιδιότητες και με χαρακτηριστικά απόδοσης που θα ήταν δύσκολο να ληφθούν στη χρησιμοποίηση των τεχνικών της συμβατικότερης κατασκευής. Σε πολλούς αυτό σημαίνει μέταλλα, με το προστιθέμενο πλεονέκτημα των λειτουργικών κλίσεων και τις ιδιότητες του πολλαπλάσιου υλικού.

Η ικανότητα να γίνουν καλής ποιότητας τα τμήματα μετάλλων άμεσα για τη χρήση πρέπει ακόμα να επιτευχθεί κατάλληλα. Με τα ιατρικά παραδείγματα υπάρχει η προστιθέμενη δυσκολία στα δημιουργημένα κομμάτια στα συγκεκριμένα μέταλλα που έχουν τις καλές λειτουργικές ιδιότητες και την βιοσυμβατότητα. Κάποιος θα μπορούσε να υποστηρίξει ότι η χρήση της ταχείας πρωτοτυποποίησης για να κατασκευάσει τις φόρμες και τα σχέδια για την κατασκευή των κομματιών που χρησιμοποιούν τις τεχνικές ρίψης επιτυγχάνει τουλάχιστον μερικούς από αυτούς τους στόχους. Η επιλογή των μετάλλων θα μπορούσε να περιλάβει εκείνα που χρησιμοποιήθηκαν για τις ιατρικές εφαρμογές. Ωστόσο, η δημιουργία αυτών των σχεδίων και η ρίψη τους απαιτούν επιτυχώς τις σημαντικότερες δεξιότητες και τους πόρους, και θα ήταν προτιμητέο να χρησιμοποιηθεί μια άμεση βάση επιπέδου στη διαδικασία παραγωγής για να κάνει τα απαιτούμενα κομμάτια των μετάλλων. Εννοείται ότι ο έλεγχος μιας

διαδικασίας παραγωγής μετάλλων είναι αρκετά δυσκολότερος έναντι των πολυμερών συστημάτων που χρησιμοποιούνται συνήθως στη βιομηχανία σήμερα. Τα περισσότερα από τα συστήματα μετάλλων αυτήν την περίοδο κάτω από την ανάπτυξη χρησιμοποιείται σε ένα σύστημα παράδοσης σκόνης, το οποίο οδηγεί στα συστατικά που είναι σχετικά τραχιά στην επιφάνεια. Ενώ οι τεχνητές ενώσεις δεν πρέπει να απαιτούν την υψηλή ακρίβεια από την άποψη της γενικής γεωμετρίας, η τραχύτητα οποιωνδήποτε αρθρούμενης επιφάνειας πρέπει να είναι εξαιρετικά χαμηλή. Η μετά επεξεργασία οποιουδήποτε συστατικού είναι πιθανό να είναι υψηλή και μπορεί να περιλάβει τις επεξεργασίες επιφάνειας που χρησιμοποιούν τις χημικές και ηλεκτροχημικές καθώς επίσης και μηχανικές μεθόδους. Οι ερευνητές στη ταχεία πρωτοτυποποίηση και τις γρήγορες διαδικασίες παραγωγής είναι να στοχεύουν να αναπτυχθούν για να περιλάβει τα πολλαπλάσια υλικά και τα ηλεκτρονικά συστατικά και τα χαρακτηριστικά. Άλλοι ερευνητές σε μικρή και υπό μικρή κλίμακα της ταχείας πρωτοτυποποίησης μπορούν επίσης να βρουν πολλές ιατρικές εφαρμογές, ιδιαίτερα στην παραγωγή των κομματιών για τις αγγειακές επεξεργασίες.

Ήδη βλέπουμε διάφορες επιχειρήσεις να δημιουργούν ιατρικά και ιατρικά σχετικά προϊόντα όπου η ταχεία πρωτοτυποποίηση είναι ένα σημαντικό κομμάτι της διαδικασίας παραγωγής. Τα παραδείγματα περιλαμβάνουν τους ορθοδοντικούς ευθυγραμμιστές, προσαρμοσμένες ενισχύσεις ακρόασης, πιάτα για την κάλυψη των κρανιακών τρυπών και των μικρών εμβολίων για τα κόκαλα χωρίς φορτίο αντοχής. Το όφελος της άμεσης κατασκευής είναι η δυνατότητα να αποκριθεί γρήγορα, προσθέτοντας την αξία στο γενικό σχέδιο προϊόντων χωρίς σημαντική αύξηση στο γενικό κόστος.

7.4 Εφαρμοσμένη μηχανική ιστού

Υπάρχουν πολλοί άνθρωποι που εργάζονται στη δημιουργία του τεχνητού ιστού. Για παράδειγμα, τα εμβόλια δερμάτων έχουν χρησιμοποιηθεί από τους χειρουργούς αρκετά χρόνια για να μεταχειριστούν τα εγκαύματα. Τέτοια προϊόντα δεν απαιτούν την προηγμένη τεχνολογία κατασκευής στα προϊόντα αυτά, στηριγμένα περισσότερο στο βιοχημικό από ότι στο μηχανικό. Όπου ο οστεώδης ιστός ή ο σκελετός εμβρύου απαιτείται, το πρόβλημα γίνεται πολύ περισσότερο σύνθετο δεδομένου ότι αυτά θα απαιτούνταν συχνά ως σύνθετες τρισδιάστατες δομές και, ιδανικά, πρέπει να τείνουν να ταιριάζουν με τις απαιτήσεις ενός μεμονωμένου ασθενή και ενός προβλήματος.

Το οστό, ιδιαίτερα, είναι ένα πολύ σύνθετο βιολογικό σύστημα. Αυτό λαμβάνει τις διάφορες μορφές, με τις ετερογενείς ιδιότητες που έχουν προσαρμοστεί μέσω των εκατομμυρίων ετών εξέλιξης για να ταιριάζουν στις πολύ ιδιαίτερες απαιτήσεις. Δεν υπάρχει αυτήν την περίοδο καμία προηγμένη διαδικασία παραγωγής που μπορεί να ταιριάζει με την ακρίβεια, την παραλλαγή στις υλικές ιδιότητες και όλη τη στρογγυλή πολυπλοκότητα του ανθρώπινου σώματος. Ωστόσο, κάποιος μπορεί να δει ότι η χρήση που βασίζεται στο επίπεδο της κατασκευής των συστημάτων μπορεί τουλάχιστον να επιτύχει τη γενική απαίτηση μιας τρισδιάστατης μορφής που χρησιμοποιείται ως ικρίωμα για την ανάπτυξη του οστεώδους ιστού.

Αυτήν την περίοδο, ενώ οι ερευνητές συνειδητοποιούν ότι υπάρχει μια ανάγκη για την ετερογενείς στις μεθόδους επεξεργασίας που χρησιμοποιήθηκαν, έχει υπάρξει πολύ λίγη επιτυχία στην επίτευξη αυτού. Τα οστά είναι κοίλα, με τις φέρουσες κατευθύνσεις φορτίων που επιτυγχάνονται με την ενίσχυση μιας ινώδους δομής. Τα κύτταρα πρέπει επομένως να ενθαρρυνθούν για να αυξηθούν σε ιδιαίτερες περιοχές και σε ιδιαίτερες κατευθύνσεις εάν πρόκειται να γίνουν ρουλεμάν φορτίων. Κάποιος μπορεί να φανταστεί ένα χρόνο όταν μπορεί να είναι αυτό δυνατό, και πράγματι μερικοί ερευνητές είναι ακόμη και σκεπτόμενοι πέρα από αυτό από την άποψη της δημιουργίας των σύνθετων δομών κυττάρων υπό μορφή τεχνητών οργάνων. Το κλειδί για αυτό είναι η βασική αρχή της ταχείας πρωτοτυποποίησης, για να αναλύσει ένα σύνθετο τρισδιάστατο πρόβλημα σε μια ακολουθία απλούστερων δισδιάστατων προβλημάτων.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

- Advanced Manufacturing Technology for Medical Applications, Ian Gibson
- Rapid Manufacturing :An Industrial Revolution for the Digital Age, N.Hopkinson,R.J.M. Hague and P.M.Dickens
- Biocompatible material, Wikipedia ,Διαδίκτυο