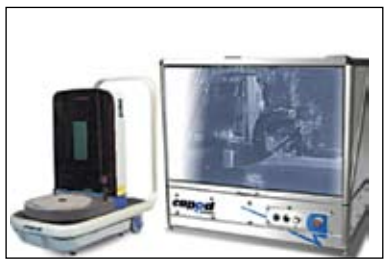
Η χρήση της τεχνολογίας CAD – CAM στην συντηρητική αντιμετώπιση της σκολίωσης και των παθήσεων της σπονδυλικής στήλης

Δ. Παπαδόπουλος
Ορθοπαιδικός Χειρουργός, Πτυχιούχος Τεχνικός Ορθωτικών και Προθετικών μηχανημάτων SPONDYLOS Laser Spine Lab, BIO Orthopaedics

Ήδη από τις αρχές τις δεκαετίας του΄90, η ψηφιακή τρισδιάστατη απεικόνιση τμημάτων του ανθρωπίνου σώματος ήταν εφικτή. Από κοντά και η αποτύπωση της τρισδιάστατης εικόνας μέσω ψηφιακού παντογράφου σε θετικό πρόπλασμα, έτοιμο να κατασκευαστεί με αυτό ένας κηδεμόνας ή μία πρόθεση. Η όλη διαδικασία ονομάστηκε Cad – CAM από τα αρχικά των λέξεων Computer Assisted Design και Computer Assisted Manufacturing.



Εικόνα 1.

Εικόνα 2.

Πολλοί παράγοντες όμως, όπως αυτοί του Hardware (οριακή επεξεργαστική ικανότητα των υπολογιστών, ταχύτητα χαμηλή, μνήμη ολική και RAM ανεπαρκής για τόσο μεγάλο όγκο δεδομένων, κ.λπ.), του Software (νηπιακή ηλικία των Windows και άλλων προγραμμάτων πλατφόρμας), αλλά και το πολύ μεγάλο κόστος των Laser scanner και των CNC (παντογράφων), έκαναν σχεδόν απαγορευτική την χρήση των CAD-CAM.

Σήμερα, το 2006, και αφού οι παραπάνω λόγοι, πλην του κόστους των μηχανημάτων, ξεπεράστηκαν, η ιατρική κοινότητα έχει ένα ακόμη όπλο στην φαρέτρα της. Την CAD - CAM τεχνολογία για την κατασκευή κηδεμόνων γρήγορα, καθαρά και με ελαχιστοποίηση του τεχνικού λάθους.

Υλικά - μέθοδος

Η όλη διαδικασία περιλαμβάνει τις εξής φάσεις:

Α. Σάρωση.

Β. Επεξεργασία του ψηφιακού εκμαγείου.

Γ. Κατασκευή του τελικού προπλάσματος.

Σάρωση

Στο παρελθόν η σάρωση γινόταν με ογκώδη, σταθερά Laser scanner, που σάρωναν περιμετρικά το σώμα του ασθενούς (εικόνα 1). Η αδυναμία, όμως, της σάρωσης περιοχών όπως οι ώμοι και οι μασχάλες περιόριζε την ακριβή μεταφορά του σαρωμένου σώματος. Επίσης, η αδυναμία φορητότητας του Laser scanner απέκλειε από την χρήση του άτομα κατακεκλιμένα ή χειρουργημένα. Έτσι, σήμερα, στο σύνολό τους, τα σταθερά Laser scanner αντικαταστάθηκαν από τα Handheld Laser scanner (εικόνα 2).

Ο ασθενής σαρώνεται γυμνός ή φορώντας ένα εφαρμοστό άσπρο φανελάκι, διότι η ενσωματωμένη κάμερα καταγραφής της ακτίνας Laser δεν μπορεί να καταγράψει σκούρα χρώματα, τα οποία εκλαμβάνει σαν μην υπάρχοντα, και τα μεταφέρει στην οθόνη του υπολογιστή σαν κενά. Επίσης, δεν πρέπει να υπάρχουν, σε ακτίνα 1 περίπου μέτρου από τα μηχανήματα, εστίες παραγωγής ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, όπως για παράδειγμα υπολογιστές, τηλεοράσεις, κινητά, κ.λπ. Η επιφάνεια για σάρωση πρέπει να είναι ελεύθερη, επίσης, από ανταανακλώντα το φως αντικείμενα, όπως για παράδειγμα κοσμήματα, γιατί δημιουργούν artifacts και παρεμβολές στην απεικόνιση.

Η σάρωση γίνεται με αργή μετατόπιση της ακτίνας Laser στο σώμα του ασθενούς, ενώ η ενσωματωμένη κάμερα καταγραφής μεταφέρει σε πραγματικό χρόνο, στην οθόνη του υπολογιστή, την κίνησή της, σαν να χρωματίζει κάποιος με ένα ρολό βαψίματος, το σώμα του ασθενούς (εικόνα 3).

Τελειώνοντας την σάρωση, σώζεται το αρχείο που απεικονίζει χονδροειδώς το σαρωμένο σώμα (εικόνα 4). Με τη χρήση ενός προγράμματος διόρθωσης επιφανείας, γίνεται η αφαίρεση των επικαλύψεων από τις επαναλαμβανόμενες σαρώσεις και γεμίζονται τα κενά. Το αποτέλεσμα είναι η ακριβής, πλέον, λήψη του τρισδιάστατου σαρωμένου σώματος του ασθενούς (εικόνα 5).

Με την χρήση του Handheld Laser Pointer, που μας δίνει την δυνατότητα να αποτυπώσουμε σημεία αναφοράς (Landmarks) στο ψηφιακό μας εκμαγείο, όπως για παράδειγμα την θέση των προσθίων άνω λαγονίων ακάνθων, την βάση του στέρνου ή του ομφαλού, έχουμε γνώριμα σταθερά σημεία αναφοράς για την επεξεργασία του ψηφιακού εκμαγείου (εικόνα 6).

Επεξεργασία του ψηφιακού εκμαγείου

Ανάλογα την χρήση του και σε συνάρτηση με τον κηδεμόνα που θα κατασκευαστεί, γίνεται η επεξεργασία του ψηφιακού εκμαγείου, σαν να είχαμε μπροστά μας ένα γύψινο εκμαγείο και να χρειαζόταν να το διορθώσουμε.

Με ειδικό πρόγραμμα εργαλείων μπορούμε, ανάλογα με το τι θέλουμε να πετύχουμε, να διορθώσουμε τις στροφές του σώματος με εξάλειψη των ύβων (κηδεμόνας τύπου DDB) ή να πιέσουμε ιδιαίτερα στις περιοχές των ύβων για υπερδιόρθωση (κηδεμόνας τύπου Cheneau). Μπορούμε να ευθυγραμμίσουμε τις κλίσεις των ώμων και της λεκάνης και γενικά μας δίνονται όλα τα ψηφιακά εργαλεία για να δημιουργηθεί ένα εκμαγείο ιδανικό, χωρίς τεχνικά λάθη, που θα χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή του κηδεμόνα (εικόνα 7).

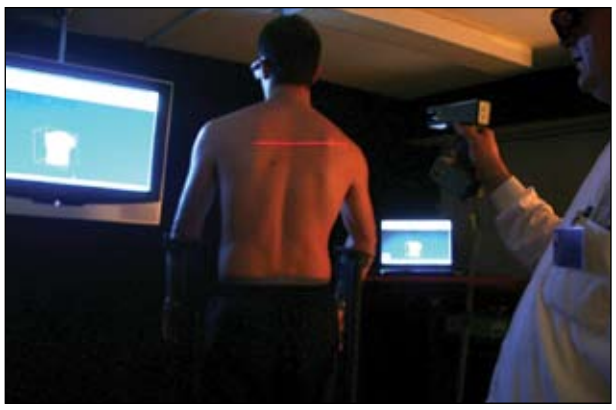
Ολοκληρώνοντας την διαδικασία επεξεργασίας του εκμαγείου, δημιουργείται ένα αρχείο με πληροφορίες, αναλόγως του μηχανήματος CNC (δηλαδή του παντογράφου) που θα χρησιμοποιηθεί για το σκάλισμα του τελικού προπλάσματος.

Κατασκευή του τελικού προπλάσματος

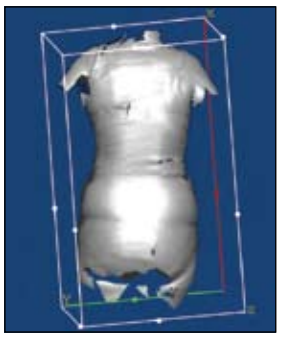
Οι μηχανές CNC, ή παντογράφοι στην ελληνική γλώσσα, είναι μηχανήματα που με την χρήση ειδικών προγραμμάτων CAM (computer assisted manufacturing), μετατρέπουν, με την βοήθεια κοπτικών εργαλείων, το ψηφιακό εκμαγείο σε πρόπλασμα.

Τα μηχανήματα αυτά μοιάζουν με τόρνους, στους οποίους περιστρέφεται γύρω από τον άξονά της μία βάση, στην οποία τοποθετείται και σταθεροποιείται ένας κύλινδρος από πολυουρεθάνη, αναλόγου μεγέθους με αυτό του πραγματικού εκμαγείου (εικόνα 8).

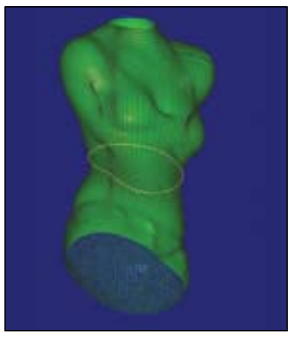
Ενώ περιστρέφεται η βάση, ειδικά κοπτικά εργαλεία, κινούμενα κάθετα προς αυτήν, και ταυτόχρονα παράλληλα, σκαλίζουν με ακρίβεια χιλιοστού, ή σε ορισμένες περιπτώσεις με μεγαλύτερη ακρίβεια, τον κύλινδρο ώσπου, τελειώνοντας, να έχει σκαλιστεί σε αυτόν το



Εικόνα 3.



Εικόνα 4.



Εικόνα 5.

Εικόνα 6.

Εικόνα 7.

Εικόνα 8.

Εικόνα 9.

εκμαγείο που θα χρησιμοποιηθεί μετέπειτα από το ορθοπαιδικό εργαστήριο κατασκευών κηδεμόνων (εικόνα 9).

Συζήτηση

Η χρήση, σε επιλεγμένα εργαστήρια σε όλο τον κόσμο, της ψηφιακής τεχνολογίας CAD – CAM, οδηγεί με ταχύτητα σε νέες εμπειρίες, καθώς και σε λύσεις περισσότερο ανεκτές από τους ασθενείς, που πρέπει διαμέσου ενός κηδεμόνα ή νάρθηκα να υποβληθούν σε συντηρητική θεραπεία.

Στη Σκολίωση, όπου η διόρθωση των παραμορφώσεων της σπονδυλικής στήλης είναι μια πολύ σοβαρή υπόθεση, η σωστή απεικόνιση και διόρθωσή τους θα οδηγήσει στην κατασκευή ενός κατάλληλου κηδεμόνα, με αποτέλεσμα την αποφυγή ενός μεγάλου και επίπονου χειρουργείου.

Σε περιπτώσεις καταγμάτων ή φλεγμονών σπονδυλικής στήλης σε κατακεκλιμένους ασθενείς, η χρήση της τεχνολογίας CAD – CAM επιτρέπει τη λήψη μέτρων ακριβείας που μέχρι τώρα ήταν αδύνατον, εφ' όσον η χρήση γύψου δεν ήταν δυνατή λόγω της κατάκλισης των ασθενών.

Άλλες χρήσεις, που σήμερα είναι δυνατές μέσω της τεχνολογίας CAD – CAM και άλλων ειδικών προγραμμάτων, είναι, για παράδειγμα, η αντικειμενική επανεξέταση του ασθενούς με σκολίωση σε συντηρητική θεραπεία με κηδεμόνα.

Μέχρι σήμερα, τα εργαλεία που προσφέρονται στον ορθοπαιδικό χειρουργό που έχει εξειδικευθεί στις παθήσεις σπονδυλικής στήλης, είναι η μέτρηση με σκολιώμετρο και κλισίμετρο, ενώ βασικό εργαλείο είναι η μέτρηση της γωνίας Cobb, αλλά και των στροφών σε αλλεπάλληλες ακτινογραφίες. Κάποιοι συνάδελφοι χρησιμοποιούν την σύγκριση διαφορετικών, ανά επανεξέταση, φωτογραφιών του ασθενούς, σε διάφορες στάσεις καθώς και σε bending test, ενώ αξιοσημείωτη ήταν στο παρελθόν και η χρήση του φαινόμενου Moiré.

Με την χρήση του Laser scanner και ενός ειδικού προγράμματος σύγκρισης διαφορετικών σαρώσεων, ο ορθοπαιδικός μπορεί να έχει αντικειμενικά αποτελέσματα για την βελτίωση ή όχι της σκολίωσης, σε διαφορετικές επανεξετάσεις. Στοιχεία όπως η μείωση του ύβου δίνονται με ακρίβεια χιλιοστού από τα προγράμματα αυτά.

Επίσης, σημαντικό ρόλο στην χρήση της CAD – CAM τεχνολογίας παίζει και η κατάργηση της επώδυνης, ψυχικά, για έναν έφηβο, διαδικασίας λήψης γύψινου εκμαγείου, που τον «λερώνει» σωματικά και ψυχικά, ξεκινώντας ήδη με την λήψη μέτρων την μειωμένη compliance στην εφαρμογή του κηδεμόνα.

Συμπεράσματα

Η χρήση της ψηφιακής τεχνολογίας CAD – CAM στη συντηρητική, σε πρώτη φάση, θεραπεία των παθήσεων της σπονδυλικής στήλης προσφέρει πολλά και υπόσχεται ακόμη περισσότερα: αντικειμενική κλινική εξέταση και κατασκευή άρτιων κηδεμόνων χωρίς τεχνικά λάθη και άλλα πολλά, που μας αναμένουν τα προσεχή χρόνια, με τη χρήση της ψηφιακής τεχνολογίας στην υπηρεσία της Ορθοπαιδικής Χειρουργικής, της κατ' εξοχήν τεχνικής ιατρικής ειδικότητας

Βιβλιογραφία

1. Childress DS, Oslakovic K, Rolock J. "CAD/CAM Symposium Epilogue", International Symposium on CAD/CAM Systems in Pedorthics, Prosthetics and Orthotics, Nuremberg, Germany, May 4-5, 1997.
2. Childress DS, Oslakovic KE, Rolock JS. "Future Possibilities of CAD/CAM in Pedorthics, Prosthetics and Orthotics", Proceedings of International Symposium on CAD/CAM Systems in Pedorthics & Orthotics. (Eds) Boenick U, Näder M, Seitz M. Verlag Orthopädie-Technick: Dortmund, 1998.
3. Brncick M. Computer automated design and computer automated manufacture. Phys Med Rehabil Clin N Am 2000 Aug;11(3):701-13.
4. Cottalorda J, Kohler R, Garin C, Genevois P, Lecante C, Berge B. Orthoses for mild scoliosis: a prospective study comparing traditional plaster mold manufacturing with fast, noncontact, 3-dimensional acquisition. Spine 2005 Feb 15; 30(4):399-405.
5. Kuklo TR, Potter BK, Schroeder TM, O'Brien MF. Comparison of manual and digital measurements in adolescent idiopathic scoliosis. Spine 2006 May 15; 31(11):1240-6.
6. LaBlanc KP, Boone DA, Chan RB, Harlan JH, Brncick MD. Testing and Evaluation Program Results. J of Rehabilitation Research and Development 1992; 29(4):78-124.
7. Rolock JS. A Computer-Aided Manufacturing Technique for Prosthetics and Orthotics. Canadian Chapter of the International Society of Prosthetics and Orthotics in (ISPO) conjunction with the Canadian Association of Prosthetists and Orthotists, Saskatoon, Saskatchewan, Canada, June 1998.
8. Rolock JS. Development, Evaluation, and Use of a Computer-Aided Manufacturing Technique Based on 'Rapid Prototyping' Principles. Proceedings of the International Symposium on CAD/CAM Systems in Pedorthotics, Prosthetics & Orthotics, May 1997.
9. Rovick JS, Chan RB, Van Vorhis RL, Childress DS. Computer-Aided Manufacturing in Prosthetics: Various Possibilities Using, Industrial Equipment. Proceedings of the Seventh World Congress of the International Society for Prosthetics and Orthotics (ISPO), Chicago, IL, 28 June-3 July 1992; pp.22.
10. Smith DG, Burgess EM. The use of CAD/CAM technology in prosthetics and orthotics - current clinical models and a view to the future. J Rehabil Res Dev 2001 May-Jun; 38(3):327-34.
11. Wong MS, Cheng JC, Lo KH. A comparison of treatment effectiveness between the CAD/CAM method and the manual method for managing adolescent idiopathic scoliosis. Prosthet Orthot Int 2005 Apr; 29(1):105-11.
12. Wong MS, Lee JT, Luk KD, Chan LC. Effect of different casting methods on adolescent idiopathic scoliosis. Prosthet Orthot Int 2003 Aug; 27(2):121-31.
13. Wong MS, Cheng JC, Wong MW, So SF. A work study of the CAD/CAM method and conventional manual method in the fabrication of spinal orthoses for patients with adolescent idiopathic scoliosis. Prosthet Orthot Int 2005 Apr; 29(1):93-104.