

IN VITRO ΑΚΡΙΒΕΙΑ ΕΝΔΟΣΤΟΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΣΥΣΚΕΥΩΝ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ

ΣΠΑΓΟΠΟΥΛΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

Εισαγωγή: Ιστορικά η θεραπεία εκλογής σε νωδούς ασθενείς ήταν η κατασκευή ολικών οδοντοστοιχιών. Την δεκαετία 1950-1960 ο Branemark και συνεργάτες παρουσίασαν και εξέλιξαν τα οστεοενσωματούμενα οδοντικά εμφυτεύματα τιτανίου. Αν και μέχρι σήμερα τα εμφυτεύματα, ο τρόπος κατασκευής, η επιφάνεια και ο τρόπος αποκατάστασης έχει εξελιχθεί είναι απαραίτητη ορθή και παθητική έδραση της αποκατάστασης για την μακροχρόνια επιτυχία της αποκατάστασης. Ο Branemark και συν. ανέφερε τα 10μm ως το όριο στην εφαρμογή για να θεωρηθεί μια αποκατάσταση αποδεκτή ενώ άλλοι ερευνητές όπως ο jemt και συν. αναφέρουν τα 150μm. Η συμβατική αποτύπωση των εμφυτευμάτων με ελαστικομερή υλικά και η συνδρομή της στην κατασκευή μιας αποκατάστασης με παθητική έδραση έχει μελετηθεί σημαντικά. Ο πλέον σύγχρονος τρόπος αποτύπωσης των οδοντικών εμφυτευμάτων αφορά την ψηφιακή αποτύπωση με ενδοστοματικούς σαρωτές. Σε νωδούς ασθενείς η χρήση τέτοιων συσκευών αυξάνεται καθώς νέες συσκευές και λογισμικά προσέρχονται στην κλινική πράξη.

Σκοπός: Η εργαστηριακή μελέτη διαφορετικών ενδοστοματικών και εργαστηριακών σαρωτών αναφορικά με την ακρίβεια και την επαναληψιμότητα τους σε νωδή ακρολοφία που έχει αποκατασταθεί με οστεοενσωματούμενα οδοντικά εμφυτεύματα.

Υλικά & μέθοδος: Επιλέχθηκαν επτά ενδοστοματικοί σαρωτές (CS 3600, Carestream Dental; Emerald, Planmeca; i500, Medit; iTero Element 5D, Align Technologies; Omnicam and Primescan, Dentsply Sirona; TRIOS 4, 3Shape) και δύο εργαστηριακοί (Aadv Lab Scan, GC; Ceramill Map 600, Amann Girrbach AG). Κατασκευάστηκε νωδό εκμαγείο κάτω γνάθου από οδοντιατρική γύψο τύπου III και έγιναν 4 παράλληλες οπές σε θέσεις κυνοδόντων και γομφίων. Στις 4 οπές τοποθετήθηκαν ανάλογα οδοντικών εμφυτευμάτων (internal hexagon 3.8mm Xive, Friadent/Dentsply, Mannheim, Germany). Με την μέθοδο κλειστού δισκαρίου έγινε αποτύπωση του αρχικού εκμαγείου και κατασκευάστηκε ένα νέο εκμαγείο από οδοντιατρική γύψο τύπου IV (Fujirock EP, GC). Στα ανάλογα τοποθετήθηκαν άξονες αποτύπωσης κατασκευασμένοι από PEEK με βάση τιτανίου.

Μετρήθηκαν όλες οι αποστάσεις των κέντρων των αξόνων αποτύπωσης με μία ψηφιακή μηχανή μέτρησης συντεταγμένων (CMM) (Mistral 070705, DEA, Brown & Form, North Kingstown, RI, USA) στον Τομέα Μηχανολογικών Κατασκευών & Αυτόματου Ελέγχου της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ. Ο ίδιος χειριστής διεκπεραίωσε όλες τις μετρήσεις.

Πραγματοποιήθηκαν 10 σαρώσεις για κάθε συσκευή αποτύπωσης στο νωδό εκμαγείο από τον ίδιο χειριστή. Ακολουθήθηκε το ίδιο πρωτόκολλο αποτύπωσης για τους ενδοστοματικούς σαρωτές ξεκινώντας από την πιο άπω περιοχή του δεξιού εμφυτεύματος μασητικά συνεχίζοντας με την αποτύπωση της παρειακής επιφάνειας και τελειώνοντας με την αποτύπωση της γλωσσικής επιφάνειας του εκμαγείου. Οι συνθήκες σάρωσης ήταν σταθερές σε θερμοκρασία δωματίου ($20\pm 1^{\circ}\text{C}$) χωρίς διαφοροποιήσεις σε υγρασία και φωτισμό. Κάθε ψηφιακό αποτύπωμα αποθηκεύτηκε σαν αρχείο STL. Συνολικά αποκτήθηκαν με αυτόν τον τρόπο 90 STL αρχεία από τους 9 σαρωτές που μελετήθηκαν.

Αποδόθηκε ένας αριθμός σε κάθε άξονα αποτύπωσης του εκμαγείου. Οι αποστάσεις διαχωρίστηκαν σε 2 ομάδες: η ομάδα των μικρών αποστάσεων (αποστάσεις μεταξύ γειτονικών εμφυτευμάτων) D1-2, D2-3, D3-4, και η ομάδα των μεγάλων αποστάσεων (αποστάσεις μεταξύ μη γειτονικών εμφυτευμάτων) D1-3, D1-4, D2-4.

Για την εξέταση της ακρίβειας των συσκευών έγινε σύγκριση με τις αποστάσεις των μετρήσεων της ψηφιακής μηχανής μέτρησης συντεταγμένων (CMM) κατά απόλυτες τιμές και για την εξέταση της επαναληψιμότητας έγινε σύγκρισή μεταξύ των μετρήσεων της ίδιας συσκευής.

Αποτελέσματα: Για τις μικρές αποστάσεις, όσων αφορά την ακρίβεια τα οι εργαστηριακοί σαρωτές (AD, AM) φάνηκε να έχουν διαφορά 15-27 μm από τις μετρήσεις της ψηφιακής μηχανής μέτρησης συντεταγμένων (CMM) ενώ οι ενδοστοματικοί σαρωτές από 28-157 μm . Οι περισσότεροι ενδοστοματικοί σαρωτές δεν είχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές με εξαίρεση την συσκευή i500 (ME) με μέση τιμή 98 μm και στατιστικά σημαντικά διαφορετική την συσκευή με μέση τιμή διαφοράς τα 157 μm .

Στην ομάδα των μεγάλων αποστάσεων οι εργαστηριακές συσκευές αποτύπωσης ήταν στατιστικά σημαντικά καλύτερες στην ακρίβεια από τις ενδοστοματικές συσκευές με την μέση τιμή να είναι 17-21 μm σε σχέση με τις περισσότερες ενδοστοματικές συσκευές. Μεταξύ των οποίων υπήρχαν μεγάλες διακυμάνσεις 39-259 μm . στατιστικά σημαντικά χειρότερες, σε αυτές τις αποστάσεις, φάνηκαν οι Emerald (EM) με 226 μm και η i500 (ME) με 259 μm .

Στην επαναληψιμότητα των μικρών αποστάσεων υπήρχαν διακυμάνσεις 16-78 μm . Η συσκευή Aadva (AD) είχε μέση τιμή 16 μm αλλά δεν ήταν στατιστικά διαφορετική από την συσκευή

Aman Girbach (AM) με μέση τιμή 20μm και την συσκευή Omnicam (OM) με τιμή 31μm. Η συσκευή Emerald (EM) φάνηκε η λιγότερο επαναλήψιμη με μέση τιμή 78μm αλλά όχι στατιστικά σημαντικά διαφορετική από την Trios IV (TR) με μέση τιμή 61μm.

Στις μεγάλες αποστάσεις η επαναληψιμότητα των εργαστηριακών συσκευών ήταν στατιστικά σημαντικά καλύτερη με τιμές 22μm (AD) και 25μm (AM). Στις υπόλοιπες συσκευές στατιστικά σημαντικά χειρότερη φάνηκε η συσκευή Emerald (EM) με τιμή 185μm ακολουθούμενη από την συσκευή Trios IV (TR) με μέση τιμή 93μm.

Συμπέρασμα: Η ακρίβεια και η επαναληψιμότητα της ψηφιακής αποτύπωσης για νωδούς ασθενείς που έχουν υποβληθεί σε θεραπεία με εμφυτεύματα με ενδοστοματικούς σαρωτές δεν τεκμηριώνεται. Απαιτούνται κλινικές μελέτες για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων αυτής της in vitro μελέτης.

Θα μπορούσαμε να συνοψίσουμε ότι:

- 1) Οι εργαστηριακοί σαρωτές φαίνεται να έχουν την καλύτερη ακρίβεια και επαναληψιμότητα σε σύγκριση με υπόλοιπους σαρωτές ανεξαρτήτου απόστασης
- 2) οι ενδοστοματικοί σαρωτές φαίνεται να λειτουργούν καλύτερα σε μικρότερες αποστάσεις σε εμφυτεύματα και είναι λιγότερο αξιόπιστες σε μεγαλύτερες αποστάσεις.
- 3) Δεν είναι όλες οι ενδοστοματικές συσκευές αποτύπωσης το ίδιο αξιόπιστες. Κάποιες συσκευές είναι πιο ακριβείς από άλλες σε μεγαλύτερες αποστάσεις. Ενώ το ίδιο ισχύει και για την επαναληψιμότητα.

ACCURACY OF INTRAORAL AND LABORATORY DIGITAL SCANNERS

SPAGOPOULOS DIMITRIOS

Introduction: Historically, the treatment of choice in premature patients has been the construction of complete dentures. In the 1950s and 1960s, Branemark et al. Introduced and developed orthopedic titanium dental implants. Although to date the implants, the way of construction, the surface and the way of restoration have evolved it is necessary proper and passive restoration of restoration for the long-term success of the restoration. Branemark et al. reported 10μm as the limit in the application to be considered an acceptable restoration while other researchers such as Jemt et al. report 150μm. The conventional impression of implants

with elastic materials and its contribution to the construction of a restoration with passive fit has been significantly studied. The most modern way of capturing dental implants is digital imaging with intraoral scanners. In edentulous patients the use of such devices is increasing as new devices and software arrive in clinical practice.

Purpose: The in-vitro study of different intraoral and laboratory scanners regarding their precision and reproducibility in edentulous mandibular jaw restored with osteo-integrated dental implants.

Materials & method: Seven intraoral scanners selected (CS 3600, Carestream Dental; Emerald, Planmeca; i500, Medit; iTero Element 5D, Align Technologies; Omnicam and Primescan, Dentsply Sirona; TRIOS 4, 3Shape) and two laboratory Scanners (Aadvia GC; Ceramill Map 600, Amann Girrbach AG). A mandibular mandible cast was made of type III dental plaster and 4 parallel holes were made in canine and molars. Dental implant analogs were placed in the 4 holes (internal hexagon 3.8mm Xive, Friadent / Dentsply, Mannheim, Germany). An impression of the original model was taken with the closed tray technique and a new model was made from dental plaster type IV (Fujirock EP, GC). Scan posts made of titanium-based PEEK were placed in the analogs.

All distances of the centers of the mapping axes were measured with a digital coordinate measuring machine (CMM) (Mistral 070705, DEA, Brown & Form, North Kingstown, RI, USA) in the Department of Mechanical Construction & Automatic Control of the School of Mechanical Engineering. The same operator performed all measurements. 10 scans were performed for each imprinting device on the fresh mold by the same operator. The same imprinting protocol was followed for the intraoral scanners, starting from the farthest area of the right implant occlusal area, continuing with the impression of the buccal surface and ending with the impression of the lingual surface of the mold. Scanning conditions were stable at room temperature (20 ± 1 °C) with no differences in humidity and lighting. Each digital impression was saved as an STL file. A total of 90 STL files were obtained in this way from the 9 scanners studied. A number was assigned to each implant. The distances were divided into 2 groups: the group of short distances (distances between adjacent implants) D1-2, D2-3, D3-4, and the group of long distances (distances between non-adjacent implants) D1-3, D1-4, D2-4. To test the precision of the devices a comparison was made with the distances of the measurements of the

digital coordinate measuring machine (CMM) in absolute values and for the test of repeatability a comparison was made between the measurements of the same device.

Results: For short distances, in terms of precision the laboratory scanners (AD, AM) seemed to have a difference of 15-27 μm from the measurements of the digital coordinate measuring machine (CMM) while the intraoral scanners from 28-157 μm . Most intraoral scanners did not have statistically significant differences with the exception of the i500 (ME) device with an average value of 98 μm and statistically significantly different device with an average difference value of 157 μm . In the long-distance group, laboratory imaging devices were statistically significantly better in precision than intraoral devices with an average value of 17-21 μm compared to most intraoral devices. Between which there were large deviations 39-259 μm . statistically significantly worse, at these distances, appeared the Emerald (EM) with 226 μm and the i500 (ME) with 259 μm . In the repeatability of short distances there were variations of 16-78 μm . The Aadvia (AD) had an average value of 16 μm but was not statistically different from the Aman Girbach (AM) device with an average value of 20 μm and the Omnicam device (OM) with a value of 31 μm . The Emerald (EM) device appeared to be the least repeatable with an average value of 78 μm but not statistically significantly different from the Trios IV (TR) with an average value of 61 μm . At long distances the repeatability of the laboratory devices was statistically significantly better at 22 μm (AD) and 25 μm (AM). In the other devices, the Emerald device (EM) with a value of 185 μm was statistically significantly worse, followed by the Trios IV (TR) device with an average value of 93 μm .

Conclusion: The precision and reproducibility of digital imaging for infant patients treated with intraoral scanners are not documented. Clinical studies are required to evaluate the results of this in vitro study.

We could summarize that:

- 1) Laboratory scanners seem to have the best precision and repeatability compared to other scanners regardless of distance
- 2) Intraoral scanners seem to work better at shorter distances in implants and are less reliable at longer distances.

3) Not all intraoral imaging devices are equally reliable. Some devices are more precise than others over longer distances. While the same goes for repeatability.