

**ΕΘΝΙΚΟΝ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟΝ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΝ ΑΘΗΝΩΝ**

**ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ**

**ΤΜΗΜΑ ΟΔΟΝΤΙΑΤΡΙΚΗΣ**



**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**

**ΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΗ ΚΑΙ ΑΚΤΙΝΟΛΟΓΙΑ ΣΤΟΜΑΤΟΣ**

**ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΗΛΙΚΙΑΣ ΣΕ ΕΝΗΛΙΚΑ ΑΤΟΜΑ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗ  
ΜΕΘΟΔΟ ΚΝΑΑΛ ΣΕ ΠΑΝΟΡΑΜΙΚΑ ΑΚΤΙΝΟΓΡΑΦΗΜΑΤΑ**

**ΔΗΜΗΤΡΑ-ΝΙΚΗ ΚΑΒΟΥΡΑ**

Οδοντίατρος

**ΑΘΗΝΑ 2021**

**Επιβλέπουσα καθηγήτρια για την εκπόνηση της Μεταπτυχιακής Διπλωματικής  
Εργασίας:** Αικατερίνη Καραγιάννη, ομότιμη Καθηγήτρια ΕΚΠΑ

**Τριμελής Επιτροπή για την αξιολόγηση της Μεταπτυχιακής Διπλωματικής  
Εργασίας:**

1. Αικατερίνη Καραγιάννη, Ομότιμη Καθηγήτρια ΕΚΠΑ
2. Κωνσταντίνος Τσιχλάκης, Καθηγητής ΕΚΠΑ
3. Αναστασία Μητσέα, Επίκουρη Καθηγήτρια ΕΚΠΑ

## Περιεχόμενα

Πρόλογος.....	3
<b>ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ</b>	
Κεφάλαιο 1: Εκτίμηση της ηλικίας.....	7
1.1 Εισαγωγή στην εκτίμηση της ηλικίας .....	7
1.2 Η σημασία της εκτίμησης της ηλικίας στην Ιατροδικαστική .....	9
1.3 Ιστορικά στοιχεία .....	12
1.4 Ο ρόλος της ακτινογραφικής εξέτασης στην εκτίμηση της ηλικίας .....	14
Κεφάλαιο 2: Εκτίμηση της οδοντικής ηλικίας σε ενήλικα άτομα.....	16
2.1 Γενικά .....	16
2.2 Μέθοδοι εκτίμησης της οδοντικής ηλικίας σε ενήλικες.....	16
2.2.1 Μελέτη τρίτου γομφίου .....	17
2.2.2 Μέθοδοι μελέτης δομικών μεταβολών .....	19
2.3 Προϋποθέσεις μεθόδων εκτίμησης της ηλικίας .....	29
2.4 Περιορισμοί μεθόδων εκτίμησης της ηλικίας .....	30
2.4.1 Εξωγενείς παράγοντες .....	30
2.4.2 Πληθυσμιακή ιδιαιτερότητα.....	32
2.4.3 Επίδραση του φύλου .....	33
2.4.4 Ηθικά ζητήματα.....	33
2.4.5 Ακρίβεια και αξιοπιστία .....	34
Κεφάλαιο 3: Μέθοδος Kvaal .....	37
3.1 Γενικά .....	37
3.2 Περιγραφή της μεθόδου Kvaal .....	37
<b>ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ</b>	
1 Σκοπός.....	45
2 Υλικό.....	46
3 Μέθοδος .....	49
4 Στατιστική Ανάλυση .....	54
5 Ευρήματα .....	56
6 Συζήτηση .....	68
7 Συμπεράσματα.....	77
8 Περίληψη .....	79
9 Summary .....	82
10 Βιβλιογραφία .....	89

## Πρόλογος

Θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους ανθρώπους με τους οποίους συνεργάστηκα και που, με το δικό τους τρόπο, με βοήθησαν στην ολοκλήρωση των μεταπτυχιακών μου σπουδών.

Τον καθηγητή μου, κύριο Κώστα Τσιχλάκη για την αποδοχή στο μεταπτυχιακό, για την υπομονή, τα κεντρίσματα, την εμπιστοσύνη και τα μαθήματα. Την επιβλέπουσά μου ομότιμη καθηγήτρια κυρία Αικατερίνη Καραγιάννη και την επίκουρη καθηγήτρια κυρία Αναστασία Μητσέα για τις πολύτιμες συμβουλές και την καθοδήγηση κατά την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας. Την κυρία Ζαφειρούλα Υφαντή για τη φιλία όλα αυτά τα χρόνια και τη βοήθειά της ως δεύτερης παρατηρήτριας κατά το ερευνητικό σκέλος της εργασίας. Τον κύριο Σπύρο Σταυρόπουλο για την παροχή υλικού ασθενών που συντέλεσε στη συλλογή του τελικού δείγματος της ερευνητικής εργασίας.

Τους μεταπτυχιακούς συμφοιτητές μου, τους επιστημονικούς συνεργάτες, το διδακτικό και διοικητικό προσωπικό της Κλινικής μας, για τις εμπειρίες και τη συνεργασία.

Τέλος, τους δικούς μου ανθρώπους για τη στήριξη και την παρουσία.

Αφιερώνεται στην Π. Ν.



# **ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ**



# Κεφάλαιο 1: Εκτίμηση της ηλικίας

## 1.1 Εισαγωγή στην εκτίμηση της ηλικίας

Η χρονολογική ηλικία αποτελεί ένα βασικό χαρακτηριστικό των ζωντανών οργανισμών και είναι η αριθμητική έκφραση του χρόνου που έχει διανυθεί από τη γέννηση έως μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Είναι μια χρονοεξαρτώμενη μεταβλητή που συνοδεύει τη ζωή και τα έμβια όντα, η οποία έρχεται σε αναγκαία και στενή συνάρτηση με τις διαδικασίες της γέννησης, της ανάπτυξης και της ωρίμανσης. Στον άνθρωπο, η ηλικία διαιρείται σε περιόδους, κάθε μία από τις οποίες καλύπτει ένα μεγάλο εύρος βιολογικών διεργασιών σε κυτταρικό, ιστικό και φαινοτυπικό επίπεδο, διαμορφώνοντας τη βιολογική ηλικία του ατόμου. (Καραγιάννη και Τσιχλάκης, 2013).

Η βιολογική ηλικία μπορεί κυρίως να υπολογιστεί μέσω της σκελετικής και της οδοντικής ηλικίας. Η σκελετική ηλικία προκύπτει από τη μελέτη της ανάπτυξης και φθοράς του ερειστικού συστήματος. Η οδοντική ηλικία προσδιορίζεται από τα στάδια της οδοντογένεσης και της ανατολής, καθώς και από τις φυσιολογικές και παθολογικές μεταβολές που υφίστανται οι οδοντικοί ιστοί κατά τη λειτουργία του οδοντικού φραγμού (Khorate και συν., 2014).

Μεταξύ των ανθρώπων παρατηρούνται διαφορετικοί ρυθμοί ωρίμανσης και γήρανσης, οι οποίοι καθορίζονται όχι μόνο από τη γενετική πληροφορία του κάθε ατόμου αλλά και από πολλούς παράγοντες, όπως η κατάσταση της υγείας, οι συνήθειες, το εργασιακό περιβάλλον και κοινωνικοοικονομικοί παράγοντες (Guo και συν., 2010). Η βασική έννοια στην εκτίμηση της βιολογικής ηλικίας είναι η ανάλυση παραγόντων με την επιλογή ηλικιακών βιοδεικτών σύμφωνα με ειδικά κριτήρια (Jia και συν., 2017).

Λόγω της πολυπλοκότητας των διαδικασιών της γήρανσης στον άνθρωπο, κανένας βιοδείκτης δεν μπορεί να θεωρηθεί ακριβές μέτρο του ρυθμού και του βαθμού των βιολογικών μεταβολών που επιφέρει η πάροδος του χρόνου. Συμπερασματικά, η χρονολογική ηλικία αποτελεί μία προσέγγιση της πραγματικής βιολογικής ηλικίας του οργανισμού και η εκτίμηση της βιολογικής ηλικίας



διευκολύνει τον κατά προσέγγιση προσδιορισμό της χρονολογικής ηλικίας ενός ατόμου (Levine 2013).

Συνεπώς, ενώ η χρονολογική και η βιολογική ηλικία του ανθρώπου συσχετίζονται και φυσιολογικά συμβαδίζουν, δεν συμπίπτουν πάντα. Δηλαδή, σε περιπτώσεις όπου η χρονολογική ηλικία ενός ατόμου είναι άγνωστη, ασαφής ή αμφιλεγόμενη, η εκτίμηση της βιολογικής του ηλικίας είναι πιθανό να συμπίπτει ή να αποκλίνει σε μικρό ή και σημαντικό βαθμό από τη χρονολογική ηλικία. Συνηθίζεται επομένως να χρησιμοποιείται ο πιο δόκιμος όρος «εκτίμηση» ή «προσδιορισμός» της ηλικίας, παρά ο όρος «καθορισμός» της ηλικίας ενός ατόμου (Νικοπούλου-Καραγιάννη, 2006).

Πολλές φορές, απαιτείται να καθοριστεί ο χρόνος που το ανήλικο άτομο μετατρέπεται σε ενήλικα. Μεταξύ των χωρών ανά τον κόσμο, αυτό το κατώτατο όριο της νομικής ενηλικίωσης κυμαίνεται μεταξύ 9 και 25 ετών, μπορεί να είναι διαφορετικό κατά περίπτωση για κάθε φύλο και συνήθως ορίζεται στα 18 έτη. Στις Ηνωμένες Πολιτείες, η νόμιμη ηλικία ενηλικίωσης καθορίζεται από κάθε πολιτεία και ορίζεται στα 18 έτη ηλικίας σε 47 πολιτείες. Στην αμερικανική Σαμόα, η αντίστοιχη ηλικία ορίζεται νομικά στα 14 μόλις έτη ηλικίας. Στις περισσότερες χώρες, τα όρια ηλικίας που έχουν σχέση με νομικές, πολιτικές και ποινικές διαδικασίες (π.χ. ηλικία συναίνεσης, δικαίωμα ψήφου, ηλικία καταλογισμού ποινικής ευθύνης) είναι μεταξύ 7 και 21 ετών, ανάλογα με την περίπτωση (Olze και συν., 2004, Schmeling και συν., 2008).

Η χρονολογική ηλικία αποτελεί συνεπώς ένα σημαντικό στοιχείο της ταυτότητας κάθε ατόμου και στις σύγχρονες κοινωνίες παίζει καθοριστικό ρόλο σε πολλά στάδια της κοινωνικής ένταξης. Στα ενήλικα άτομα, έχουν εφαρμοστεί αρκετές μέθοδοι μελέτης που αφορούν στη μορφολογία και βιοχημεία των δοντιών, την ωρίμανση συγκεκριμένων τμημάτων του σκελετού, δερματικές ενδείξεις και μεταβολές στο DNA σχετιζόμενες με τη ηλικία (Paewinsky και συν, 2005).

## 1.2 Η σημασία της εκτίμησης της ηλικίας στην Ιατροδικαστική

Η εκτίμηση ηλικίας για ιατροδικαστικούς λόγους είναι μία επίσημη διαδικασία, η διεξαγωγή της οποίας συχνά ζητείται κατ' εντολή των δικαστικών αρχών. Οι διαδικασίες για την εκτίμηση της ηλικίας είναι περίπλοκες και συνεπάγονται την εξέταση πολλών παραγόντων όπως η σκελετική ωρίμανση, η αξιολόγηση των δευτερευόντων χαρακτηριστικών του φύλου και η ανάπτυξη της οδοντοφυΐας (Khorate και συν., 2014).

Η ταυτοποίηση πτωμάτων ή σκελετικών υπολειμμάτων γίνεται με τον προσδιορισμό του φύλου και της βιολογικής ηλικίας. Η αξιολόγηση των ευρημάτων από την αντικειμενική εξέταση του οδοντικού φραγμού μπορεί να βοηθήσει στον προσδιορισμό της ηλικίας. Η φύση και θέση των δοντιών καθιστούν δυνατή τη διατήρησή τους για πολύ καιρό μετά τη φυσική αποσύνθεση άλλων τμημάτων του σκελετού, όπως και την αυξημένη αντοχή τους στην καταστρεπτική επίδραση εξωγενών παραγόντων (μηχανικές, χημικές και φυσικές επιδράσεις) (Kvaal και συν., 1994, Higgins και Austin, 2013).

Στις μέρες μας, η παγκόσμια αύξηση στον αριθμό των ευρεθέντων πτωμάτων και σκελετικών υπολειμμάτων καθιστά σημαντική την εξακρίβωση της ταυτότητας ενός πτώματος αγνώστων στοιχείων. Ο προσδιορισμός της ταυτότητας ενός θανόντος ατόμου είναι σημαντική από ηθική, νομική και εγκληματολογική άποψη. Αποτελεί προϋπόθεση για την επίσημη ανακήρυξη ενός ατόμου ως νεκρού και είναι η βάση στην οποία στηρίζονται οι έρευνες για τη διαχείριση εγκληματικών υποθέσεων, ατυχημάτων, μαζικών καταστροφών και εγκλημάτων πολέμου, μέσω της σύγκρισης με τα βιολογικά δεδομένα αγνοουμένων ατόμων (Schmeling και συν., 2007, Koh και συν., 2017).

Στην εκτίμηση της ηλικίας ζώντων ατόμων απαιτείται από τη διαδικασία υψηλότερη ακρίβεια, αξιοπιστία και μη καταστροφική προσέγγιση, με τη χρήση μη επεμβατικών μέσων (Cameriere και συν., 2012). Η εκτίμηση της ηλικίας ζώντων ατόμων έχει διαμορφώσει ένα σχετικά πρόσφατο πεδίο ενδιαφέροντος στην ιατροδικαστική έρευνα και πρακτική, το οποίο αποκτά ολοένα μεγαλύτερη

σπουδαιότητα. Από το 2000, οι περιπτώσεις εκτίμησης της ηλικίας ζώντων ατόμων γίνονται ολοένα και πιο συχνές (Azevedo και συν., 2015).

Η έξαρση της μετανάστευσης οδήγησε στην αύξηση του αριθμού των αλλοδαπών που εισέρχονται στην Ευρωπαϊκή Ένωση και δεν μπορούν να προσκομίσουν έγκυρα αποδεικτικά στοιχεία για την ημερομηνία γέννησής τους (Schmeling και συν., 2008). Σήμερα, υπολογίζεται ότι το 29% των γεννήσεων παγκοσμίως παραμένουν αδήλωτες, με την Υποσαχάρια Αφρική να είναι η περιοχή με το χαμηλότερο ποσοστό καταγραφής (Adserias-Garriga και Tejada, 2020). Ο χωρισμός ενός ατόμου από την οικογένειά του, η ηθελημένη παραποίηση στοιχείων για επίτευξη εισόδου σε άλλη χώρα και η επιδίωξη ευνοϊκότερης νομικής μεταχείρισης σε περιπτώσεις παράνομης ή εγκληματικής συμπεριφοράς είναι μερικές ακόμη από τις συχνότερες αιτίες όπου η ημερομηνία γέννησης δεν μπορεί να εξακριβωθεί.

Οι εκτιμήσεις ηλικίας που διενεργούνται με δικαστική εντολή σε ζώντα άτομα συμβάλλουν ουσιαστικά στην ενίσχυση της εννόμου ασφάλειας με στόχο να πραγματοποιηθούν νομικές διαδικασίες εξαρτώμενες από την ηλικία με τρόπο σύμφωνο με τους κανόνες δικαίου (Olze και συν., 2004). Η έννοια του ορίου της ελάχιστης ηλικίας έχει σχεδιαστεί για να αποτρέπει την εσφαλμένη κατάταξη ανήλικων ατόμων ως νόμιμων ενηλίκων και το αντίστροφο (Schmeling και συν., 2016). Οι αρμόδιοι φορείς κατά κανόνα ζητούν επιστημονικά πειστήρια που δίνουν με την μεγαλύτερη δυνατή βεβαιότητα απάντηση στο ερώτημα εάν το εξεταζόμενο άτομο ενδέχεται να είναι ηλικίας κάτω των 18 ετών, αν και τα κράτη μέλη είναι δυνατόν να έχουν διαφορετική εθνική νομοθεσία όσον αφορά τη νόμιμη ηλικία και την ηλικία ευθύνης (Olze και συν., 2010, Thevissen και συν., 2012). Στις διαδικασίες μετανάστευσης και αιτήσεων ασύλου, η εκτίμηση της ηλικίας είναι απαραίτητη για σκοπούς που συνδέονται με τους όρους υποδοχής ή επιστροφής, τη χορήγηση άδειας προσωρινής διαμονής, καθώς και στο σύνολο των διαδικασιών μετανάστευσης ασυνόδευτων ανηλίκων που έχουν υποστεί χωρισμό από τις οικογένειές τους (EASO, 2013).

Φορείς όπως η EASO (European Asylum Support Office) και η Ύπατη Αρμοστεία του ΟΗΕ για τους Πρόσφυγες έχουν εκδώσει κατευθυντήριες οδηγίες σχετικά με το

περιεχόμενο και το πεδίο εφαρμογής των διαδικασιών της εκτίμησης της ηλικίας σε ζώντα άτομα, αν και δεν παρέχεται ακόμα ειδική σύσταση σχετικά με κάποια ενιαία μέθοδο ή ένα λεπτομερές ειδικό πεδίο εφαρμογής κάθε μεθόδου. Το εθνικό δίκαιο και η εθνική νομοθεσία συχνά παραπέμπουν στην επιλογή των μεθόδων που επιτρέπεται να εφαρμόζονται (EASO, 2018). Η AGFAD (Arbeitsgemeinschaft für Forensische Altersdiagnostik) πρότεινε κατευθυντήριες γραμμές για την εκτίμηση της ηλικίας ζώντων ατόμων, με μια διαδικασία τριών βημάτων που περιλαμβάνει:

1. Φυσική κλινική εξέταση και ανθρωπομετρική ανάλυση
2. Ακτινογραφία αριστερής άκρας χειρός
3. Οδοντιατρική εξέταση, η οποία περιλαμβάνει την κλινική αξιολόγηση της οδοντοφυΐας και την εκτίμηση ενός ορθοπαντομογραφήματος (Schmeling και συν., 2007, Schmeling και συν., 2008, Dedouit και συν., 2012, Ekizoglu και συν., 2016).

Για τους ειδικούς που διεξάγουν τη διαδικασία εκτίμησης της οδοντικής ηλικίας, η ABFO (American Board of Forensic Odontology) έχει διατυπώσει τις εξής συστάσεις:

1. Θα πρέπει να παρέχεται κατάλληλη και ακριβής εκτίμηση της χρονολογικής ηλικίας με αξιοποίηση της επιστημονικής μεθοδολογίας.
2. Θα πρέπει να υπάρχει εξοικείωση με τις τρέχουσες προτεινόμενες μεθόδους εκτίμησης της οδοντικής ηλικίας και να χρησιμοποιείται μέθοδος κατάλληλη για την υπό εξέταση υπόθεση.
3. Θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη όλες οι διαθέσιμες πληροφορίες, συμπεριλαμβανομένου του φύλου, της καταγωγής, της πληθυσμιακής ιδιαιτερότητας, των βιολογικών πληροφοριών και των περιβαλλοντικών παραγόντων.
4. Θα πρέπει να χρησιμοποιούνται τα πλέον κατάλληλα στατιστικά δεδομένα για την εφαρμογή στην εκτίμηση της χρονολογικής ηλικίας του ατόμου.
5. Εφόσον είναι πρακτικά δυνατόν, θα πρέπει να γίνεται χρήση πολλαπλών ανεξάρτητων στατιστικών μεθοδολογιών και αναφορά των αποτελεσμάτων καθεμίας από αυτές.

6. Θα πρέπει να ακολουθείται επακριβώς η μεθοδολογία που περιγράφεται, συμπεριλαμβανομένων των πιθανών μορφολογικών σταδίων και μετρήσεων, της χρησιμοποιούμενης μεθόδου εκτίμησης της ηλικίας.
7. Όταν το επιτρέπει η χρησιμοποιούμενη τεχνική, θα πρέπει να συμπεριλαμβάνεται μία δήλωση της πιθανότητας το άτομο να έχει φτάσει την αναφερόμενη ηλικία σε υποθέσεις μετανάστευσης και ενηλικότητας (ABFO, 2014).

### 1.3 Ιστορικά στοιχεία

Υπάρχει μακρά ιστορική παράδοση στην εκτίμηση της οδοντικής ηλικίας. Η επισκόπηση της οδοντοφυΐας ήταν η πρώτη επιλογή των ανθρώπων για γρήγορη και απλή οπτική απόδειξη της ηλικίας των οικόσιτων ζώων. Σύμφωνα με ιστορικές αναφορές, οι έφηβοι στην αρχαία Ρώμη κρίνονταν κατάλληλοι για να καταταγούν μόλις ανέτειλαν οι δεύτεροι γομφίοι τους (Manjunatha και Soni, 2014).

#### THE TEETH A TEST OF AGE.

*To the Editor of THE LANCET.*

SIR:—I have to request the favour of the insertion in THE LANCET of the following practical observations† on the manner in which the examination of the teeth is to be conducted, with a view to determine the age of children, more particularly with reference to their qualification for factory labour. They have been drawn up at the suggestion of Messrs. Horner and Saunders, two of the inspectors of factories, who have, to a considerable extent, adopted in their district the test, into the value of which I instituted an inquiry in the early part of the last year, and have assured me that it has been attended with the most satisfactory results. I have the honour to be, Sir, your obedient servant,

EDWIN SAUNDERS.

16, Argyll-street,  
June 16, 1838.

Εικόνα 1 Επιστολή του Sir Edwin Saunders στον εκδότη του περιοδικού Lancet (Saunders, 1838)

Οι πρώτες γνωστές απόπειρες χρήσης της οδοντοφυΐας ως επιστημονικά βάσιμου ηλικιακού δείκτη προέρχονται από την Αγγλία. Στις αρχές του 19<sup>ου</sup> αιώνα, λόγω της οικονομικής κάμψης που επέφερε η βιομηχανική επανάσταση, η εργασία

και εγκληματικότητα των ανηλίκων αποτελούσαν σοβαρά κοινωνικά προβλήματα. Η νομοθεσία όριζε ότι κανένα παιδί ηλικίας μικρότερης των 9 ετών δεν επιτρεπόταν να εργάζεται και η κατώτερη ηλικία ποινικής υπευθυνότητας ήταν τα επτά έτη. Ο προσωπικός οδοντίατρος της βασίλισσας Βικτώριας Sir Edwin Saunders (1814–1901), το 1837 παρουσίασε στο βρετανικό κοινοβούλιο μία μελέτη με τίτλο “The Teeth A Test of Age” (Εικόνα 1), στην οποία κατέληγε ότι η οδοντοφυΐα ήταν πιο αξιόπιστο κριτήριο από ό,τι το ανάστημα για τον προσδιορισμό της ηλικίας (Saunders, 1838, Singh και Singal, 2017). Η μελέτη αυτή οδήγησε στην ψήφιση κοινοβουλευτικής πράξης η οποία απαγόρευε την εργασία σε εργοστάσιο σε παιδιά χωρίς δεύτερο μόνιμο γομφίο.

Το 1872, ο Wedl κατέγραψε τις παρατηρήσεις του σχετικά με τις δομικές αλλαγές των οδοντικών ιστών στα δόντια του μόνιμου φραγμού, περιγράφοντας τη λιπώδη εκφύλιση, την ενασβεστίωση, τις εναποθέσεις κολλοειδούς, την εναπόθεση χρωστικών στον πολφικό ιστό και την ελάττωση των διαστάσεων της πολφικής κοιλότητας λόγω εναπόθεσης δευτερογενούς οδοντίνης (Kvaal 2006, Stavrianos και συν., 2008).

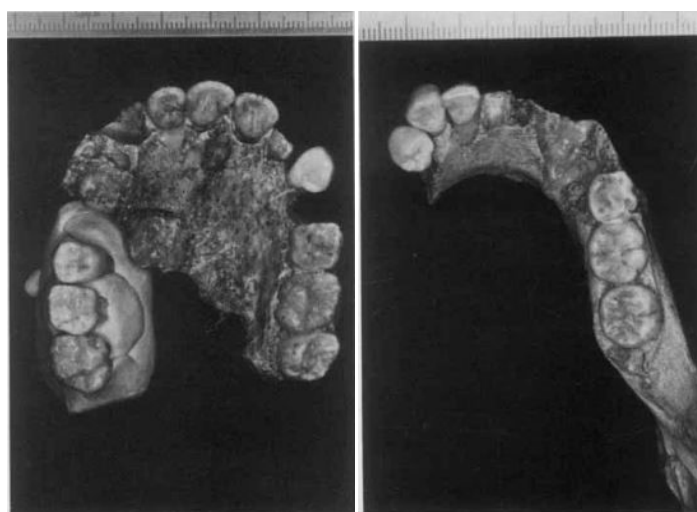
Η διαλεύκανση της «Υπόθεσης Gouffé» που θορύβησε τη Γαλλία το 1889, βασίστηκε στην ταυτοποίηση του θύματος τέσσερις μήνες μετά το θάνατό του από την εκτίμηση της οδοντικής ηλικίας του. Εξετάζοντας το βαθμό της φθοράς των οδοντικών ιστών, ο εγκληματολόγος Alexandre Lacassagne εκτίμησε ότι η ηλικία του θύματος ήταν μάλλον πιο κοντά στα πενήντα έτη, αντίθετα με την αρχική εκτίμηση ότι επρόκειτο για άτομο πολύ νεαρότερης ηλικίας. Μετά την ολοκλήρωση των ερευνών, η σορός του 49 ετών αγνοούμενου Toussaint-Augustin Gouffé ταυτοποιήθηκε επιτυχώς (Ramsland, 2006).

Το 1917 ο βιολόγος και μαθηματικός D' Arcy Wentworth Thompson συνδύασε τη φιλοσοφία και τη γεωμετρία της βιολογικής ανάπτυξης, ώστε να καταστεί δυνατή η πρόγνωση αυτής με τη χρήση ενός μαθηματικού μοντέλου. Η λογική της πρόγνωσης της ανάπτυξης αποτελεί βασική αρχή στην οποία βασίζονται οι σύγχρονες μέθοδοι εκτίμησης της ηλικίας μέχρι και λίγα έτη μετά τη χρονολογική ενηλικίωση του ατόμου (Liversidge και συν., 1998).

Η σύγχρονη έρευνα εστιάζει στην προσέγγιση της ηλικίας μέσω της μελέτης ηλικιακών δεικτών από περισσότερες ανατομικές περιοχές, της ιστολογίας, της πληθυσμιακής ποικιλομορφίας, προηγμένων μαθηματικών προσεγγίσεων, της βιοχημικής ανάλυσης και της μελέτης της οδοντοφυΐας. Ολοένα και περισσότερο αναγνωρίζεται η αξία της χρήσης πολλαπλών μεθόδων/ηλικιακών δεικτών αντί για μονήρεις, καθώς και το γεγονός ότι οι μέθοδοι που εφαρμόζονται στο δείγμα μίας μελέτης δεν ανταποκρίνονται απαραίτητα με το ίδιο επίπεδο εμπιστοσύνης σε άλλα δείγματα (Ubelaker και Khosrowshahi, 2019).

#### 1.4 Ο ρόλος της ακτινογραφικής εξέτασης στην εκτίμηση της ηλικίας

Η ακτινογραφική εξέταση συμβάλλει σημαντικά στην εκτίμηση της ηλικίας. Κατά τη συγκρότηση του βασικού βιολογικού προφίλ συχνά υπάρχει ανάγκη διατήρησης του υλικού σε άθικτη κατάσταση. Αυτό αφορά κυρίως στις αρχαιολογικές συλλογές και σε ιατροδικαστικές περιπτώσεις όπου είναι σημαντικό για θρησκευτικούς και πολιτιστικούς λόγους να μην υποστεί βλάβη το πτωματικό υλικό. Η υπολογιστική τομογραφία χρησιμοποιείται στην εκτέλεση μεταθανάτιας σάρωσης πριν τη νεκροψία ή όπου η νεκροτομή μπορεί να μην είναι επιτρεπτή. Με τη χρήση ακτινογραφικών τεχνικών κατέστη επίσης δυνατή η εξέταση των μη κλινικά ορατών ηλικιακών δεικτών σε ζώντα άτομα (Borrtman και συν., 1995, Priyadarshini και συν., 2015).



Εικόνα 2 Άνω και κάτω γνάθος από την περιοχή Κραρίνα της Κροατίας στις οποίες εξετάστηκε η ανατολή των δοντιών και ο βαθμός φθοράς των οδοντικών ιστών για την εκτίμηση της ηλικίας (Wolpoff 1979).

Οι πρώτες εφαρμογές της χρήσης ακτινογραφικής απεικόνισης στην ιατροδικαστική ανάλυση ανθρώπινων σκελετικών υπολειμμάτων χρονολογούνται ήδη από τα τέλη του 19ου και τις αρχές του 20ου αιώνα. Πολύ σύντομα μετά την ανακάλυψη των ακτίνων Χ από τον Wilhelm Conrad Röntgen, η ακτινολογία χρησιμοποιήθηκε ερευνητικά για πρώτη φορά με ιατροδικαστικό ενδιαφέρον από τον παλαιοανθρωπολόγο Gorjanovic-Kramberger κατά τη μελέτη οστικών και οδοντικών δομών σε Νεάντερταλ που ανακαλύφθηκαν στην περιοχή Krapina της Κροατίας, σε μια προσπάθεια προσδιορισμού της ηλικίας του δείγματος (Εικόνα 2) (Wolroff 1979, Franklin και συν., 2016).

Η οπισθοφατνιακή ακτινογραφία και το ορθοπαντομογραφήμα χρησιμοποιήθηκαν από πολύ νωρίς στη διαδικασία εκτίμησης της οδοντικής ηλικίας. Οι προσπάθειες για τη διόρθωση παραμορφώσεων και υπερεπιθέσεων και τη βελτίωση της ευελιξίας των ακτινογραφικών τεχνικών, όταν αυτές εφαρμόζονται σε πιο πολύπλοκες οστικές δομές, συνεχίστηκαν καθ' όλη τη διάρκεια της δεκαετίας του 1970 και του 1980 με την ανάπτυξη των πρώιμων μορφών τομογραφικής απεικόνισης. Η υπολογιστική τομογραφία κωνικής δέσμης (CBCT) εμφανίζει επαρκή ακρίβεια για την αξιολόγηση της ανατομίας της πολφικής κοιλότητας. Ο όγκος των οδοντικών δομών μπορεί να υπολογιστεί με χαμηλό σφάλμα (περίπου 4-7%), ωστόσο δε χρησιμοποιείται ως ρουτίνα στην ιατροδικαστική. Η micro-CT είναι ακόμα πιο ακριβής, αλλά σε πιο μικρές περιοχές και σε εξαχθέντα δόντια (Biukic και συν., 2017. Bjørk και Kvaal, 2018).

Η χρήση μαγνητικής τομογραφίας και υπερηχογραφήματος στην ιατροδικαστική έρευνα δεν είναι τόσο εκτενής όσο αυτή των τεχνικών ιοντίζουσας ακτινοβολίας, υπάρχουν όμως ορισμένα δημοσιευμένα παραδείγματα (ιδιαίτερα για την εκτίμηση της ηλικίας ζώντων ατόμων) που υποστηρίζουν τη χρήση τους σε ορισμένες περιπτώσεις (Franklin και συν., 2016).



## Κεφάλαιο 2: Εκτίμηση της οδοντικής ηλικίας σε ενήλικα άτομα

### 2.1 Γενικά

Η εκτίμηση της οδοντικής ηλικίας στα αναπτυσσόμενα άτομα βασίζεται στη γενετικά προκαθορισμένη διαδοχή αναπτυξιακών σταδίων με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, σε συνάρτηση με το χρόνο (Liversidge και συν., 1998). Προς το τέλος της ανάπτυξης, ελάχιστα μόνο εξαρτώμενα από την ηλικία χαρακτηριστικά μπορούν να αξιολογηθούν με τη χρήση μορφολογικών μεθόδων. Όταν το άτομο ξεπεράσει την ηλικία των 21 ετών και η ανάπτυξη των γομφίων έχει ολοκληρωθεί, ο προσδιορισμός της ηλικίας με μεθόδους που βασίζονται στη διάπλαση και ανατολή των δοντιών δεν μπορεί να εφαρμοστεί. Σε άτομα με συγγενή έλλειψη τρίτων γομφίων, το όριο αυτό μειώνεται στην ηλικία των 14-15 ετών, όταν τα περισσότερα μόνιμα δόντια έχουν πλήρως διαπλασθεί και η εκτίμηση ηλικίας καθίσταται ολοένα δυσχερέστερη (Marroquin και συν., 2017).

Κατά την εκτίμηση της οδοντικής ηλικίας ενηλίκων ατόμων αξιολογούνται κυρίως οι δομικές μεταβολές που συμβαίνουν στα πλήρως διαπλασμένα δόντια με την πάροδο της ηλικίας. Παρά την αβεβαιότητα που παρουσιάζει η διαδικασία εκτίμησης της οδοντικής ηλικίας ενηλίκων ατόμων, θεωρείται πιο αξιόπιστη σε σύγκριση με την προσπάθεια προσδιορισμού της βιολογικής ηλικίας με άλλα μέσα (Cunha και συν., 2009). Έχει τεκμηριωθεί ότι τα δόντια είναι πιο ανθεκτικά από τα οστά στην επίδραση εξωτερικών παραγόντων. Επιπρόσθετα, η χρήση απεικονιστικών μεθόδων για την εκτίμηση της οδοντικής ηλικίας με βάση την αξιολόγηση των οδοντικών ιστών δεν είναι μόνο λιγότερο επεμβατική από εκείνες που βασίζονται στην οστική ανάλυση, αλλά εμφανίζουν επιπλέον παρόμοια ή υψηλότερη ακρίβεια από αυτές στους ενήλικες (Marroquin και συν., 2017, Merritt 2017).

### 2.2 Μέθοδοι εκτίμησης της οδοντικής ηλικίας σε ενήλικες

Κατά τη μελέτη του μόνιμου φραγμού παρατηρούνται οι μεταβολές που έχουν υποστεί τα δόντια κατά τη λειτουργική του φάση και γίνεται συσχέτισή τους με τη χρονολογική ηλικία του ατόμου. Σε μικρότερο βαθμό, κατά την εκτίμηση της

οδοντικής ηλικίας οριακά ενηλίκων ατόμων μπορεί να γίνει αξιολόγηση της διάπλασης και τοπογραφίας του τρίτου γομφίου (Priyadarshini και συν., 2015).

Οι οδοντιατρικές μέθοδοι εκτίμησης της ηλικίας ενηλίκων ατόμων ταξινομούνται στις μορφολογικές και τις ακτινογραφικές. Οι μορφολογικές, με τη σειρά τους, διακρίνονται στις κλινικές, τις ιστολογικές και τις βιοχημικές (Jain και συν., 2017). Οι περισσότερες μορφολογικές μέθοδοι βασίζονται στην *ex vivo* μελέτη εξαχθέντων δοντιών, συνεπώς η χρήση τους είναι συχνά απαγορευτική για ηθικούς, θρησκευτικούς, πολιτισμικούς ή επιστημονικούς λόγους. Σε πτωματικό υλικό ουσιαστικά καταστρέφονται αποδεικτικά στοιχεία, ενώ σε ζώντα άτομα, η εξαγωγή δοντιού χωρίς ιατρική ένδειξη δεν είναι ηθικά αποδεκτή ενέργεια. Συνεπώς, μέθοδοι που παρουσιάζουν μεν υψηλότερη ακρίβεια αλλά έχουν επεμβατική προσέγγιση δεν είναι αποδεκτές, καθώς απαιτούν τη φυσική βλάβη του δείγματος και δεν είναι αποδεκτές σε πολλές περιπτώσεις ιατροδικαστικού ενδιαφέροντος (Cameriere και συν., 2012, Priyadarshini και συν., 2015, Penalzoza και συν., 2016).

Μη επεμβατικές προσεγγίσεις αποτελούν κυρίως η μακροσκοπική και ακτινογραφική παρατήρηση των δοντιών. Για αιώνες και πριν από την ανάπτυξη στατιστικών μεθόδων, η επισκόπηση του φραγμού ήταν η μόνη μέθοδος εκτίμησης της ηλικίας, στηριζόμενη κυρίως στην κλινική εμπειρία του εξετάζοντος (Borrmann και συν., 1995).

Σήμερα, οι περισσότερες μη επεμβατικές μέθοδοι για την εκτίμηση της οδοντικής ηλικίας βασίζονται στη μελέτη ακτινογραφημάτων με γραμμικές ή μορφολογικές μετρήσεις. Η μελέτη των οδοντιατρικών ακτινογραφημάτων μπορεί να εφαρμοστεί τόσο σε ζώντα όσο και σε πτωματικό υλικό (Paewinsky και συν., 2005). Οι ακτινογραφικές μέθοδοι είναι επιπλέον απλές, λιγότερο χρονοβόρες και απαιτούν σαφώς μικρότερη επιστημονική εξειδίκευση σε σύγκριση με τις επεμβατικές μεθόδους (Jain και συν., 2017).

### 2.2.1 Μελέτη τρίτου γομφίου

Ο τρίτος γομφίος είναι το τελευταίο δόντι που αρχίζει και ολοκληρώνει την ανάπτυξή του, ως εκ τούτου αποτελεί τον τελευταίο διαθέσιμο μορφολογικό δείκτη

της οδοντικής ηλικίας. Αν και παρουσιάζει τη μεγαλύτερη μεταβλητότητα όσον αφορά τη μορφολογία και την ανάπτυξη, ο τρίτος γομφίος είναι το μοναδικό δόντι που εξακολουθεί να υφίσταται αναπτυξιακές αλλαγές στην όψιμη εφηβεία και στα πρώτα χρόνια της ενηλικίωσης. Συνεπώς, οι τρίτοι γομφίοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην εκτίμηση της ηλικίας των μεγαλύτερων εφήβων και των νεαρών ενηλίκων (Lewis και Senn, 2010).

Σύμφωνα με τις περισσότερες έρευνες, η μέση ηλικία πλήρους διάπλασης του ακρορριζικού τμήματος των ριζών στους τρίτους γομφίους είναι μεταξύ 20 και 23 ετών. Η πιθανότητα να έχουν πλήρως διαπλασμένες ρίζες οι τρίτοι γομφίοι ατόμων κάτω από την ηλικία των 18 ετών είναι πολύ χαμηλή, αλλά δεν μπορεί να αποκλειστεί (Olze και συν., 2010).

Γενικά, οι κάτωθι παράγοντες θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη όταν χρησιμοποιείται κάποια μέθοδος εκτίμησης ηλικίας μέσω της μελέτης της οδοντικής ανάπτυξης του τρίτου γομφίου:

- Οι τρίτοι γομφίοι εμφανίζουν εξαιρετικά σημαντική μορφολογική ποικιλομορφία και συχνά άτυπη ανατομία.
- Οι τρίτοι γομφίοι αναπτύσσονται κατά κανόνα νωρίτερα στα άρρενα από ό, τι στα θήλεα άτομα. Η ολοκλήρωση της ανάπτυξης του τρίτου γομφίου μετά την εφηβεία θεωρείται ότι σχετίζεται με αυτή την αναστροφή του συνήθους προτύπου της οδοντικής ανάπτυξης που χαρακτηρίζει τον διμορφισμό των δύο φύλων σε ορισμένους πληθυσμούς (Lewis και Senn, 2010).
- Το διάστημα εμπιστοσύνης αυξάνεται με την ηλικία και είναι ευρύτερο για την εκτίμηση ηλικίας που βασίζεται σε τρίτους γομφίους στα τελευταία στάδια ανάπτυξης των ριζών (Kvaal και Haugen, 2017).
- Τέλος, οι τρίτοι γομφίοι παρουσιάζουν το μεγαλύτερο ποσοστό συγγενούς έλλειψης και τη μεγαλύτερη διακύμανση όσον αφορά το χρόνο σχηματισμού και ανάπτυξης (Björk and Kvaal, 2018).

## 2.2.2 Μέθοδοι μελέτης δομικών μεταβολών

Η βελτίωση της στοματικής υγείας σε όλες τις ηλικιακές ομάδες, σε συνδυασμό με την αύξηση του προσδόκιμου μέσου όρου της ηλικίας στη σύγχρονη εποχή, δείχνουν ότι όλο και περισσότεροι άνθρωποι μεγαλύτερης ηλικίας θα διατηρούν τα φυσικά τους δόντια, με όσες ιστικές μεταβολές αυτά θα υφίστανται με την πάροδο των ετών (Murray και συν., 2002).

Οι σημαντικότερες από τις μεταβολές αυτές που αξιολογούνται από τις διαφορετικές μεθόδους εκτίμησης της οδοντικής ηλικίας σε ενήλικα άτομα περιγράφονται και αναλύονται στη συνέχεια:

### 1. Αριθμός των δοντιών στο φραγμό

Είναι η πλέον απλή και αρχαιότερη των παρατηρούμενων χρονοεξαρθώμενων μεταβολών στην οδοντοφυΐα. Στενά συνδεδεμένη με τον αριθμό των δοντιών είναι και η ποσοτική εκτίμηση της υπάρχουσας παθολογίας των σκληρών οδοντικών ιστών. Επειδή η τερηδόνα είναι δυνατόν να εξελιχθεί και να προκαλέσει απώλεια του δοντιού, θα πρέπει να μετρώνται από κοινού τερηδονισμένα και απωλεσθέντα δόντια (Rösing και Kvaal, 1998).

Ο αριθμός των δοντιών στο φραγμό σε πολλές περιπτώσεις μπορεί να δώσει ενδείξεις για την ηλικία του ατόμου, ωστόσο δεν είναι εφικτό να υπάρξει αξιόπιστη ποσοτική συσχέτιση του με τη χρονολογική ηλικία. Εξάλλου, δεν είναι ασύνηθες το φαινόμενο εκτεταμένου πολυτερηδονισμού σε παιδιά και σε άτομα νεαρής ηλικίας (Liversidge και συν., 1998).

### 2. Χρώμα των δοντιών

Η απόχρωση των δοντιών μεταβάλλεται με την πάροδο του χρόνου, με τα δόντια να γίνονται σταδιακά πιο κιτρινωπά, φαιά ή καφέ (Kirzioğlu και Ceyhan, 2012). Οι οπτικές αλλαγές στο χρώμα της αδαμαντίνης οφείλονται στην αύξηση του αζώτου που περιέχεται σε αυτήν και στην εμφάνιση επιφανειακών ρωγμών που οδηγούν σε μία ελαφρά μεταβολή στη διάθλαση. Από την άλλη, η αλλαγή του χρώματος της

οδοντίνης με την πάροδο των ετών οφείλεται σε τροποποιήσεις της οργανικής και ανόργανης σύστασής της (Martin-De Las Heras και συν., 2003). Στους λόγους της μεταβολής της οπτικής εικόνας των οδοντικών ιστών συμπεριλαμβάνονται επίσης η εναπόθεση εξωγενών χρωστικών ουσιών, η ενασβεστίωση της οδοντίνης και η εναπόθεση οστεΐνης (Bang 1989). Η συσχέτιση με την ηλικία είναι υψηλή, αλλά μη ποσοτικά μετρήσιμη.

Σημαντικός περιορισμός κατά τη συσχέτιση της οδοντικής χροιάς με την ηλικία είναι το γεγονός ότι αυτή εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη φυσική απόχρωση των δοντιών και επηρεάζεται από παράγοντες όπως η τεχνητή λεύκανση ή η κατανάλωση συγκεκριμένων τροφών (Olze και συν., 2010).

### **3. Μεταβολές στο περιοδόντιο**

Η περιοδοντική νόσος προσβάλλει όλες τις ηλικίες, ωστόσο το συντριπτικό ποσοστό των περιστατικών παρουσιάζεται στους ενήλικες και αυξάνεται με την ηλικία. Σημαντικό εύρημα στα άτομα μεγαλύτερης ηλικίας μπορεί να είναι η γενική αποδιοργάνωση του φραγμού και της σύγκλεισης λόγω περιοδοντικής νόσου και της επακόλουθης απώλειας δοντιών.

Οι μεταβολές που παρατηρούνται στο περιοδόντιο σε σχέση με την ηλικία μπορεί σε ορισμένες περιπτώσεις να είναι σημαντικές, ωστόσο η αξιολόγησή τους συνοδεύεται από ισχυρούς περιορισμούς. Η ύπαρξη νοσολογικών οντοτήτων ή παθολογικών καταστάσεων που προσομοιάζουν περιοδοντικές βλάβες είναι δυνατόν να παρατηρηθούν σε οποιαδήποτε ηλικία και η ίδια η περιοδοντική νόσος, ενώ έχει ισχυρή συσχέτιση με την ηλικία, δεν αποτελεί από μόνη της αξιόπιστο ηλικιακό δείκτη (Μαντζαβίνος και Βρότσος, 2002).

### **4. Δευτερογενής εναπόθεση οστεΐνης**

Στα ηλικιωμένα άτομα και στις έντονα ελαττωμένες οδοντοφυΐες, οι ρίζες των δοντιών και ειδικά στο ακρορριζικό τους τριτημόριο εμφανίζονται συχνά με σχήμα βολβώδους διεύρυνσης (club shape). Αυτό είναι το αποτέλεσμα μιας συνεχούς

εναπόθεσης μικροποσοτήτων οστεΐνης στη ρίζα, η οποία τελικά μπορεί να οδηγήσει σε εικόνα εμφανούς υπεροστεΐνωσης (Εικόνα 3).



*Εικόνα 3 Υπεροστεΐνωση ριζών του πρώτου και δεύτερου προγομφίου της άνω γνάθου με σχήμα βολθώδους διεύρυνσης (club shape) σε άτομο προχωρημένης ηλικίας (Murragaru και συν., 2020).*

Στην προκεχωρημένη περιοδοντίτιδα, η οστεϊνική εναπόθεση ενδέχεται να επιταχύνεται σε μία φυσιολογική προσαρμοστική προσπάθεια διατήρησης του δοντιού στη γνάθο, παρά την ολοένα μειούμενη επιφάνεια επαφής ρίζας-οστού. Η μεταβλητή αυτή χρησιμοποιείται συνήθως σε συνδυαστικές μεθόδους εκτίμησης της ηλικίας (Gurta και συν. 2014, Raju και συν. 2016).

## **5. Ετήσια δακτυλιοειδής εναπόθεση οστεΐνης**

Τα θηλαστικά εναποθέτουν ένα λεπτό στρώμα οστεΐνης, που αποτελείται από μια πιο σκοτεινή και μια πιο ανοικτόχρωμη ζώνη, γύρω από τις ρίζες των δοντιών τους κάθε χρόνο, συγκρίσιμη με το δυναμικό ανάπτυξης του κορμού των δέντρων της εύκρατης ζώνης.

Η ακριβής βιολογία του σχηματισμού των οστεϊνικών δακτυλίων είναι ουσιαστικά άγνωστη. Ωστόσο, ως ιστολογικό φαινόμενο έχει εφαρμοστεί στη διαδικασία εκτίμησης της ηλικίας, καθώς φαίνεται ότι αντιπροσωπεύει μια χρονοβιολογική διαδικασία με ενδογενή ρυθμό που αντιστοιχεί αδρά στον ετήσιο ημερολογιακό κύκλο και δε δείχνει να επηρεάζεται σημαντικά από εξωγενείς παράγοντες (Kvaal και Solheim 1995, Wittwer-Backofen και συν. 2004).

## **6. Απορρόφηση της ρίζας**

Σε ορισμένα δόντια η εξωτερική επιφάνεια της ρίζας υφίσταται απορρόφηση σε μικροσκοπικές περιοχές της, προκαλώντας μια τραχύτητα στη ριζική επιφάνεια. Το φαινόμενο φαίνεται να συμβαίνει όλο και περισσότερο σε δόντια μεγαλύτερης ηλικίας. Σήμερα πιστεύεται ότι η συμβολή της απορρόφησης της ρίζας στην ηλικιακή εκτίμηση είναι χαμηλής σημασίας, ενώ και αντίστροφα, άλλοι πιο σημαντικοί παράγοντες προάγουν την απορρόφηση της ριζικής επιφάνειας των δοντιών σε σύγκριση με την πάροδο του χρόνου (περιακρορριζική παθολογία, ορθοδοντικές δυνάμεις κ.ά.) (Solheim και Kvaal, 1993, Rösing και Kvaal, 1998).

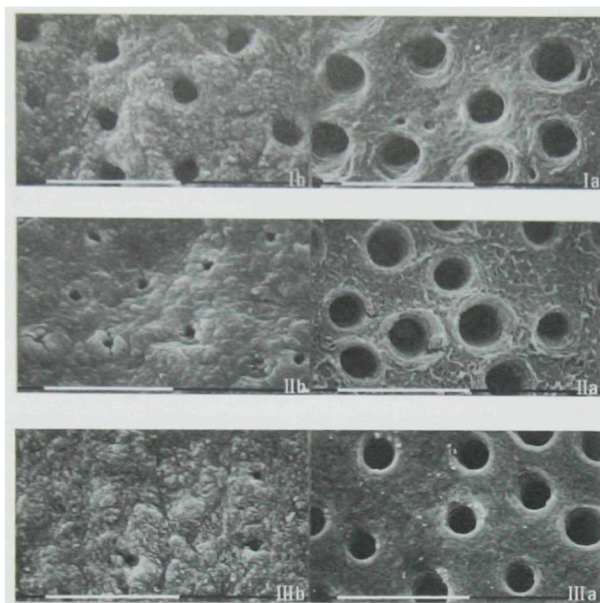
## **7. Διαφάνεια της ρίζας**

Η διαφάνεια της ρίζας προκύπτει από την εναπόθεση κρυστάλλων υδροξυαπατίτη εντός των οδοντινοσωληναρίων με την πάροδο των ετών, προκαλώντας την προοδευτική αύξηση στη διαφάνεια της ριζικής επιφάνειας. Ξεκινά από το ακρορρίζιο και κατευθύνεται προς το αυχενικό τριτημόριο της ρίζας, με αποτέλεσμα μια πιο ομοιογενή οδοντίνη, η οποία καθιστά τη ρίζα οπτικά ημιδιαφανή (milk glass). Η εικόνα αυτή είναι περισσότερο εμφανής σε λεπτές τομές του δοντιού αλλά ορατή και σε άθικτες ρίζες, ενώ εξαφανίζεται σε απασβεστωμένα δόντια. Αν και η φύση και η αιτία της δεν είναι επαρκώς σαφείς, η διαφάνεια της ρίζας των δοντιών είναι μάλλον αυτόνομη διεργασία, που ελάχιστα επηρεάζεται από τις ασθένειες και το περιβάλλον (Drusini και συν., 1991, Rösing και Kvaal, 1998).

## **8. Περισωληναριακή οδοντίνη**

Η εναπόθεση περισωληναριακής οδοντίνης οδηγεί σε μικροσκοπικά ανιχνεύσιμη μείωση της διαμέτρου των οδοντινοσωληναρίων με την πάροδο του χρόνου (Kvaal και συν., 1994).

Ένας παράγοντας που ίσως συμβάλλει στην αύξηση της διαφάνειας των ακρορριζικών τμημάτων των ριζών με την ηλικία είναι η σταδιακή πλήρωση των οδοντινοσωληναρίων, η οποία μπορεί να παρατηρηθεί στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο (Εικόνα 4).



Εικόνα 4 Πειραματική απόδειξη της συσχέτισης της διαμέτρου των οδοντινοσωληναρίων με τη χρονολογική ηλικία (Κνασά και συν., 1994)

## 9. Ρακεμοποίηση ασπαρτικού οξέος

Η ρακεμοποίηση των αμινοξέων είναι μία σχετικά ταχεία αναστρέψιμη αντίδραση σε ζωντανούς ιστούς με χαμηλό μεταβολικό ρυθμό. Το ασπαρτικό οξύ αναφέρεται ότι εμφανίζει τον υψηλότερο ρυθμό ρακεμοποίησης από όλα τα αμινοξέα και ότι συσσωρεύεται στους ιστούς με την πάροδο του χρόνου. Η ρακεμοποίηση του ασπαρτικού οξέος αποτελεί μία αυτόνομη χρονοβιολογική χημική διεργασία, ανεξάρτητη από τη λειτουργική χρήση των δοντιών στον φραγμό.

Ορισμένες στερεοϊσομερείς βιοχημικές ενώσεις όπως το ασπαρτικό οξύ έχουν την οπτική ιδιότητα να κατευθύνουν το πολωμένο φως προς τα αριστερά. Αυτή η L μορφή του ασπαρτικού οξέος είναι η μοναδική που υπάρχει φυσικά στους οδοντικούς ιστούς. Με την πάροδο του χρόνου, παρατηρείται μία σταδιακή μετατροπή του ασπαρτικού οξέος στη στερεοϊσομερή του D μορφή, η οποία έχει την ιδιότητα να κατευθύνει το πολωμένο φως προς τα δεξιά. Τελικά, προκύπτει ένα μίγμα



όπου οι δύο εκδοχές του ασπαρτικού οξέος απαντώνται εξίσου. Η αναλογία D/L των στερεοϊσομερών του ασπαρτικού οξέος συσχετίζεται ισχυρά με την ηλικία (Stavrianos και συν., 2008, Καραγιάννη και Τσιχλάκης, 2013, Wochna και συν., 2018).

Η βιοχημική διεργασία της ρακεμοποίησης του ασπαρτικού οξέος ως μεθόδου εκτίμησης της ηλικίας εμφανίζει υψηλή αναπαραγωγικότητα και ακρίβεια. Οι τερηδονικές βλάβες και οι ιατρογενείς αιτίες απώλειας οδοντικής ουσίας επηρεάζουν τη σύσταση της οδοντίνης και την ίδια τη διεργασία της ρακεμοποίησης, καθιστώντας τη συγκεκριμένη μέθοδο ακατάλληλη σε αρκετές περιπτώσεις. Φυσικά, η μέθοδος είναι επεμβατική και απαιτεί εξαγωγή δοντιών, ως εκ τούτου δεν ενδείκνυται για εφαρμογή σε ζώντα άτομα (Ge και συν., 2015).

## **10. Αποτριβή**

Η αποτριβή είναι η σταδιακή απώλεια οδοντικής ουσίας από τις λειτουργικές επιφάνειες επαφής μεταξύ των ανταγωνιστών δοντιών και δεν έχει τερηδονική αιτιολογία. Εξαρτάται από το χρόνο χρήσης της εκάστοτε οδοντικής επιφάνειας, άρα από την ηλικία του μόνιμου φραγμού. Είναι απαραίτητη συνέπεια της χρόνιας φυσιολογικής μασητικής λειτουργίας, αλλά ο ρυθμός της ποικίλλει ανάλογα με διάφορους παράγοντες, όπως οι υλικές ιδιότητες της διατροφής, τα εξατομικευμένα δυναμικά χαρακτηριστικά του προτύπου της μάσησης και οι παραλειτουργικές έξεις (Δουβίτσας και Λαγουβάρδος, 2005).

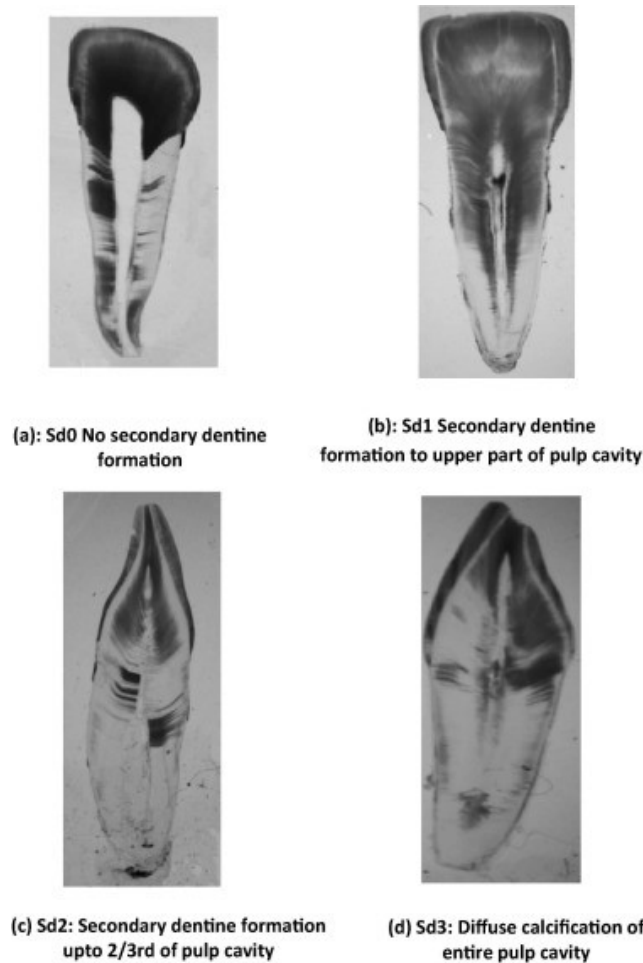
Η αποτριβή δεν υφίσταται μόνη της, αλλά συνδυάζεται αναπόσπαστα με τη μείωση των διαστάσεων της πολφικής κοιλότητας. Όταν η αποτριβή των οδοντικών ιστών και η συρρίκνωση του πολφού εξετάζονται ξεχωριστά, η δεύτερη εμφανίζει τη μεγαλύτερη μεταβολή και την ισχυρότερη συσχέτιση με την πάροδο της ηλικίας (Rösing και Kvaal, 1998).

## **11. Δευτερογενής οδοντίνη**

Η οδοντίνη είναι ένας ζωντανός ιστός που περιέχει οδοντινοβλάστες οι οποίοι συνεισφέρουν αρχικά στην ανάπτυξη του δοντιού και μετέπειτα στην αλλαγή της

εσωτερικής μορφολογίας του. Η δευτερογενής οδοντίνη ξεκινά να εναποτίθεται στα πολφικά τοιχώματα αφού το ακρορριζικό τμήμα της ρίζας έχει αναπτυχθεί πλήρως, το δόντι έχει ανατείλει πλήρως στη στοματική κοιλότητα στο ύψος του μασητικού επιπέδου και έχει αρχίσει να λειτουργεί στο φραγμό (φυσιολογική δευτερογενής οδοντινογένεση) (Prapanroch και συν., 1992, Δουβίτσας και Λαγουβάρδος, 2005).

Το σύστημα πολφού-οδοντίνης είναι επίσης ικανό να ανταποκρίνεται σε ποικίλα ερεθίσματα με την πάροδο του χρόνου. Η συνεχής έκκριση οδοντίνης καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής και η έντονη αντίδρασή της στα περιβαλλοντικά ερεθίσματα, έχουν ως αποτέλεσμα την πρόκληση διάφορων χρονοεξαρτώμενων μεταβολών στη βασική δομή της (Εικόνα 5), χαρακτηριστικό που την καθιστά ίσως τον πιο σημαντικό μορφολογικό προγνωστικό παράγοντα για την εκτίμηση της οδοντικής ηλικίας ενηλίκων ατόμων (Bodecker 1925, Solheim, 1993).



Εικόνα 5 Ιστολογικά στάδια εναπόθεσης δευτερογενούς οδοντίνης (Agora και συν., 2016)

Ο ρυθμός εναπόθεσης της δευτερογενούς οδοντίνης έχει παρατηρηθεί ότι δεν είναι γραμμικός αλλά ποικίλει ανάλογα με τις συνθήκες και τη χρονική στιγμή, ενώ σχηματίζεται πιο γρήγορα όταν η επιφάνεια αποτριβής πλησιάζει στον πολφό. Σύμφωνα με ιστολογικές έρευνες και μελέτες εικόνων από μικρο-υπολογιστική τομογραφία (μCT), φαίνεται ότι η μείωση του όγκου του πολφού παρουσιάζει αυξημένο ρυθμό στις ηλικίες μεταξύ των 20 και 40 ετών και στη συνέχεια επιβραδύνεται (Penalzoza και συν., 2016). Ο μέσος ρυθμός αύξησης του πάχους της οδοντίνης είναι περίπου 6,5 μm/έτος για τη μύλη και 10 μm/έτος για τη ρίζα των δοντιών (De Luca και συν., 2010). Το μέσο πάχος της οδοντίνης παρατηρείται επίσης να ποικίλλει σημαντικά μεταξύ των διαφορετικών τύπων δοντιών (Cameriere και συν., 2012).

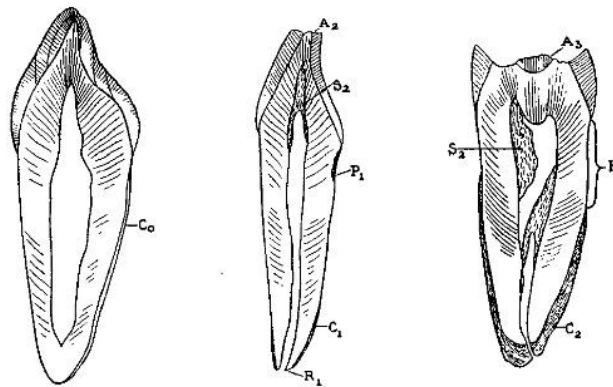
Έχει παρατηρηθεί ότι η δευτερογενής οδοντίνη δεν εναποτίθεται ομοιόμορφα στα τοιχώματα της πολφικής κοιλότητας. Στους γομφίους, η εναπόθεση είναι σημαντικότερη στο υπερπολφικό τοίχωμα, κοντά στην πηγή των τάσεων, όπως και στο υποπολφικό τοίχωμα και σε μικρότερο βαθμό στα κάθετα τοιχώματα του μυλικού θαλάμου, με αποτέλεσμα το ύψος του να μειώνεται με τον καιρό σε μεγαλύτερο βαθμό από ό,τι το πλάτος (Mathew και συν., 2013).

Η πρακτική δυσκολία στη διάκριση μεταξύ πρωτογενούς και δευτερογενούς οδοντίνης καθιστά την ποσοτική μέτρηση της δευτερογενούς δυσχερή και ασύμφορη. Η χρήση της ως ηλικιακού δείκτη γίνεται έμμεσα, με την παρατήρηση των αλλαγών των διαστάσεων του πολφικού χώρου των μόνιμων δοντιών με τη βοήθεια οδοντιατρικών ακτινογραφημάτων.

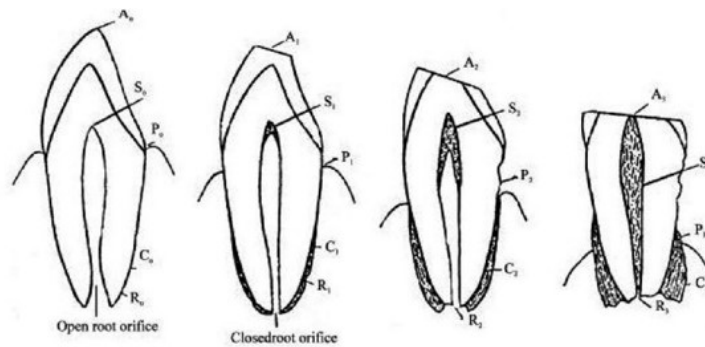
Από την εποχή που διαπιστώθηκε ότι η εναπόθεση δευτερογενούς οδοντίνης συσχετίζεται με τη χρονολογική ηλικία, έχουν αναπτυχθεί και προταθεί διάφορες μέθοδοι για την εκτίμηση της οδοντικής ηλικίας σε ενήλικες, οι περισσότερες εκ των οποίων βασίζονται σε αυτό το χαρακτηριστικό (Cameriere και συν., 2012).

Η πρώτη και πιο γνωστή μέθοδος αυτού του είδους είναι εκείνη του Gustafson. Ουσιαστικά, αυτή αποτέλεσε την πρώτη συνδυαστική και πολυπαραγοντική μέθοδο εκτίμησης της οδοντικής ηλικίας, με την αξιολόγηση έξι μεταβλητών σε δόντια που έχουν υποστεί διαμήκη διατομή: αποτριβή, περιοδοντική απώλεια πρόσφυσης, διαφάνεια της ρίζας, ριζική απορρόφηση, εναπόθεση

δευτερογενούς οστεΐνης ακρορριζικά και αύξηση του πάχους της δευτερογενούς οδοντίνης (Εικόνα 6, Εικόνα 7). Η διαφάνεια της ρίζας και η ποσότητα της δευτερογενούς οδοντίνης έδειξαν την υψηλότερη συσχέτιση με την ηλικία (Gustafson 1950).



Εικόνα 6 Σχηματική απεικόνιση των δομικών μεταβολών της μεθόδου του Gustafson (εκτός της διαφάνειας της ρίζας) (Gustafson 1950)



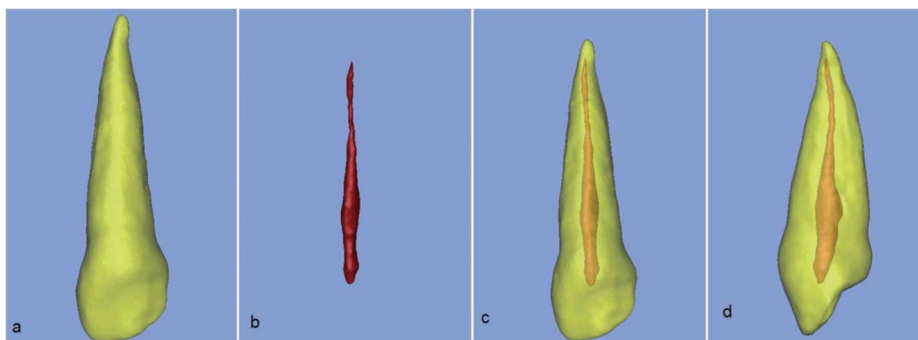
$A_0$ = no attrition	$A_1$ = attrition within enamel	$A_2$ = attrition reaching dentin	$A_3$ = attrition reaching pulp
$S_0$ = no secondary dentin	$S_1$ = secondary dentine has begun to form in upper part of pulp cavity	$S_2$ = pulp cavity is half filled	$S_3$ = pulp cavity is nearly or wholly filled with secondary dentin
$P_0$ = no periodontitis	$P_1$ = periodontitis just begun	$P_2$ = periodontitis along first one-third of root	$P_3$ = periodontitis has passed two-thirds of root
$C_0$ = normal layer of cementum laid down	$C_1$ = apposition a little greater than normal	$C_2$ = great layer of cementum	$C_3$ = heavy layer of cementum
$R_0$ = no root resorption visible	$R_1$ = root resorption only on small isolated spots	$R_2$ = greater loss of substance	$R_3$ = great areas of both cementum and dentin affected

Εικόνα 7 Σχηματική απεικόνιση και επεξήγηση των έξι μεταβλητών της μεθόδου του Gustafson (Gustafson 1950)

Το οπισθοφατνιακό ακτινογράφημα αρχικά και το ορθοπαντομογράφημα στη συνέχεια, αποτέλεσαν τη βάση των ακτινογραφικών μεθόδων, συνεχίζοντας να είναι τα κύρια διαγνωστικά μέσα για την εκτίμηση της οδοντικής ηλικίας ενηλίκων ατόμων έως και σήμερα. Οι ακτινογραφικές μέθοδοι που βασίζονται στη χρήση αναλογιών των διαστάσεων πολφού/δοντιού αποδίδουν κατά κανόνα τα πιο ακριβή

αποτελέσματα, ακόμη και όταν αναλύεται ένα δόντι ανά άτομο (Marroquin και συν., 2017).

Πιο πρόσφατα, η τεχνική της CBCT χρησιμοποιήθηκε για τον ογκομετρικό υπολογισμό των διαστάσεων του δοντιού και του πολφικού χώρου (Εικόνα 8).



Εικόνα 8 Τρισδιάστατη απεικόνιση άνω κυνόδοντα για ογκομετρικό υπολογισμό της αναλογίας πολφού/δοντιού κατά την εκτίμηση της οδοντικής ηλικίας (Biuki και συν., 2017)

Από τη μελέτη της σχετικής βιβλιογραφίας φαίνεται ότι οι μετρήσεις όγκου που λαμβάνονται με οποιαδήποτε τομογραφική μέθοδο πρέπει να νοούνται ως προσέγγιση της μετρούμενης δομής και όχι ως ο πραγματικός όγκος. Επίσης, σε κάθε τύπο λογισμικού υπάρχει μια σειρά ρυθμίσεων της ευαισθησίας που επηρεάζουν τη μαθηματική προσέγγιση για τη μέτρηση των ογκομετρικών δεδομένων. Αυτές οι ρυθμίσεις επηρεάζουν τα αποτελέσματα και μπορεί να ευθύνονται εν μέρει για την παρατηρούμενη διακύμανση των εκτιμήσεων (Penaloza και συν., 2016). Η μικρο-υπολογιστική τομογραφία (μCT) εισήχθη στις αρχές του 21ου αιώνα για τον προσδιορισμό των τρισδιάστατων αλλαγών που οφείλονται στην πάροδο της ηλικίας στην πολφική κοιλότητα. Ο προσδιορισμός αυτός γίνεται από τη μελέτη των πρώτων προγομφίων της άνω γνάθου (Vandervoort και συν., 2004).

Οι νεότερες αυτές μέθοδοι δεν εμφανίζουν υψηλότερη ακρίβεια συγκριτικά με τις μεθόδους που βασίζονται σε συμβατικές οδοντιατρικές ακτινογραφίες. Τα βασικά μειονεκτήματα των τομογραφικών τεχνικών στην εκτίμηση της οδοντικής ηλικίας είναι η υψηλή δόση ακτινοβολίας (όταν ακτινοβολείται ζωντανό άτομο), ο χρόνος επεξεργασίας της εικόνας, το υψηλό κόστος του απαραίτητου εξοπλισμού και οι ψευδείς εικόνες (artifacts) που προκαλούνται από μεταλλικά υλικά σε οδοντικές εμφράξεις, προσθετικές αποκαταστάσεις, ενδορριζικούς άξονες και οστεοενσωματούμενα οδοντικά εμφυτεύματα (Björk και Kvaal, 2018).

Επίσης, υπάρχουν και άλλα ηλικιακά σχετιζόμενα ευρήματα που δεν έχουν ποσοτικοποιηθεί επαρκώς και τα οποία επομένως δεν είναι κατάλληλα για εφαρμογή στην προσπάθεια εκτίμησης της ηλικίας. Μερικά από αυτά είναι οι αλλαγές στη χημική σύνθεση των ιστών, οι μεταβολές του ελύτρου των πολφικών νεύρων, η μείωση των αγγειακών δομών του πολφού, ο σχηματισμός πολφόλιθων, η ενασβεστίωση των πολφικών νεύρων, η μείωση του μήκους της μύλης, η συνεχής ανατολή των δοντιών, η αντοχή στη χάραξη, η αύξηση της σκληρότητας, το ειδικό βάρος, η πυκνότητα και η αφυδάτωση των οδοντικών ιστών. Τα περισσότερα από αυτά τα χαρακτηριστικά αντιπροσωπεύουν τόσο τις βιολογικές διαδικασίες της ωρίμανσης και της γήρανσης όσο και, σε μικρότερο βαθμό, τα αποτελέσματα της απόκρισης των οδοντικών ιστών στη χρήση και λειτουργία τους με την πάροδο του χρόνου (Rösing και Kvaal, 1998).

### 2.3 Προϋποθέσεις μεθόδων εκτίμησης της ηλικίας

Σύμφωνα με τους Ritz-Timme και συν. (2000), οι εφαρμοζόμενες μέθοδοι εκτίμησης της ηλικίας, θα πρέπει να πληρούν τις ακόλουθες προϋποθέσεις:

1. πρέπει να έχουν γνωστοποιηθεί στην επιστημονική κοινότητα μέσω αξιολογημένης δημοσίευσης,
2. η ακρίβειά τους πρέπει να ελέγχεται με βάση έγκυρες στατιστικές διαδικασίες και να περιγράφεται με σαφώς καθορισμένους όρους,
3. θα πρέπει να εμφανίζουν επαρκή ακρίβεια για την εφαρμογή τους στην επίλυση τυπικών ιατροδικαστικών υποθέσεων και
4. σε περιπτώσεις εκτίμησης ηλικίας σε ζώντα άτομα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι ειδικές αρχές της ιατρικής δεοντολογίας και των εκάστοτε σχετικών νομικών πλαισίων (Schmeling και συν., 2007, Franklin 2010).

Σύμφωνα με τις συστάσεις της IOFOS (International Organization for Forensic Odonto-Stomatology), οι χρησιμοποιούμενες μέθοδοι εκτίμησης της ηλικίας θα πρέπει να ελέγχονται ως προς τα εξής σημεία:

1. Την κατανομή των ατόμων που περιλαμβάνονται στο δείγμα αναφοράς ως προς τον αριθμό, την προέλευση, την ηλικία και το φύλο.
2. Την επαναληψιμότητα της χρησιμοποιούμενης τεχνικής καταγραφής των παραμέτρων.
3. Την επιστημονική βάση και αξιοπιστία της χρησιμοποιούμενης στατιστικής.
4. Την εγκυρότητα των αποτελεσμάτων (IOFOS, 2018).

## 2.4 Περιορισμοί μεθόδων εκτίμησης της ηλικίας

### 2.4.1 Εξωγενείς παράγοντες

Η μεταβλητότητα που χαρακτηρίζει όλα τα φαινόμενα της οντογένεσης, συμπεριλαμβανομένης της οδοντογένεσης, αυξάνεται σταθερά με την ηλικία. Οι διεργασίες που προηγούνται της γέννησης ελέγχονται ως επί το πλείστον γενετικά. Μεταγεννητικά, οι περιβαλλοντικές επιδράσεις αυξάνονται, ενώ αντίθετα η γενετική επιρροή μειώνεται (Liversidge και συν., 1998). Ειδικά στα ενήλικα άτομα, όποια μέθοδος εκτίμησης της ηλικίας και αν χρησιμοποιηθεί, η βιολογική διαφοροποίηση και η επίδραση εξωγενών παραγόντων αποτελούν παράγοντες που επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό τα αποτελέσματα (Νικοπούλου-Καραγιάννη, 2006).

Περιβαλλοντικοί παράγοντες όπως η διατροφή, οι ιατρικές θεραπείες, οι συνήθειες, το επάγγελμα και άλλες τοπικές επιρροές διαδραματίζουν δυνητικά σημαντικό ρόλο στην ανθρώπινη ανάπτυξη και εισάγουν μια πιθανή πηγή σφαλμάτων στην εκτίμηση της βιολογικής ηλικίας (Kvaal και Haugen, 2017). Η σκελετική ηλικία μπορεί να εμφανίσει καθυστέρηση σε καταστάσεις όπως ο υποσιτισμός, η αναιμία, η θαλασσαιμία, ο σακχαρώδης διαβήτης, ο υπογοναδισμός, η τρισωμία 21, το σύνδρομο συγγενούς ερυθράς, ο HIV κ.ά., με αποτέλεσμα πιθανή υποτίμηση της ηλικίας. Αντίθετα, στην υπερπλασία των επινεφριδίων, στο αδρενογενετικό σύνδρομο, στο σύνδρομο Cushing, στον γιγαντισμό, στον υπερθυρεοειδισμό και στην πρόωρη εφηβεία, προάγεται η σκελετική ανάπτυξη και αυξάνεται η πιθανότητα υπερεκτίμησης της ηλικίας (Lewis και Senn, 2010, Pungă και συν., 2014). Στην περίπτωση εκτίμησης της ηλικίας για νομικούς λόγους, ελλοχεύει ο

κίνδυνος το άτομο να βρεθεί σε μειονεκτική θέση λόγω εσφαλμένου προσδιορισμού του ως ενηλίκου.

Αναφορικά με την οδοντική ηλικία, σε μελέτες όπου η συστηματική παθολογία δεν αποτελούσε κριτήριο αποκλεισμού, δεν έχει παρατηρηθεί ιδιαίτερη μεταβολή στη φυσιολογική εξέλιξη της οδοντικής ανάπτυξης. Αυτό πιθανότατα σχετίζεται με το γεγονός ότι η ανάπτυξη των δοντιών υπόκειται σε αυστηρό γενετικό έλεγχο, αν και κρίνεται απαραίτητη ειδική προσοχή στην αξιολόγηση περιπτώσεων όπου εμπλέκονται γνωστές ή ύποπτες παθολογίες. Πλήρης αδυναμία εκτίμησης της ηλικίας σε ζώντα άτομα μπορεί να προκύψει σε περίπου 1% των περιπτώσεων, λόγω ανωμαλιών που εντοπίζονται είτε στο ιατρικό ιστορικό είτε στη φυσική εξέταση (Rudolf και συν., 2015).

Οι οδοντικοί ιστοί υφίστανται ωστόσο μεταβολές που σχετίζονται με τοπική παθολογία, με βιολογικά, χημικά ή μηχανικά ερεθίσματα ή ακόμα και με οδοντιατρικές εργασίες. Στα ενδοδοντικά θεραπευμένα δόντια δεν υπάρχουν λειτουργούντες οδοντινοβλάστες και έτσι δεν υπάρχει περαιτέρω σχηματισμός δευτερογενούς οδοντίνης, συνεπώς το δόντι καθίσταται ακατάλληλο ως ηλικιακός δείκτης. Οι παραπορφικές καρφίδες, οι ενδορριζικοί άξονες και οι στεφάνες καθιστούν δυσχερή ή αδύνατη την εκτίμηση της μορφολογίας του πολφού. Οι περιακρορριζικές παθολογικές διεργασίες συνήθως αποτελούν ένδειξη πολφικής νέκρωσης και μπορεί να αντιπροσωπεύουν διακοπή στην παραγωγή δευτερογενούς οδοντίνης. Τα ολικώς έγκλειστα δόντια παραμένουν μη εκτεθειμένα στις λειτουργικές συνθήκες της στοματικής κοιλότητας και ο σχηματισμός δευτερογενούς οδοντίνης είναι συνεπώς απροσδιόριστο πιο αργός από ό, τι στα λειτουργικά δόντια του φραγμού (Kolltveit και συν., 1998). Έχει, τέλος, αναφερθεί ότι η ορθοδοντική θεραπεία προκαλεί μηχανικό τραύμα στον περιοδοντικό σύνδεσμο και πολφική απόκριση. Η απορρόφηση της ρίζας, η πιο συχνά αναφερόμενη ανεπιθύμητη συνέπεια της ορθοδοντικής θεραπείας, προκαλεί μείωση του μήκους αυτής (μέση αναφερόμενη τιμή 1,42 - 0,44 mm) (Marroquin και συν., 2017).



#### 2.4.2 Πληθυσμιακή ιδιαιτερότητα

Όπως η πλειοψηφία των βιολογικών χαρακτηριστικών του ανθρώπινου οργανισμού, έτσι και ο σχηματισμός των δοντιών εμφανίζει κάποιου βαθμού πληθυσμιακή διαφοροποίηση.

Τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την εφαρμογή ορισμένων μεθόδων για την εκτίμηση της οδοντικής ηλικίας σε ενήλικες από διαφορετικές πληθυσμιακές ομάδες ξεπερνούν το αποδεκτό όριο της τυπικής απόκλισης της τάξεως των 10 ετών (SD:  $\pm 10$  έτη) (Willems και συν., 2002). Σε αντίστοιχες μελέτες, η χρήση μαθηματικών τύπων μη ειδικών για τον εκάστοτε πληθυσμό στον οποίο ανήκε το δείγμα, το σφάλμα μπορεί να ήταν σημαντικά μεγαλύτερο ( $> \pm 20$  έτη) (Meinl και συν., 2007, Landa και συν., 2009).

Η εφαρμογή των ίδιων μεθόδων σε διάφορους πληθυσμούς έχει αμφισβητηθεί από πολλούς ερευνητές και αρκετές μέθοδοι εκτίμησης ηλικίας έχουν δοκιμαστεί και τροποποιηθεί στην εφαρμογή τους σε διαφορετικούς πληθυσμούς (Cunha και συν., 2009). Η χρήση πληθυσμιακά διαμορφωμένων τύπων έχει βρεθεί ότι βελτιώνει τα αποτελέσματα των εκτιμήσεων ηλικίας σε άτομα που ανήκουν στον ίδιο πληθυσμό από τον οποίο προέκυψαν.

Η σημασία της πληθυσμιακής εξειδίκευσης έχει συζητηθεί και ως αντίστροφο ερώτημα, του κατά πόσο ένα εθνοτικά ειδικό δείγμα αναφοράς αποτελεί αντιπροσωπευτικό δείγμα ενός συνηθισμένου σύγχρονου πληθυσμού. Η παγκόσμια γενετική ανάμιξη είναι ένα ακόμη επιχείρημα υπέρ της αμφισβήτησης του να γίνεται ανάπτυξη πληθυσμιακά ειδικών τύπων (Franklin και συν., 2015).

Τέλος, ερευνητικές εργασίες έχουν δείξει ότι η επίδραση του πληθυσμιακού χαρακτήρα στη διακύμανση των αποτελεσμάτων εξαρτάται περισσότερο από την κοινωνικοοικονομική κατάσταση και τις ιδιαίτερες συνήθειες που χαρακτηρίζει τα άτομα του συγκεκριμένου πληθυσμού και λιγότερο από τη φυλετική ή γεωγραφική τους καταγωγή. Για παράδειγμα, είναι ευρέως αποδεκτή η συσχέτιση μεταξύ του μέτρου των μασητικών δυνάμεων, του μέτρου των μασητήριων μυών και της κρανιοπροσωπικής μορφολογίας, η οποία εμφανίζει διαφορές μεταξύ διαφορετικών εθνικών και φυλετικών πληθυσμών. Ως εκ τούτου, τυχόν διαφορές στην ποσότητα

της δευτερογενούς οδοντίνης μεταξύ ατόμων από διαφορετικούς πληθυσμούς, μπορεί να εξηγηθεί εάν ληφθεί υπόψη η επίδραση των μασητικών δυνάμεων στη διαδικασία της παραγωγής της (Erbudak και συν., 2012).

#### 2.4.3 Επίδραση του φύλου

Οι γενετικές διαφορές μεταξύ των ατόμων θεωρούνται ότι αποτελούν τον σημαντικότερο αιτιολογικό παράγοντα της διακύμανσης στον χρόνο που λαμβάνουν χώρα τα επιμέρους γεγονότα της ανάπτυξης και λιγότερο επηρεάζει ο διμορφισμός του φύλου. Καθώς τα αναπτυξιακά διαγράμματα των αρρένων και των θηλέων αποκλίνουν, πολλά χρησιμοποιούμενα πρότυπα ανάπτυξης παρέχουν τόσο κοινά όσο και φυλοσύνδετα δεδομένα. Στη βιβλιογραφία έχει γίνει ποσοτικός προσδιορισμός της επίδρασης του φύλου, αφού σχεδόν όλες οι σύγχρονες μελέτες υποδιαιρούν το δείγμα τους ανάλογα με το βιολογικό φύλο των εξεταζόμενων ατόμων (Liversidge και συν., 1998).

Οι διαφορές μεταξύ των δύο φύλων στους δείκτες εκτίμησης της οδοντικής ηλικίας ενηλίκων ατόμων έχουν ερευνηθεί και κριθεί μη σημαντικές (Drusini 1995). Ο ρυθμός αποτριβής των οδοντικών ιστών ωστόσο φέρεται να διαφέρει, με τα άρρενα άτομα να εμφανίζουν αποτριβή στα δόντια τους γρηγορότερα (Rösing και Kvaal, 1998).

#### 2.4.4 Ηθικά ζητήματα

Στο πλαίσιο της εκτίμησης της ηλικίας ζώντων ατόμων για ιατροδικαστικούς λόγους, πρέπει να εξεταστούν ηθικές πτυχές που έχουν σχέση με την ιατρική δεοντολογία και νομοθεσία. Η έκθεση σε ακτινοβολία ζώντων ατόμων κατά την εκτίμηση της ηλικίας χωρίς ιατρική ένδειξη συνδέεται με ηθικά ζητήματα. Αντίστοιχα, οι μέθοδοι που βασίζονται στα βιοχημικά χαρακτηριστικά των δοντιών απαιτούν την εξαγωγή δοντιών, η οποία δεν αποτελεί δυνατότητα ηθικά αποδεκτή στα ζώντα άτομα (Ge και συν., 2015).

Η εφαρμογή μίας συγκεκριμένης μεθόδου εκτίμησης ηλικίας πρέπει να ελέγχεται εάν δικαιολογείται βάσει της ισχύουσας νομοθεσίας της οικείας χώρας. Η υπεύθυνη χρήση των ακτίνων Χ σε εκτιμήσεις ηλικίας, συνεπώς, απαιτεί μια προσεκτική επιλογή μεθόδων που είναι κατάλληλες για το εκάστοτε ηλικιακό εύρος, ανάλογα με την περίπτωση. Η βελτίωση των τεχνικών μείωσης της δόσης και η τυποποίηση απεικονιστικών μεθόδων χωρίς τη χρήση ιοντίζουσας ακτινοβολίας κατά τη διαδικασία της εκτίμησης της ηλικίας ζώντων ατόμων μπορεί μελλοντικά να βοηθήσει στη διαχείριση των ηθικών περιορισμών (Schmeling και συν., 2007, Cunha και συν., 2009, Ekizoglu και συν., 2016).

#### 2.4.5 Ακρίβεια και αξιοπιστία

Η ιδανική μέθοδος εκτίμησης της ηλικίας θα πρέπει να είναι εύχρηστη και να μπορεί να προβλέψει την ηλικία ενός ατόμου με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια (Καραγιάννη και Τσιχλάκης, 2013). Ένα σημαντικό μέλημα στις ιατροδικαστικές επιστήμες, όταν πρόκειται για ταυτοποίηση ζώντων ατόμων, είναι το επίπεδο εμπιστοσύνης και η ακρίβεια της τελικής εκτίμησης της ηλικίας (Flood και συν., 2013).

Το συστηματικό λάθος (standard error) κάθε μεθόδου εκτίμησης της ηλικίας πρέπει να λαμβάνεται υπόψη. Επιπλέον, οι ολιστικές προσεγγίσεις οι οποίες λαμβάνουν υπόψη πολλαπλούς δείκτες υπερτερούν όσων χρησιμοποιούν μεμονωμένους δείκτες (Santoro και συν., 2009).

Οι μέθοδοι εκτίμησης της ηλικίας που βασίζονται στις εκφυλιστικές διεργασίες των οστικών και οδοντικών ιστών, έχουν την τάση να υπερεκτιμούν την ηλικία των νεότερων ατόμων και να υποτιμούν την ηλικία των πιο ηλικιωμένων (Pungă και συν., 2014). Στον προσδιορισμό της ηλικίας με τις διαθέσιμες μεθόδους παρατηρείται το εξής: οι ηλικίες κάτω των 40 ετών υπερεκτιμούνται, ενώ εκείνες άνω των 50 ετών υποεκτιμούνται. Αυτό το χαρακτηριστικό αποτελεί και το σημαντικότερο συστηματικό σφάλμα των μεθόδων εκτίμησης της ηλικίας ενηλίκων ατόμων. (Rösing και Kvaal, 1998). Η σταθερή υπερεκτίμηση της ηλικίας σε νεότερα άτομα και υποεκτίμηση σε μεγαλύτερα είναι ένα φαινόμενο που αναφέρεται στη βιβλιογραφία

ως «έλξη προς το μέσον» (“attraction toward the middle”). Το φαινόμενο αυτό περιγράφει την τάση των εκτιμώμενων ηλικιών να κυμαίνονται εγγύτερα στη μέση τιμή των ηλικιών του δείγματος αναφοράς σε σχέση με την πραγματική χρονολογική ηλικία του ατόμου στο οποίο αναφέρεται η εκάστοτε εκτίμηση (D’Ortenzio και συν., 2018).

Ορισμένες μελέτες που παρατηρούν διαφορές μεταξύ πληθυσμιακών ομάδων, ίσως έχουν μεροληψία κατά την επιλογή του δείγματος, συμπεριλαμβανομένου ενός φαινομένου που καλείται «ηλικιακή μίμηση». Στην ηλικιακή μίμηση, η κατανομή των εκτιμώμενων ηλικιών του υπό εξέταση δείγματος τείνουν να μιμηθούν την κατανομή των ηλικιών του δείγματος αναφοράς που χρησιμοποιεί η εκάστοτε μέθοδος. Το γεγονός αυτό ενδεχομένως να οδηγεί σε εσφαλμένα συμπεράσματα που αποδίδουν τις αποκλίσεις των αποτελεσμάτων σε πληθυσμιακά και φυλετικά χαρακτηριστικά του εξεταζόμενου δείγματος (Kürper, 2016).

Για την αποφυγή των επιπτώσεων του φαινομένου της ηλικιακής μίμησης, οι μελέτες θα πρέπει να διαθέτουν έναν μεγάλο πληθυσμό μελέτης, με ομοιόμορφη ηλικιακή κατανομή και ίσο αριθμό ατόμων σε κάθε ηλικιακή ομάδα (Boldsen και συν., 2009). Ιδανικά, τα δείγματα θα πρέπει επίσης να συμπεριλαμβάνουν δεδομένα ατόμων που προέρχονται από διαφορετικές περιοχές, ώστε να υπάρξει καταληκτικό συμπέρασμα για το αν οι γεωγραφικές διαφορές έχουν σημασία κατά την εκτίμηση της ηλικίας (Marroquin και συν., 2018).

Ο έλεγχος της ακρίβειας και αξιοπιστίας στην εκτίμηση της ηλικίας αντιμετωπίζει περιορισμούς που προκύπτουν από την έλλειψη τυποποίησης των σχετικών διαδικασιών. Μολονότι οι διάφορες μέθοδοι μπορούν μεμονωμένα να θεωρηθούν περίπου το ίδιο αξιόπιστες, κάθε διαδικασία έχει τα όρια και τους περιορισμούς της, το μέσο λάθος και το εύρος ηλικιών όπου αποδίδει πιο ακριβή αποτελέσματα. Επιπλέον, κάθε μελέτη εκτίμησης ηλικίας εκπροσωπείται και διεξάγεται από επιστημονικές ομάδες, κάθε μία από τις οποίες χρησιμοποιεί το δικό της μεθοδολογικό πρωτόκολλο και διαφορετικές διαδικασίες αξιολόγησης. Διαφορετικές μέθοδοι ελέγχονται με διαφορετικές στατιστικές διαδικασίες, γεγονός που καθιστά τα ευρήματα μη συγκρίσιμα. Το γεγονός αυτό οδηγεί σε σοβαρούς

περιορισμούς όσον αφορά την επαναληψιμότητα και την επαλήθευση. (Schmeling και συν., 2007, Cunha και συν., 2009, Thevissen και συν., 2012).

Άλλες σημαντικές παράμετροι που επηρεάζουν τα αποτελέσματα σχετίζονται είτε με τον ανθρώπινο παράγοντα, είτε με τεχνικές παραμέτρους κατά τα επιμέρους στάδια της ίδιας της διαδικασίας. Χρησιμοποιώντας ίδιες μεθόδους και οδηγίες, διαφορετικοί εξεταστές εξάγουν σημαντικά αποκλίνοντα αποτελέσματα στον υπολογισμό της οδοντικής ηλικίας. Αυτό μπορεί να οφείλεται είτε στην ασαφή περιγραφή των απαιτούμενων μετρήσεων από τη μέθοδο ή σε δυσδιάκριτα ακτινογραφικά οδηγία σημεία κατά την πραγματοποίηση των μετρήσεων (Borgman και συν., 1995, Marroquin και συν., 2016).

Πολλοί συγγραφείς αναφέρουν ότι υπάρχει ασθενέστερη συσχέτιση των γραμμικών μετρήσεων με τη χρονολογική ηλικία όταν αυτές πραγματοποιούνταν με τη χρήση λογισμικού. Τα διάφορα διαθέσιμα εργαλεία επεξεργασίας της ψηφιακής εικόνας είναι δυνατόν επίσης να επηρεάσουν τα αποτελέσματα των μετρήσεων. Τόσο στην περίπτωση χειροκίνητων όσο και υπολογιστικών μετρήσεων, θα ήταν σημαντικό να προηγείται η εκπαίδευση του παρατηρητή στη διαδικασία (Kolltveit και συν., 1998, Bosmans και συν., 2005, Paewinsky και συν., 2005).

Σε γενικά πλαίσια, η διαδικασία της εκτίμησης της οδοντικής ηλικίας σε ακτινογραφήματα ενηλίκων με βάση το σχηματισμό δευτερογενούς οδοντίνης, έχει δείξει υψηλότερη ακρίβεια και αξιοπιστία συγκριτικά με άλλες μεθόδους, που αφορούν την ανάλυση άλλων οδοντικών ή οστικών μεταβολών (Cameriere και συν., 2004, Karkhanis και συν., 2014).

Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι, σε μερικές περιπτώσεις, η εκτίμηση της ηλικίας, με όποιον τρόπο και να γίνει, είναι πιθανό να απέχει σημαντικά από την πραγματική χρονολογική ηλικία. Η έκθεση των εμπειρογνομόνων πρέπει να περιλαμβάνει σαφείς δηλώσεις σχετικά με την αξιοπιστία της εκτίμησης της ηλικίας κατά περίπτωση και τους πιθανούς περιορισμούς που τη συνοδεύουν (Cunha και συν., 2009, Schmeling και συν., 2016).

## Κεφάλαιο 3: Μέθοδος Kvaal

### 3.1 Γενικά

Το 1994, οι Kvaal και Solheim ανέπτυξαν μία μέθοδο εκτίμησης της ηλικίας σε ενήλικα άτομα σκανδιναβικού (νορβηγικού) πληθυσμού. Η βάση αυτής της μεθόδου είναι η αξιολόγηση της μείωσης των διαστάσεων του πολφικού χώρου με την πάροδο της ηλικίας, η οποία είναι παρατηρήσιμη και μετρήσιμη στα οδοντιατρικά ακτινογραφήματα που παρέχουν καλής ποιότητας εικόνα. Η μέθοδος τροποποιήθηκε και κατέληξε στην πρόταση μίας διαδικασίας υπολογισμού της ηλικίας με τη χρήση αναλογιών μεταξύ συγκεκριμένων διαστάσεων του δοντιού (μήκος πολφού/ρίζας, μήκος πολφού/δοντιού, πλάτος πολφού/ρίζας σε διαφορετικά σημεία της ρίζας), όπως αυτές μετρήθηκαν σε οπισθοφατνιακά ακτινογραφήματα (Kvaal και συν., 1995).

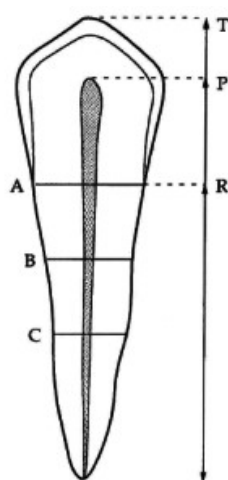
Η μέθοδος Kvaal έχει ευρέως δοκιμαστεί σε διάφορους πληθυσμούς ανά τον κόσμο από το 1995, ωστόσο όλες οι εργασίες ανέφεραν ένα μέτριο έως σχετικά υψηλό σφάλμα ( $\pm 8,5$  έως  $\pm 13$  έτη). Μέχρι το 2017 η μέθοδος αυτή είχε εφαρμοστεί σε ένα παγκόσμιο δείγμα τουλάχιστον 3254 ατόμων από 12 χώρες, με τις διάφορες ερευνητικές ομάδες να δοκιμάζουν την ακρίβειά της χρησιμοποιώντας διαφορετικές ακτινογραφικές τεχνικές (Marroquin και συν., 2016, Marroquin και συν., 2017). Από τη μελέτη της διεθνούς βιβλιογραφίας δεν υπάρχει κάποια ερευνητική εργασία η οποία να εξετάζει τη συγκεκριμένη μέθοδο σε ελληνικό πληθυσμό.

### 3.2 Περιγραφή της μεθόδου Kvaal

Το δείγμα της πρωτότυπης μεθόδου αποτελούνταν από 56 θήλεα και 44 αρρενα άτομα (σύνολο 100) ηλικίας 20-87 ετών, με μέση ηλικία τα 42,6 έτη. Οι συγγραφείς χρησιμοποίησαν πλήρεις σειρές οπισθοφατνιακών ακτινογραφημάτων των ασθενών. Η μεθοδολογία της βασίστηκε στην παρατήρηση οπισθοφατνιακών ακτινογραφιών από έξι διαφορετικά δόντια, με τη χρήση παχύμετρου για τη μέτρηση του μέγιστου μήκους του δοντιού, του μήκους του πολφού και του μήκους της ρίζας και ενός στερεομικροσκοπίου με ακρίβεια μέτρησης 0,1 mm για τη μέτρηση του

πλάτους του πολφού και της ρίζας σε σημεία που ορίστηκαν από τους συγγραφείς της μεθόδου. Παρατηρήθηκε ότι το φατνιακό οστό επικάλυπτε το ακρορριζικό τριτημόριο της ρίζας σε βαθμό που να είναι δυσχερής η πραγματοποίηση μετρήσεων πλάτους στην περιοχή εκείνη. Για το λόγο αυτό, οι μετρήσεις που αφορούν στο πλάτος της ρίζας και του πολφού περιορίζονται σε τρία διαφορετικά επίπεδα, δηλαδή στο σημείο της αδαμαντινοοστεϊνικής ένωσης (A), στο μέσο του μήκους της ρίζας (C) και στο μέσο της απόστασης μεταξύ A και C (B) (Εικόνα 9).

*Εικόνα 9 Σχηματική περιγραφή των μετρήσεων της μεθόδου Knaal και συν., 1995. T: Συνολικό μήκος δοντιού, P: Συνολικό μήκος πολφού, R: Μήκος ρίζας, A, B, C: Επίπεδα μετρήσεων πλάτους ρίζας και πλάτους πολφού.*



Για την αντιστάθμιση των επιπτώσεων της μεγέθυνσης και της γωνίας λήψης στην ακτινογραφική εικόνα, υπολογίστηκαν οι αναλογικές σχέσεις των επιμέρους διαστάσεων, ως εξής:

1. Μήκος πολφού / μήκος ρίζας
2. Μήκος πολφού / μήκος δοντιού
3. Μήκος δοντιού / μήκος ρίζας
4. Πλάτος πολφού / πλάτος δοντιού:
  - α. στο επίπεδο της αδαμαντινοοστεϊνικής ένωσης (επίπεδο A)
  - β. στο επίπεδο του αυχενικού  $\frac{1}{4}$  του μήκους της ρίζας (επίπεδο B)
  - γ. στο επίπεδο του μέσου της ρίζας (επίπεδο C)

Όλες οι αναλογίες έδειξαν σημαντική συσχέτιση με την ηλικία, εκτός από την αναλογία μήκος δοντιού / μήκος ρίζας, η οποία και τελικά εξαιρέθηκε από περαιτέρω στατιστική ανάλυση κατά την ανάπτυξη της μεθόδου.

Οι μετρήσεις αρχικά πραγματοποιήθηκαν σε διάφορα δόντια της άνω και κάτω γνάθου και ελέγχθηκε η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων του καθενός. Τα δόντια με την υψηλότερη συσχέτιση με τη χρονολογική ηλικία επιλέχθηκαν ώστε να περιλαμβάνονται ισάριθμα μονόριζα δόντια και από τις δύο γνάθους. Οι μετρήσεις σε πολύριζα δόντια θεωρήθηκε ότι ήταν δύσκολο να πραγματοποιηθούν με ακρίβεια στη δισδιάστατη απεικόνιση. Ο πρώτος προγόμφιος της άνω γνάθου αποκλείστηκε διότι διαθέτει συχνά δύο ρίζες, ενώ ο δεύτερος προγόμφιος της κάτω γνάθου, διότι βρέθηκε ότι είναι δόντι που συχνά λείπει νωρίς, ίσως στα πλαίσια ορθοδοντικού σχεδιασμού. Έτσι, για την άνω γνάθο επιλέχθηκαν ο κεντρικός και πλάγιος τομέας και ο δεύτερος προγόμφιος, ενώ για την κάτω γνάθο ο πλάγιος τομέας, ο κυνόδοντας και ο πρώτος προγόμφιος.

Για να χρησιμοποιηθεί το πολφικό σύμπλεγμα ως βιοδείκτης για τη γενικευμένη διαδικασία της γήρανσης, οι ερευνητές ανέφεραν την αποδοχή δύο συνθηκών:

1. Τα δόντια θα πρέπει να βρίσκονται σε φυσιολογική λειτουργική σύγκλιση.
2. Τα δόντια θα πρέπει να είναι ελεύθερα από οποιαδήποτε ένδειξη παθολογικής προσβολής, όπως τερηδόνα, αποτριβή, διάβρωση και απόσπαση ή τραύματος, καθώς και από οποιαδήποτε οδοντιατρική επανορθωτική εργασία. Αυτή η δεύτερη προϋπόθεση δεν ακολουθήθηκε αυστηρά στην πρωτότυπη εργασία.

Σύμφωνα με τις συνθήκες αυτές, αποκλείστηκαν δόντια σε έγκλιση, παρειακές ακτινοσκοιρές εμφράξεις, στεφάνες, παθολογικές περιακρορριζικές εξεργασίες ορατές στην ακτινογραφία, ενδοδοντική θεραπεία και δόντια στα οποία η εγγύς-άπω διάσταση δεν ήταν παράλληλη προς το ακτινογραφικό πλακίδιο. Τα δόντια με στροφή αποκλείστηκαν, αλλά καθώς το οδοντικό τόξο αποτυπώνεται στο ακτινογραφικό πλακίδιο, πάντα υπάρχει κάποιου βαθμού παραμόρφωση της εικόνας, ακόμη και με την παράλληλη τεχνική κατά τη λήψη οπισθοφατνιακών ακτινογραφημάτων.

Οι ερευνητές παρατήρησαν ότι, ιδιαίτερα στην ηλικιακή ομάδα των 30-39 ετών, πολλοί ασθενείς αποκλείστηκαν από τη μελέτη λόγω της ύπαρξης εκτεταμένων



επανορθωτικών εργασιών. Στις ομάδες των ατόμων μεγαλύτερης ηλικίας, η ανεύρεση ασθενών που να διατηρούν και τα έξι προβλεπόμενα από τη μέθοδο δόντια στο φραγμό, τα οποία να μην εμπίπτουν επιπρόσθετα και στα κριτήρια αποκλεισμού, ήταν αρκετά δυσχερές. Εκτός αυτού, εγείρεται το ερώτημα εάν οι αποδεκτοί από τις προϋποθέσεις και τα κριτήρια της μεθόδου ασθενείς προχωρημένης ηλικίας είναι αντιπροσωπευτικοί της πληθυσμιακής ομάδας στην οποία ανήκουν.

Ποικίλες συστηματικές νόσοι είναι δυνατόν να συνοδεύουν σημαντικό ποσοστό των περισσότερων ενήλικων πληθυσμών. Καθώς η μελέτη ήταν ως επί το πλείστον μία απόπειρα εύρεσης του τρόπου με τον οποίο εκφράζονται οι μεταβολές των διαστάσεων του πολφού σε έναν κανονικό πληθυσμό και όχι κατ' εξοχήν μελέτη των βιολογικών μεταβολών που σχετίζονται με την ηλικία, το ιατρικό ιστορικό των ασθενών δε λήφθηκε υπόψη. Στους ασθενείς που συμπεριλήφθηκαν στο δείγμα, ανεξαρτήτως του ιατρικού ιστορικού τους, υπάρχει πιθανότητα τα αποτελέσματα να μην εκφράζουν με ακρίβεια τις μεταβολές που χαρακτηρίζουν την ίδια τη διαδικασία της γήρανσης, αλλά να έχουν καλύτερη εφαρμογή σε έναν συνηθισμένο πληθυσμό και στον τρόπο με τον οποίο αυτός εκπροσωπείται δειγματοληπτικά.

Ο Πίνακας 1 συνοψίζει τα ευρήματα της αρχικής εργασίας των Kvaal και συν., 1995. Το τυπικό σφάλμα της εκτιμώμενης ηλικίας βρέθηκε να κυμαίνεται από 11,5 έτη, όταν χρησιμοποιήθηκαν μεμονωμένα ο κυνόδοντας και ο πλάγιος τομέας της κάτω γνάθου, έως 8,6 έτη, όταν για την πρόβλεψη της ηλικίας ελήφθησαν υπόψη οι μετρήσεις από το σύνολο των έξι δοντιών και των δύο γνάθων.

Πίνακας 1 Συγκεντρωτικός πίνακας των ευρημάτων της πρωτότυπης εργασίας της μεθόδου Kvaal (Kvaal και συν., 1995)

Regression formulae for age in years based on dental radiographs from six teeth

	Equation	$r^2$	S.E.E. (years)
Six teeth from both jaws	Age = 129.8 – 316.4(M) – 66.8(W-L)	0.76	8.6
Three maxillary teeth	Age = 120.0 – 256.6(M) – 45.3(W-L)	0.74	8.9
Three mandibular teeth	Age = 135.3 – 356.8(M) – 82.5(W-L)	0.71	9.4
<i>Single teeth</i>			
11/21	Age = 110.2 – 201.4(M) – 31.3(W-L)	0.70	9.5
12/22	Age = 103.5 – 216.6(M) – 46.6(W-L)	0.67	10.0
15/25	Age = 125.3 – 288.5(M) – 46.3(W-L)	0.60	11.0
34/44	Age = 133.0 – 318.3(M) – 65.0(W-L)	0.64	10.5
33/43	Age = 158.8 – 255.7(M)	0.56	11.5
32/42	Age = 106.6 – 251.7(M) – 61.2(W-L) – 6.0(G)	0.57	11.5

$r^2$ , coefficient of determination. S.E.E., standard error of the estimate in years.

See Table 2 for abbreviations.

G, gender: male = 1, female = 0.

### **Πλεονεκτήματα της μεθόδου:**

- Μέθοδος που δεν απαιτεί την εξαγωγή δοντιών
- Δυνατότητα εφαρμογής τόσο σε ζώντα άτομα όσο και σε πτωματικό υλικό
- Σχετική ακρίβεια σε καυκάσιο πληθυσμό
- Ευχέρεια στην εφαρμογή με τη χρήση απλού λογισμικού εάν διατίθεται ψηφιακή εικόνα

Όσον αφορά την απλότητα της μεθόδου και την προσβασιμότητα στο απαιτούμενο εργαλείο για τη μέτρηση των διαστάσεων και τον υπολογισμό των αντίστοιχων αναλογιών πολφού / δοντιού, η μέθοδος των Kvaal και συν. είναι η πλέον εύχρηστη, μαζί με τη μέθοδο των Cameriere και συν. (Limdiwala και Shah, 2013).

### **Μειονεκτήματα της μεθόδου:**

- Αναγκαιότητα αυστηρών κριτηρίων επιλογής και απόρριψης για τα δόντια που μελετώνται
- Φυλετικές ιδιομορφίες πιθανώς να επηρεάζουν την ακρίβεια της μεθόδου
- Αβεβαιότητα για τη δυνατότητα εφαρμογής σε δείγματα ανήλικων ατόμων
- Σχετικά υψηλή ασυμφωνία των αποτελεσμάτων ανά έρευνα
- Αρκετά χρονοβόρα
- Τα ακτινογραφήματα μεμονωμένων δοντιών δεν έχουν μεγάλη πρακτική χρησιμότητα στην εκτίμησης της ηλικίας ζώντων ατόμων (Borgman και συν., 1995)

Με την εισήγηση της πρωτότυπης μεθόδου τους στη διεθνή επιστημονική βιβλιογραφία, οι Kvaal και συν. πρότειναν την επανάληψη της μελέτης με τη χρήση ορθοπαντομογραφημάτων και τη δοκιμή της μεθόδου σε δείγματα διαφορετικών πληθυσμών με συμμετοχή πολλαπλών ανεξάρτητων παρατηρητών (Kvaal και συν., 1995).



## **ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ**



## 1 Σκοπός

Σκοπός της εργασίας είναι να εξεταστεί η ακρίβεια και η αξιοπιστία της μεθόδου Kvaal (1995) στην εκτίμηση της ηλικίας σε δείγμα ενήλικου ελληνικού πληθυσμού.

Πιο αναλυτικά, οι επιμέρους στόχοι της παρούσας μελέτης είναι η διερεύνηση:

1. Της αξιοπιστίας μεταξύ της εκτιμώμενης οδοντικής και της πραγματικής χρονολογικής ηλικίας,
2. Της ακρίβειας της εκτιμώμενης οδοντικής ηλικίας ανάλογα με το υπάρχον μεμονωμένο δόντι ή ομάδα δοντιών (από τα συνολικά έξι δόντια της άνω και της κάτω γνάθου που χρησιμοποιεί η μέθοδος Kvaal),
3. Της επίδρασης του φύλου στην ακρίβεια των αποτελεσμάτων και
4. Της ακρίβειας της μεθόδου σε διαφορετικές ηλικιακές ομάδες.

## 2 Υλικό

Για τον υπολογισμό του δείγματος που απαιτείται για τη σύγκριση της πραγματικής και εκτιμώμενης οδοντικής ηλικίας, λήφθηκε υπόψη η σταθμισμένη διαφορά ( $=0,7$ ) του υπό μελέτη ποσοτικού μεγέθους. Έτσι, για επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 5% και απαιτούμενη ισχύ 90%, ο αναγκαίος αριθμός παρατηρήσεων είναι  $N=100$ . Για το λόγο αυτό, υλικό της αναδρομικής αυτής μελέτης αποτέλεσαν 100 ψηφιακά ορθοπαντομογραφήματα ενηλίκων ατόμων ελληνικής καταγωγής.

Για την συλλογή των ακτινογραφημάτων, με βάση την πρωτότυπη εργασία των Knaal και συν. (1995), ορίστηκαν τα παρακάτω κριτήρια επιλογής και αποκλεισμού:

- **Κριτήρια επιλογής των ακτινογραφημάτων:**

- I. Ορθοπαντομογραφήματα ατόμων ελληνικής καταγωγής που είχαν συμπληρώσει το 18ο έτος της ηλικίας τους τη στιγμή της λήψης του ακτινογραφήματος και δεν ξεπερνούσαν τα 60 ηλικιακά έτη
- II. Ύπαρξη στο φραγμό, τουλάχιστον στο ένα ημιμόριο της κάθε γνάθου,
  - i. για την άνω γνάθο: του κεντρικού και πλάγιου τομέα και του δεύτερου προγομφίου
  - ii. για την κάτω γνάθο: του πλάγιου τομέα, του κυνόδοντα και του πρώτου προγομφίου

Η ηλικία των 60 ετών ορίστηκε ως ανώτατο όριο ηλικίας του δείγματος στη συγκεκριμένη εργασία λόγω της σπανιότητας οδοντικών φραγμών που να πληρούν τις προϋποθέσεις της μεθόδου σε άτομα μεγαλύτερης ηλικίας.

- **Κριτήρια αποκλεισμού των ακτινογραφημάτων:**

- I. Μη αποδεκτή ποιότητα ακτινογραφικής εικόνας η οποία επηρεάζει την απεικόνιση των προς μελέτη δοντιών και μπορεί να σχετίζεται με σφάλμα τοποθέτησης, artifacts, ξένα σώματα, έντονη υπερεπίθεση ανατομικών και οδοντικών δομών κ.ά. (Horner και συν., 2004)
- II. Οδοντιατρικές θεραπείες στα υπό μελέτη δόντια της άνω και της κάτω γνάθου. Ειδικότερα, ενδοδοντική θεραπεία, ενδορριζικός άξονας, ακίνητη προσθετική αποκατάσταση, εκτεταμένη μυλική έμφραξη,

ορθοδοντικός μηχανισμός που επηρεάζει την απεικόνιση της μύλης των δοντιών

- III. Ύπαρξη παθολογίας των οδοντικών ιστών στα υπό εξέταση δόντια. Ειδικότερα, αποκλείστηκαν δόντια που έφεραν:
- κάταγμα μύλης στο οποίο δεν εμπλέκεται μόνο η αδαμαντίνη
  - κάταγμα ρίζας επίμηκες, λοξό ή εγκάρσιο
  - τερηδόνα που εισέρχεται στο ½ του πάχους της οδοντίνης
  - απορρόφηση εσωτερική και εξωτερική σε οποιοδήποτε τμήμα της μύλης ή/και της ρίζας
  - εκτεταμένη ενασβεστίωση του μυλικού θαλάμου ή/και του συστήματος των ριζικών σωλήνων
  - ευμεγέθεις πολφόλιθους
- IV. Περιρριζικές και περιακρορριζικές βλάβες που συνεπάγονται νέκρωση των υπό εξέταση δοντιών
- V. Παρέκκλιση από τη φυσιολογική ανατομία των υπό εξέταση δοντιών (ατελής διάπλαση ρίζας ή ακρορριζίου, άτυπο σχήμα, σύντηξη/διδυμία, νανοδοντία/γιγαντοδοντία, οδοντικός εγκολεασμός, υπεράριθμες ρίζες, έντονη/διπλή κάμψη ρίζας κ.ά.)
- VI. Μερική ή ολική έγκλειση και έκτοπη ανατολή των υπό εξέταση δοντιών
- VII. Σημαντική στροφή ή ακτινογραφική παραμόρφωση των υπό εξέταση δοντιών
- VIII. Ασάφεια στην απεικόνιση των επιμέρους ανατομικών δομών των υπό εξέταση δοντιών (ακρορριζίο, μυλικός θάλαμος, πλάτος πολφού, αδαμαντινοοστεϊνική ένωση).

Στην παρούσα εργασία συμπεριλήφθηκαν κατά περίπτωση και δόντια που έφεραν μικρής έκτασης εμφράξεις ή τερηδονικές βλάβες που κρίθηκε ότι δεν είχαν επηρεάσει τη δομή του μυλικού θαλάμου, όπως έγινε και στην αρχική εργασία των Kvaal και συν., 1995.

Για τη διεξαγωγή της εργασίας λήφθηκε άδεια από την Επιτροπή Έρευνας και Δεοντολογίας του Οδοντιατρικού Τμήματος του Πανεπιστημίου Αθηνών. Τα ακτινογραφήματα επιλέχθηκαν από το αρχείο των ασθενών της Κλινικής



Διαγνωστικής και Ακτινολογίας Στόματος της Οδοντιατρικής Σχολής του ΕΚΠΑ και από το αρχείο ασθενών ιδιωτικού ακτινολογικού ιατρείου και είχαν ληφθεί κατά τα έτη 2012-2016. Όλες οι ακτινογραφίες είχαν ληφθεί σε ορθοπαντομογράφους Planmeca ProMax®. Οι δύο ορθοπαντομογράφοι διέφεραν μεταξύ τους ως προς την τεχνική ψηφιοποίησης της ακτινογραφικής εικόνας. Πιο συγκεκριμένα, ο ορθοπαντομογράφος στον οποίο λήφθηκαν τα ακτινογραφήματα ασθενών της Οδοντιατρικής Σχολής ΕΚΠΑ διαθέτει πλάκες φωσφόρου (Phosphor Storage Plates), ενώ εκείνος που ανήκε στο ιδιωτικό ακτινολογικό ιατρείο διαθέτει ανιχνευτή στερεάς κατάστασης CCD (Charge Coupled Device). Όλα τα ορθοπαντομογραφήματα είχαν ληφθεί προκειμένου να καταρτιστεί το σχέδιο οδοντιατρικής θεραπείας κάθε ασθενή. Το ιατρικό ιστορικό των ασθενών ήταν ελεύθερο.

Αφού επιλέχθηκαν τα 100 ακτινογραφήματα βάσει των κριτηρίων, ακολούθησε καταγραφή των στοιχείων των ασθενών σε ειδικά διαμορφωμένο αρχείο του λογισμικού Excel. Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε τυχαία αριθμητική κωδικοποίηση και μετονομασία των ακτινογραφημάτων πριν την έναρξη του ερευνητικού μέρους της εργασίας, προκειμένου να μην είναι εμφανή το φύλο και η ηλικία στους παρατηρητές κατά τη μελέτη των ακτινογραφημάτων.

### 3 Μέθοδος

Για την εκτίμηση της οδοντικής ηλικίας χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος των Kvaal και συν. (1995) σε ψηφιακά ορθοπαντομογραφήματα. Πραγματοποιήθηκε ένα σύνολο γραμμικών μετρήσεων στα κατεзоχήν μονόριζα δόντια που εμφανίζουν μεγαλύτερη διάρκεια παραμονής στον φραγμό των ενηλίκων ατόμων, δηλαδή:

- Άνω κεντρικός τομέας (11/21)
- Άνω πλάγιος τομέας (12/22)
- Άνω δεύτερος προγόμφιος (15/25)
- Κάτω πλάγιος τομέας (42/32)
- Κάτω κυνόδοντας (43/33)
- Κάτω πρώτος προγόμφιος (44/34) (Kvaal και συν., 1995).

Με βάση τη μέθοδο Kvaal, οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν σε κάθε μονόριζο δόντι είναι οι εξής:

1. Το συνολικό μήκος του δοντιού (T), δηλαδή η μέγιστη απόσταση μεταξύ ακρορριζίου και κοπτικού χείλους ή φύματος.
2. Το συνολικό μήκος του πολφού (P), δηλαδή η μέγιστη απόσταση μεταξύ ακρορριζικού πέρατος του ριζικού σωλήνα και κοπτικού ή μασητικού πέρατος του υψηλότερου πολφικού κέρατος.
3. Το συνολικό μήκος της ρίζας (R), δηλαδή η απόσταση του ακρορριζίου από τη νοητή γραμμή που περιγράφει το επίπεδο της αδαμαντινοοστεϊνικής ένωσης του δοντιού. Η διεύθυνση όλων των μετρήσεων που έχουν μέχρι αυτό το σημείο περιγραφεί, συμπίπτει ή είναι απόλυτα παράλληλη με τον επιμήκη άξονα του δοντιού.
4. Το πλάτος της ρίζας ( $A_1$ ) και του πολφού ( $A_2$ ) στο επίπεδο της αδαμαντινοοστεϊνικής ένωσης (επίπεδο A).
5. Το πλάτος της ρίζας ( $C_1$ ) και του πολφού ( $C_2$ ) στο επίπεδο που αντιστοιχεί στο ήμισυ της απόστασης μεταξύ ακρορριζίου και αδαμαντινοοστεϊνικής ένωσης (μέσον της ρίζας, επίπεδο C).
6. Το πλάτος της ρίζας ( $B_1$ ) και του πολφού ( $B_2$ ) στο επίπεδο που αντιστοιχεί στη μεσότητα μεταξύ των επιπέδων A και C (επίπεδο B, αυχενικό αυχενικό  $\frac{1}{4}$  της

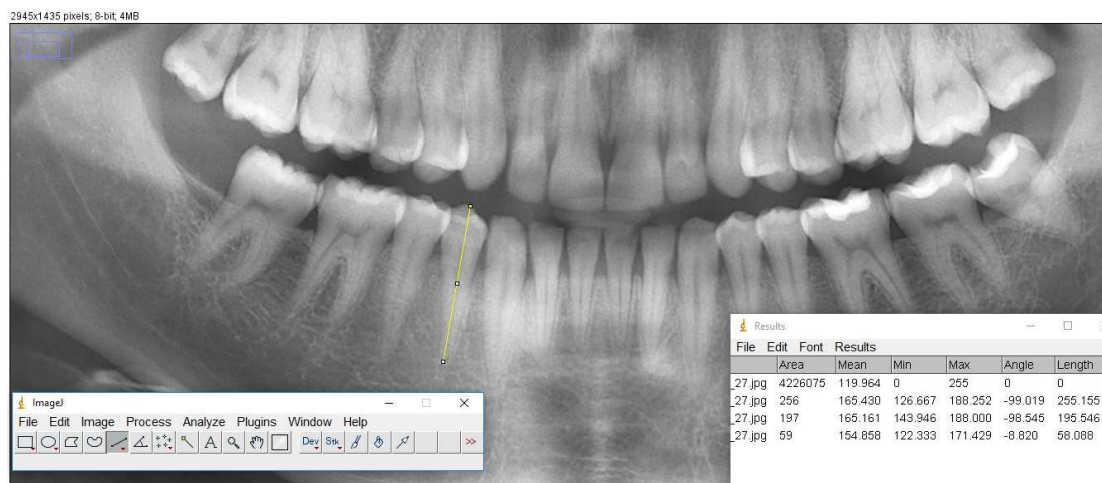
ρίζας). Οι μετρήσεις 4-6 αφορούν την ανατομική εγγύς-άπω διάσταση του δοντιού.

Δύο παρατηρητές που ήταν μεταπτυχιακές φοιτήτριες του πρώτου κύκλου σπουδών της κλινικής ειδίκευσης της Διαγνωστικής και Ακτινολογίας Στόματος της Οδοντιατρικής Σχολής ΕΚΠΑ) μελέτησαν τις ακτινογραφίες κάτω από τις ίδιες συνθήκες φωτισμού, χρησιμοποιώντας την ίδια οθόνη και το ίδιο λογισμικό επεξεργασίας εικόνας. Η πρώτη παρατηρήτρια είχε προηγούμενη εμπειρία με τη διαδικασία των μετρήσεων της μεθόδου Kvaal, ενώ η δεύτερη εκπαιδεύτηκε στη μέθοδο για τους σκοπούς της εργασίας. Δεδομένου ότι πρόκειται για μία τυχαίοποιημένη, τυφλή μελέτη, τα ορθοπαντομογραφήματα που αποτέλεσαν το δείγμα της εργασίας μελετήθηκαν ανεξάρτητα από τους παρατηρητές, με το φύλο και την ηλικία των ασθενών να έχουν αποκρυφθεί.

Μελετήθηκαν κατά περίπτωση τα δόντια στο ημιμόριο στο οποίο απεικονίζονται με μεγαλύτερη σαφήνεια. Στην παρούσα εργασία, από το σύνολο των 600 δοντιών που μελετήθηκαν, τα 318 επιλέχθηκαν από το δεξιό ημιμόριο και τα 288 από το αριστερό. Οι συγγραφείς της πρωτότυπης μεθόδου παρατήρησαν ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική επίδραση του επιλεγόμενου ημιμορίου της κάθε γνάθου στην έκβαση των αποτελεσμάτων, κάτι που εξετάστηκε και μεταγενέστερα από άλλους συγγραφείς, οδηγώντας σε παρόμοια συμπεράσματα (Kvaal και συν., 1995, Jagannathan και συν., 2011, Tardivo και συν., 2011, Baumann και συν., 2015).

Από τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα λογισμικά για την εκτέλεση των οδοντομετρικών μετρήσεων της μεθόδου Kvaal είναι το Adobe Photoshop, το ImageJ, το AutoCAD και το λογισμικό οδοντιατρικής απεικόνισης της Kodak. Στην παρούσα εργασία, οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν με τη χρήση του ελεύθερου λογισμικού ImageJ.

Το ImageJ είναι ένα κοινής ιδιοκτησίας (public domain) παγκοσμίως διαδεδομένο λογισμικό επεξεργασίας εικόνας, που παρέχει, μεταξύ άλλων, τη δυνατότητα διενέργειας μη αυτόματων μετρήσεων επί των εισαγόμενων εικόνων (Schneider και συν., 2012). Οι γραμμικές μετρήσεις πραγματοποιούνται χειροκίνητα από τον χρήστη, σε σχεδιαζόμενο από τον ίδιο ευθύγραμμο τμήμα (Εικόνα 10).

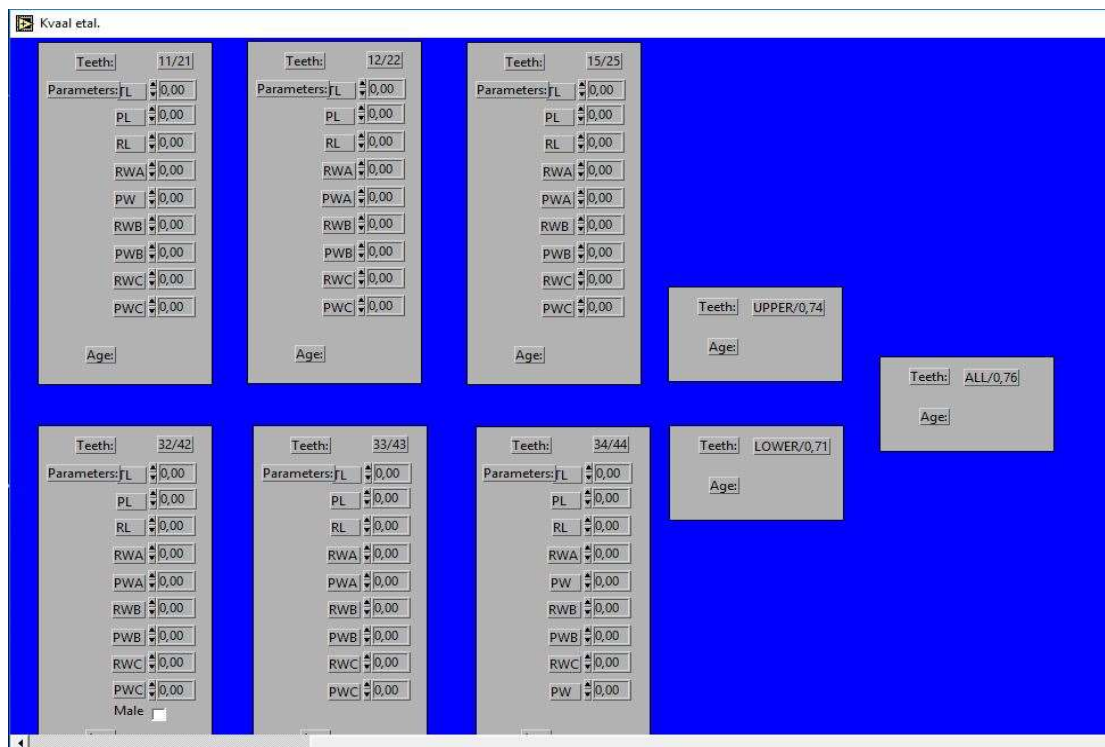


Εικόνα 10 Μέτρηση συνολικού μήκους δοντιού (T) στον #44 με το πρόγραμμα επεξεργασίας εικόνας ImageJ.

Οι γραμμικές μετρήσεις που πραγματοποιούνται για την εκτίμηση της οδοντικής ηλικίας τοποθετούνται σε ειδικές εξισώσεις, στις οποίες υπολογίζονται αποκλειστικά αναλογικές (κλασματικές) σχέσεις μεταξύ των μετρούμενων διαστάσεων. Επομένως, είναι μη αναγκαία η βαθμονόμηση (καλιμπράρισμα) των εικόνων κατά την εισαγωγή τους στο λογισμικό επεξεργασίας εικόνας, καθώς οι μονάδες μέτρησης απλοποιούνται μαθηματικά από την ίδια τη διαδικασία.

Ο πρώτος παρατηρητής μελέτησε και τα 100 ακτινογραφήματα. Μετά από διάστημα ενός μηνός, οι μετρήσεις επαναλήφθηκαν από τον πρώτο παρατηρητή. Ο δεύτερος παρατηρητής μελέτησε 50 ακτινογραφήματα. Ειδικότερα, μελέτησε 50 ακτινογραφήματα που ανήκαν σε 25 θήλεα και 25 άρρενα τυχαία επιλεγμένα άτομα. Αυτά τα 50 ακτινογραφήματα αποτέλεσαν το δείγμα στο οποίο εργάστηκε ο δεύτερος παρατηρητής. Σε κάθε ακτινογράφημα μελετήθηκαν τα ίδια δόντια και από τους δύο παρατηρητές. Οι παρατηρητές δε γνώριζαν το φύλο και την ηλικία του ατόμου του οποίου την ακτινογραφία μελετούσαν κάθε φορά.

Μετά την ολοκλήρωση των μετρήσεων και από τους δύο παρατηρητές, αυτές εισήχθησαν σε ειδικό λογισμικό με ενσωματωμένες τις εξισώσεις της πρωτότυπης μεθόδου Kvaal (Εικόνα 11).



Εικόνα 11. Dental age estimation v.3. National Instruments Corporation 2003 (C).

Για κάθε ασθενή, προέκυψαν με τον τρόπο αυτό εννέα (9) εκτιμήσεις ηλικίας, ως εξής:

- Από μία (1) για κάθε ένα από τα μονήρη δόντια που ορίζονται από την μέθοδο Kvaal, σύνολο έξι (6),
- Μία (1) η οποία προκύπτει από το συνδυασμό των τριών (3) δοντιών της άνω γνάθου
- Μία (1) η οποία προκύπτει από το συνδυασμό των τριών (3) δοντιών της κάτω γνάθου
- Μία (1) τελική εκτιμώμενη ηλικία η οποία προκύπτει από το συνυπολογισμό όλων των έξι (6) δοντιών και των δύο γνάθων.

Στη συνέχεια, για κάθε ακτινογραφία, η εκτίμηση της ηλικίας αντιστοιχίστηκε με το φύλο και την πραγματική χρονολογική ηλικία του ασθενή στον οποίο ανήκε. Όλα τα δεδομένα συγκεντρώθηκαν σε φύλλο εργασίας Microsoft Excel, ώστε να ακολουθήσει η στατιστική επεξεργασία (Εικόνα 12).

Α	B	C	Α' ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ										Β' ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ										Γ' ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ													
			ΦΥΛΟ	ΗΛΙΚΙΑ	11/21	12/22	15/25	42/52	43/53	44/54	UPPER	LOWER	TOTAL	ΑΣΘΕΝΗΣ	ΦΥΛΟ	ΗΛΙΚΙΑ	11/21	12/22	15/25	42/52	43/53	44/54	UPPER	LOWER	TOTAL	ΑΣΘΕΝΗΣ	ΦΥΛΟ	ΗΛΙΚΙΑ	11/22	12/22	15/25	42/52	43/53	44/54	UPPER	LOWER
1	fem_pat01	♀	53	50	52,5	38,3	33	55,2	47,9	48,3	52,13	50,57	fem_pat01	♀	53	49,8	50,8	50	50,2	56,9	52,5	48,29	50,92	50,05	fem_pat01	♀	53	44,2	47,8	33,2	48,8	42,3	42,78	48,32	45,55	
2	fem_pat02	♀	39	33,9	39,6	28,8	36,9	42,5	31,7	32,78	29,76	30,65	fem_pat02	♀	24	37,3	38,8	19,3	44,9	24,5	16	5,17	26,02	19,27	fem_pat02	♀	24	38,4	39,5	18,8	40,6	25,2	19,1	37,65	25,21	29,02
3	fem_pat03	♀	38	36,9	36,1	22,2	27,8	43,4	23,2	28,5	25	26,83	fem_pat03	♀	24	30,2	36,1	31,5	39,4	31,9	25,2	31,4	29,45	29,03	fem_pat03	♀	28	31,7	40	30,7	43,6	34,7	28,6	33,34	33,76	33,16
4	fem_pat04	♀	23	24,6	24,2	0,02	31,9	32,9	16,6	14,96	16,89	13,94	fem_pat04	♀	28	32,3	28,7	26,2	36,9	41	28,9	27,87	27,24	26,55	fem_pat04	♀	41	38,4	51,7	33,8	48,1	31,4	31,2	41,55	40,61	41,03
5	fem_pat05	♀	28	32,3	28,7	26,2	36,9	41	28,9	27,87	27,24	26,55	fem_pat05	♀	30	33	35,8	14,9	39,4	41,5	39,2	27,64	38,39	31,76	fem_pat05	♀	30	33,7	40,4	17,1	45,5	39,1	42,3	30,24	42,27	35,19
6	fem_pat06	♀	41	38,4	51,7	33,8	48,1	31,4	31,2	41,55	40,61	41,03	fem_pat06	♀	41	44,1	42,3	31	43,8	43,8	40,3	39,75	38,04	38,57	fem_pat06	♀	42	38,2	37,1	28,2	40,9	37,2	35,7	34,51	36,73	34,98
7	fem_pat07	♀	38	31,7	35,4	20,3	31	49,1	18,5	27,41	25,59	26,99	fem_pat07	♀	47	39,9	43	32,2	44,7	37,8	41,9	38,42	40,55	39,09	fem_pat07	♀	47	37,8	40,7	33	41,4	41,4	39	36,86	38,66	37,52
8	fem_pat08	♀	32	21,2	20,4	18,6	18,9	28,2	14,4	17,79	11,55	13,23	fem_pat08	♀	30	29,5	30,8	22,4	33,4	24,4	31,6	26,39	25,16	25,03	fem_pat08	♀	30	27,9	28,4	23,7	37,1	26,9	32,8	25,33	28,74	26,07
9	fem_pat09	♀	42	39,2	38	20,1	38,4	65,2	29,8	32,92	36,35	33,81	fem_pat09	♀	30	30,5	35,3	13,1	38	39,7	35,6	26,04	34,67	29,28	fem_pat09	♀	30	30,2	35,1	9,96	35	38,1	25,9	24,53	29,09	25,83
10	fem_pat10	♀	44	33,6	28,5	24,9	41,4	41,5	32,5	28,38	32,88	28,97	fem_pat10	♀	40	45,9	42,7	40,9	44	51,5	44,4	43,49	44,83	43,97	fem_pat10	♀	40	43	41,6	39,9	35,6	49,3	49,3	41,82	42,02	41,79
11	fem_pat11	♀	41	34	33,9	17,2	38	46,7	35,2	27,35	35,59	39,95	fem_pat11	♀	30	31	28,8	20,5	29,4	32,3	22,1	24,77	20,66	22,28	fem_pat11	♀	30	32,8	30,6	26,2	31,8	34,5	27,9	26,68	25,57	26,88
12	fem_pat12	♀	48	33,8	39,5	23,5	47,1	45,1	41,6	31,97	40,61	34,8	fem_pat12	♀	30	35,3	35,5	13,1	38	39,7	35,6	26,04	34,67	29,28	fem_pat12	♀	30	32,8	30,6	26,2	31,8	34,5	27,9	26,68	25,57	26,88
13	fem_pat13	♀	20	18,4	24,1	11	37,6	24,9	23,9	15,71	23,49	17,71	fem_pat13	♀	20	28,6	30,9	22,1	41	29,8	39	25,89	33,86	19,43	fem_pat13	♀	20	26,8	28,1	19	40,2	27,7	35,4	23,49	30,81	25,81
14	fem_pat14	♀	28	28	34,7	13,9	33,1	26,8	26	24,96	23,86	23,03	fem_pat14	♀	30	30,5	35,3	13,1	38	39,7	35,6	26,04	34,67	29,28	fem_pat14	♀	30	30,2	35,1	9,96	35	38,1	25,9	24,53	29,09	25,83
15	fem_pat15	♀	18	25,9	29,7	13,6	38	32,8	35,7	21,57	31,26	24,83	fem_pat15	♀	20	28,6	30,9	22,1	41	29,8	39	25,89	33,86	19,43	fem_pat15	♀	20	26,8	28,1	19	40,2	27,7	35,4	23,49	30,81	25,81
16	fem_pat16	♀	32	47,6	44,8	33,6	40,6	30,7	51,4	43,16	41,31	42,43	fem_pat16	♀	40	45,9	42,7	40,9	44	51,5	44,4	43,49	44,83	43,97	fem_pat16	♀	40	43	41,6	39,9	35,6	49,3	49,3	41,82	42,02	41,79
17	fem_pat17	♀	30	25,2	29,7	27,9	35,9	35,4	28,5	25,58	27,55	25,87	fem_pat17	♀	30	30,5	35,3	13,1	38	39,7	35,6	26,04	34,67	29,28	fem_pat17	♀	30	30,2	35,1	9,96	35	38,1	25,9	24,53	29,09	25,83
18	fem_pat18	♀	32	31,8	27	10,9	31,7	37	28,2	22,29	29,3	24,41	fem_pat18	♀	40	45,9	42,7	40,9	44	51,5	44,4	43,49	44,83	43,97	fem_pat18	♀	40	43	41,6	39,9	35,6	49,3	49,3	41,82	42,02	41,79
19	fem_pat19	♀	46	36,8	33,8	37,1	39,7	47,3	35,2	33,19	33,04	33,85	fem_pat19	♀	40	45,9	42,7	40,9	44	51,5	44,4	43,49	44,83	43,97	fem_pat19	♀	40	43	41,6	39,9	35,6	49,3	49,3	41,82	42,02	41,79
20	fem_pat20	♀	32	28,4	39,4	35,6	40,7	48,8	21	33,37	28,44	30,53	fem_pat20	♀	30	31	28,8	20,5	29,4	32,3	22,1	24,77	20,66	22,28	fem_pat20	♀	30	32,8	30,6	26,2	31,8	34,5	27,9	26,68	25,57	26,88
21	fem_pat21	♀	30	21,4	19,2	2,84	21,2	20,6	13	11,2	7,83	8,21	fem_pat21	♀	30	30,5	35,3	13,1	38	39,7	35,6	26,04	34,67	29,28	fem_pat21	♀	30	30,2	35,1	9,96	35	38,1	25,9	24,53	29,09	25,83
22	fem_pat22	♀	38	28,6	36,5	11,8	41,8	30,3	35,1	24,98	35,66	28,47	fem_pat22	♀	30	31	28,8	20,5	29,4	32,3	22,1	24,77	20,66	22,28	fem_pat22	♀	30	32,8	30,6	26,2	31,8	34,5	27,9	26,68	25,57	26,88
23	fem_pat23	♀	38	29	28,6	21,4	40,7	40,1	30,7	25,2	33,7	27,44	fem_pat23	♀	30	35,3	35,5	25,2	41,8	40,2	34,6	30,69	35,72	32,67	fem_pat23	♀	30	45,2	45,3	36,8	40,6	39,8	40,6	42,18	38,33	40,24
24	fem_pat24	♀	32	25	30,6	32,1	41,4	31,4	27,7	27,15	26,82	27,34	fem_pat24	♀	30	28,8	32,8	17	45	32,3	38,8	28,21	35,91	30,97	fem_pat24	♀	30	32,8	30,6	26,2	31,8	34,5	27,9	26,68	25,57	26,88
25	fem_pat25	♀	28	28,2	33,9	19,1	33,7	36,3	27,3	25,77	26	25,09	fem_pat25	♀	30	30,5	35,3	13,1	38	39,7	35,6	26,04	34,67	29,28	fem_pat25	♀	30	30,2	35,1	9,96	35	38,1	25,9	24,53	29,09	25,83
26	fem_pat26	♀	18	25,4	29,5	6,11	29,3	25,9	8	19,18	12,98	15,01	fem_pat26	♀	30	31	28,8	20,5	29,4	32,3	22,1	24,77	20,66	22,28	fem_pat26	♀	30	32,8	30,6	26,2	31,8	34,5	27,9	26,68	25,57	26,88
27	fem_pat27	♀	34	24,7	20,1	18,8	38,7	39	29,5	19,02	30,72	22,99	fem_pat27	♀	30	32,3	30,6	26,3	35,9	25,7	23,5	28,85	26,52	27,14	fem_pat27	♀	30	33,6	29,9	26,7	37,7	32,5	29,7	39,09	30,97	28,45

Εικόνα 12 Καταγραφή δεδομένων θηλέων ασθενών και από τους δύο παρατηρητές σε φύλλο εργασίας Microsoft Excel

## 4 Στατιστική Ανάλυση

Εξετάστηκαν και αναλύθηκαν οι περιγραφικοί δείκτες του συνόλου των μεταβλητών. Έγινε χρήση των βασικών μέτρων θέσης και διασποράς, καθώς και των συχνοτήτων και σχετικών συχνοτήτων για την περιγραφή των δημογραφικών χαρακτηριστικών (φύλο και ηλικία) και της εκτιμώμενης ηλικίας.

Για τον έλεγχο της αξιοπιστίας μεταξύ των μετρήσεων και μεταξύ των παρατηρητών, επιλέχτηκε με τυχαίο τρόπο το 50% του δείγματος προκειμένου να γίνουν μετρήσεις και εκτίμηση της οδοντικής ηλικίας από τον Παρατηρητή #1. Στη συνέχεια, μετά από διάστημα ενός μηνός έγινε επαναληπτική μέτρηση από τον ίδιο παρατηρητή. Από τις δύο μετρήσεις του ίδιου παρατηρητή προέκυψαν δύο ομάδες δεδομένων που συγκρίθηκαν μεταξύ τους. Επιπλέον, στο ίδιο τυχαία επιλεγμένο δείγμα πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις και εκτίμηση της οδοντικής ηλικίας από τον Παρατηρητή #2.

Για τη διερεύνηση της αξιοπιστίας των μετρήσεων του ίδιου παρατηρητή και της αξιοπιστίας των μετρήσεων μεταξύ των δύο παρατηρητών (intra- and inter-observer reliability), υπολογίστηκε ο συντελεστής συμφωνίας της συσχέτισης του Lin  $r_c$  (Lin's concordance correlation coefficient for intra- and inter- correlation). Συμπληρωματικά, υπολογίστηκε ο συντελεστής συμφωνίας του Lin  $r_c$ , για την εκτίμηση της απόκλισης της εκτιμώμενης ηλικίας από την πραγματική.

Ο συντελεστής συσχέτισης του Lin συνδυάζει τη μέτρηση της αξιοπιστίας (συντελεστής συσχέτισης Pearson  $r$ ) και της ακρίβειας των προβλέψεων και δείχνει ποσοτικά τη συμφωνία μεταξύ μίας δοκιμασίας ή μέτρησης (Y) και ενός gold standard ή μέτρησης (X). Οι τιμές του κυμαίνονται μεταξύ -1 και 1, με την πλήρη συμφωνία να εκφράζεται με την τιμή 1. Δεν μπορεί να υπερβαίνει την απόλυτη τιμή του  $\rho$ , δηλαδή του συντελεστή συσχέτισης του Pearson μεταξύ του Y και του X (Lin, 1989).

Όταν πρόκειται για μελέτη συμφωνίας μεταξύ δύο μεθόδων μέτρησης, η αξιολόγηση της επαναληπτικότητας είναι ιδιαίτερα σημαντική. Η μέθοδος των Bland-Altman εστιάζει στις διαφορές των μετρήσεων, το 95% των οποίων αναμένεται να βρίσκονται μέσα σε ένα συγκεκριμένο διάστημα. Οι Bland και Altman πρότειναν την αξιολόγηση της συμφωνίας των μεθόδων με βάση τη διακύμανση των σφαλμάτων

μέτρησης, που είναι ανεξάρτητη της διασποράς, δηλαδή όλων των εξωτερικών παραγόντων που μπορεί να επηρεάζουν τα αποτελέσματα.

Η μέθοδος των Bland και Altman είναι κατά βάση γραφική, δηλαδή βασίζεται στην ερμηνεία γραφημάτων όπου τα επιλεγμένα όρια περικλείουν κάποιες παρατηρήσεις και δεν περιλαμβάνουν άλλες. Πιο αναλυτικά, για την εύρεση των ορίων συμφωνίας μεταξύ των δύο μετρήσεων αρχικά υπολογίζονται οι διαφορές ανάμεσα στις δύο μετρήσεις ( $d_i$ ) και στη συνέχεια η μέση τιμή των διαφορών ( $\bar{d}$ ) και η σταθερή απόκλιση ( $sd$ ) τους. Τα όρια της συμφωνίας είναι το διάστημα  $\bar{d} \pm 1.96*sd$ , δηλαδή είναι ένα 95% διάστημα συμφωνίας των παρατηρούμενων διαφορών. Αν οι διαφορές βρίσκονται εντός αυτού του διαστήματος, οι δύο μετρήσεις θεωρείται ότι έχουν καλή συμφωνία (Martin Bland και Altman, 1986). Η συμφωνία μεταξύ εκτιμώμενης οδοντικής και πραγματικής ηλικίας ελέγχθηκε με τον παραπάνω τρόπο γραφικά.

Προκειμένου να ελεγχθεί αν υπάρχει διαφορά στη μέση τιμή της εκτιμώμενης οδοντικής ηλικίας ανάλογα με το φύλο των ασθενών, χρησιμοποιήθηκε ο παραμετρικός έλεγχος t-test σύγκρισης δύο μέσων τιμών για ανεξάρτητα δείγματα (independent samples t-test). Προκειμένου να διερευνηθεί αν η μέση τιμή της πραγματικής ηλικίας διαφέρει ή όχι από την εκτιμώμενη ηλικία, εφαρμόστηκε ο έλεγχος t-test κατά ζεύγη.

Στη συνέχεια, εφαρμόστηκε η ίδια στατιστική μεθοδολογία (έλεγχος συμφωνίας και συσχέτισης πραγματικής και εκτιμώμενης οδοντικής ηλικίας) ανάλογα με την ηλικία των ασθενών. Ο διαχωρισμός του δείγματος σε δύο ηλικιακές ομάδες που ελέγχθηκαν ξεχωριστά πραγματοποιήθηκε για να αξιολογηθεί αν παρατηρείται διαφορά στην ακρίβεια και αξιοπιστία των αποτελεσμάτων όταν η μέθοδος εφαρμόζεται σε άτομα μικρότερης και μεγαλύτερης ηλικίας.

Το επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας  $p$  ορίστηκε ίσο με 0,05. Για την πραγματοποίηση της στατιστικής ανάλυσης χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό STATA (Stata 13 Base Reference Manual. College Station, TX: Stata Press).



## 5 Ευρήματα

Διερευνήθηκαν τα περιγραφικά μέτρα θέσης και διασποράς των βασικών δημογραφικών χαρακτηριστικών, καθώς και της εκτιμώμενης οδοντικής ηλικίας ενός δείγματος 100 ενηλίκων ατόμων 18 έως 55 ετών. Στον Πίνακα 2 περιγράφονται τα δημογραφικά χαρακτηριστικά του δείγματος.

Πίνακας 2 Δημογραφικά χαρακτηριστικά του δείγματος που εξετάστηκε.

ΗΛΙΚΙΑ (ΕΤΗ)	ΓΥΝΑΙΚΕΣ (n=50)	ΑΝΔΡΕΣ (n=50)	ΣΥΝΟΛΟ (n=100)
ΜΕΣΗ ΗΛΙΚΙΑ	31,5	31,2	31,4
ΣΤΑΘΕΡΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	10,8	10,0	10,3
ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΗΛΙΚΙΑ	18	18	18
ΜΕΓΙΣΤΗ ΗΛΙΚΙΑ	55	55	55

Το 50% του δείγματος είναι γυναίκες. Η μέση χρονολογική ηλικία του συνόλου του δείγματος είναι 31,4 έτη και η σταθερή απόκλιση 10,3 έτη.

Στον Πίνακα 3 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της αξιοπιστίας των διαδοχικών μετρήσεων του πρώτου παρατηρητή (intraobserver reliability) και της αξιοπιστίας των μετρήσεων μεταξύ των δύο παρατηρητών (interobserver reliability) με βάση τον συντελεστή συμφωνίας Lin's  $r_c$ .

Πίνακας 3 Αποτελέσματα της αξιοπιστίας των μετρήσεων του ίδιου παρατηρητή και της αξιοπιστίας των μετρήσεων μεταξύ των δύο παρατηρητών (intra- and inter- observer reliability).

		Συντελεστής Συμφωνίας Lin's $r_c$ *	
		p-values<0.001*	
		intra-	inter-
Άνω Γνάθος	Κεντρικός τομέας 11/21	0.804	0.668
	Πλάγιος τομέας 12/22	0.677	0.550
	2 <sup>ος</sup> Προγόμφιος 15/25	0.636	0.543
Κάτω Γνάθος	Πλάγιος τομέας 42/32	0.757	0.663
	Κυνόδοντας 43/33	0.706	0.559
	1 <sup>ος</sup> Προγόμφιος 44/34	0.725	0.603
Συνδυασμοί	3 δόντια άνω γνάθου	0.735	0.687
	3 δόντια κάτω γνάθου	0.817	0.527
	6 δόντια	0.847	0.689

Όσον αφορά την αξιοπιστία των μετρήσεων από τον ίδιο παρατηρητή προκύπτει (intraobserver reliability) ότι η υψηλότερη συμφωνία επιτυγχάνεται όταν η εξέταση γίνεται στο σύνολο των 6 δοντιών (0.847), έπειτα στο συνδυασμό των 3 δοντιών της άνω γνάθου (0.817) και στον κεντρικό τομέα της άνω γνάθου (0.804). Αναφορικά με την αξιοπιστία των μετρήσεων μεταξύ των δύο διαφορετικών παρατηρητών (interobserver reliability) φαίνεται ότι και πάλι ότι η υψηλότερη συμφωνία επιτυγχάνεται όταν η εξέταση γίνεται στο σύνολο των 6 δοντιών (0.689), έπειτα στο συνδυασμό των 3 δοντιών της άνω γνάθου (0.687) και στον κεντρικό τομέα της άνω γνάθου (0.668).

Όπως προαναφέρθηκε, η πλήρης συμφωνία εκφράζεται με την τιμή 1 του συντελεστή Lin. Γενικά, η συμφωνία των διαδοχικών μετρήσεων της εκτιμώμενης οδοντικής ηλικίας από τον ίδιο παρατηρητή είναι από ικανοποιητική έως πολύ καλή (τιμές Lin's  $r_c$  0.64-0.85). Ωστόσο, η συμφωνία των μετρήσεων μεταξύ των δύο παρατηρητών κυμαίνεται σε χαμηλότερα επίπεδα (μέτρια προς ικανοποιητική, τιμές Lin's  $r_c$  0.53-0.69).

Πίνακας 4 Περιγραφικά μέτρα (μέση τιμή και ΣΑ) της πραγματικής χρονολογικής και εκτιμώμενης ηλικίας, συνολικά και ανά φύλο.

		Άντρας (n=50) μέση τιμή (ΣΑ) σε έτη	Γυναίκα (n=50) μέση τιμή (ΣΑ) σε έτη	Σύνολο μέση τιμή (ΣΑ) σε έτη	p-value <sup>1</sup>	
ΧΡΟΝ. ΗΛΙΚΙΑ		31.2 (10.0)	31.5 (10.8)	31.4 (10.3)	0.855	
ΕΚΤΙΜ. ΗΛΙΚΙΑ	Άνω Γνάθος	Κεντρικός τομέας 11/21	33.6 (7.3)	31.3 (7.3)	32.4 (7.4)	0.123
		Πλάγιος τομέας 12/22	34.7 (7.7)	33.8 (8.1)	34.2 (7.9)	0.560
		2ος Προγόμφιος 15/25	27.7 (8.2)	21.6 (10.2)	24.6 (9.7)	<b>0.001*</b>
	Κάτω Γνάθος	Πλάγιος τομέας 42/32	36.8 (7.7)	38.3 (7.3)	37.6 (7.5)	0.326
		Κυνόδοντας 43/33	37.7 (9.4)	40.2 (9.9)	39.0 (9.7)	0.208
		1ος Προγόμφιος 44/34	34.0 (7.0)	31.5 (9.8)	32.7 (8.6)	0.144
	Συνδυασμοί	3 δόντια άνω γνάθου	31.3 (7.5)	28.1 (8.1)	29.7 (8.0)	<b>0.044*</b>
		3 δόντια κάτω γνάθου	32.7 (8.2)	31.8 (9.6)	32.3 (8.9)	0.621
		6 δόντια	31.5 (7.6)	29.0 (8.8)	30.3 (8.3)	0.120

ΣΑ: Σταθερή Απόκλιση, 1: t-test για ανεξάρτητα δείγματα, \*στατιστικά σημαντικό αποτέλεσμα (<0.05)

Στον Πίνακα 4 παρουσιάζονται τα περιγραφικά μέτρα της πραγματικής και εκτιμώμενης ηλικίας για το σύνολο του δείγματος και ανάλογα με το φύλο των ασθενών. Επίσης, δίνεται το αποτέλεσμα του ελέγχου της σύγκρισης της μέσης πραγματικής και εκτιμώμενης ηλικίας μεταξύ αρρένων και θηλέων ατόμων.

Από τον Πίνακα 4 προκύπτει ότι και στα δύο φύλα υπάρχει υποεκτίμηση της ηλικίας όταν εξετάζεται ο 2<sup>ος</sup> προγόμφιος της άνω γνάθου σε βαθμό στατιστικά σημαντικό (μέση χρονολογική ηλικία τα 31.4 έτη και μέση εκτιμώμενη ηλικία τα 24.6 έτη). Ειδικότερα, στους άντρες, η μέση χρονολογική ηλικία είναι τα 31.2 έτη, ενώ η μέση εκτιμώμενη ηλικία που προκύπτει από την εξέταση αυτού του δοντιού είναι τα 27.7 έτη. Οι αντίστοιχες τιμές για τις γυναίκες είναι τα 31.5 έτη (μέση χρονολογική ηλικία) και τα 21.6 έτη (μέση εκτιμώμενη ηλικία). Αντίθετα, μεγαλύτερη υπερεκτίμηση της οδοντικής ηλικίας παρατηρείται όταν εξετάζεται ο κυνόδοντας της κάτω γνάθου και των δύο φύλων (μέση χρονολογική ηλικία τα 31.4 έτη και μέση εκτιμώμενη ηλικία τα 39 έτη), ωστόσο η διαφορά είναι στατιστικά μη σημαντική.

Όταν εξετάζεται ο συνδυασμός των τριών δοντιών της άνω γνάθου, παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ πραγματικής και εκτιμώμενης ηλικίας και στα δύο φύλα (μέση χρονολογική ηλικία τα 31.4 έτη και μέση εκτιμώμενη ηλικία τα 29.7 έτη) και υποεκτίμηση στα θήλεα άτομα.

Συνοπτικά, όσον αφορά τη συσχέτιση με το φύλο, φαίνεται ότι στους άντρες προκύπτει κατά μέσο όρο σημαντικά υψηλότερη εκτιμώμενη οδοντική ηλικία σε σύγκριση με τις γυναίκες, όταν εξετάζεται ο 2<sup>ος</sup> προγόμφιος της άνω γνάθου και ο συνδυασμός των τριών δοντιών της άνω γνάθου. Όταν αξιολογούνται τα υπόλοιπα μονήρη δόντια, ο συνδυασμός των τριών δοντιών της κάτω γνάθου και το σύνολο των έξι δοντιών και των δύο γνάθων, το φύλο δε φαίνεται να παίζει στατιστικά σημαντικό ρόλο.

Στον Πίνακα 5 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης για την συμφωνία μεταξύ της πραγματικής ηλικίας και της εκτιμώμενης οδοντικής ηλικίας με βάση τη μέθοδο Kvaal.

Πίνακας 5 Αποτελέσματα της συμφωνίας μεταξύ της εκτιμώμενης οδοντικής ηλικίας με βάση τη μέθοδο Knaal και της πραγματικής ηλικίας στο μελετώμενο δείγμα.

		Συντελεστής Συμφωνίας Lin's $r_c$	Συντελεστής Συσχέτισης Pearson's $r$	Μέση Διαφορά (ΣΑ) σε έτη	95% Όρια Συμφωνίας σε έτη	p-value <sup>1</sup>
Άνω Γνάθος	Κεντρικός τομέας 11/21	0.629	0.670	-1.1 (7.69)	(-16.1 έως 14.0)	0.168
	Πλάγιος τομέας 12/22	0.578	0.630	-2.9 (8.15)	(-18.9 έως 13.1)	<b>0.001*</b>
	2 <sup>ος</sup> Προγόμφιος 15/25	0.487	0.598	6.7 (9.00)	(-10.9 έως 24.3)	<b>&lt;0.001*</b>
Κάτω Γνάθος	Πλάγιος τομέας 42/32	0.451	0.587	-6.2 (8.49)	(-22.9 έως 10.4)	<b>&lt;0.001*</b>
	Κυνόδοντας 43/33	0.605	0.782	-7.6 (6.64)	(-20.6 έως 5.4)	<b>&lt;0.001*</b>
	1 <sup>ος</sup> Προγόμφιος 44/34	0.512	0.527	-1.4 (9.34)	(-19.7 έως 16.9)	0.144
Συνδυασμοί	3 δόντια άνω γνάθου	0.694	0.730	1.7 (7.08)	(-12.2 έως 15.6)	<b>0.019*</b>
	3 δόντια κάτω γνάθου	0.641	0.652	-0.9 (8.12)	(-16.9 έως 15.0)	0.255
	6 δόντια	0.702	0.724	1.1 (7.18)	(-13.0 έως 15.2)	0.129

ΣΑ: Σταθερή Απόκλιση, 1: t-test κατά ζεύγη, \*στατιστικά σημαντικό αποτέλεσμα (<0.05)

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, ο συντελεστής συσχέτισης του Lin συνδυάζει τη μέτρηση της αξιοπιστίας (συντελεστής συσχέτισης Pearson  $r$ ) και της ακρίβειας των προβλέψεων, ενώ δεν μπορεί να υπερβαίνει την απόλυτη τιμή του  $r$ .

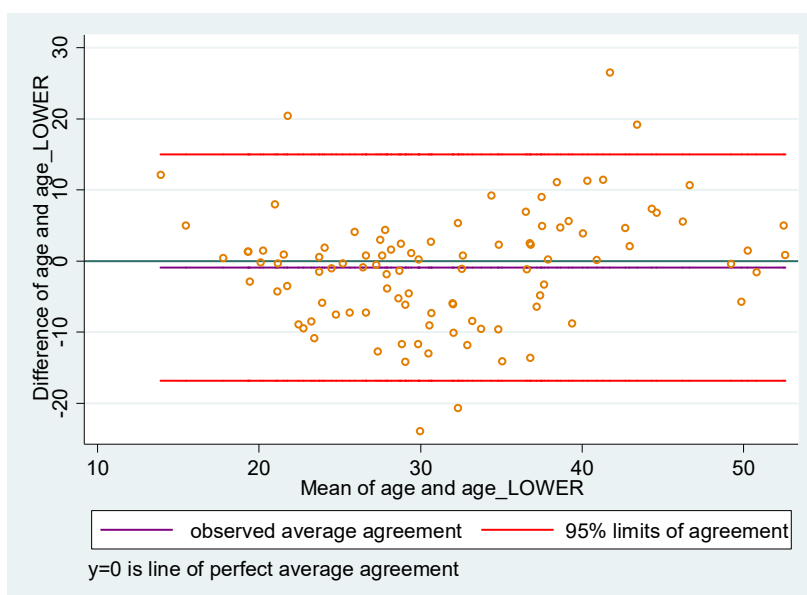
Από τον υπολογισμό του συντελεστή συμφωνίας Lin's  $r_c$  και του συντελεστή συσχέτισης Pearson's  $r$  προκύπτει ότι μεγαλύτερη συμφωνία μεταξύ χρονολογικής και εκτιμώμενης οδοντικής ηλικίας επιτυγχάνεται όταν εξετάζονται τα 6 δόντια που προτείνονται από τη μέθοδο Knaal (συντελεστής συμφωνίας Lin: 0.702, μέση διαφορά 1.1 (7.18) έτη), τα 3 δόντια της άνω γνάθου (συντελεστής συμφωνίας Lin: 0.694, μέση διαφορά 1.7 (7.08) έτη), τα 3 δόντια της κάτω γνάθου (συντελεστής συμφωνίας Lin: 0.641, μέση διαφορά -0.9 (8.13) έτη) και ο κεντρικός άνω τομέας (συντελεστής συμφωνίας Lin: 0.629, μέση διαφορά -1.1 (7.69) έτη).

Επιπλέον, από την ανάλυση προκύπτει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της εκτιμώμενης οδοντικής και της χρονολογικής ηλικίας όταν εξετάζεται ο πλάγιος τομέας της άνω γνάθου, ο 2<sup>ος</sup> προγόμφιος της άνω γνάθου, ο πλάγιος τομέας της κάτω γνάθου, ο κυνόδοντας της κάτω γνάθου και τα 3 δόντια της άνω γνάθου (p-value < 0.05). Τα 95% όρια συμφωνίας όλων των παρατηρήσεων έχουν εύρος που

κυμαίνεται από τα 26 έως και 36.3 έτη, το οποίο κλινικά, μπορεί ίσως να θεωρηθεί σημαντικό εύρος.

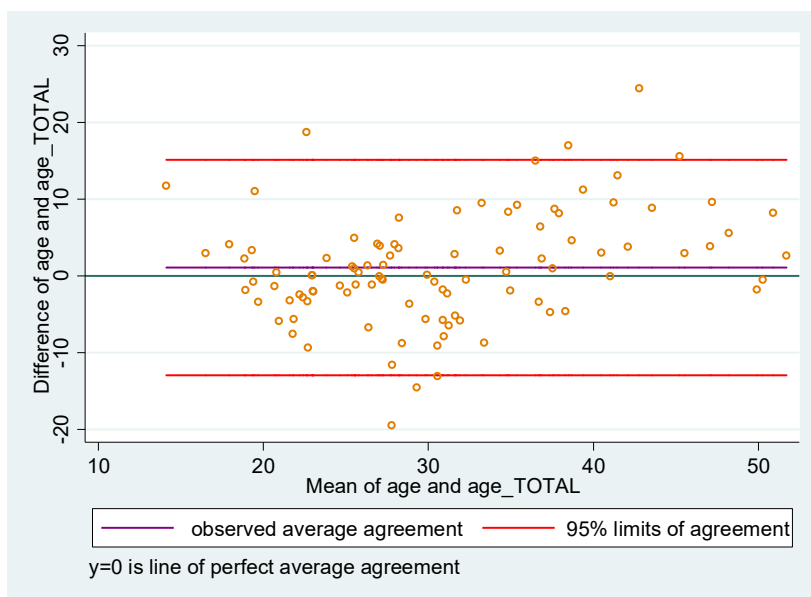
Το μικρότερο εύρος χωρίς στατιστικά σημαντική διαφορά παρατηρείται όταν αξιολογούνται και τα έξι δόντια (-13.0 έως 15.2 έτη) (Σχήμα 2), ενώ το μεγαλύτερο όταν αξιολογείται μόνο ο πρώτος προγόμφιος της κάτω γνάθου (-19.7 έως 16.9 έτη) (Σχήμα 4). Τη μικρότερη μέση διαφορά (πραγματικής – εκτιμώμενης οδοντικής ηλικίας) παρέχει κατά σειρά η εξέταση των 3 δοντιών της κάτω γνάθου (Σχήμα 1), των 6 δοντιών και όμοια η εξέταση του κεντρικού τομέα της άνω γνάθου (Σχήματα 2 και 3), ο 1ος προγόμφιος της κάτω γνάθου (Σχήμα 4) και η εξέταση των 3 δοντιών της άνω γνάθου (Σχήμα 5).

Η γραφική απεικόνιση των αντίστοιχων 95% ορίων συμφωνίας (95% limits of agreement) έτσι όπως υπολογίστηκαν με τη μέθοδο των Bland και Altman παρουσιάζεται ενδεικτικά στα Σχήματα 1 έως 5 που ακολουθούν. Σε κάθε γράφημα απεικονίζονται τα 95% όρια συμφωνίας με κόκκινο χρώμα, η παρατηρηθείσα μέση συμφωνία μεταξύ της πραγματικής και εκτιμώμενης οδοντικής ηλικίας (έτη) με μοβ χρώμα, ενώ η απόσταση από την ευθεία  $y=0$  δείχνει την απόκλιση από την τέλεια συμφωνία.



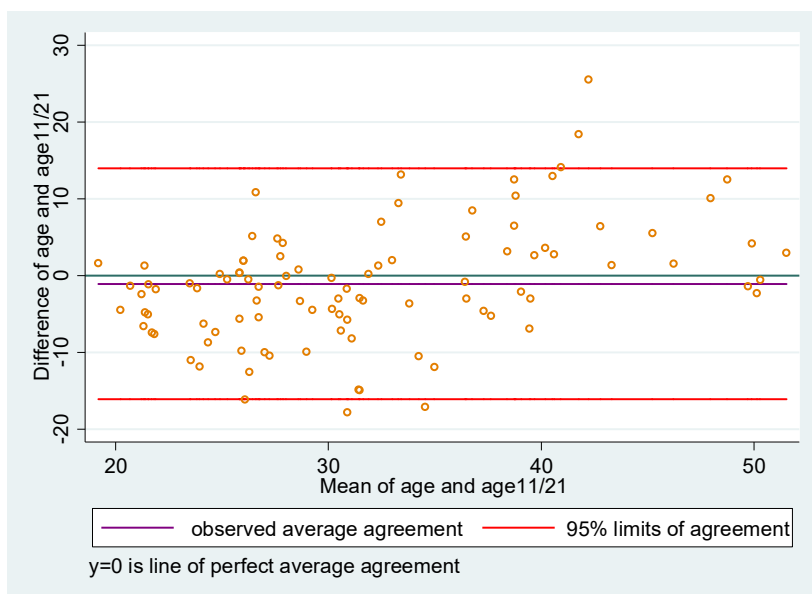
Σχήμα 1. Στικτόγραμμα μεταξύ της διαφοράς της πραγματικής και εκτιμώμενης οδοντικής ηλικίας (έτη) των 3 δοντιών της κάτω γνάθου και της αντίστοιχης μέσης τιμής, με τα 95% όρια συμφωνίας.

Από το Σχήμα 1, παρατηρούμε ότι όταν μελετώνται τα 3 δόντια της κάτω γνάθου, η μέση διαφορά είναι -0.9 έτη, δηλαδή η απόκλιση από την τέλεια συμφωνία είναι πολύ μικρή (μικρότερη από 1 έτος). Τα 95% όρια συμφωνίας είναι (-16.9 έτη έως 15.0) έτη. Συνεπώς, η μέση διαφορά μεταξύ της πραγματικής και εκτιμώμενης οδοντικής ηλικίας μπορεί να κυμαίνεται από 16.9 λιγότερα έτη έως και 15 έτη περισσότερα.



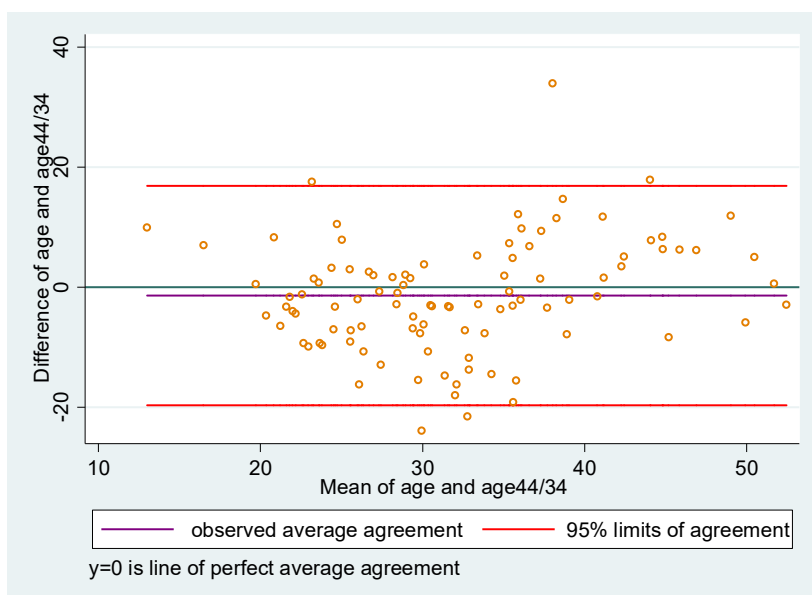
Σχήμα 2. Στικτόγραμμα μεταξύ της διαφοράς της πραγματικής και εκτιμώμενης οδοντικής ηλικίας (έτη) των 6 δοντιών και της αντίστοιχης μέσης τιμής, με τα 95% όρια συμφωνίας.

Από το Σχήμα 2, παρατηρούμε ότι όταν μελετώνται τα 6 δόντια και των δύο γνάθων, η μέση διαφορά είναι 1.1 έτη, δηλαδή η απόκλιση από την τέλεια συμφωνία απέχει κατά μόλις 1 έτος. Τα 95% όρια συμφωνίας είναι (-13.0 έτη έως 15.2) έτη. Συνεπώς, η μέση διαφορά μεταξύ της πραγματικής και εκτιμώμενης οδοντικής ηλικίας μπορεί να κυμαίνεται μέσα σε αυτό το εύρος των 28 ετών.



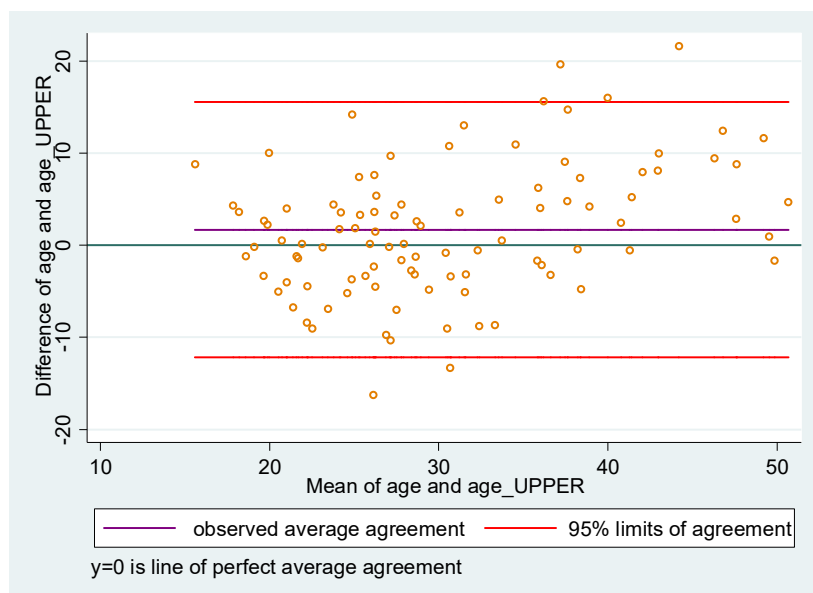
Σχήμα 3. Στικτόγραμμα μεταξύ της διαφοράς της πραγματικής και εκτιμώμενης οδοντικής ηλικίας (έτη) του κεντρικού τομέα της άνω γνάθου και της αντίστοιχης μέσης τιμής, με τα 95% όρια συμφωνίας.

Από το Σχήμα 3, παρατηρούμε ότι όταν μελετάται ο κεντρικός τομέας της άνω γνάθου, η μέση διαφορά είναι -1.1 έτη, δηλαδή η απόκλιση από την τέλεια συμφωνία είναι πολύ μικρή. Τα 95% όρια συμφωνίας είναι (-16.1 έτη έως 14.0) έτη. Συνεπώς, η μέση διαφορά μεταξύ της πραγματικής και εκτιμώμενης οδοντικής ηλικίας μπορεί να κυμαίνεται από 16.1 λιγότερα έτη έως και 14 έτη περισσότερα.



Σχήμα 4. Στικτόγραμμα μεταξύ της διαφοράς της πραγματικής και εκτιμώμενης οδοντικής ηλικίας (έτη) του 1ου προγόμφιου της κάτω γνάθου και της αντίστοιχης μέσης τιμής, με τα 95% όρια συμφωνίας.

Από το Σχήμα 4, παρατηρούμε ότι όταν μελετάται ο πρώτος προγόμφιος της κάτω γνάθου η μέση διαφορά είναι -1.4 έτη, δηλαδή η απόκλιση από την τέλεια συμφωνία απέχει κατά μόλις 1,4 έτη. Τα 95% όρια συμφωνίας είναι (-19.7 έτη έως 16.9) έτη. Συνεπώς, η μέση διαφορά μεταξύ της πραγματικής και εκτιμώμενης οδοντικής ηλικίας μπορεί να κυμαίνεται μέσα σε αυτό το εύρος ετών.



Σχήμα 5. Στικτόγραμμα μεταξύ της διαφοράς της πραγματικής και εκτιμώμενης οδοντικής ηλικίας (έτη) των 3 δοντιών της άνω γνάθου και της αντίστοιχης μέσης τιμής, με τα 95% όρια συμφωνίας.

Από το Σχήμα 5, παρατηρούμε ότι όταν μελετώνται τα 3 δόντια της άνω γνάθου, η μέση διαφορά είναι 1.7 έτη, δηλαδή η απόκλιση από την τέλεια συμφωνία απέχει κατά περίπου 2 έτη. Τα 95% όρια συμφωνίας είναι (-12.2 έτη έως 15.6) έτη. Συνεπώς, η μέση διαφορά μεταξύ της πραγματικής και εκτιμώμενης οδοντικής ηλικίας μπορεί να κυμαίνεται μέσα σε αυτό το εύρος των 28 ετών.

Στην προσπάθεια της διερεύνησης της ακρίβειας της μεθόδου Kvaal όταν αυτή εφαρμόζεται σε άτομα που ανήκουν σε διαφορετικές ηλικιακές ομάδες, ελέγχθηκε η συμφωνία και συσχέτιση μεταξύ πραγματικής και εκτιμώμενης οδοντικής ηλικίας (δοκιμασία t-test κατά ζεύγη). Η μέση και η διάμεση τιμή της χρονολογικής ηλικίας του δείγματος ήταν τα 31 και τα 29 έτη περίπου, αντίστοιχα. Για το λόγο αυτό, επιλέχθηκε ως κριτήριο διαχωρισμού των ηλικιακών ομάδων η ηλικία των 30 ετών. Στον Πίνακα 6 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της συμφωνίας μεταξύ πραγματικής και εκτιμώμενης ηλικίας, ανάλογα με την ηλικία των ασθενών (1η ομάδα: < 30 έτη, το 55% των ασθενών και 2η ομάδα  $\geq$  30 έτη, το 45% των



ασθενών). Γενικά, μεταξύ των δύο ηλικιακών ομάδων φαίνεται να υπάρχει καλύτερη συμφωνία μεταξύ χρονολογικής και εκτιμώμενης ηλικίας στα άτομα μεγαλύτερης ηλικίας (>30 ετών), σύμφωνα με τον συντελεστή Lin's rc.

Πίνακας 6 Αποτελέσματα της συμφωνίας μεταξύ της εκτιμώμενης οδοντικής ηλικίας και της πραγματικής ηλικίας με βάση τη μέθοδο KnaaI, στις δύο επιλεγμένες ηλικιακές ομάδες.

Ηλικιακή ομάδα (έτη)	Συντελεστής Συμφωνίας Lin's rc*	Συντελεστής Συσχέτισης Pearson's r*	Μέση Διαφορά (SD) σε έτη	95% Όρια Συμφωνίας σε έτη
<b>Άνω γνάθος: κεντρικός τομέας 11/21</b>				
<30	0.197	0.349	-5.3 (5.5)	(-16.0 έως 5.5)
≥30	0.500	0.578	4.1 (6.9)	(-9.4 έως 17.5)
<b>Άνω γνάθος: πλάγιος τομέας 12/22</b>				
<30	0.174	0.382	-7.0 (6.4)	(-19.5 έως 5.5)
≥30	0.502	0.528	2.2 (7.2)	(-11.9 έως 16.3)
<b>Άνω γνάθος: 2<sup>ος</sup> προγόμφιος 15/25</b>				
<30	0.185	0.266	3.0 (7.6)	(-11.8 έως 17.8)
≥30	0.287	0.540	11.2 (8.6)	(-5.6 έως 28.1)
<b>Κάτω γνάθος: πλάγιος τομέας 42/32</b>				
<30	0.107	0.400	-11.1 (6.2)	(-23.2 έως 1.0)
≥30	0.564	0.566	-0.2 (7.0)	(-13.9 έως 13.5)
<b>Κάτω γνάθος: κυνόδοντας 43/33</b>				
<30	0.156	0.477	-9.2 (5.4)	(-19.9 έως 1.4)
≥30	0.440	0.554	-5.6 (7.5)	(-20.2 έως 9.0)
<b>Κάτω γνάθος: 1<sup>ος</sup> προγόμφιος 44/34</b>				
<30	0.135	0.258	-6.0 (7.7)	(-21.1 έως 9.2)
≥30	0.419	0.481	4.2 (8.1)	(-11.6 έως 20.0)
<b>Συνδυασμοί: 3 δόντια άνω γνάθου</b>				
<30	0.344	0.409	-1.9 (5.5)	(-12.6 έως 8.8)
≥30	0.486	0.648	6.1 (6.4)	(-6.4 έως 18.5)
<b>Συνδυασμοί: 3 δόντια κάτω γνάθου</b>				
<30	0.262	0.429	-4.6 (6.7)	(-17.8 έως 8.7)
≥30	0.492	0.542	3.5 (7.5)	(-11.2 έως 18.2)
<b>Συνολικά 6 δόντια</b>				
<30	0.357	0.454	-2.4 (5.7)	(-13.6 έως 8.9)
≥30	0.508	0.636	5.3 (6.5)	(-7.4 έως 18.0)

\* p-values<0.05

Πιο αναλυτικά, στην ηλικιακή ομάδα <30 ετών φαίνεται ότι εμφανίζεται υποεκτίμηση της ηλικίας, η οποία κυμαίνεται από τα -1.9 έτη (95% όρια συμφωνίας: -12.6 έως 8.8) στα 3 δόντια της άνω γνάθου έως και τα -11.1 έτη (95% όρια συμφωνίας: -23.2 έως 1.0) στον πλάγιο τομέα της κάτω γνάθου. Η μόνη περίπτωση που γίνεται υπερεκτίμηση στην ηλικιακή ομάδα των <30 ετών, είναι όταν εξετάζεται ο δεύτερος προγόμφιος της άνω γνάθου. Η μέση διαφορά είναι τα 3 έτη με 95% όρια συμφωνίας τα (-11.8 έως 17.8) έτη.

Αντίθετα, στην πλειοψηφία των περιπτώσεων στην ηλικιακή ομάδα των ≥30 ετών, γίνεται υπερεκτίμηση της ηλικίας. Αυτή κυμαίνεται από τα 2.2 έτη (95% όρια συμφωνίας: -11.9 έως 16.3) όταν αξιολογείται ο πλάγιος τομέας της άνω γνάθου έως και τα 11.2 έτη (95% όρια συμφωνίας: -5.6 έως 28.1) όταν αξιολογείται ο δεύτερος προγόμφιος της άνω γνάθου. Στην κάτω γνάθο, παρατηρείται μια πολύ μικρή υποεκτίμηση κατά -0.2 έτη κατά την αξιολόγηση του πλάγιου τομέα (95% όρια συμφωνίας: -13.9 έως 13.5) και μία πιο σημαντική κατά μέσο όρο -5.6 έτη όταν μελετάται ο κυνόδοντας (95% όρια συμφωνίας: -20.2 έως 9.0).

Τέλος, πραγματοποιήθηκε αξιολόγηση της συμφωνίας μεταξύ της εκτιμώμενης οδοντικής ηλικίας με βάση τη μέθοδο Kvaal και της πραγματικής ηλικίας, ανά ηλικιακή ομάδα και φύλο (Πίνακας 7).

Πίνακας 7 Αποτελέσματα της συμφωνίας μεταξύ της εκτιμώμενης οδοντικής ηλικίας με βάση τη μέθοδο KnaaI και της πραγματικής ηλικίας, ανά ηλικιακή ομάδα και φύλο.

Ηλικιακή ομάδα (έτη)	Φύλο	Συντελεστής Συμφωνίας Lin's rc*	Συντελεστής Συσχέτισης Pearson's r*	Μέση Διαφορά (SD) σε έτη	95% Όρια Συμφωνίας σε έτη
<b>Άνω γνάθος: κεντρικός τομέας 11/21</b>					
<30	Άντρες	0.229*	0.446*	-6.0 (4.9)	(-15.6 έως 3.6)
	Γυναίκες	0.159	0.265	-4.6 (6.0)	(-16.4 έως 7.3)
≥30	Άντρες	0.634*	0.656*	1.8 (6.0)	(-10.0 έως 13.6)
	Γυναίκες	0.422*	0.583*	6.4 (7.0)	(-7.3 έως 20.1)
<b>Άνω γνάθος: πλάγιος τομέας 12/22</b>					
<30	Άντρες	0.370*	0.721*	-6.4 (4.4)	(-15.1 έως 2.4)
	Γυναίκες	0.028	0.070	-7.7 (7.8)	(-23.1 έως 7.7)
≥30	Άντρες	0.431*	0.455*	-0.2 (7.0)	(-13.9 έως 13.5)
	Γυναίκες	0.563*	0.664*	4.7 (6.6)	(-8.3 έως 17.7)
<b>Άνω γνάθος: 2<sup>ος</sup> προγόμφιος 15/25</b>					
<30	Άντρες	0.282	0.293*	0.04 (5.6)	(-10.9 έως 10.9)
	Γυναίκες	0.146	0.295	5.9 (8.2)	(-10.2 έως 22.0)
≥30	Άντρες	0.423*	0.616*	7.4 (7.1)	(-6.5 έως 21.4)
	Γυναίκες	0.242*	0.606*	15.2 (8.3)	(-1.1 έως 31.5)
<b>Κάτω γνάθος: πλάγιος τομέας 42/32</b>					
<30	Άντρες	0.181*	0.508*	-9.3 (5.9)	(-20.8 έως 2.3)
	Γυναίκες	0.060	0.313	-12.9 (6.0)	(-24.6 έως -1.2)
≥30	Άντρες	0.594*	0.619*	-1.4 (6.1)	(-13.4 έως 10.5)
	Γυναίκες	0.546*	0.551*	1.1 (7.7)	(-14.1 έως 16.2)
<b>Κάτω γνάθος: κυνόδοντας 43/33</b>					
<30	Άντρες	0.240*	0.487*	-6.8 (6.1)	(-18.7 έως 5.2)
	Γυναίκες	0.081	0.304	-10.4 (6.1)	(-22.5 έως 1.6)
≥30	Άντρες	0.619*	0.751*	-4.9 (5.4)	(-15.5 έως 5.7)
	Γυναίκες	0.268	0.354	-6.3 (9.2)	(-24.4 έως 11.7)
<b>Κάτω γνάθος: 1<sup>ος</sup> προγόμφιος 44/34</b>					
<30	Άντρες	0.135*	0.258*	-6.0 (7.7)	(-21.1 έως 9.2)
	Γυναίκες	0.033	0.062	-5.1 (9.0)	(-22.8 έως 12.6)
≥30	Άντρες	0.499*	0.583*	1.8 (6.1)	(-10.2 έως 13.8)
	Γυναίκες	0.404*	0.531*	6.7 (9.2)	(-11.3 έως 24.7)
<b>3 δόντια άνω γνάθου</b>					
<30	Άντρες	0.529*	0.654*	-2.8 (3.7)	(-10.1 έως 4.4)
	Γυναίκες	0.195	0.240	-1.0 (6.7)	(-14.1 έως 12.1)
≥30	Άντρες	0.638*	0.716*	3.1 (5.3)	(-7.3 έως 13.6)
	Γυναίκες	0.427*	0.723*	9.2 (5.9)	(-2.5 έως 20.8)
<b>3 δόντια κάτω γνάθου</b>					
<30	Άντρες	0.444*	0.676*	-4.4 (5.0)	(-14.3 έως 5.4)
	Γυναίκες	0.121	0.215	-4.7 (8.2)	(-20.7 έως 11.3)
≥30	Άντρες	0.631*	0.664*	1.8 (5.8)	(-9.5 έως 13.1)
	Γυναίκες	0.422*	0.509*	5.3 (8.8)	(-11.9 έως 22.5)
<b>Συνολικά 6 δόντια</b>					
<30	Άντρες	0.615*	0.777*	-3.0 (3.2)	(-9.3 έως 3.4)
	Γυναίκες	0.173	0.234	-1.8 (7.4)	(-16.3 έως 12.7)
≥30	Άντρες	0.671*	0.741*	2.7 (5.1)	(-7.3 έως 12.6)
	Γυναίκες	0.439*	0.664*	8.1 (6.7)	(-5.1 έως 21.3)

\* p-value<0.05

Στον Πίνακα 7 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της συμφωνίας πραγματικής-εκτιμώμενης ηλικίας, ανάλογα με την ηλικία των ασθενών και το φύλο τους (< 30 έτη και άντρες/γυναίκες: n=27/n=28, ≥ 30 έτη και άντρες/γυναίκες: n=23/n=22). Μεταξύ και των δύο ηλικιακών ομάδων φαίνεται να υπάρχει καλύτερη συμφωνία στους άντρες συγκριτικά με τις γυναίκες. Η διαφορά στην τιμή του συντελεστή συμφωνίας Lin's rc μεταξύ αντρών και γυναικών είναι μεγαλύτερη στα άτομα μικρότερης ηλικίας (<30 ετών).

Πιο αναλυτικά, στην ηλικιακή ομάδα των <30 ετών φαίνεται ότι γίνεται μεγαλύτερη υποεκτίμηση της ηλικίας στους άντρες στην περίπτωση που εξετάζεται ο κεντρικός τομέας της άνω γνάθου, ο πρώτος προγόμφιος της κάτω γνάθου, τα τρία δόντια της άνω γνάθου και συνολικά τα έξι δόντια. Αντίθετα, μεγαλύτερη υποεκτίμηση της οδοντικής ηλικίας στις γυναίκες <30 ετών προκύπτει όταν αξιολογείται ο πλάγιος τομέας της άνω γνάθου, ο πλάγιος τομέας της κάτω γνάθου, ο κυνόδοντας της κάτω γνάθου και τα τρία δόντια της κάτω γνάθου. Από την άλλη, γίνεται συστηματικά υψηλότερη υπερεκτίμηση της οδοντικής ηλικίας στις γυναίκες ηλικίας ≥30 ετών σε σύγκριση με τους άντρες της ίδιας ηλικιακής ομάδας.

Να σημειωθεί, τέλος, ότι στις τελευταίες αναλύσεις το συνολικό δείγμα διαιρείται σε δύο υπό-δείγματα, με αποτέλεσμα τη χαμηλότερη ισχύ των επιμέρους δειγμάτων, καθώς αποτελούνται από σημαντικά μικρότερο αριθμό ατόμων σε σχέση με το αρχικό δείγμα.

## 6 Συζήτηση

Σε ενήλικα άτομα, η οδοντιατρική προσέγγιση στην εκτίμηση της ηλικίας βασίζεται ως επί το πλείστον στις δομικές μεταβολές που αφορούν στη μείωση του μεγέθους του πολφού λόγω εναπόθεσης δευτερογενούς οδοντίνης (Cameriere και συν., 2012). Υπάρχουν αρκετές ακτινογραφικές μέθοδοι εκτίμησης της οδοντικής ηλικίας σε ενήλικα άτομα, οι οποίες στηρίζονται σε αυτή την αρχή. Η μέθοδος Kvaal είναι η πρώτη που αναπτύχθηκε (1994-1995) και συνήθως εμφανίζει σχετικά καλή ακρίβεια και αξιοπιστία για την εκτίμηση της ηλικίας ενηλίκων ατόμων. Έχει εφαρμοστεί σε διάφορες πληθυσμιακές ομάδες διαφορετικών εθνικών και φυλετικών καταβολών, ενώ έχουν επίσης χρησιμοποιηθεί διάφορες απεικονιστικές τεχνικές, όπως το οπισθοφατνιακό ακτινογράφημα, το ορθοπαντομογράφημα και η κωνικής δέσμης υπολογιστική τομογραφία (Willems και συν., 2002, Bosmans και συν., 2005, Raewinsky και συν., 2005, Marroquin και συν., 2016, Akay και συν., 2019). Κατά καιρούς, ερευνητικές ομάδες έχουν μελετήσει την πιθανή διαφορετικής βαρύτητας συσχέτιση διαφορετικών τύπων δοντιών στην εκτίμηση της ηλικίας (Murray και συν., 2002, Ge και συν., 2016).

Επίσης, από τις μελέτες που έχουν εξετάσει την επίδραση του φύλου στην ακρίβεια της εκτιμώμενης ηλικίας φαίνεται ότι το φύλο μάλλον δεν επηρεάζει τα εφαρμοζόμενα μαθηματικά μοντέλα, όταν υπολογίζεται ο λόγος πολφού/δοντιού. Ωστόσο, εάν μετρηθεί μόνο ο όγκος του πολφού, υπάρχει σημαντική διαφορά της ακρίβειας μεταξύ αρρένων και θηλέων ατόμων. Συνεπώς, με τον υπολογισμό αναλογικών σχέσεων μεταξύ των επιμέρους διαστάσεων στη μέθοδο Kvaal αποφεύγονται τόσο τα αποτελέσματα της μεγέθυνσης των δοντιών στις οδοντιατρικές ακτινογραφίες, όσο και η επίδραση του διμορφισμού μεταξύ των δύο φύλων που σχετίζεται με το μέγεθος των δοντιών (Ge και συν., 2015, Marroquin και συν., 2017).

Η μέθοδος Kvaal εφαρμόστηκε για πρώτη φορά σε ορθοπαντομογραφήματα από τους Raewinsky και συν. (2005), ιδέα που κατέστη δημοφιλής και, για μία σειρά από λόγους, υιοθετήθηκε από αρκετούς ερευνητές τα επόμενα χρόνια. Το ορθοπαντομογράφημα θεωρείται αποδεκτό εναλλακτικό εργαλείο στη θέση της πλήρους σειράς οπισθοφατνιακών ακτινογραφημάτων (Sakhdari και συν., 2015).

Ένα από τα πλεονεκτήματα της επιλογής του ορθοπαντομογραφήματος έναντι άλλων ακτινογραφικών τεχνικών για την εκτίμηση της ηλικίας είναι η κατά κανόνα χαμηλότερη συνολική δόση ακτινοβολίας κατά την απεικόνιση όλου του οδοντικού φραγμού κι έτσι μπορεί να εφαρμοστεί με μεγαλύτερη ασφάλεια σε ζώντα άτομα. Επίσης, παρέχει επιπλέον πληροφορίες που σχετίζονται με την ταυτότητα του εξεταζόμενου, καθώς και άλλα χαρακτηριστικά που σχετίζονται με την ηλικία, όπως η ανάπτυξη του τρίτου γομφίου, ο αριθμός των δοντιών και η περιοδοντική κατάσταση, με αποτέλεσμα να υπάρχουν επιπρόσθετα στοιχεία που μπορούν να ληφθούν υπόψη παράλληλα με τα αποτελέσματα που θα προκύψουν από την εφαρμογή μίας συγκεκριμένης μεθόδου εκτίμησης της ηλικίας (Du Chesne και συν., 2000).

Αν και τα ορθοπαντομογραφήματα έχουν συνολικά μεγαλύτερη διαγνωστική αξία σε σύγκριση με τα οπισθοφατνιακά που εστιάζουν σε μία πολύ μικρή περιοχή της γνάθου, είναι γενικά αποδεκτό ότι η ακτινογραφική απεικόνιση μιας συγκεκριμένης περιοχής σε ένα ορθοπαντομογράφημα υστερεί σε σαφήνεια εάν συγκριθεί με την ποιότητα της εικόνας ενός οπισθοφατνιακού ακτινογραφήματος της ίδιας περιοχής (Martin 2007). Οι παρατηρητές πρέπει να χρησιμοποιούν σταθερά και διακριτά σημεία αναφοράς στο δόντι κατά τη διενέργεια των μετρήσεων της μεθόδου Kvaal σε ακτινογραφήματα.

Η δυνατότητα οπτικής διάκρισης των δομικών λεπτομερειών, αναγνώρισης των σημείων αναφοράς και πραγματοποίησης ανάλογων μετρήσεων ακριβείας, εξαρτάται από τη λεπτομέρεια και την ποιότητα της εικόνας (Stramotas και συν., 2002).

Επίσης, η διαφορά μεταξύ του πραγματικού μήκους του δοντιού και του μήκους του δοντιού όπως αυτό μετράται στις ενδοστοματικές ακτινογραφίες είναι ασήμαντη όταν χρησιμοποιείται η τεχνική παραλληλισμού, κάτι που δεν ισχύει στο ορθοπαντομογράφημα, όπου η φύση της ακτινογραφικής τεχνικής συνεπάγεται αναπόφευκτα παραμορφώσεις στα δόντια, ανάλογες με τη θέση τους στον φραγμό και σχετιζόμενες με τη γεωμετρία της τομογραφικής ζώνης (Kolltveit και συν., 1998). Άλλα προβλήματα που φαίνεται να σχετίζονται με τη φύση του ορθοπαντομογραφήματος περιλαμβάνουν την επαλληλία των εγγύς επιφανειών των

προγομφίων, την άνιση μεγέθυνση και παραμόρφωση που σχετίζεται με την τοποθέτηση του ασθενούς και την υπερεπίθεση ανατομικών δομών όπως η σπονδυλική στήλη, ιδιαίτερα στην περιοχή των τομέων (Martin 2007).

Η μέθοδος Kvaal έχει επίσης εφαρμοστεί σε ογκομετρικές ανασυνθέσεις δοντιών με τη χρήση υπολογιστικής τομογραφίας (CT) και οδοντιατρικής υπολογιστικής τομογραφίας κωνικής δέσμης (CBCT), για την εκτίμηση της ηλικίας σε ενήλικες (Εικόνα 11).



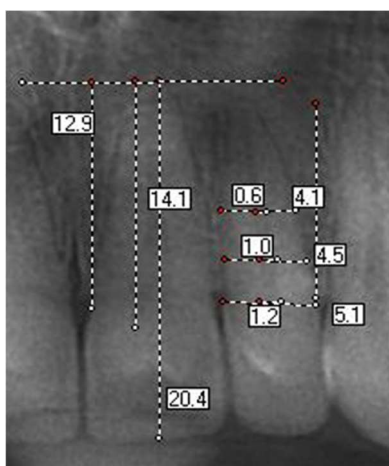
Εικόνα 11 Πραγματοποίηση των γραμμικών μετρήσεων μήκους (αριστερά) και πλάτους (δεξιά) της μεθόδου Kvaal σε μετωπιαία τομή άνω κεντρικού τομέα από σάρωση CBCT. (Akay και συν., 2019)

Ωστόσο, σύντομα παρατηρήθηκε ότι αυτές οι τεχνικές δεν παρείχαν καλύτερη απόδοση σε σχέση με τις παραδοσιακές ακτινογραφικές τεχνικές δισδιάστατης απεικόνισης στην εφαρμογή της μεθόδου Kvaal και η χρήση τους δεν φαίνεται να προσφέρει βελτίωση της ακρίβειας και αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων. Επιπλέον, ο υπολογισμός του όγκου πολφού/δοντιού είναι περισσότερο χρονοβόρα διαδικασία και απαιτεί τη χρήση σύνθετου και συχνά δαπανηρού λογισμικού, παρά το γεγονός ότι οι τομογραφική απεικόνιση παρέχει σημαντικά περισσότερα δεδομένα, σε πολύ πιο λεπτομερές επίπεδο και εκμηδενίζει τις περισσότερες επιπλοκές της συμβατικής απεικόνισης τρισδιάστατων δομών σε επίπεδο φιλμ ή ανιχνευτή σήματος (Willems και συν., 2002, Marroquin και συν., 2016).

Συμπερασματικά, η ακτινογραφική τεχνική δεν επηρεάζει σημαντικά την ακρίβεια των μετρήσεων, όσο η ποιότητα της μελετώμενης εικόνας. Ως εκ τούτου, το ορθοπαντομογράφημα με καλή ποιότητα εικόνας μπορεί να θεωρηθεί κατάλληλο

εργαλείο για την εφαρμογή της μεθόδου Knaal σε ευρεία κλίμακα (Limdiwala και Shah, 2013, Marroquin και συν., 2017).

Κατά τη διενέργεια του πειραματικού σκέλους της εργασίας, προέκυψαν ορισμένες παρατηρήσεις σχετικά με την πραγματοποίηση των μετρήσεων. Οι μετρώμενες διαστάσεις εξαρτώνται η μία από την άλλη. Ενώ η καθετότητα υπολογίζεται με ακρίβεια από το πρόγραμμα επεξεργασίας της εικόνας, η οπτική κρίση του παρατηρητή είναι που πρέπει να αποφασίσει κάθε φορά την αρχική κλίση του επιμήκους άξονα του δοντιού, η οποία είναι εκείνη που επηρεάζει άμεσα ή έμμεσα όλα τα τελικά μεγέθη (Εικόνα 12).



Εικόνα 12 Έλεγχος καθετότητας και μετρήσεις μήκους και πλάτους στον κεντρικό και πλάγιο τομέα της άνω γνάθου σε λεπτομέρεια ορθοπαντομογραφήματος.

Επιπλέον, η ιδιαιτερότητα τόσο της ακτινογραφικής τεχνικής όσο και των μετρούμενων διαστάσεων των οδοντικών δομών, ενέχει τη δυσκολία καθορισμού των ακριβών θέσεων αρχής και τέλους κάθε ευθύγραμμου τμήματος που πρέπει να μετρηθεί. Αυτό συμβαίνει διότι η ακτινογραφική εικόνα δεν παρέχει οπτικά σαφή όρια μεταξύ των διαφορετικών ιστών αλλά μία ελάχιστη σε εύρος γκριζα μεταβατική ζώνη.

Οι Schulze και συν. (2000) μελέτησαν την ακρίβεια και αξιοπιστία των μετρήσεων σε ψηφιακά ορθοπαντομογραφήματα. Ανέφεραν ότι οι κατακόρυφες μετρήσεις είναι δυσκολότερα αναπαραγώγιμες και λιγότερο ακριβείς από τις οριζόντιες. Τέλος, η «εξαφάνιση» του μυλικού θαλάμου και των ριζικών σωλήνων στα οδοντιατρικά ακτινογραφήματα είναι ένα οπτικό φαινόμενο. Το πολφικό σύστημα στο εσωτερικό του δοντιού, ενώ δεν εξαλείφεται εντελώς, είναι δυνατόν να έχει



περιοριστεί λόγω του σχηματισμού δευτερογενούς οδοντίνης σε τέτοιο βαθμό ώστε να μην είναι πλέον ακτινογραφικά ορατό (Olze και συν., 2010).

Οι ιδιαιτερότητες αυτές εξηγούν την πιθανή απόκλιση μεταξύ των μετρήσεων του ίδιου παρατηρητή σε διαφορετικό χρόνο, καθώς και τις διακυμάνσεις μεταξύ των οπτικών επιλογών διαφορετικών παρατηρητών λόγω της διαφορετικής κρίσης κατά την οριοθέτηση των προς μέτρηση διαστάσεων.

Γενικά, η μέθοδος Knaal μπορεί να αποτελέσει χρήσιμο εργαλείο σε περιστατικά εκτίμησης της ηλικίας ατόμων που εσκεμμένα αποκρύπτουν ή δεν γνωρίζουν την ηλικία τους. Ωστόσο, συνοδεύεται από αρκετούς περιορισμούς που δυσχεραίνουν πρακτικά την ευρεία χρήση της μεθόδου στην εκτίμηση της ηλικίας για ιατροδικαστικούς λόγους. Η ανάγκη οι μετρήσεις να γίνονται σε πολύ καλής ποιότητας εικόνα και η πληθώρα των κριτηρίων αποκλεισμού, καθιστούν τη διαδικασία συλλογής ικανού δείγματος αρκετά δύσκολη. Συνεπώς, ένα ικανοποιητικό για τη διενέργεια μετρήσεων δείγμα δεν είναι απαραίτητα αντιπροσωπευτικό του γενικού πληθυσμού.

Όσον αφορά την επιλογή του δείγματος της παρούσας εργασίας, καταβλήθηκε προσπάθεια να συμπεριληφθεί κατά το δυνατόν αντιπροσωπευτικό μέρος του γενικού πληθυσμού, με βάση τα κριτήρια αποκλεισμού που ορίστηκαν. Ωστόσο, παρατηρήθηκε δυσκολία στην ανεύρεση επαρκούς αριθμού ατόμων μεγαλύτερης ηλικίας που να πληρούν τα κριτήρια επιλογής, με αποτέλεσμα το μελετώμενο δείγμα να είναι σχετικά περιορισμένο ηλικιακά (ηλικίες 18-55 έτη). Αυτό αποτέλεσε έναν σημαντικό περιορισμό της εργασίας και προτείνεται η περαιτέρω έρευνα σε ευρύτερο δείγμα του γενικού πληθυσμού, στο οποίο να συμμετέχουν και ασθενείς μεγαλύτερης ηλικίας.

Στην παρούσα εργασία, η συμφωνία των διαδοχικών μετρήσεων της εκτιμώμενης οδοντικής ηλικίας από τον ίδιο παρατηρητή ήταν από ικανοποιητική έως πολύ καλή, ενώ η συμφωνία των μετρήσεων μεταξύ των δύο παρατηρητών κυμάνθηκε σε ικανοποιητικά αλλά χαμηλότερα επίπεδα. Αυτό μπορεί να ερμηνευθεί ως συνέπεια του βαθμού εξοικείωσης του κάθε ερευνητή με τη χρησιμοποιούμενη μέθοδο και, ειδικότερα, με τη διαδικασία των μετρήσεων, όπως έχει παρατηρηθεί και από τους Paewinsky και συν. (2005).

Από τη στατιστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε για τους σκοπούς της εργασίας, προκύπτει μεγαλύτερη συμφωνία μεταξύ της χρονολογικής και εκτιμώμενης οδοντικής ηλικίας όταν εξετάζονται τα έξι δόντια που προτείνονται από τη μέθοδο Kvaal. Ακολουθούν κατά σειρά ο συνδυασμός των 3 δοντιών της άνω γνάθου, ο συνδυασμός των δοντιών της κάτω γνάθου και ο άνω κεντρικός τομέας.

Οι αντίστοιχες συγκρίσιμες έρευνες της διεθνούς βιβλιογραφίας που έχουν ασχοληθεί με την εφαρμογή της μεθόδου Kvaal σε ορθοπαντομογραφήματα για την εκτίμηση της οδοντικής ηλικίας, έχουν εξαγάγει ποικίλα συμπεράσματα.

Στη μελέτη των Raewinsky και συν. (2005), μελετήθηκαν 168 ψηφιακά και ψηφιοποιημένα ορθοπαντομογραφήματα ασθενών ηλικίας 14-81 ετών. Οι συγγραφείς παρατήρησαν ότι οι μετρήσεις των μηκών δεν εμφάνιζαν σημαντική επίδραση στα αποτελέσματα, σε σύγκριση με τις μετρήσεις πλάτους στα τρία επίπεδα της ρίζας, οι οποίες παρουσίαζαν στατιστικά σημαντική συσχέτιση με την ηλικία. Ένα ενδιαφέρον εύρημα της συγκεκριμένης μελέτης ήταν η υψηλή συμφωνία μεταξύ των επαναληπτικών μετρήσεων ενός παρατηρητή (intra-observer agreement) ο οποίος είχε εκπαιδευτεί στη διαδικασία πριν την έναρξη της εργασίας, σε σύγκριση με την απόκλιση των αποτελεσμάτων ενός δεύτερου παρατηρητή που δεν είχε λάβει την ίδια προετοιμασία. Οι συγγραφείς πρότειναν ότι η ασυμφωνία μεταξύ διαφορετικών παρατηρητών μπορεί να αποδοθεί σε ερμηνευτικές διαφορές και να εξλειφθεί με τη χρήση ηλεκτρονικών μέσων πραγματοποίησης των μετρήσεων. Η ικανοποιητική επαναληπτικότητα των μετρήσεων από τον παρατηρητή που είχε περισσότερη εξοικείωση με τη μέθοδο Kvaal και η υψηλότερη συμφωνία μεταξύ εκτιμώμενης και χρονολογικής ηλικίας σε σχέση με τα ευρήματα ενός δεύτερου παρατηρητή με μικρότερη εμπειρία, έρχονται σε συμφωνία με τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την παρούσα μελέτη.

Οι Bosmans και συν. (2005) μελέτησαν 197 ψηφιακά ορθοπαντομογραφήματα ενήλικου πληθυσμού βελγικής καταγωγής. Δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά σε σχέση με την εφαρμογή της πρωτότυπης μεθόδου σε οπισθοφατνιακά ακτινογραφήματα, όταν χρησιμοποιήθηκαν το σύνολο των έξι δοντιών ή τα τρία δόντια της κάτω γνάθου. Σε σύγκριση με την παρούσα εργασία, οι Bosmans και συν. βρήκαν γενικώς χαμηλότερες τυπικές αποκλίσεις για

όλους τους συνδυασμούς δοντιών και για τα περισσότερα μονήρη δόντια, εκτός από τον πλάγιο τομέα της άνω γνάθου και τον κυνόδοντα της κάτω γνάθου. Όταν εξετάστηκαν και τα έξι δόντια, η τυπική απόκλιση ήταν μόλις 5,41 έτη, δηλαδή 1,77 έτη χαμηλότερη από την παρούσα εργασία.

Στη μελέτη των Meini και συν. (2007) εξετάστηκαν 44 ψηφιακά ορθοπαντομογραφήματα Αυστριακού πληθυσμού ηλικίας 13-24 ετών. Η εφαρμογή της μεθόδου Knaal οδήγησε σε σημαντική, σταθερή και γενικευμένη υποτίμηση της χρονολογικής ηλικίας. Στην εργασία αυτή αναφέρεται ότι οι εξισώσεις της μεθόδου Knaal εμπεριέχουν την παραδοχή ότι η εναπόθεση δευτερογενούς οδοντίνης γίνεται με γραμμικό τρόπο κατά τη διάρκεια της ζωής. Το πολύ μικρό δείγμα και το γεγονός ότι οι 19 ασθενείς (43,1% του δείγματος) ήταν ανήλικα άτομα, καθιστά τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης μελέτης μη συγκρίσιμα με τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας και πιθανώς αναξιόπιστα για την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων σχετικά με την ακρίβεια της μεθόδου.

Οι Landa και συν. (2009) εξέτασαν 100 ψηφιακά ορθοπαντομογραφήματα δείγματος ασθενών ηλικίας 14-60 ετών. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν μόνο στα τρία δόντια της κάτω γνάθου. Οι εκτιμήσεις που προέκυψαν απείχαν σημαντικά από τη χρονολογική ηλικία, δίνοντας σταθερή απόκλιση από 12,5 έτη (μελέτη πρώτου κάτω προγομφίου) έως 14,9 έτη (μελέτη κάτω πλάγιου τομέα). Η εξέταση των τριών δοντιών της κάτω γνάθου οδήγησε σε τυπική απόκλιση 14,8 ετών, αρκετά υψηλότερη από την απόκλιση 8,12 ετών που προέκυψε από την παρούσα μελέτη για τα αντίστοιχα δόντια. Οι συγγραφείς κατέληξαν ότι υπάρχει σημαντική διαφορά μεταξύ της εκτιμώμενης οδοντικής και πραγματικής χρονολογικής ηλικίας και ότι η συγκεκριμένη μέθοδος δεν θα πρέπει να εφαρμόζεται σε ορθοπαντομογραφήματα.

Οι Erbudak και συν. (2012) μελέτησαν 123 ψηφιακά ορθοπαντομογραφήματα δείγματος τουρκικού πληθυσμού ηλικίας 14-57 ετών. Το αποτέλεσμα της εφαρμογής της μεθόδου Knaal ήταν μία διαφορά από 8,7 (τρία δόντια της κάτω γνάθου) έως 13,8 ετών (πρώτος κάτω προγόμφιος) μεταξύ εκτιμώμενης και χρονολογικής ηλικίας. Όταν εξετάστηκε το σύνολο των έξι δοντιών της μεθόδου Knaal η τυπική απόκλιση που προέκυψε ήταν 11,82 έτη, σημαντικά υψηλότερη από τις ευρεθείσες τιμές της παρούσας εργασίας.

Τόσο η εργασία των Erbudak και συν. (2012) όσο και των Landa και συν. (2009) περιλάμβαναν ανήλικα άτομα ηλικίας 14-17 ετών, ενώ η μέθοδος Knaal αναπτύχθηκε με βάση τη μελέτη της οδοντοφυΐας ενηλίκων ατόμων. Η εναπόθεση δευτερογενούς οδοντίνης ξεκινά αμέσως μετά την πλήρη ανατολή του δοντιού στο φραγμό και την επαφή του με τον ανταγωνιστή και ο ρυθμός σχηματισμού ποικίλει. Επιπλέον, ενώ η ανατολή των μονίμων δοντιών (εκτός του τρίτου γομφίου) έχει φυσιολογικά επιτευχθεί στην ηλικία των 14 ετών, σε ορισμένες περιπτώσεις, οι άνω δεύτεροι προγόμφιοι και οι κάτω κυνόδοντες ενδέχεται να μην έχουν φτάσει στην περάτωση της ανάπτυξης της ρίζας σε αυτή την ηλικία. Παράγοντες όπως αυτός είναι δυνατόν να διαφοροποιούν τη συμπεριφορά της εφαρμογής της μεθόδου Knaal σε εξαιρετικά νεαρές ηλικίες και, ως αποτέλεσμα, να οδηγούν σε μείωση της ακρίβειας των αποτελεσμάτων, όταν στο δείγμα μίας μελέτης εξετάζονται ταυτόχρονα ανήλικα και ενήλικα άτομα.

Οι Limdiwala και Shah (2013) μελέτησαν την επίδραση των τοπικών παραγόντων που επηρεάζουν την απεικόνιση των δοντιών στην ακρίβεια των αποτελεσμάτων της μεθόδου Knaal. Συνέκριναν ορθοπαντομογραφήματα από δύο ομάδες ατόμων, η πρώτη περιλαμβάνοντας αποκλειστικά άθικτα δόντια και η δεύτερη περιλαμβάνοντας δόντια με οδοντιατρικές θεραπείες, οδοντική και περιακρορριζική παθολογία κ.ά.. Όταν συμπεριλαμβάνονται μη απολύτως άθικτα δόντια σε μία μελέτη, αυτό συνεισφέρει στον έλεγχο της αποτελεσματικότητας της μεθόδου σε μεγαλύτερο και πιο αντιπροσωπευτικό τμήμα του γενικού ενήλικου πληθυσμού. Από τα αποτελέσματα της μελέτης, βρέθηκε μία τυπική απόκλιση 8,21 ετών όταν εξετάστηκαν και τα έξι δόντια από την πρώτη ομάδα (άθικτα δόντια) και 9,49 ετών όταν εξετάστηκαν και τα έξι δόντια από τη δεύτερη ομάδα. Και στις δύο περιπτώσεις, η απόκλιση ήταν ελαφρώς υψηλότερη από τα 7,18 έτη που βρέθηκε κατά την εξέταση και των έξι δοντιών στην παρούσα εργασία.

Τέλος, να σημειωθεί ότι, ενώ η διεθνής βιβλιογραφία βρίθει από μελέτες που εξετάζουν την εφαρμογή της μεθόδου Knaal, οι περισσότερες κρίθηκαν μη συγκρίσιμες με την παρούσα εργασία για λόγους διαφορετικού σχεδιασμού, μεθοδολογικών σφαλμάτων και διαφορετικής προσέγγισης στη στατιστική ανάλυση των δεδομένων.



## 7 Συμπεράσματα

1. Η μέθοδος Kvaal φαίνεται ότι έχει μέτρια προς καλή ακρίβεια και αξιοπιστία όταν εφαρμόστηκε σε ορθοπαντομογραφήματα στο συγκεκριμένο δείγμα ενήλικου ελληνικού πληθυσμού.
2. Στατιστικά σημαντική υποεκτίμηση της ηλικίας παρατηρήθηκε όταν εξετάστηκε ο 2ος προγόμφιος της άνω γνάθου και στα δύο φύλα.
3. Στους άντρες προέκυψε κατά μέσο όρο υψηλότερη εκτιμώμενη οδοντική ηλικία όταν αξιολογήθηκε ο 2ος προγόμφιος της άνω γνάθου και ο συνδυασμός των τριών δοντιών της άνω γνάθου, σε σύγκριση με τις γυναίκες.
4. Το φύλο δε φάνηκε να παίζει στατιστικά σημαντικό ρόλο, όταν αξιολογήθηκαν τα υπόλοιπα μονήρη δόντια, ο συνδυασμός των τριών δοντιών της κάτω γνάθου και το σύνολο των έξι δοντιών και των δύο γνάθων.
5. Στα άτομα μεγαλύτερης ηλικίας (άνω των 30 ετών) στο συγκεκριμένο δείγμα φάνηκε να υπάρχει ελαφρώς καλύτερη συμφωνία κατά την εφαρμογή της μεθόδου Kvaal.
6. Στην ηλικιακή ομάδα <30 ετών φαίνεται ότι εμφανίζεται υποεκτίμηση της ηλικίας, ενώ αντίθετα, στην πλειοψηφία των περιπτώσεων στην ηλικιακή ομάδα των  $\geq 30$  ετών, γίνεται υπερεκτίμηση της ηλικίας.
7. Η ακρίβεια των αποτελεσμάτων εμφανίζει θετική συσχέτιση με το βαθμό εξοικείωσης του παρατηρητή με τη διαδικασία των μετρήσεων που υπαγορεύονται από τη μέθοδο Kvaal.
8. Τα ευρήματα της παρούσας εργασίας έρχονται σε γενική συμφωνία με μελέτες της διεθνούς βιβλιογραφίας στις οποίες χρησιμοποιήθηκαν

παρόμοια κριτήρια επιλογής του δείγματος. Σε μελέτες με μικτό δείγμα, δηλαδή που συμπεριλάμβαναν και ανήλικα άτομα, παρατηρήθηκε ασυμφωνία.

9. Χρειάζεται περαιτέρω μελέτη της αξιοπιστίας και ακρίβειας της μεθόδου Knaal σε ευρύτερο δείγμα ελληνικού πληθυσμού, στο οποίο θα εκπροσωπούνται περισσότερες ηλικιακές ομάδες από μεγαλύτερο αριθμό ατόμων.

## 8 Περίληψη

Η ηλικία αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία καθορισμού της ταυτότητας ενός ατόμου. Η βιολογική ηλικία του ατόμου αφορά τις μεταβολές που επιφέρει η πάροδος του χρόνου στους ιστούς του οργανισμού κατά τις φάσεις της ανάπτυξης, αύξησης, ωρίμανσης και γήρανσης και, φυσιολογικά, συνάδει με τη χρονολογική του ηλικία.

Η εκτίμηση της ηλικίας σε ζώντα άτομα είναι σημαντική για την επίλυση υποθέσεων ιατροδικαστικού ενδιαφέροντος. Για το λόγο αυτό έχουν αναπτυχθεί μέθοδοι που βασίζονται στον κατά προσέγγιση υπολογισμό της βιολογικής ηλικίας με σκοπό τον προσδιορισμό της πιθανότερης ηλικιακής ομάδας στην οποία ανήκει το άτομο είτε τον αποκλεισμό της πιθανότητας να ανήκει το άτομο σε κάποια ηλικιακή ομάδα. Οι ποικίλες μεταβολές του οδοντικού φραγμού μπορούν να προσφέρουν σημαντικές πληροφορίες για την ηλικία ενός ζώντος ή αποθανόντος ατόμου. Για την εκτίμηση της οδοντικής ηλικίας σε ενήλικα άτομα, όπου η διάπλαση όλων των δοντιών έχει ολοκληρωθεί, αξιολογούνται κυρίως οι αλλαγές που εμφανίζονται λόγω ηλικίας στις διαστάσεις του πολφού.

Μία από τις περισσότερο διαδεδομένες μεθόδους εκτίμησης της ηλικίας σε ενήλικα ζώντα άτομα μέσω ακτινογραφικής μελέτης των οδοντικών φραγμών είναι η μέθοδος των Kvaal και συν. (1995). Η μέθοδος παρουσιάζει αυξημένη ακρίβεια και αξιοπιστία σε σχέση με άλλες ακτινογραφικές μεθόδους. Τα τελευταία χρόνια η μέθοδος Kvaal έχει εφαρμοστεί σε διαφορετικές ακτινογραφικές τεχνικές και σε πληθυσμούς με ποικίλη φυλετική και γεωγραφική καταγωγή. Από όσο είναι γνωστό, στη διεθνή βιβλιογραφία, δεν έχει έως τώρα προηγηθεί κάποια ερευνητική εργασία η οποία να εξετάζει τη συγκεκριμένη μέθοδο σε ελληνικό πληθυσμό.

### **ΣΚΟΠΟΣ**

Σκοπός της εργασίας είναι να εξεταστεί η ακρίβεια και η αξιοπιστία της μεθόδου Kvaal (1995) στην εκτίμηση της ηλικίας σε δείγμα ενήλικου ελληνικού πληθυσμού.

Πιο αναλυτικά, οι επιμέρους στόχοι της παρούσας μελέτης είναι η διερεύνηση:



1. Της αξιοπιστίας μεταξύ της εκτιμώμενης οδοντικής και της πραγματικής χρονολογικής ηλικίας,
2. Της ακρίβειας της εκτιμώμενης οδοντικής ηλικίας ανάλογα με το υπάρχον μεμονωμένο δόντι ή ομάδα δοντιών (από τα συνολικά έξι δόντια της άνω και της κάτω γνάθου που χρησιμοποιεί η μέθοδος Knaal),
3. Της επίδρασης του φύλου στην ακρίβεια των αποτελεσμάτων και
4. Της ακρίβειας της μεθόδου σε διαφορετικές ηλικιακές ομάδες.

### **ΥΛΙΚΟ - ΜΕΘΟΔΟΣ**

Μελετήθηκαν 100 ψηφιακά ορθοπαντομογραφήματα (50 αρρένων-50 θηλέων) ενηλίκων ασθενών. Τα ακτινογραφήματα συλλέχθηκαν από το αρχείο ασθενών που εξετάστηκαν στην Κλινική Διαγνωστικής της Οδοντιατρικής Σχολής Αθηνών και από το αρχείο ιδιωτικού ακτινολογικού ιατρείου. Η συλλογή των ακτινογραφημάτων έγινε αναδρομικά και όλα είχαν πραγματοποιηθεί για διαγνωστικούς λόγους, με σκοπό την κατάρτιση θεραπευτικού σχεδίου. Όλοι οι ασθενείς είχαν ελεύθερο ιατρικό ιστορικό. Με βάση την πρωτότυπη εργασία των Knaal και συν. (1995), ορίστηκαν τα κριτήρια επιλογής και αποκλεισμού των ακτινογραφημάτων, ως εξής:

- **Κριτήρια επιλογής των ακτινογραφημάτων:**

- I. Ορθοπαντομογραφήματα ατόμων ελληνικής καταγωγής που είχαν συμπληρώσει το 18ο έτος της ηλικίας τους τη στιγμή της λήψης του ακτινογραφήματος
- II. Ύπαρξη στο φραγμό, τουλάχιστον στο ένα ημιμόριο της κάθε γνάθου,
  - i. για την άνω γνάθο: του κεντρικού και πλάγιου τομέα και του δεύτερου προγομφίου
  - ii. για την κάτω γνάθο: του πλάγιου τομέα, του κυνόδοντα και του πρώτου προγομφίου

- **Κριτήρια αποκλεισμού των ακτινογραφημάτων:**

- I. Μη αποδεκτή ποιότητα ακτινογραφικής εικόνας η οποία επηρεάζει την απεικόνιση των προς μελέτη δοντιών.

- II. Οδοντιατρικές θεραπείες στα υπό μελέτη δόντια της άνω και της κάτω γνάθου.
- III. Ύπαρξη παθολογίας των οδοντικών ιστών στα υπό εξέταση δόντια.
- IV. Περιρριζικές και περιακρορριζικές βλάβες που συνεπάγονται νέκρωση των υπό εξέταση δοντιών
- V. Παρέκκλιση από τη φυσιολογική ανατομία των υπό εξέταση δοντιών
- VI. Μερική ή ολική έγκλειση και έκτοπη ανατολή των υπό εξέταση δοντιών
- VII. Σημαντική στροφή ή ακτινογραφική παραμόρφωση των υπό εξέταση δοντιών
- VIII. Ασάφεια στην απεικόνιση των επιμέρους ανατομικών δομών των υπό εξέταση δοντιών.

Για κάθε ασθενή καταγράφηκε το φύλο και η ηλικία. Τα επιλεχθέντα ορθοπαντομογραφήματα παρατέθηκαν ανεξάρτητα στους παρατηρητές, οι οποίοι δε γνώριζαν το φύλο και την ηλικία των ασθενών στους οποίους αντιστοιχούσαν (τυφλή μελέτη). Δύο παρατηρητές (μεταπτυχιακές φοιτήτριες του πρώτου κύκλου σπουδών της κλινικής ειδίκευσης της Διαγνωστικής και Ακτινολογίας Στόματος) εφάρμοσαν κάτω από τις ίδιες συνθήκες τη μέθοδο Kvaal. Για τις μετρήσεις χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό επεξεργασίας εικόνας ImageJ. Η διαδικασία των μετρήσεων επαναλήφθηκε στο 50% του δείγματος από τον πρώτο παρατηρητή μετά από διάστημα ενός μηνός. Για τον υπολογισμό της εκτιμώμενης ηλικίας χρησιμοποιήθηκε ειδικό λογισμικό.

Τέλος, έγινε σύγκριση των αποτελεσμάτων της παρούσας εργασίας συγκρίθηκαν με άλλα αντίστοιχων ερευνητικών εργασιών της σύγχρονης διεθνούς βιβλιογραφίας.

## **ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ**

Για τη στατιστική ανάλυση χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό STATA. Μεταβλητές που αξιολογήθηκαν ήταν η χρονολογική ηλικία, το φύλο και η εκτιμώμενη οδοντική ηλικία. Επίσης υπολογίστηκε η συμφωνία των αποτελεσμάτων από τους δύο παρατηρητές, καθώς και η συμφωνία μεταξύ των αρχικών και επαναληπτικών μετρήσεων του πρώτου παρατηρητή. Διαφορετικοί δείκτες

χρησιμοποιήθηκαν για τον έλεγχο της ακρίβειας και της αξιοπιστίας της μεθόδου Kvaal: η συσχέτιση μεταξύ χρονολογικής και οδοντικής ηλικίας ελέγχθηκε με τη χρήση του συντελεστή συμφωνίας του Lin, του συντελεστή συσχέτισης Pearson και 95% ορίων συμφωνίας. Τέλος, εξετάστηκε η επίδραση του φύλου στην ακρίβεια των αποτελεσμάτων και η αξιοπιστία της μεθόδου Kvaal όταν αυτή εφαρμοστεί σε διαφορετικές ηλικιακές ομάδες (<30 έτη και ≥30 έτη ηλικίας).

## **ΕΥΡΗΜΑΤΑ**

Από τον υπολογισμό του συντελεστή συμφωνίας Lin και του συντελεστή συσχέτισης Pearson προέκυψε ότι μεγαλύτερη συμφωνία μεταξύ χρονολογικής και εκτιμώμενης οδοντικής ηλικίας επετεύχθη όταν εξετάστηκαν τα 6 δόντια που προτείνονται από τη μέθοδο Kvaal (Lin: 0.702, SD: 7.18 έτη), τα 3 δόντια της άνω γνάθου (Lin: 0.694, SD: 7.08 έτη), τα 3 δόντια της κάτω γνάθου (Lin: 0.641, SD: 8.13 έτη) και ο κεντρικός άνω τομέας (Lin: 0.629, SD: 7.69 έτη).

Η μέθοδος Kvaal δεν εμφανίζει σαφή συσχέτιση φύλου αλλά εξαρτάται σε κάποιο βαθμό από την εξοικείωση του παρατηρητή με τη διαδικασία των μετρήσεων.

## **ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

1. Η μέθοδος Kvaal φαίνεται ότι έχει μέτρια προς καλή ακρίβεια και αξιοπιστία όταν εφαρμόστηκε σε ορθοπαντομογραφήματα στο συγκεκριμένο δείγμα ενήλικου ελληνικού πληθυσμού.
2. Στατιστικά σημαντική υποεκτίμηση της ηλικίας παρατηρήθηκε όταν εξετάστηκε ο 2ος προγόμφιος της άνω γνάθου και στα δύο φύλα.
3. Στους άντρες προέκυψε κατά μέσο όρο υψηλότερη εκτιμώμενη οδοντική ηλικία όταν αξιολογήθηκε ο 2ος προγόμφιος της άνω γνάθου και ο συνδυασμός των τριών δοντιών της άνω γνάθου, σε σύγκριση με τις γυναίκες.

4. Το φύλο δε φάνηκε να παίζει στατιστικά σημαντικό ρόλο, όταν αξιολογήθηκαν τα υπόλοιπα μονήρη δόντια, ο συνδυασμός των τριών δοντιών της κάτω γνάθου και το σύνολο των έξι δοντιών και των δύο γνάθων.
5. Στα άτομα μεγαλύτερης ηλικίας (άνω των 30 ετών) στο συγκεκριμένο δείγμα φάνηκε να υπάρχει ελαφρώς καλύτερη συμφωνία κατά την εφαρμογή της μεθόδου Kvaal.
6. Στην ηλικιακή ομάδα <30 ετών φαίνεται ότι εμφανίζεται υποεκτίμηση της ηλικίας, ενώ αντίθετα, στην πλειοψηφία των περιπτώσεων στην ηλικιακή ομάδα των  $\geq 30$  ετών, γίνεται υπερεκτίμηση της ηλικίας.
7. Η ακρίβεια των αποτελεσμάτων εμφανίζει θετική συσχέτιση με το βαθμό εξοικείωσης του παρατηρητή με τη διαδικασία των μετρήσεων που υπαγορεύονται από τη μέθοδο Kvaal.
8. Τα ευρήματα της παρούσας εργασίας έρχονται σε γενική συμφωνία με μελέτες της διεθνούς βιβλιογραφίας στις οποίες χρησιμοποιήθηκαν παρόμοια κριτήρια επιλογής του δείγματος. Σε μελέτες με μικτό δείγμα, δηλαδή που συμπεριλάμβαναν και ανήλικα άτομα, παρατηρήθηκε ασυμφωνία.
9. Χρειάζεται περαιτέρω μελέτη της αξιοπιστίας και ακρίβειας της μεθόδου Kvaal σε ευρύτερο δείγμα ελληνικού πληθυσμού, στο οποίο θα εκπροσωπούνται περισσότερες ηλικιακές ομάδες από μεγαλύτερο αριθμό ατόμων.

## 9 Summary

### Age estimation of adults using Kvaal's method in panoramic radiographs

Dimitra-Niki Kavoura, DDS

Age is a major part of a person's identity. Biological age refers to the changes that occur to the body due to the passage of time. It covers the periods of development, growth, maturation and aging and it normally is consistent with a person's chronological age.

Age estimation of living persons is important to the resolution of forensic cases; for that reason, several methods of biological age estimation have been developed. These methods are based on the approximate calculation of the biological age in order to determine the possibility of whether a person belongs in a certain age group or not. The changes in the dentition can provide valuable information of a living or deceased person's age. For the purpose of estimating the age of adults, whose teeth have already completely developed, the time-related decrease in the dimensions of the dental pulp is assessed.

The Kvaal et al. (1995) method is one of the most widely used radiographic dental age estimation methods of living adults. It presents increased accuracy and reliability in comparison to other radiographic methods of age estimation. In recent years, Kvaal's method has been applied to different radiographic techniques and populations with variable geographic and racial origin. International literature demonstrates that thus far there have been no scientific studies that inspect the applicability of this method to a Greek population.

#### **PURPOSE**

The purpose of this study is to examine the accuracy and precision of Kvaal's method (1995) when applied to panoramic radiographs of an adult Greek sample.

In particular, the individual purposes of the current study are to investigate:

1. The correlation between the estimated dental age and the chronological age,

2. The accuracy of the dental age estimation depending on which single tooth or combination of teeth is examined (among the six teeth from both jaws that are used in Kvaal's method),
3. The potential effect of gender in the accuracy of the results and
4. The accuracy of the method when it is applied to different age groups.

## **MATERIAL - METHOD**

One hundred digital panoramic radiographs of adult patients (50 male-50 female) were examined. The radiographs were retrospectively collected from the Diagnostic Clinic of Athens Dental School as well as from a private diagnostic clinic. Each radiograph had been taken for diagnostic reasons in order to develop a treatment plan. All patients had a free medical history. The inclusion and exclusion criteria for the radiographs were determined, based on the original study by Kvaal et al. (1995).

### Inclusion criteria:

- I. Panoramic radiographs of Greek individuals who had reached their 18th year of age on the day that the radiograph was taken
- II. Existing in at least one side of each jaw,
  - i. For the maxilla: central and lateral incisor and second premolar
  - ii. For the mandible: lateral incisor, canine and first premolar

### Exclusion criteria:

- I. Unacceptable radiograph quality that affects the imaging of the examined teeth.
- II. Dental treatments and restorations of the examined teeth from both jaws.
- III. Hard tissue pathology of the examined teeth.
- IV. Periradicular and periapical pathology that entails necrosis of the examined teeth.
- V. Divergence of the examined teeth from the normal anatomy.

VI. Partial or full impaction and ectopic eruption of the examined teeth.

VII. Significant rotation or radiographic distortion of the examined teeth.

VIII. Dental structures of the examined teeth not clearly visible.

The gender and age were recorded for each patient. The collected radiographs were independently examined by two observers who were not aware of the gender and age of the respective patients (blinded study). Two observers (postgraduate students in the clinical specialization of Oral Diagnosis and Radiology) applied Kvaal's method under the same conditions. The measurements were performed with the image processing program ImageJ and were repeated by the first observer after one month in 50% of the initial sample. For the calculation of the estimated ages a special software was used. The results were compared to other scientific studies of the international literature.

#### **STATISTICAL ANALYSIS**

The STATA software was used for the statistical analysis of the data. The examined variables were chronological age, gender and estimated dental age. The interobserver and intraobserver agreement were calculated. Different indexes were used in order to test the accuracy and reliability of Kvaal's method (Lin's concordance correlation coefficient, Pearson's correlation coefficient, 95% limits of agreement). The effect of gender on the accuracy of the results and the reliability of Kvaal's method when it is applied to different age groups (<30 years and ≥30 years) were additionally examined.

#### **RESULTS**

The highest correlation between the estimated dental age and the chronological age occurred when all six teeth from both jaws were examined (Lin: 0.702, SD: 7.18 years). Following came the combination of the three maxillary teeth (Lin: 0.694, SD: 7.08 years) and the combination of the three mandibular teeth (Lin: 0.641, SD: 8.13 years). The maxillary central incisor showed the highest correlation

between the estimated dental age and the chronological age among all the single teeth (Lin: 0.629, SD: 7.69 years).

Kvaal's method showed no significant correlation with the gender of the patients. The results depend, to some degree, on the familiarity of the observer with the measurements procedure.

## **CONCLUSIONS**

1. Kvaal's method shows medium to high accuracy and reliability when applied to the selected sample consisting of Greek adults.
2. Statistically significant underestimation of the age occurred when the maxillary second premolar was examined, in both genders.
3. Male patients showed higher mean estimated dental age than females when the maxillary second premolar and the combination of the three maxillary teeth were examined.
4. The patients' gender showed no statistically significant role when the remaining single teeth, the combination of the three mandibular teeth and all six teeth, were examined.
5. The group of older patients ( $\geq 30$  years of age) showed slightly better results when Kvaal's method was applied to the selected sample.
6. The age group of  $< 30$  years presented a relative underestimation of the dental age, while the opposite was observed in the age group of  $\geq 30$  years.
7. The accuracy of the results shows positive correlation with the degree of familiarity the observer has with the method's measurements.
8. The results of the current study generally agree with comparable international studies which used similar inclusion criteria. Higher disagreement was noted when comparing results with studies that used mixed samples, including both adults and subadults.



9. Further research is required in order to examine the accuracy and precision of Kvaal's method in a larger sample of Greek population and more represented age groups.

## 10 Βιβλιογραφία

1. Adserias-Garriga, J. and Tejada, J. (2020) 'Dental aging methods and population variation', in *Forensic Science and Humanitarian Action*, pp. 219–233.
2. Akay, G., Gungor, K. and Gurcan, S. (2019) 'The applicability of Kvaal methods and pulp/tooth volume ratio for age estimation of the Turkish adult population on cone beam computed tomography images', *Australian Journal of Forensic Sciences*, 51, pp. 251–265.
3. American Board of Forensic Odontology (2014). Standards and Guidelines for Dental Age Assessment [Online]. Διαθέσιμο στο: <http://abfo.org/wp-content/uploads/2017/08/DAA-for-Web-9-27-18.pdf> (Ανάκτηση: 10 Οκτωβρίου 2020)
4. Arora, J. *et al.* (2016) 'Secondary dentine as a sole parameter for age estimation: Comparison and reliability of qualitative and quantitative methods among North Western adult Indians', *Egyptian Journal of Forensic Sciences*, 6, pp. 170–178.
5. Azevedo, A. de C. S. *et al.* (2015) 'Dental age estimation in a Brazilian adult population using Cameriere's method', *Brazilian oral research*, 29, pp. 1–9.
6. Bang G (1989) Age changes in teeth: Developmental and regressive. *In: Iscan, MY (ed.) Age markers in the human skeleton*. Springfield: Charles C. Thomas, pp. 211–235.
7. Baumann, P. *et al.* (2015) 'Dental age estimation of living persons: Comparison of MRI with OPG', *Forensic Science International*, 253, pp. 76–80.
8. Biuki, N., Razi, T. and Faramarzi, M. (2017) 'Relationship between pulp-tooth volume ratios and chronological age in different anterior teeth on CBCT', *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 9, pp. e688–e693.
9. Bjørk, M. B. and Kvaal, S. I. (2018) 'CT and MR imaging used in age estimation: A systematic review', *Journal of Forensic Odonto-Stomatology*, 36, pp. 14–25.
10. Bodecker, CF (1925) 'A consideration of some of the changes in the teeth from young to old age'. *Dental Cosmos*, 67, pp. 543–549.
11. Boldsen, J. L. *et al.* (2009) 'Transition analysis: a new method for estimating age from skeletons', *Paleodemography*, pp. 73–106.

12. Borrman, H. *et al.* (1995) 'Inter-examiner variation in the assessment of age-related factors in teeth', *International Journal Of Legal Medicine*, 107, pp. 183–186.
13. Bosmans, N. *et al.* (2005) 'The application of Kvaal's dental age calculation technique on panoramic dental radiographs', *Forensic Science International*, 153, pp. 208–212.
14. Cameriere, R. *et al.* (2012) 'Age estimation by pulp/tooth ratio in lower premolars by orthopantomography', *Forensic Science International*, 214, pp. 105–112.
15. Cameriere, R., Ferrante, L. and Cingolani, M. (2004) 'Variations in Pulp/Tooth Area Ratio as an Indicator of Age: a Preliminary Study', *Journal of Forensic Sciences*, 49, pp. 1–3.
16. Cunha, E. *et al.* (2009) 'The problem of aging human remains and living individuals: A review', *Forensic Science International*, 193, pp. 1–13.
17. D'Ortenzio, L. *et al.* (2018) 'Age estimation in older adults: Use of pulp/tooth ratios calculated from tooth sections', *American Journal of Physical Anthropology*, 165, pp. 594–603.
18. De Luca, S. *et al.* (2010) 'Age estimation by tooth/pulp ratio in canines by peri-apical X-rays: Reliability in age determination of Spanish and Italian medieval skeletal remains', *Journal of Archaeological Science*, 37, pp. 3048–3058.
19. Dedouit, F. *et al.* (2012) 'Age assessment by magnetic resonance imaging of the knee: A preliminary study', *Forensic Science International*, 217, pp. 232.e1-232.e7.
20. Dental age estimation v.3. (2003) National Instruments Corporation.
21. Drusini AG (1995) 'Age-dependent dental variables in human adults'. In: Moggi-Cecchi J (ed) *Aspects of Dental Biology: Palaeontology, Anthropology and Evolution*. Int Inst Study Man, Florence, pp. 87-92.
22. Drusini, A., Calliari, I. and Volpe, A. (1991) 'Root dentine transparency: Age determination of human teeth using computerized densitometric analysis', *American Journal of Physical Anthropology*, 85, pp. 25–30.
23. Du Chesne, A. *et al.* (2000) 'Post-mortem orthopantomography - An aid in screening for identification purposes', *International Journal of Legal Medicine*, 113, pp. 63–69.
24. Ekizoglu, O. *et al.* (2016) 'Forensic age estimation via 3-T magnetic resonance imaging of ossification of the proximal tibial and distal femoral epiphyses: Use of a T2-

weighted fast spin-echo technique', *Forensic Science International*, 260, pp. 102.e1-102.e7.

**25.** Erbudak, HÖ *et al.* (2012) 'Application of Kvaal *et al.*'s age estimation method to panoramic radiographs from Turkish individuals', *Forensic Science International*, 219, pp. 141–146.

**26.** European Asylum Support Office (2013). Πρακτικές Εκτίμησης Της Ανηλικότητας Στην Ευρώπη [Online]. Διαθέσιμο στο: <https://easo.europa.eu/sites/default/files/public/BZ0213783ELN.pdf> (Ανάκτηση: 10 Οκτωβρίου 2020)

**27.** European Asylum Support Office (2018) Πρακτικός οδηγός της EASO σχετικά με τον υπολογισμό της ηλικίας, Δεύτερη έκδοση [Online]. Διαθέσιμο στο: [https://www.easo.europa.eu/sites/default/files/Practical\\_Guide\\_Age\\_Assessment\\_2018\\_EL.pdf](https://www.easo.europa.eu/sites/default/files/Practical_Guide_Age_Assessment_2018_EL.pdf) (Ανάκτηση: 10 Οκτωβρίου 2020)

**28.** Flood, S. J. *et al.* (2013) 'A comparison of Demirjian's four dental development methods for forensic age estimation in South Australian sub-adults', *Journal of Forensic and Legal Medicine*, 20, pp. 875–883.

**29.** Franklin, D. (2010) 'Forensic age estimation in human skeletal remains: Current concepts and future directions', *Legal Medicine*, 12, pp. 1–7.

**30.** Franklin, D. *et al.* (2015) 'Forensic age estimation in living individuals: methodological considerations in the context of medico-legal practice', *Research and Reports in Forensic Medical Science*, 5, p. 53.

**31.** Franklin, D., Swift, L. and Flavel, A. (2016) "'Virtual anthropology" and radiographic imaging in the Forensic Medical Sciences', *Egyptian Journal of Forensic Sciences*, 6, pp. 31–43.

**32.** Ge, Z. pu *et al.* (2015) 'Age estimation based on pulp chamber volume of first molars from cone-beam computed tomography images', *Forensic Science International*, 253, pp. 133.e1-133.e7.

**33.** Ge, Z. pu *et al.* (2016) 'Age estimation based on pulp cavity/chamber volume of 13 types of tooth from cone beam computed tomography images', *International Journal of Legal Medicine*, 130, pp. 1159–1167.

**34.** Guo, G. *et al.* (2010) 'Human age estimation using bio-inspired features', in *2009 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 112–119.

35. Gupta, P. *et al.* (2014) 'Human age estimation from tooth cementum and dentin', *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 8, pp. ZC07-ZC10.
36. GUSTAFSON G. (1950) 'Age determination on teeth', *Journal of the American Dental Association*, 41, pp. 45–54.
37. Higgins, D. and Austin, J. J. (2013) 'Teeth as a source of DNA for forensic identification of human remains: A Review', *Science and Justice*, 53, pp. 433–441.
38. Horner, K. *et al.* (2004) European guidelines on radiation protection in dental radiology - The safe use of radiographs in dental practice [Online]. Διαθέσιμο στο: <https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/136.pdf> (Ανάκτηση: 10 Οκτωβρίου 2020)
39. International Organization for Forensic Odonto-Stomatology (2018). Recommendations for Quality Assurance: DENTAL AGE ESTIMATION [Online]. Διαθέσιμο στο: [http://www.iofos.eu/Quality-Ass/QA\\_2018\\_final/Age\\_estimation\\_final.pdf](http://www.iofos.eu/Quality-Ass/QA_2018_final/Age_estimation_final.pdf) (Ανάκτηση: 10 Οκτωβρίου 2020)
40. Jagannathan, N. *et al.* (2011) 'Age estimation in an indian population using pulp/tooth volume ratio of mandibular canines obtained from cone beam computed tomography', *Journal of Forensic Odonto-Stomatology*, 29, pp. 1–6.
41. Jain, S. *et al.* (2017) 'Tooth coronal index and pulp/tooth ratio in dental age estimation on digital panoramic radiographs—A comparative study', *Forensic Science International*, 277, pp. 115–121.
42. Jia, L., Zhang, W. and Chen, X. (2017) 'Common methods of biological age estimation', *Clinical Interventions in Aging*, 12, pp. 759–772.
43. Karkhanis, S., Mack, P. and Franklin, D. (2014) 'Age estimation standards for a Western Australian population using the dental age estimation technique developed by Kvaal *et al.*', *Forensic Science International*, 235, pp. 104.e1-104.e6.
44. Khorate, M. M., Dinkar, A. D. and Ahmed, J. (2014) 'Accuracy of age estimation methods from orthopantomograph in forensic odontology: A comparative study', *Forensic Science International*, 234, pp. 184.e1-184.e8.
45. Kirzioğlu, Z. and Ceyhan, D. (2012) 'Accuracy of different dental age estimation methods on Turkish children', *Forensic Science International*, 216, pp. 61–67.
46. Koh, K. K. *et al.* (2017) 'Age estimation from structural changes of teeth and buccal alveolar bone level', *Journal of Forensic and Legal Medicine*, 48, pp. 15–21.

47. Kolltveit, K. M., Solheim, T. and Kvaal, S. I. (1998) 'Methods of measuring morphological parameters in dental radiographs. Comparison between image analysis and manual measurements', *Forensic Science International*, 94, pp. 87–95.
48. Küpper, T. (2016) 'Age mimicry. A perspective on the young-old', *Journal of Aging Studies*, 39, pp. 121–128.
49. Kvaal, S. I. and Haugen, M. (2017) 'Comparisons between skeletal and dental age assessment in unaccompanied asylum seeking children', *The Journal of forensic odonto-stomatology*, 2(35), pp. 115–123.
50. Kvaal, S. I. and Solheim, T. (1995) 'Incremental lines in human dental cementum in relation to age', *European Journal of Oral Sciences*, 103, pp. 225–230.
51. Kvaal, S. I. et al. (1995) 'Age estimation of adults from dental radiographs', *Forensic Science International*, 74, pp. 175–185.
52. Kvaal, S. I., Koppang, H. S. and Solheim, T. (1994) 'Relationship between age and deposit of peritubular dentine', *Gerodontology*, 11, pp. 93–98.
53. Kvaal, S. I., Sellevold, B. J. and Solheim, T. (1994) 'A comparison of different non-destructive methods of age estimation in skeletal material', *International Journal of Osteoarchaeology*, 4, pp. 363–370.
54. Kvaal, S. I. (2006). "Collection of post mortem data: DVI protocols and quality assurance." *Forensic science international*, 159 S1, S12–S14.
55. Landa, M. I. et al. (2009) 'Application of the method of Kvaal et al. to digital orthopantomograms', *International Journal of Legal Medicine*, 123(2), pp. 123–128.
56. Levine, M. E. (2013) 'Modeling the Rate of Senescence: Can Estimated Biological Age Predict Mortality More Accurately Than Chronological Age?', *The Journals of Gerontology: Series A*, 68, pp. 667–674.
57. Lewis, J. M. and Senn, D. R. (2010) 'Dental age estimation utilizing third molar development: A review of principles, methods, and population studies used in the United States', *Forensic Science International*, 201, pp. 79–83.
58. Limdiwala, P. and Shah, J. (2013) 'Age estimation by using dental radiographs', *Journal of Forensic Dental Sciences*, pp. 118–122.
59. Lin, L. I.-K. (1989) 'A Concordance Correlation Coefficient to Evaluate Reproducibility', *Biometrics*, 45, pp. 255–268.

60. Liversidge H.M., Herdeg B., Rösing F.W. (1998) Dental Age Estimation of Non-Adults. A Review of Methods and Principles. In: Alt K.W., Rösing F.W., Teschler-Nicola M. (eds) *Dental Anthropology*. Springer, Vienna.
61. Manjunatha, B. S. and Soni, N. (2014) 'Estimation of age from development and eruption of teeth', *Journal of Forensic Dental Sciences*, 6, pp. 73-76.
62. Marroquin Penaloza, T. Y. *et al.* (2016) 'Application of the Kvaal method for adult dental age estimation using Cone Beam Computed Tomography (CBCT)', *Journal of Forensic and Legal Medicine*, 44, pp. 178–182.
63. Marroquin Penaloza, T. Y. *et al.* (2017) 'Orthodontic Treatment: Real Risk for Dental Age Estimation in Adults?', *Journal of Forensic Sciences*, 62, pp. 907–910.
64. Marroquin, T. Y. *et al.* (2017) 'Age estimation in adults by dental imaging assessment systematic review', *Forensic Science International*, 275, pp. 203–211.
65. Marroquin, T. Y. *et al.* (2018) 'Overcoming population differences for dental age estimation in adults through pulp/tooth volume calculations: a pilot study', *Australian Journal of Forensic Sciences*, 52, pp. 500–507.
66. Martin Bland, J. and Altman, D. G. (1986) 'Statistical Methods for Assessing Agreement Between Two Methods of Clinical Measurement', *The Lancet*, 327, pp. 307–310.
67. Martin, A. P. (2007) 'Radiographic images on orthopantomographs and periapical film', *Australian Endodontic Journal*, 33, p. 95.
68. Martin-De Las Heras, S. *et al.* (2003) 'Objective measurement of dental color for age estimation by spectroradiometry', *Forensic Science International*, 132, pp. 57–62.
69. Mathew, D. G. *et al.* (2013) 'Adult forensic age estimation using mandibular first molar radiographs: A novel technique', *Journal of forensic dental sciences*, 5, pp. 56–59.
70. Meini, A. *et al.* (2007) 'On the applicability of secondary dentin formation to radiological age estimation in young adults', *Journal of Forensic Sciences*, 52, pp. 438–441.
71. Merritt, C. E. (2017) 'Inaccuracy and bias in adult skeletal age estimation: Assessing the reliability of eight methods on individuals of varying body sizes', *Forensic Science International*, 275, pp. 315.e1-315.e11.

- 72.** Mupparapu, M., Shi, K. J. and Ko, E. (2020) 'Differential Diagnosis of Periapical Radiopacities and Radiolucencies', *Dental Clinics of North America*, 64, pp. 163–189.
- 73.** Murray, P. E. *et al.* (2002) 'Age-related odontometric changes of human teeth', *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics*, 93, pp. 474–482.
- 74.** Olze, A. *et al.* (2004) 'Forensic age estimation in living subjects: The ethnic factor in wisdom tooth mineralization', *International Journal of Legal Medicine*, 118, pp. 170–173.
- 75.** Olze, A. *et al.* (2010) 'Evaluation of the radiographic visibility of the root pulp in the lower third molars for the purpose of forensic age estimation in living individuals', *International Journal of Legal Medicine*, 124, pp. 183–186.
- 76.** Paewinsky, E., Pfeiffer, H. and Brinkmann, B. (2005) 'Quantification of secondary dentine formation from orthopantomograms - A contribution to forensic age estimation methods in adults', *International Journal of Legal Medicine*, 119, pp. 27–30.
- 77.** Penalozza, T. Y. M. *et al.* (2016) 'Reliability and repeatability of pulp volume reconstruction through three different volume calculations', *Journal of Forensic Odonto-Stomatology*, 34, pp. 35–46.
- 78.** Prapanpoch, S., Dove, S. B. and Cottone, J. A. (1992) 'Morphometric analysis of the dental pulp chamber as a method of age determination in humans', *American Journal of Forensic Medicine and Pathology*, 13, pp. 50–55.
- 79.** Priyadarshini C., Puranik M. P. and Uma, S. R. (2015) 'Dental age estimation of adults: A review', *International Journal of Advanced Health Sciences*, 1, pp. 19–25.
- 80.** Pungă, A. *et al.* (2014) 'Age estimation in subadults based on general anthropometric parameters in a population of Romania', *Romanian Journal of Legal Medicine*, 22, pp. 27–30.
- 81.** Raju, G. S. *et al.* (2016) 'Cementum as an age determinant: A forensic view', *Journal of Forensic Dental Sciences*, 8, p. 175.
- 82.** Ramsland, K. (2006) 'The Ability to Doubt: Forensic Pioneer, Alexandre Lacassagne', *Forensic Examiner*, 15, pp. 53-56.



- 83.** Ritz-Timme, S. *et al.* (2000) 'Age estimation: The state of the art in relation to the specific demands of forensic practise', *International Journal of Legal Medicine*, 113, pp. 129–136.
- 84.** Rösing, F. W. and Kvaal, S. I. (1998) 'Dental Age in Adults — A Review of Estimation Methods', in *Dental Anthropology*, pp. 443–468.
- 85.** Rudolf, E. *et al.* (2015) 'Standardized medical age assessment of refugees with questionable minority claim—a summary of 591 case studies', *International Journal of Legal Medicine*, 129, pp. 595–602.
- 86.** Sakhdari, S. *et al.* (2015) 'Age Estimation from Pulp / Tooth Area Ratio Using Digital Panoramic Radiography', *Journal Of Islamic Dental Association Of Iran*, 27, pp. 19–23.
- 87.** Santoro, V. *et al.* (2009) 'Forensic age estimation of living individuals: A retrospective analysis', *Forensic Science International*, 193, pp. 129.e1-129.e4.
- 88.** Saunders, E. (1838) 'THE TEETH A TEST OF AGE.', *The Lancet*, 30, pp. 492–496.
- 89.** Schmeling, A. *et al.* (2007) 'Age estimation', *Forensic Science International*, 165, pp. 178–181.
- 90.** Schmeling, A. *et al.* (2008) 'Criteria for age estimation in living individuals', *International Journal of Legal Medicine*, 122, pp. 457–460.
- 91.** Schmeling, A. *et al.* (2016) 'Forensic Age Estimation Methods, Certainty, and the Law', *Deutsches Arzteblatt International*, pp. 44–50.
- 92.** Schneider, C. A., Rasband, W. S. and Eliceiri, K. W. (2012) 'NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis', *Nature Methods*, 9, pp. 671–675.
- 93.** Schulze, R. *et al.* (2000) 'Precision and accuracy of measurements in digital panoramic radiography.', *Dentomaxillofacial Radiology*, 29, pp. 52–56.
- 94.** Singh, C. and Singal, K. (2017) 'Teeth as a Tool for Age Estimation: A Mini Review', *Journal of Forensic Sciences & Criminal Investigation*, Juniper Publishers, 6, pp. 2–5.
- 95.** Solheim, T. (1993) 'A new method for dental age estimation in adults', *Forensic Science International*, 59, pp. 137–147.
- 96.** Solheim, T. and Kvaal, S. (1993) 'Dental root surface structure as an indicator of age.', *The Journal of forensic odonto-stomatology*, 11 1, pp. 9–21.

- 97.** Stavrianos, C. *et al.* (2008) 'Dental Age Estimation of Adults: A Review of Methods and Principals', *Research Journal of Medical Sciences*, pp. 258–268.
- 98.** Stramotas, S. *et al.* (2002) 'Accuracy of linear and angular measurements on panoramic radiographs taken at various positions in vitro', *European Journal of Orthodontics*, 24, pp. 43–52.
- 99.** Tardivo, D. *et al.* (2011) 'Three-dimensional modeling of the various volumes of canines to determine age and sex: A preliminary study', *Journal of Forensic Sciences*, 56, pp. 766–770.
- 100.** Thevissen, P. W. *et al.* (2012) 'Ethics in age estimation of unaccompanied minors', *Journal of Forensic Odonto-Stomatology*, 30 S1, pp. 85–102.
- 101.** Ubelaker, D. H. and Khosrowshahi, H. (2019) 'Estimation of age in forensic anthropology: historical perspective and recent methodological advances', *Forensic Sciences Research*, 4, pp. 1–9.
- 102.** Vandevoort, F. *et al.* (2004) 'Age Calculation Using X-ray Microfocus Computed Tomographical Scanning of Teeth: A Pilot Study', *Journal of forensic sciences*, 49, pp. 787–790.
- 103.** Willems, G., Moulin-Romsee, C. and Solheim, T. (2002) 'Non-destructive dental-age calculation methods in adults: Intra- and inter-observer effects', *Forensic Science International*, 126, pp. 221–226.
- 104.** Wittwer-Backofen, U., Gampe, J. and Vaupel, J. W. (2004) 'Tooth Cementum Annulation for Age Estimation: Results from a Large Known-Age Validation Study', *American Journal of Physical Anthropology*, 123, pp. 119–129.
- 105.** Wochna, K. *et al.* (2018) 'Aspartic acid racemization of root dentin used for dental age estimation in a Polish population sample', *Forensic Science, Medicine, and Pathology*, 14, pp. 285–294.
- 106.** Wolpoff, M. H. (1979) 'The Krapina dental remains', *American Journal of Physical Anthropology*, 50, pp. 67–113.
- 107.** Δουβίτσας, Γ. και Λαγουβάρδος, Π. (2005) *Οδοντική χειρουργική*. Αθήνα: Ιατρικές εκδόσεις Λίτσας, pp. 33-39.
- 108.** Μαντζαβίνος, Ζ., Βρότσος, Ι. και Βραχόπουλος Θ. (2002) 'Η επίδραση της ηλικίας στο περιοδόντιο', Μαντζαβίνος, Ζ. και Βρότσος, Ι. *Κλινική Περιοδοντολογία*. Αθήνα: Ιατρικές εκδόσεις Λίτσας, pp.59-60.

- 109.** Μητσέα Α., και Νικοπούλου-Καραγιάννη, Κ. (2006) 'Η Εκτίμηση της Ηλικίας με Βάση Στοιχεία του Στοματογναθικού Συστήματος', Νικοπούλου-Καραγιάννη, Κ. *Ιατροδικαστική του Στόματος*. Αθήνα: Ιατρικές Εκδόσεις Λίτσας, pp. 165-179.
- 110.** Μητσέα Α., και Νικοπούλου-Καραγιάννη, Κ. (2013) 'Η Εκτίμηση της Ηλικίας με Βάση Στοιχεία του Στοματογναθικού Συστήματος', Καραγιάννη, Κ. και Τσιχλάκης, Κ. *Ιατροδικαστική στόματος*. Αθήνα: Ιατρικές Εκδόσεις Π. Χ. Πασχαλίδης, pp. 225-258.