

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI "FEDERICO II"  
FACOLTÀ DI MEDICINA E CHIRURGIA



DIPARTIMENTO DI MEDICINA PUBBLICA E DELLA SICUREZZA SOCIALE  
DIRETTORE: PROF. CLAUDIO BUCCELLI

TESI DI DOTTORATO DI RICERCA IN  
AMBIENTE, PREVENZIONE E MEDICINA PUBBLICA  
- INDIRIZZO SCIENZE BIOLOGICO FORENSI - XVIII CICLO

IDENTIFICAZIONE DI ETÀ IN SOGGETTI IN FASE DI CRESCITA MEDIANTE  
INDAGINI RADIOGRAFICHE DEL DISTRETTO CRANIO-MAXILLO-FACCIALE:  
PROSPETTAZIONE DI UNA METODICA COMPUTER ASSISTITA ED  
ESPERIENZA APPLICATIVA IN UN CASO GIUDIZIARIO

Coordinatore  
Prof. Claudio Buccelli

Candidato  
Dott. Pierpaolo Di Lorenzo

anno accademico 2005-2006

## INDICE

IDENTIFICAZIONE PERSONALE	3
DETERMINAZIONE DI ETÀ	11
METODICHE IDENTIFICATIVE DI ETÀ IN SOGGETTI IN FASE DI CRESCITA MEDIANTE INDAGINI RADIOGRAFICHE DEL DISTRETTO CRANIO-MAXILLO-FACCIALE	31
PROSPETTAZIONE DELLA NOSTRA METODICA	68
<i>MATERIALE E METODO</i>	68
<i>RISULTATI</i>	75
<i>DISCUSSIONE</i>	80
ESPERIENZA APPLICATIVA DI DETERMINAZIONE DI ETÀ IN UN CASO GIUDIZIARIO	87
BLIOGRAFIA	94

## **IDENTIFICAZIONE PERSONALE**

L'identificazione personale, procedura caratterizzata da peculiarità proprie e richiedenti per il suo espletamento specifiche ed approfondite conoscenze tecniche, è uno dei più importanti ed affascinanti capitoli della medicina legale.

Il rilevante incremento numerico osservato negli ultimi anni di casi di cadaveri e resti umani sconosciuti rinvenuti nei grossi centri urbani così come grandi calamità naturali, catastrofi ferroviarie, aeree e marittime, nonché guerre e atti di terrorismo capaci di determinare dei disastri di massa in cui il riconoscimento delle persone decedute è spesso reso difficoltoso da fenomeni di deprezzamento e/o intensa carbonizzazione, rendono ragione dell'estrema attualità dell'argomento sussistendo in tali circostanze la necessità del ricorso a metodiche identificative per finalità etico-giuridiche.

Il processo di riconoscimento di un individuo, sebbene condotto con diverso proposito, può essere rivolto oltrechè, come più spesso accade, all'identificazione di un cadavere o parti di esso anche nei confronti di un soggetto vivente o suo materiale biologico (formazioni pilifere, frammenti cutanei e liquidi biologici) rinvenuto sulla scena di un crimine delittuoso.

Nella prima ipotesi, infatti, la necessità di una corretta attribuzione di identità è giustificata sia da ragioni etico-morali e sentimenti di umana pietà che la salma suscita in ogni individuo

con sani principi, sia da motivazioni di ordine giuridico-amministrativo stante le possibili implicazioni penali (identificazione di persona indagata e/o imputata), civili (estinzione dei diritti della persona deceduta, mutamento dello stato civile del coniuge superstite), assicurative (godimento di benefici previdenziali od assicurativi) ed amministrative (successione, eredità, scioglimento della comunione dei beni) che possono scaturire dall'avvenuto riconoscimento di un cadavere.

D'altra parte, in presenza di un corpo o resti umani oggetto di indagini da parte dell'Autorità Giudiziaria tale attività accertativa risulta essere obbligatoria.

Va inoltre sottolineato che l'esame identificativo del cadavere deve essere avviato precocemente, riportando con la massima dovizia, attenzione e meticolosità i caratteri esterni della salma così da prevenire le irreversibili e progressive modificazioni indotte dai fenomeni trasformativi post-morte, per poi procedere all'effettuazione di indagini, più o meno invasive e cruente, capaci di fornire ulteriori maggiori e dettagliate informazioni biologiche.

Diversamente, qualora si è in presenza di soggetto vivente o suo materiale biologico, l'accertamento tecnico è legittimato da necessità identificative di soggetti indiziati, indagati o imputati, cui si attribuisce un comportamento delittuoso e che non hanno interesse a svelare la propria identità o, limitatamente alla

determinazione dell'età, per stabilire il raggiungimento della soglia cronologica del quattordicesimo o diciottesimo anno di vita (epoche in cui, rispettivamente, si acquisisce l'imputabilità e la capacità civile).

Tale esigenza per di più può prospettarsi anche nel caso di individui dispersi a causa di guerre, pubbliche calamità e via dicendo e laddove si sospetti uno scambio di persona per mera fatalità (neonati scambiati per errore nelle sale materne) o per finalità di commercio (sostituzione di infanti o rapimento e commercio di bambini) o assicurativo (evenienza delineabile in presenza di soggetti in stato comatoso o che lamentano una completa amnesia post-traumatica od anche in caso di scambio di persona).

Pertanto, fine ultimo del processo identificativo è quello di determinare l'**identità individuale**, altrimenti detta **specifica**, attraverso la raccolta di un adeguato numero di specifici parametri morfologici e morfometrici (rilevati all'esame ispettivo diretto e/o radiografico), istologici, biochimici e biomolecolari che consentiranno il perseguimento di tale obiettivo sia per via diretta mediante comparazione di caratteri somatici, biologici ed extrabiologici (dattiloscopia, polimorfismi genetici, confronto e sovrapposizione di immagini, repertamento di segni, para-fisiologici e/o patologici, distintivi), che indiretta attraverso l'attribuzione di **caratteri generici** (specie, razza, sesso, statura, età) costituenti i singoli elementi di un mosaico la cui

composizione finale consentirà il riconoscimento dell'individuo, vivente o cadavere, oggetto dell'indagine accertativa.

Ciò nondimeno, qualora si è in presenza di cadavere o resti di esso profondamente alterati nei suoi caratteri da fenomeni putrefattivi o dall'azione di agenti lesivi esterni, l'identificazione sarà limitata al solo riconoscimento di uno o più caratteri generici senza che ciò tuttavia consenta di poter pervenire al riconoscimento individuale del soggetto.

Gli innegabili notevoli progressi tecnologici compiuti negli ultimi anni in campo genetico hanno fatto sì che le metodiche accertative subissero un viraggio verso quelle tecniche in cui il processo identificativo si realizza mediante lo studio delle caratteristiche intrinseche dell'acido desossiribonucleico (DNA).

Quest'ultimo substrato biologico risulta di sicura utilità non solo (pur se prevalentemente) per la determinazione della identità individuale, mediante comparazione di medesimo materiale biologico proveniente o da resti della stessa presunta persona da identificare o da suoi prossimi parenti, ma anche per l'accertamento di alcuni caratteri generici quali specie, razza e sesso.

Pur tuttavia, va detto che sussistono indubbi difficoltà non solo di natura tecnica poiché la processazione del DNA richiede una strumentazione di non ubiquitaria diffusione, ma anche di tipo operativo giacché tale molecola è soggetta ad un processo di degradazione che si realizza in tempi molto più celeri rispetto ad

altri parametri identificativi, è di difficile repertamento in materiale fortemente combusto e, nell'ambito dell'accertamento individuale, non sempre è rinvenibile analogo materiale biologico di confronto.

Né vanno trascurati i non irrilevanti esborsi economici che comportano le metodiche identificative strutturate sullo studio del DNA.

Di qui l'utilità di integrare tale tipologia di indagine accertativa con i classici metodi identificativi, basati sull'analisi di caratteri morfo-metrici, istologici e biochimici, così da restringere il ricorso alle metodiche identificative impostate sull'esame del DNA ai soli casi di reale necessità per dirimere dubbi diagnostici o, quanto meno, per ottenere un effetto sinergico nel processo identificativo con il perseguimento di un risultato dotato di maggiore certezza.

Le indagini antropomorfe ed antropometriche, siano esse condotte attraverso l'ispezione diretta del corpo del soggetto da identificare che su immagini radiografiche di quest'ultimo, si basano sul rilievo, rispettivamente, di elementi somatici, fisiologici e/o patologici, stabili nel tempo (dalla nascita alla morte o, quantomeno, dal termine dello sviluppo somatico alla morte) e di distanze ed angoli interposti tra definiti punti di repere del volto o del soma.

Nelle prime, tuttavia, alla relativa semplicità di applicazione si contrappone l'inevitabile risentimento che il soggettivismo

interpretativo (oltrechè il grado di esperienza) del valutatore ha sul risultato finale.

Per tale motivo vanno privilegiate le determinazioni quantitative per la loro obiettività e maggiore comparabilità, nelle quali l'abilità richiesta al valutatore si sposta dalla interpretazione del dato morfologico a quella della sua precisa individuazione.

In tale contesto lo studio delle immagini radiografiche prevale su quello morfometrico diretto almeno per tre ordini di considerazioni:

- difficoltà all'apprezzamento delle caratteristiche morfologiche del piano osseo in caso di combustione o per incompleta scheletrizzazione;
- possibilità di misurazioni accurate di angoli, aree, distanze su immagini radiografiche rispetto al dato ispettivo diretto;
- rispetto dell'integrità della struttura nella misurazione di reperi anatomici interni (di per se, peraltro, dotati di maggiore resistenza ai grandi traumatismi).

E' tuttavia indispensabile che le particolarità individuali utilizzate a scopo identificativo siano:

- ben evidenti;
- numerosi;
- stabili nel tempo;
- poco sensibili alle variazioni della tecnica radiografica;
- possibilmente classificabili.

Inoltre, lo studio radiologico dell'apparato scheletrico permette di rilevare informazioni relative a malformazioni congenite, alterazioni acquisite, protesi, corpi inclusi ed altri elementi radiopachi che spesso risultano determinanti per l'accertamento identificativo individuale.

Quanto più è elevato il numero di informazioni, fisiologiche e/o patologiche e/o terapeutiche, emerse dall'analisi di un radiogramma relativo ad un individuo, tanto maggiore sarà il potere discriminante di tali informazioni nel confronto identificativo con analoga indagine.

I criteri istologici (studio della struttura ossea e dentale), biochimici (determinazione in resti scheletrici e dentali della concentrazione di radioisotopi e peptidi, quantificazione di modifiche stechiometriche proteiche) e biomolecolari (polimorfismi genetici espressi nelle proteine del sangue e del DNA), ancorché validi, possono trovare limiti importanti soprattutto nella necessità di manipolazione e distruzione del materiale utilizzato per l'accertamento identificativo, nella lunghezza dei tempi di applicazione delle metodiche e, per talune metodi, necessità di campioni non contaminati ed esborsi economici elevati.

Un impulso al potenziamento dell'accuratezza identificativa delle molteplici indagini oggi disponibili sul mercato è dato dall'uso sempre più diffuso dei personal computer dotati di software sempre più sofisticati che, permettendo la rapida esecuzione di

calcoli, altrimenti complessi, assurgono a strumento prezioso ed insostituibile nel percorso di identificazione personale.

Inoltre, la computerizzazione delle metodiche basate sul ricorso ad immagini (radiogrammi, fotografie, fotogrammi) consente, tra l'altro, non solo di migliorare la qualità grafica della medesima figura da interpretare (facilitando in tal modo il riconoscimento dei punti di repere così da ottenere una maggiore precisione nella misurazione delle distanze, angoli ed aree considerate), indirizzare lo studio su di un particolare della stessa, procedere per comparazione e/o sovrapposizione, ma anche di archiviare i dati, rappresentati sia dalle medesime immagini digitalizzate che dagli input da esse dedotti, in uno spazio (hardware) oltremodo contenuto con minimali rischi di degradazione o perdita delle informazioni registrate.

## **DETERMINAZIONE DI ETÀ**

L'individuazione dell'età anagrafica di un soggetto, vivente o cadavere, o dell'epoca biologica di resti scheletrici può essere condotta mediante metodiche strutturate sullo studio di **caratteristiche morfoantropometriche e morfologiche** (caratteri somatici; comparsa e fusione dei centri di ossificazione; saldatura dell'epifisi alla metafisi nelle ossa lunghe; calcificazioni della cartilagini costali; obliterazione delle suture della volta cranica e del mascellare; grado di mineralizzazione ed eruzione degli elementi dentali; usura ossea e dentale), rilevabili mediante ispezione diretta o lettura di indagini radiografiche, od anche sull'osservazione microscopica (comparsa e fusione dei centri di ossificazione; struttura della corticale delle ossa lunghe; numero e diametro dei canali di Havers; trasparenza della dentina; apposizione di cemento secondario; presenza di dentina secondaria; riassorbimento radicolare; aumento della trasparenza radicolare) e/o sull'**analisi istochimica** (racemizzazione dell'acido aspartico; quantificazione di peptidi dentali solubili in acido cloridico a concentrazioni diverse; determinazione dell'aumento del contenuto di nitrogeno nello smalto e dei fluoruri nel cemento dei denti; determinazione del decremento dei carbonati nel cemento dei denti) del tessuto osseo e dentale.

Va tuttavia sottolineato che mentre le prime (indagini morfoantropometriche e morfologiche), comportando il rispetto delle strutture anatomiche studiate, risultano applicabili anche su individui viventi, le seconde (indagini istologiche ed istochimiche), caratterizzandosi per l'inevitabile manipolazione e, spesso, distruzione del materiale biologico analizzato, sono proponibili solo su salme o parti della stessa.

In particolare, le indagini radiografiche sintetizzano il pregio del non invasività con quello di una loro elevata affidabilità, risultando di facile applicabilità e maggiore utilità nel vivente; peraltro, esse mostrano estrema praticità di utilizzo anche nel cadavere, consentendo lo studio dello scheletro e delle arcate dentarie anche in caso di difficile ispezione per presenza di importanti fenomeni trasformativi post-mortali.

Per ciò che concerne le tecniche di identificazione di età strutturate sull'esame istologico del tessuto osseo, esse perdono il loro valore predittivo qualora si è in presenza di alterazioni patologiche dell'architettura dell'osso o qualora l'accertamento è condotto su frammenti di ossa piatte o spugnose.

L'accertamento di età nel vivente, strutturato prevalentemente sullo studio del grado di maturazione osseo e dentale, è possibile con buona approssimazione nei primi due decenni di vita (fino ai primi 20-25 anni), risultando meno agevole e più incerta oltre il suddetto termine cronologico.

Né va poi trascurato che il processo di maturazione scheletrica e dentale è concretamente influenzato oltrechè dal sesso (risultando, con l'esclusione dello sviluppo del terzo molare, più precoce nelle donne che negli uomini), anche da fattori esterni quali razza, dieta, infezioni, clima, condizioni socio-economiche, occupazione, urbanizzazione, patologie: in proposito è noto che l'accrescimento somatico è più rapido nei negroidi e nei mongoloidi rispetto ai caucasoidi e che, nell'ambito della razza caucasoida, le popolazioni nord-europee hanno una velocità di maturazione più lenta di quelle mediterranee.

Nel periodo evolutivo l'attribuzione dell'età risulta circoscrivibile inizialmente, lì dove è possibile (e comunque sempre iscrivibile in un ampio range), mediante lo studio dei caratteri somatici più appariscenti: accrescimento somatico generale, peso, statura, aspetto della cute, della massa muscolare e degli annessi cutanei, sviluppo dei caratteri sessuali primari e secondari, stato della dentizione e della dentatura, alterazioni parafisiologiche del sistema vascolare (arteriosclerosi, varici venose, flebosclerosi), tono di voce.

L'apprezzamento dei caratteri generali somatici si avvale della metodica antroposcopico-antropometrica (analisi valutativa dello sviluppo somatico generale, della perimetria toracica e addominale, della apertura delle braccia, del peso, della statura, dell'aspetto della cute e degli annessi) e di quella basata sullo studio dello sviluppo dei caratteri sessuali primari e secondari. La

prima è di scarso valore per grosse anomalie da sottoalimentazione, malattie e differenze razziali; la seconda distingue classi di età ampie in base alla pelosità del volto, delle ascelle e del pube, allo sviluppo mammario e dei genitali.

Una più precisa determinazione di età potrà essere ottenuta integrando i dati ricavati dall'analisi dei suddetti caratteri somatici con la valutazione delle modificazioni scheletriche (accrescimento osseo, comparsa e fusione dei nuclei di ossificazione, ossificazione delle cartilagini di accrescimento e di quelle costali) e dello stato della dentizione (grado di mineralizzazione ed eruzione dentale) quali appaiono all'esame radiografico (e, limitatamente per gli accertamenti condotti su cadavere o resti dello stesso, all'esame ispettivo diretto, macro e microscopico).

In proposito va rilevato che sia l'elevata resistenza dei denti umani agli insulti chimico-fisici che la ridotta influenza esercitata dai fattori ambientali e patologici sullo sviluppo dentale, rende il ricorso alle strutture dentarie di grande utilità nel processo accertativo di età.

Caratteristiche che rendono il tessuto osseo particolarmente utile ai fini identificativi sono rappresentate dal suo alto contenuto minerale, tale da renderlo poco soggetto al fenomeno della degradazione, e dalla prerogativa di svolgere la sua strutturazione dalla vita intrauterina alla vecchiaia con regolarità pressoché unica tra tutti i tessuti. Inoltre gli "indicatori di

maturazione ossea” utilizzati per risalire all’età scheletrica tendono a ricorrere regolarmente e secondo un ordine definito e irreversibile.

L’attribuzione di età basata sui cambiamenti maturativi dell’apparato scheletrico si fonda principalmente, nella prima decade di vita, sull’epoca di comparsa dei nuclei di ossificazione (altrimenti detti di accrescimento), mentre nella seconda decade sulla fusione dei suddetti nuclei (saldatura dei nuclei alle corrispondenti parti dello scheletro), e sulla ossificazione delle cartilagini epifisarie o di coniugazione delle ossa lunghe (fusione delle epifisi ai rispettivi segmenti diafisari) e di quelle costali.

Successivamente, l’attribuzione di età, ancorché inscrivibile in un range piuttosto ampio, potrà basarsi sulla verifica della sinostosi (ossificazione del tessuto connettivo intersuturale) delle suture del cranio, nonché sul grado di calcificazione delle cartilagini costali e sulle modifiche morfologiche della sinfisi pubica.

Oltreché con approccio radiografico, tali modifiche maturative del tessuto osseo sono rilevabili anche attraverso un’analisi macroscopica ed istologica che, sebbene richiede tempi operativi più lunghi, consente una più accurata osservazione del grado saldatura dell’epifisi alla diafisi, di fusione del nucleo di accrescimento, nonché una più precisa misurazione del segmento scheletrico (e, se applicato agli elementi dentari, una più facile valutazione del grado di mineralizzazione delle corone e delle radici).

In proposito va detto che, in epoca fetale, il rilievo radiografico dei nuclei di accrescimento è tardivo rispetto alla loro reale epoca di comparsa giacchè il loro apprezzamento risulta difficoltoso per l'interposizione dei tessuti molli materni.

L'apparato scheletrico umano è dotato di multipli nuclei di accrescimento la cui comparsa ed il cui processo di fusione si verifica in epoche diverse, secondo un prestabilito ordine cronologico, in ragione delle condizioni individuali di ciascuna persona e del segmento scheletrico sede del nucleo di ossificazione; in genere, comunque, il primo nucleo di ossificazione compare a livello della clavicola nel feto tra la 4<sup>a</sup> e la 6<sup>a</sup> settimana di vita intrauterina, mentre la loro fusione si completa tra i 15 e i 25-28 anni.

Anche il processo di ossificazione delle cartilagini di coniugazione avviene in tempi diversi, dipendendo dal segmento osseo e dal sesso del soggetto, completandosi circa 1-2 anni prima nella femmina rispetto al maschio. In ogni caso, il processo maturativo si può considerare compiuto intorno ai 25 anni.

Particolare attenzione è stata posta alla valutazione radiologica della maturità scheletrica di mano e polso.

In proposito sono state approntati numerosi metodi radiografici tra cui meritano di essere annoverati sia quello qualitativo previsto da Greulich-Pyle (1950) che quelli quantitativi di Tanner-Whitehouse (1975) e di Fels (1988).

Nella metodica di Greulich-Pyle si procede ad un confronto del radiogramma in esame con una serie di radiogrammi standard che rappresentano approssimativamente i livelli modali di maturità alle successive età cronologiche.

Nel metodo di Tanner-Whitehouse l'attribuzione dell'età scheletrica è differenziata per sesso ed è ottenuta dalla trasformazione, attraverso tabella di conversione prevista dagli AA., della somma di valori numerici assegnati ai gradi diversi di indicatori di maturazione ossea.

Il metodo Fels è, invece una procedura assistita da computer che prende in considerazione indicatori di maturità del distretto mano-polso che variano a seconda dell'età e del sesso del soggetto, valutati o in funzione di particolari caratteristiche morfologiche o in base ai rapporti tra misure lineari rilevate sui segmenti ossei.

L'obliterazione delle suture della volta cranica che dal tavolato interno si porta verso quello esterno, rispetta una determinata successione topografica oltrechè cronologica, osservandosi dapprima la sinostosi della sutura sagittale, cui segue quella della sutura coronale, lambdoidea ed infine del temporale.

Con l'esclusione della sutura temporo-parietale, la cui obliterazione prende avvio in entrambi i sessi intorno ai 65 anni di età, nei restanti casi tale processo si completa generalmente nell'arco di vita compreso tra i 35 ed i 45 anni, realizzandosi con un anticipo medio di 5-10 anni nella donna.

È piuttosto recentemente che l'attenzione è stata rivolta anche allo studio dell'obliterazione delle suture mascellari (incisiva, palatina mediana anteriore, palatina mediana posteriore e palatina traversa) per l'attribuzione dell'età a resti scheletrici di soggetti adulti.

In particolare, analogamente a quanto rilevato per le suture della volta cranica, anche nella obliterazione di quelle mascellari viene rispettata una sequenza topografica oltreché cronologica: il processo di fusione interessa dapprima la sutura incisiva, quindi quella palatina mediana posteriore, traversa ed infine mediana anteriore; esso prende avvio intorno ai 16 anni e si conclude intorno alla quarta-quinta decade.

Le modificazioni a livello delle cartilagini costali sono apprezzabili radiograficamente a livello della 1<sup>a</sup> costa nel 95% dei soggetti con età compresa tra i 35 ed i 45 anni, mentre la ossificazione della cartilagine delle restanti coste avviene più tardivamente.

Ulteriori indicazioni circa l'età di un soggetto potrebbero derivare anche dallo studio morfologico del profilo dell'estremità sternale della 4<sup>a</sup> costa, dalla sua profondità e dalla valutazione del contorno del bordo e della parete.

La ristrutturazione morfologica della sinfisi pubica in rapporto all'età è stata oggetto di approfonditi studi condotti tra gli anni 20 e gli anni 30 da Todd che, in base al grado di rugosità della superficie articolare e di ossificazione delle inserzioni tendinee e legamentose, della forma del profilo nonché della presenza di

zone di erosione, ha individuato ben 10 differenti fasi evolutive qualora l'accertamento tecnico è condotto macroscopicamente su resti scheletri; lo stesso Autore ha inoltre descritto una classificazione radiologica delle modifiche morfologiche del medesimo distretto anatomico in cui vengono indicati 4 stadi cui corrispondono specifiche (per vero, ampie) fasce di età distribuite tra i "fino a 25 anni" e gli "oltre i 55 anni".

In tempi più recenti ha trovato diffusione un'analogia metodica accerativa di età (Brookes e Suchey, 1990) differenziata per sesso, reputata la migliore tra gli attuali metodi macroscopici e capace di non essere influenzata dalle diversità razziali, che individua specifici aspetti morfologici della sinfisi pubica raggruppati in sei differenti stadi, cui corrispondono altrettanti epoche di vita (con una deviazione standard che oscilla tra i circa 2 anni agli 11 anni).

Per quanto concerne l'analisi maturativa dell'apparato stomatognatico, va sottolineato che essa è un più preciso indicatore di età soprattutto tra la nascita e il periodo adolescenziale (12-14 anni), risultando lo sviluppo dentale meno influenzato da fattori ambientali e patologici rispetto a quello dello scheletro (Mappes et al., 1992). Oltre tale epoca, l'analisi può essere rivolta quasi esclusivamente alle fasi di sviluppo dei terzi molari, elemento, tuttavia, di scarsa affidabilità ai fini dell'accertamento dell'età perché soggetto a numerose variazioni

individuali in quanto spesso assente, malformato e con epoca di formazione ed eruzione molto variabile.

In ambito odontoiatrico forense, a partire dagli anni '40, risultano elaborate diverse metodiche identificative di età su soggetti in fase di crescita strutturate sullo studio dello sviluppo dentario (grado di maturazione e stadio eruttivo) desunto dalla lettura di indagini radiografiche dentarie (ortopantomografia, rx endorale, teleradiografia).

Tali metodi, secondo i dati della letteratura medico-legale, sono rappresentati da quelli di: Schour e Massler (1941); Nolla (1960); Moorrees et Al. (1963); Johanson (1971); Camp e Cameron (1971); Demirjian et Al. (1973).; Gustafson e Koch (1974); Ubelaker (1978); Portigliatti Barbos et Al. (1982); Van der Linden e Duterloo (1983); Robetti e Antonucci Ferrara (1988); Harris et Al. (1990); Kullman et Al. (1992); Mornstad et Al (1994).

La maggioranza di tali metodiche ricorre, in via esclusiva, all'impiego dell'ortopantomografia (OPT): Schour e Massler; Nolla; Demirjian et al.; Gustafson e Koch; Ubelaker; Portigliatti Barbos et Al.; Robetti e Antonucci Ferrara; Harris et Al.; Kullman et al.; Mornstad et Al.

I metodi di Moorrees et Al. e di Johanson adoperano l'rx endorale, quello di Van der Linden e Duterloo la teleradiografia.

RASSEGNA DEI METODI RADIOGRAFICI PER LA DETERMINAZIONE DI ETA' NELLE INFANZIA E NELL'ADOLESCENZA				
AUTORI	ANNO	TIPO RX	DENTI CONSIDERATI	STRUTTURA DEL METODO
Schour e Massler	1941	OPT	decidui e permanenti emiarcata superiore e inferiore	comparazione tra rx e disegni relativi a 21 stadi di sviluppo.
Nolla	1960	OPT	tutti i permanenti	impiego di rx, schemi grafici relativi a 10 stadi di sviluppo e tabelle (differenziate per sesso) indicative delle norme di maturazione dei denti permanenti.
Moorrees et Al.	1963	E	incisivi permanenti dell'emiarcata superiore e tutti i permanenti dell'emiarcata inferiore	impiego di rx, schemi grafici relativi a 14 complessive fasi di sviluppo dentario e diagrammi (differenziati per sesso) indicativi delle norme di maturazione dei denti considerati.
Johanson	1971	E	38/48	comparazione tra rx e 3 parametri di sviluppo dentario distribuiti in 7 fasi + riferimento a tabella di correlazione tra fasi e range di età.
Demirjian et Al.	1973	OPT / E	permanentissimi sull'emiarcata inferiore sinistra con esclusione del 38	impiego di rx, scala descrittiva di 8 fasi di maturazione dentaria, tabelle (differenziate per sesso) dei punteggi relativi agli 8 stadi di maturazione e di conversione dei detti punteggi in età.
Gustafson e Koch	1974	OPT	decidui e permanenti esclusi i 18, 28, 38, 48	desunzione da rx della fase di sviluppo dentario raggiunta in base a 4 prefissati parametri e confronto con apposito diagramma.
Ubelaker	1978	OPT	decidui e permanentissimi emiarcata superiore e inferiore	comparazione tra rx e disegni relativi a 21 stadi di sviluppo.
Portigliatti Barbos e Al.	1982	OPT	45,47,48	comparazione tra rx e schemi grafici relativi a 12 stadi di sviluppo + equazioni di correlazione (differenziate per sesso).
Robetti e Antonucci Ferrara	1988	OPT	43,45,47,48/ 33,35,37,38	comparazione tra rx e schemi grafici relativi a 18 stadi di sviluppo + equazioni di correlazione (differenziate per fasce di età).
Van der Linden e Duterloo.	1983	T	tutti i decidui e permanentissimi	comparazione tra teleradiografie craniche e 27 schemi grafici derivanti da rx o crani essiccati.
Harris et Al.	1990	OPT	tutti i denti permanentissimi di una delle emiarcate superiore ed inferiore	impiego di rx, schemi grafici relativi a 14 complessive fasi di sviluppo dentario e diagrammi (differenziati per sesso e per razza) indicativi delle norme di maturazione dei denti considerati.
Kullman et Al.	1992	OPT	38/48	comparazione tra immagine OPT e schema grafico/descrittivo di sviluppo del 38/48.
Mornstad et Al.	1994	OPT	tutti i permanentissimi mandibolari	considerazione di 7 parametri morfometrici + equazioni di regressione lineare multipla (differenziate per sesso).

Legenda: E = rx endorale; OPT = ortopantomografia; T = teleradiografia cranica.

Caratteristica comune a tutti i metodi (ad eccezione di quello di Mornstad et Al., che fa riferimento a parametri morfometrici) è la preventiva determinazione della fase di sviluppo presentata da uno o più elementi dentari quale desumibile dall'immagine radiografica del soggetto esaminato e l'attribuzione di età attraverso il confronto della predetta fase di sviluppo con un diagramma o uno schema, appositamente elaborati dagli AA., espressivi di specifiche età.

I metodi più recenti fanno ricorso, in via complementare (Portigliatti Barbos et Al.; Robetti e Antonucci Ferrara) od anche esclusiva (Mornstad et Al.) ad equazioni matematiche di correlazione.

La maggioranza di essi considera gli elementi dentari di una sola emiarcata di un lato; tale limitazione trova giustificazione nell'accertato fenomeno della simmetria di sviluppo relativa ai denti in posizione omologa (corrispondenti in arcata controlaterale).

Le suddette metodiche prendono in considerazione uno o più elementi dentari permanenti, con l'esclusione del solo terzo molare in quelle di Demirjian et Al. e di Gustafson e Koch (elemento ritenuto poco affidabile perché spesso assente, malformato e con epoca di formazione ed eruzione variabile) e del solo incisivo laterale mandibolare in quella di Mornstad et Al.

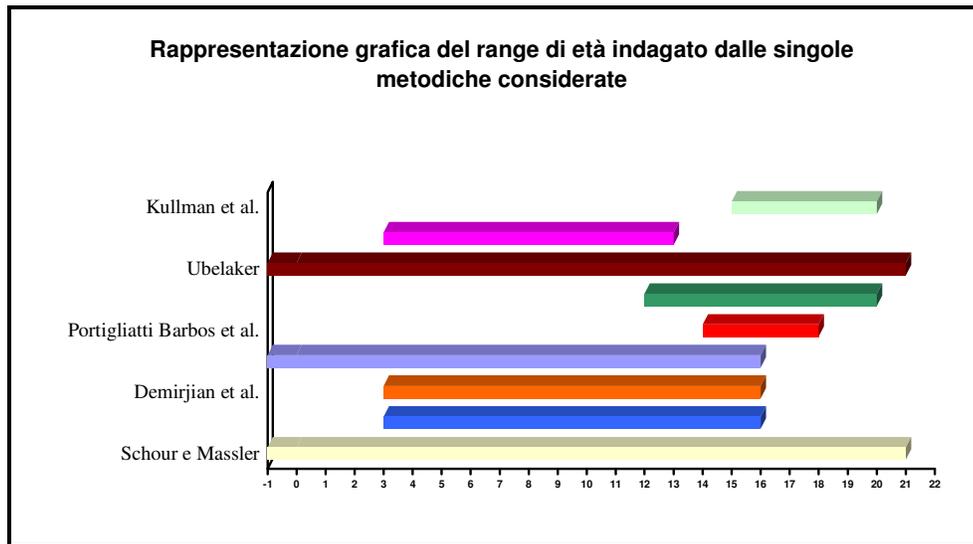
I metodi di Schour e Massler, di Gustafson e Koch, di Ubelaker e di Van der Linden e Duterloo considerano anche gli elementi dentari decidui.

Il range di età complessivamente esplorato dall'insieme di questi metodi si estende dal primo mese di vita intrauterina (Gustafson e Koch) ai 21-35 anni (Schour e Massler); la fascia di 3-13 anni risulta indagata con maggiore frequenza.

Circa la metà di queste metodiche (Nolla, Moorrees et Al., Demirjian et Al., Portigliatti Barbos et Al. Harris et Al.; Mornstad et Al.) considera, quale parametro aggiuntivo, il sesso del soggetto esaminato. Ciò presuppone la conoscenza o la necessità di accertamento di tale parametro, attraverso la preventiva applicazione delle metodologie identificative di abituale impiego in proposito quando non sia noto.

Inoltre, solo alcune delle metodiche identificative di età (Moorrees et Al.; Johanson; Gustafson e Koch; Ubelaker; Portigliatti Barbos et al.; Robetti e Antonucci Ferrara; Harris et al.; Kullman et al.; Mornstad et Al.) pervengono alla stima dell'epoca dentaria, facendo ricorso ad un intervallo di approssimazione, spesso diversificato per fasi di sviluppo e talvolta per elemento dentario studiato.

Per di più, ogni metodo presenta uno specifico range di età previsto dall'autore nell'ambito del quale risulta applicabile.



Accanto a tali metodi radiografici di identificazione di età in soggetti in fase di crescita, se ne sono affiancati altri, anche essi basati sul ricorso ad indagini radiografiche ma applicabili a crescita dentaria ultimata, in cui l'attenzione viene soffermata sui cambiamenti involutivi (rappresentati prevalentemente dall'usura della superficie oclusale, dall'apposizione di dentina secondaria, dalla migrazione apicale dell'attacco parodontale, dal riassorbimento della radice) di uno o più elementi dentari presenti in arcata, espressi in misure lineari e correlati tra loro mediante equazioni di regressione lineare.

RASSEGNA DEI METODI RADIOGRAFICI PER LA DETERMINAZIONE DI ETA' NELL'ADULTO				
AUTORI	ANNO	TIPO RX	DENTI CONSIDERATI	PARAMETRI UTILIZZATI

Takodoro	1959	E	incisivi superiori	CPRL c,m,a RL c,m,a
Ito	1975	R	qualunque dente	CPCL
Ikeda et Al.	1985	E	incisivi e molari	CPCH CH IC
Drusini	1993	E	premolari molari	CPCH CH IC
Morse et Al.	1994	E	incisivo centrale mandibolare, altro dente	13 nel "modello clinico"; 8 nel "modello matematico"
Kvaal et Al.	1995	E	incisivo laterale, canino, primo premolare mandibolari; incisivi, secondo premolare mascellari	CPCH+CH) / RH (CH+RH) / RH (CPCH+CPH) / (CH+RH) CPRL <sub>c</sub> / RL <sub>c</sub> CPRL <sub>m</sub> / RL <sub>m</sub> CPRL <sub>a</sub> / RL <sub>a</sub>

Legenda parametri utilizzati per la determinazione di età nell'adulto

CH → altezza corona	RLc → larghezza radice cervicale
CPCL → larghezza camera pulpare coronale	RLm → larghezza radice media
CPCH → altezza camera pulpare coronale	RLa → larghezza radice apicale
CPRLc → larghezza camera pulpare dicolare cervicale	RH → altezza radice
CPRLm → larghezza camera pulpare dicolare medio	CPH → altezza camera pulpare dicolare
CPRLa → larghezza camera pulpare dicolare apicale	IC → indice coronale = PCH/CH x 100

Legenda esami radiografici: E: rx endorali; R: rx diretta di sezione dell'elemento dentario.

Nell'ambito della identificazione di età in soggetti adulti attraverso lo studio radiografico dei processi involutivi delle strutture dentarie sono state condotte, presso la Sezione di Discipline medico-forensi del Dipartimento di Medicina Pubblica e della Sicurezza Sociale dell'Università degli Studi di Napoli Federico II, esperienze diversificate che hanno portato alla elaborazione di alcuni metodi, in cui la determinazione dell'età individuale viene ricavata mediante il ricorso ad equazioni di regressione lineare con un errore standard minimo di +/- 1,98 anni.

METODI RADIO E VIDEOGRAFICI PER LA DETERMINAZIONE DI ETÀ' NELL'ADULTO ELABORATI DAL DIPARTIMENTO DI MEDICINA PUBBLICA E DELLA SICUREZZA SOCIALE					
ANNO	INDAGINE UTILIZZATA	DENTI CONSIDERATI	PARAMETRI VALUTATI	EQUAZIONE DI REGRESSIONE LINEARE OTTENUTA	ERRORE STANDARD
1994	E	Canino inferiore	Densità dentina radicolare	Età (anni) = - 2,05 x media dei livelli di griggio + 4,09 x sesso + 13,6	+/- 4,7 anni
1996	E	Canino inferiore	Densità dentina radicolare + RLC e RLa	Età (anni) = - 0,95 x RLa + 0,52 x RLC + 35,6	+/- 4,3 anni
1996	E	Canino inferiore	RLa; CPRLa	Età (anni) = - 2,83 x CPRLa - 0,49 x RLa + 59,3	+/- 3,6 anni
1997	V	Incisivi centrali inferiori	RLC; RLM; RLa; CPRLC; CPRLM; CPRLA; RH; CH	Età (anni) = - 28,41 x CPRLA - 8,70 x sesso - 9,86 x RLC - 77,22 x CPRLC - 1,52 x RH + 5,12 x RLa + 6,90 x CH + 1,40 x CPRLM + 0,69 x RLM + 153,33	+/- 2,7 anni
1998	V	Incisivi centrali inferiori	Area canale pulpare coronale e radicolare	Età (anni) = 41,31 + 0,0030 x area 10 + 4,5439 x area 2 - 0,2118 x area 3 - 0,0036 x area 6 + 0,014 x area 4 - 1,0014 x sesso	+/- 1,98 anni

*Legenda parametri utilizzati per la detrmnazione di età nell'adulto*

RLC > larghezza colletto anatomico

RLM > larghezza radice 1/3 medio

RLa > larghezza radice 1/3 medio-apicale

CPRLC > larghezza canale pulpare al colletto

CPRLM > larghezza camera pulpare 1/3 medio-radicolare

CPRLA > larghezza canale pulpare 1/3 medio-apicale

RH > lunghezza colletto anatomico - apice radicolare

CH > altezza tetto camera pulpare - piano del colletto anatomico

Sesso: 1 maschio; 2 femmina

*Legenda indagini : E: rx endorale; V: videoradiografia*

Area 10 > area selezionata del canale pulpare coronale e radicolare con livello di grigio da 0 al 100%

Area 2 > area selezionata del canale pulpare coronale e radicolare con livello di grigio da 0 al 20%

Area 3 > area selezionata del canale pulpare coronale e radicolare con livello di grigio da 0 al 30%

Area 6 > area selezionata del canale pulpare coronale e radicolare con livello di grigio da 0 al 60%

Area 4 > area selezionata del canale pulpare coronale e radicolare con livello di grigio da 0 al 40%

In merito alle metodiche articolate sull'osservazione microscopica del tessuto osseo e dentale, esse valutano i cambiamenti strutturali e morfologici ossei e dentari legati al progredire dell'età.

È opinione comune che tali tipi di indagini forniscono elementi utili per l'attribuzione dell'età biologica dopo i primi 40 anni, consentendo una stima dell'epoca di vita con buona approssimazione pur senza poter giungere a livelli di precisione particolarmente spinti sia per le interferenze determinate da fattori individuali anche di tipo esterno (abitudini alimentari, fumo, parafunzioni, affezioni morbose, fattori occupazionali, etc.), che per il forte grado di soggettività nella valutazione dei parametri considerati.

Il tessuto osseo subisce delle modifiche quali-quantitative sin dagli ultimi mesi della gravidanza: da una struttura a fibre intrecciate caratteristica dell'epoca fetale, si passa ad una a lamelle concentriche, inizialmente in sede perivasale o sottoperiosteale, con formazione di osteoni e spazi di Havers tipica dei primi anni di vita extrauterina per, poi, giungere ad una con osteoni e lamelle disposte irregolarmente propria dell'epoca adolescenziale. Successivamente la distribuzione degli osteoni si presenta più regolare, il rimaneggiamento osseo tende a rallentare e prende avvio il processo osteoporotico: il diametro dei canali di Havers e del canale midollare tendono ad

incrementare, lo strato compatto subisce un progressivo assottigliamento.

Analogamente, anche gli elementi dentari, completato il loro processo di maturazione ed eruzione in arcata, sono soggetti a fenomeni involutivi secondari sia fattori fisiologici che patologici: con il tempo si denotano segni di usura coronale, neoapposizione di dentina e cemento, riassorbimento della radice, ingiallimento dello smalto, parodontosi, fino a giungere al vacillamento e alla caduta del dente con successiva atrofia delle apofisi alveolari.

Pertanto, nell'ambito delle indagini microscopiche utili per la determinazione dell'età individuale i parametri prevalentemente considerati sono rappresentati, per ciò che concerne l'osso, dal numero di osteoni e di frammenti di vecchi osteoni, dalla area percentuale di osso lamellare, dal diametro dei canali di Havers e del canale midollare, dal grado di usura delle superfici articolari e, in merito ai denti, dall'entità del logorio delle superfici masticatorie, dalla quantità di cemento e di dentina secondaria neoapposta, nonché dal livello di migrazione apicale dell'attacco periodontale, del riassorbimento della radice e della trasparenza dei canali della stessa.

Padre delle metodiche strutturate sullo studio del grado di usura dentaria è quella proposta da Nadeshdin (1926), in cui è analizzato la sola entità del logoramento delle superficie occlusale degli incisivi e dei molari dell'arcata inferiore.

A tale metodica se ne sono susseguite altre tra cui risulta particolarmente nota quella di Gustafson (1950), articolata sull'osservazione microscopica di sezione sottile non decalcificata di dente monoradiolare, in cui oltre alla stima del grado di usura della superficie oclusale vengono anche analizzati altri parametri (apposizione di dentina secondaria nella cavità pulpare, neoformazione di cemento, migrazione apicale dell'attacco parodontale, riassorbimento della radice, trasparenza dei canali della radice) meglio apprezzabili ad un'osservazione microscopica.

Da ultimo, tra le tecniche chimico-fisiche (o istochimiche) di determinazione dell'età non può non farsi qualche accenno allo studio della racemizzazione dell'acido aspartico, metodica tutt'oggi ancora in fase di studio ma che sembra essere quella più idonea nel futuro a fornire più esatte stime di epoche di vita. Tale metodica è strutturata sull'assunto secondo cui il rapporto tra L-aminoacidi e D-aminoacidi tende a spostarsi a favore del denominatore con il progredire dell'età, con conseguente progressivo loro accumulo nei tessuti.

In particolare si è osservato che i livelli di acido aspartico nella forma "D" tendono ad incrementare in maniera lineare nei tessuti dentari (smalto, dentina) e che le variazioni del rapporto tra forma "L" e forma "D" del medesimo aminoacido sono strettamente correlate all'età dell'individuo.

## **RASSEGNA DELLE METODICHE IDENTIFICATIVE DI ETÀ IN SOGGETTI IN FASE DI CRESCITA MEDIANTE INDAGINI RADIOGRAFICHE DEL DISTRETTO CRANIO-MAXILLO-FACCIALE**

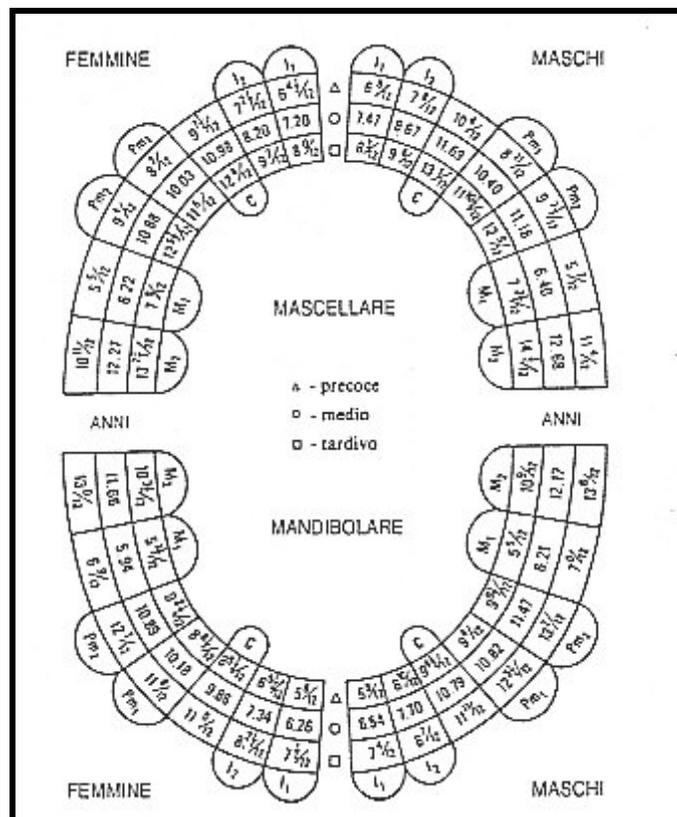
Le fasi dello sviluppo della dentizione umana, studiate sia attraverso l'esame diretto del cavo orale, sia per via radiografica (pressoché esclusivamente mediante OPT), sono note da tempo. La loro accurata determinazione assume particolare interesse medico legale soprattutto in momenti auxologici critici, quali l'epoca gestazionale interrotta (ai fini del giudizio di presunzione di vitalità del feto morto) e il raggiungimento della soglia cronologica del quattordicesimo o diciottesimo anno di età (rispettivamente per l'acquisizione della imputabilità e della capacità civile).

Va però sottolineato che in età evolutiva lo studio ispettivo diretto delle fasi della dentizione conferisce informazioni meno precise, per maggiore ampiezza degli intervalli di approssimazione nella stima dell'età dentaria, di quanto non possano dare i metodi di valutazione radiologica, oggi giunti a livelli di buona affidabilità.

Nel 1949 Hurme, sulla scorta di studi condotti complessivamente su 93000 casi, elaborò un grafico riguardante la cronologia dell'eruzione clinica delle corone dei denti permanenti con indicazione, per ogni elemento dentario e per ciascun sesso, dell'età media, precoce e tardiva di esfoliazione delle corone.

Il metodo, ancora oggi molto impiegato per la sua semplicità di lettura e affidabilità, evidenzia la precocità di eruzione dei denti dell'arcata inferiore e di quelli relativi al sesso femminile (Giusti, 1998).

L'impiego del diagramma di Hurme può trovare applicazione anche su metodiche radiografiche in quanto sull'OPT il margine osteo-mucoso, occlusale alla corona, risulta più o meno pervio a seconda del grado di eruzione dell'elemento dentale (Carlson et al., 1987; Manson-Hing, 1982).



Più recentemente Proffit et Fields Jr. (1995) hanno esteso lo studio della cronologia dello sviluppo dentale anche ai decidui, elaborando una tabella che stadia i tempi di inizio della calcificazione, del completamento della corona, dell'eruzione in arcata e del completamento della radice, sia nei decidui che nei permanenti.

<b>Cronologia dello sviluppo dentale secondo Proffit e Fields Jr. (1995)</b>								
<i>Dente</i>	<u><i>Inizio della calcificazione</i></u>		<u><i>Completamento della corona</i></u>		<u><i>Eruzione</i></u>		<u><i>Completamento della radice</i></u>	
	<i>maxilla</i>	<i>mandibola</i>	<i>maxilla</i>	<i>mandibola</i>	<i>maxilla</i>	<i>mandibola</i>	<i>maxilla</i>	<i>mandibola</i>
<b>deciduo</b>								
centrale	14 sett. in utero	14 sett. in utero	mesi 11/2	mesi 21/2	mesi 10	mesi 8	Anni 11/2	anni 11/2
laterale	16 sett. in utero	16 sett. in utero	mesi 21/2	mesi 3	mesi 11	mesi 13	Anni 2	anni 11/2
canino	17 sett. in utero	17 sett. in utero	mesi 9	mesi 9	mesi 19	mesi 20	Anni 31/4	anni 31/4
primo molare	15 sett. in utero	15 sett. in utero	mesi 6	mesi 51/2	mesi 16	mesi 16	Anni 21/2	anni 21/4
secondo molare	19 sett. in utero	18 sett. in utero	mesi 11	mesi 10	mesi 29	mesi 27	Anni 3	anni 3
<b>permanente</b>								
centrale	mesi 3	mesi 3	anni 41/2	anni 31/2	anni 71/4	anni 61/4	Anni 101/2	anni 91/2
laterale	mesi 11	mesi 3	anni 51/2	anni 4	anni 81/4	ore 71/2	Anni 11	anni 10
canino	mesi 4	mesi 4	anni 6	anni 53/4	anni 111/2	anni 101/2	Anni 131/2	anni 123/4
primo premolare	mesi 20	mesi 22	anni 7	anni 63/4	anni 101/4	anni 101/2	Anni 131/2	anni 131/2
secondo premolare	mesi 27	mesi 28	anni 73/4	anni 71/2	anni 11	anni 111/4	Anni 141/2	anni 15
primo molare	32 sett. in utero	32 sett. in utero	anni 41/4	anni 33/4	anni 61/4	anni 6	Anni 101/2	anni 103/4
secondo molare	mesi 27	mesi 27	anni 73/4	anni 71/2	anni 121/2	anni 12	Anni 153/4	anni 16
terzo molare	anni 8	anni 9	anni 14	anni 14	anni 20	anni 20	Anni 22	anni 22

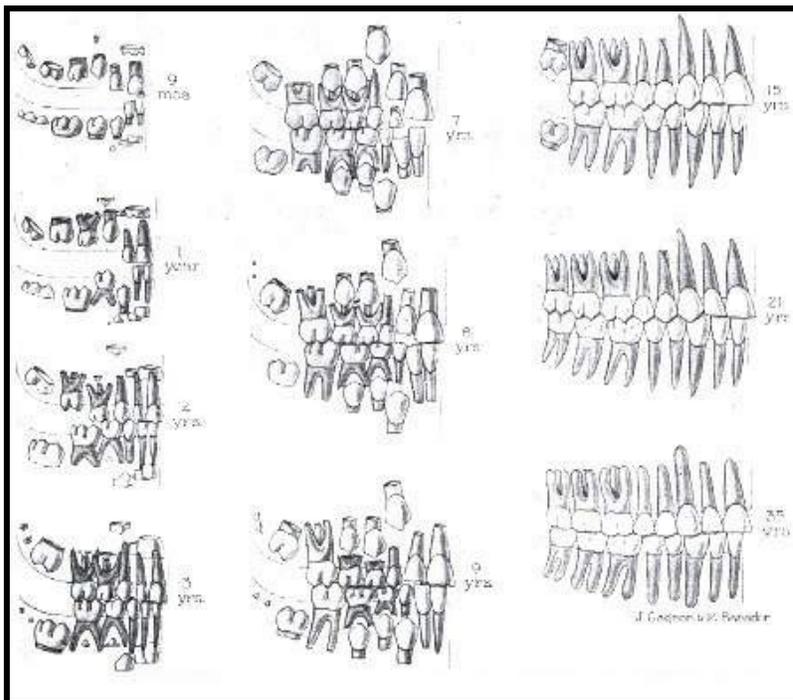
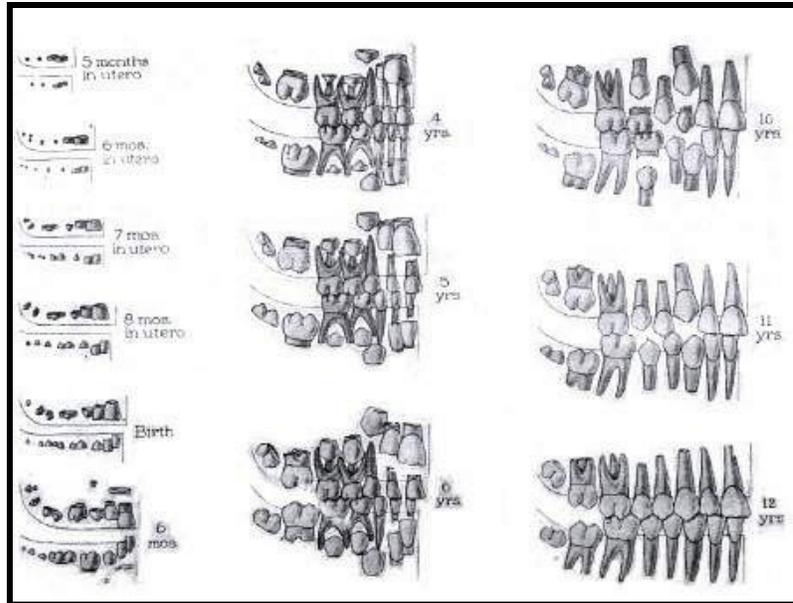
Tali quattro stadi sono tappe obbligate dello sviluppo cronologico dentario che si susseguono nel tempo.

Infatti, ciascun elemento dentario nella cronologia di sviluppo comincerà sempre a calcificare dalla corona, più precisamente dal margine oclusale, per pervenire al completamento della formazione di questa e proseguire nella formazione della radice sempre in senso corono-apicale, con contemporanea maturazione di quest'ultima e conseguente eruzione dello stesso fino alla chiusura dell'apice della radice.

Va rilevata l'esistenza di fasi intermedie di sviluppo che, se definite nella loro cronologia, possono contribuire all'ulteriore affinamento della definizione dell'età cronologica dentaria.

Nel corso degli ultimi sessanta anni sono comparsi in letteratura medico-legale metodi di attribuzione di età in fase evolutiva basati in via esclusiva sull'impiego di radiografie (prevalentemente OPT) (Schour e Massler, 1941; Nolla, 1960; Moorrees et al., 1963; Johanson, 1971; Demirjian et al., 1973; Gustafson e Koch, 1974; Ubelaker, 1978; Portigliatti Barbos et al., 1982; Robetti e Antonucci Ferrara, 1988; van der Linden e Duterloo, 1983; Harris et al., 1990; Kullman et al., 1992; Mornstad et al., 1994).

Con il metodo di Schour e Massler (1941) va comparata la radiografia (OPT) del soggetto da identificare con uno schema grafico che stadia in 21 fasi cronologiche lo sviluppo dentale a partire dal 5° mese di vita intrauterina fino ai 21 anni.



La fase cronologica di sviluppo della dentatura che meglio corrisponde a quella osservabile sull'immagine radiografica assunta, indica l'età ricercata.

L'intervallo di approssimazione può essere ristretto attraverso la valutazione comparativa delle opacità, indicative del grado di mineralizzazione raggiunto, delle immagini dei denti in arcata.

L'utilizzazione di tale metodo fornisce risultati attendibili con una approssimazione di soli pochi mesi fino all'età di 12 anni; l'intervallo di approssimazione (possibile errore di stima) si amplia, raggiungendo anche i 2 anni, nell'età compresa tra i 14 ed i 15 anni (Martini, 1988).

Il limite del metodo è la mancata considerazione delle differenze cronologiche nello sviluppo della dentizione esistenti tra i due sessi, posta la ripetuta evidenziazione sperimentale che nelle femmine si ha una più precoce eruzione dei denti permanenti di circa due anni.

La metodica di Nolla (1960) consiste nella determinazione ortopantomografica del grado di sviluppo di ciascun elemento dentario permanente, dalla presenza del germe fino alla completa formazione dell'apice radicolare, attribuendo ad esso un valore numerico unitario (da 1 a 10) ottenuto dalla comparazione con uno schema grafico relativo a 10 stadi di formazione e maturazione dentale nell'intervallo 3-18 anni.



Per le fasi intermedie di mineralizzazione può essere aggiunto il valore convenzionale di 0,2 (per segnalare un accrescimento appena superiore), di 0,5 (per indicare un grado intermedio di progressione) oppure di 0,7 (se lo sviluppo è leggermente inferiore al grado superiore).

Il punteggio ottenuto viene ricercato, anche per approssimazione, su due tabelle, separate per sesso, che riportano i punteggi medi relativi alle fasi di sviluppo dentario assegnati per ogni età e per ciascun dente.

L'età ricercata è quella correlata alla media prossima al punteggio ottenuto.

Tale metodica presenta i seguenti vantaggi (Conti et al., 1989):

- non riporta variazioni significative tra la parte destra e la sinistra, seppure in conseguenza della variabilità biologica siano state riscontrate, in minima entità, delle discrepanze;
- la dentizione femminile viene differenziata da quella maschile, in quanto più precoce, come inizio e come completamento;
- permette di controllare, rispetto ad un valore standard, il differente stadio di formazione dei denti presi singolarmente, nonché di valutare l'età dentale globale di tutta la dentatura (sia comprendendo gli ottavi sia escludendoli, in quanto spesso anomali).

Uno svantaggio del metodo consiste nella difficoltà di interpretazione radiografica del grado di calcificazione, perché può essere obiettivamente difficile e arbitrario stabilire la

porzione di radice formata non conoscendo ancora la lunghezza complessiva della stessa. L'errore di valutazione sull'inizio della calcificazione della corona può giungere, peraltro, fino a dodici mesi; quello sulla formazione completa della radice può riguardare diversi anni, ad eccezione del terzo molare, troppo imprevedibile nel suo sviluppo (Nossintchouk, 1991).

Il metodo elaborato da Moorrees et al. (1963) prevede l'esecuzione di rx endorali a livello degli incisivi centrali e laterali superiori e degli elementi dell'arcata mandibolare.

Tale indagine permette di identificare per ogni dente lo stadio di maturazione, classificato per confronto con rappresentazioni grafiche di predeterminate fasi di sviluppo dentario (13 per gli incisivi, i canini, i premolari e 14 per i molari) riportate in un apposito schema.

Allo stadio di maturazione così individuato corrisponde su un diagramma (diversificato a seconda del sesso e della tipologia dentaria) un segmento orizzontale, specifico per tale stadio.

Sul suddetto segmento si rinvergono i valori relativi a media, mediana (+/- 1) e deviazione standard (+/- 2) dell'età dentaria ricercata.

Nel caso che lo stadio di maturazione rilevato sia intermedio rispetto a due fasi contigue in tabella, va determinata la media dei valori riportati sui due segmenti contigui del diagramma.

Tale metodo è stato ripreso circa trenta anni dopo da Harris et al. (1990) i quali impiegarono, però, OPT, considerando le

immagini relative a tutti i denti di una delle emiarcate superiore e inferiore, nell'assunto che non vi siano differenze maturative tra denti omologhi.

Un'ulteriore differenza rispetto alla metodologia impiegata da Moorrees et al. (1963) è altresì rappresentata dall'impiego di tabelle (una per arcata) differenziate non solo per sesso e tipologia dentaria, ma anche per razza (bianca e nera).

Il metodo risulta di più agevole determinazione rispetto a quello di Moorrees et al. perché lo stadio di mineralizzazione individuato viene riportato più semplicemente su una delle due tabelle che fornisce immediatamente l'età ricercata all'incrocio tra la tipologia dell'elemento dentario, lo stadio di mineralizzazione medesimo, il sesso e la razza.

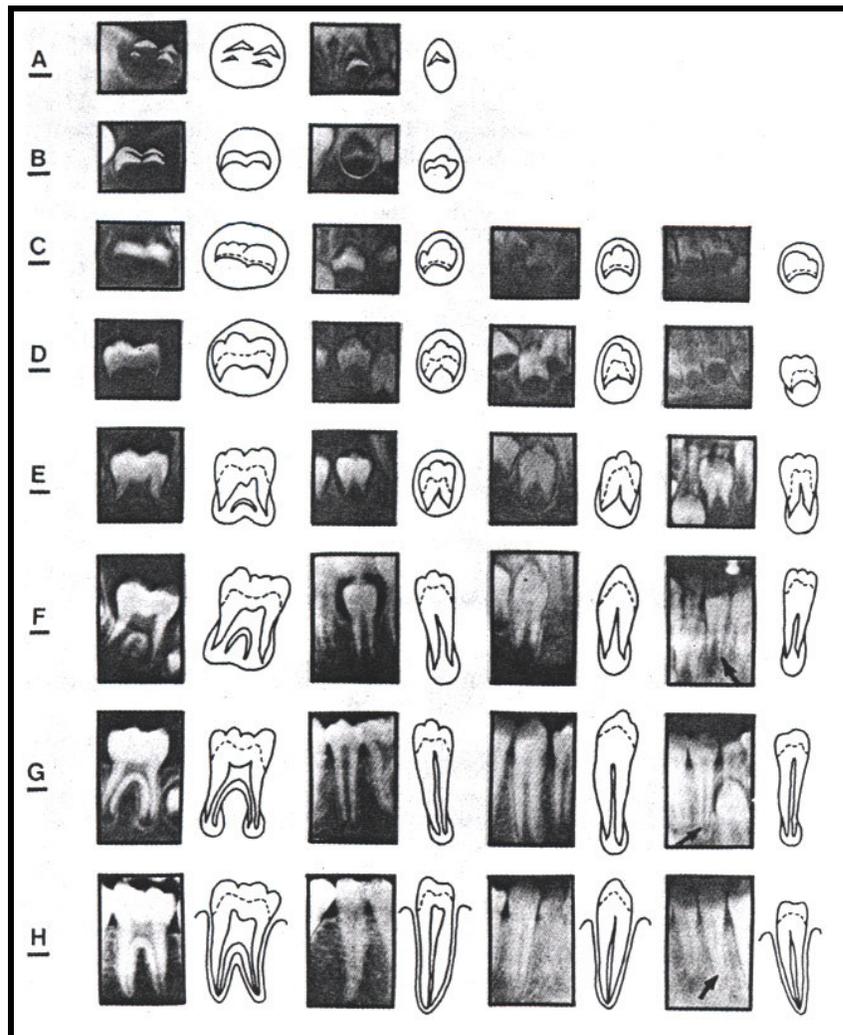
Un limite consistente del metodo è però rappresentato dal fatto che lo stesso ha valore fino al tredicesimo anno di età, in quanto strutturato su uno studio sperimentale condotto su soggetti da 3,5 ai 13 anni.

L'esperienza in questione ha peraltro consentito di verificare che le femmine hanno uno sviluppo dentario più rapido e che i neri hanno un tempo di eruzione più precoce, nonché il doppio dei distorsioni.

Camps e Cameron (1971) elaborarono un metodo basato sul confronto tra aspetto radiografico della dentatura in esame e quello di dentatura di età conosciuta, ma la sua diffusione risulta assai limitata in letteratura.

Con il metodo di Demirjian et al. (1973) si assumono esami radiografici, preferenzialmente OPT, di sette elementi dentari dell'emiarcata mandibolare sinistra (incisivi, canino, premolari, primo e secondo molare).

Per ogni dente esaminato si individua la fase evolutiva raggiunta in riferimento comparativo ad una delle otto previste a partire dalla comparsa dei punti di calcificazione (stadio A) fino alla chiusura degli apici radicolari (stadio H).



A ciascuna fase maturativa di ogni singolo elemento dentario è attribuito un punteggio, differenziato per sesso, desunto da uno studio di correlazione con il grado di maturità scheletrica secondo Tanner (1962).

La somma dei punteggi relativi ad ogni dente realizza uno score espressivo della maturità dentale globale, che riportato su apposite tabelle di conversione, indica l'età dentale ricercata.

L'applicazione del metodo può essere difficoltosa in assenza di uno o più elementi dentari su cui esso è strutturato; in questo caso è possibile far ricorso, se presente, al dente omologo dell'emiarcata controlaterale, per il fenomeno della simmetria maturativa esistente tra gli elementi dentari in posizioni corrispondenti nelle emiarcate contigue.

Nell'ipotesi di assenza anche del dente omologo, unico rimedio ipotizzabile di una relativa validità operativa potrebbe essere quello di attribuire un valore corrispondente al grado di maturazione prevista.

Il metodo di Gustafson e Koch (1974), considera il grado di mineralizzazione e formazione/maturazione di decidui e permanenti su entrambe le arcate, con esclusione dei terzi molari, attraverso OPT.

Esso comporta la verifica di quale delle seguenti quattro fasi di sviluppo sia stata raggiunta da ciascun elemento dentario esaminato:

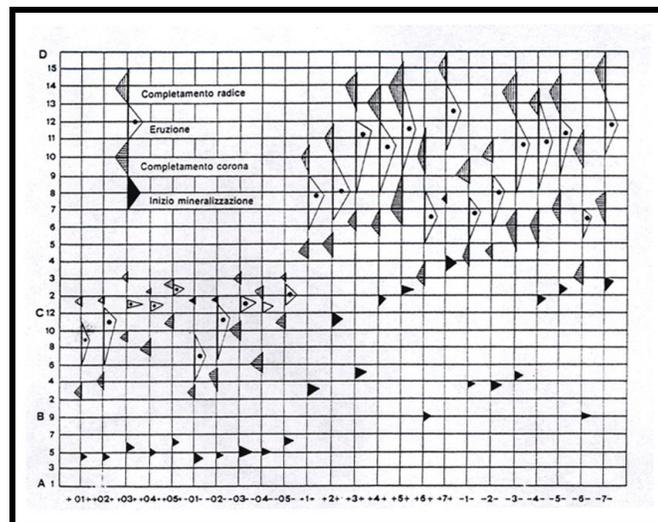
- inizio della mineralizzazione;

- completamento della formazione della corona;
- completamento dell'eruzione dentale;
- termine della formazione della radice.

Stabilita la fase di sviluppo per ogni dente, se ne prevede la ricerca di corrispondenza su un diagramma, raffigurante la cronologia di maturazione dentaria sotto forma di un piccolo triangolo il cui apice indica l'età media corrispondente a quella specifica fase ed i vertici circoscrivono l'escursione temporale minima e massima ammissibile.

Il diagramma riporta in ascissa gli elementi dentari indicati secondo la formula scandinava e in ordinata l'età raggrupata in tre fasce:

- A1 - B9: nove mesi di vita intrauterina;
- B9 - C12: primi dodici mesi di vita extrauterina;
- C12 - D: successivi anni di vita.



Limiti della metodica sono rappresentati dalla valutazione unica per maschi e femmine e la mancata considerazione della cronologia di fasi intermedie di sviluppo dentario tra quelle previste, con evidenti difficoltà per la determinazione di età di denti in fasi maturative intermedie alle quattro suddette (ad esempio, tra l'inizio della mineralizzazione ed il completamento della corona) (Umani Ronchi, 1993).

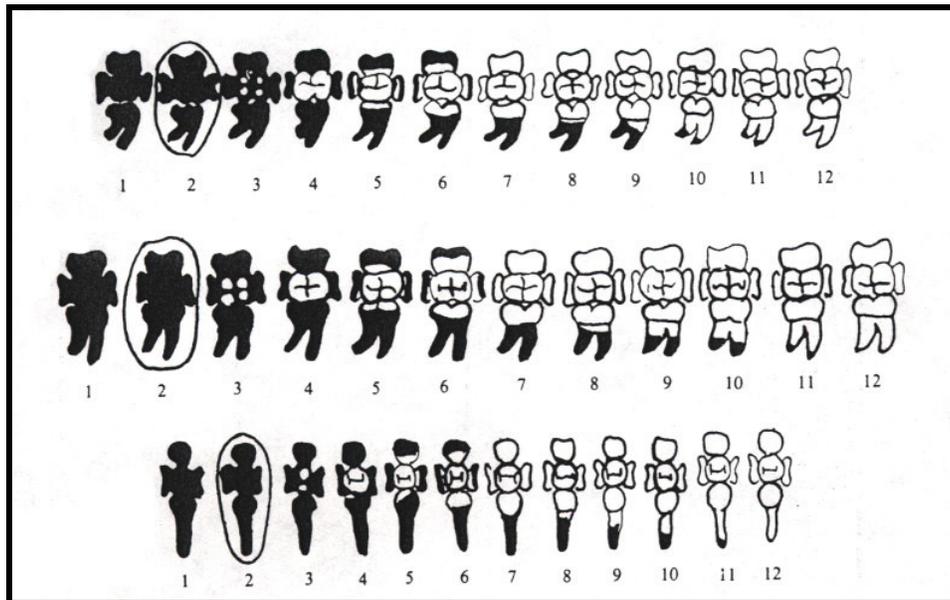
Ubelaker (1978) propone un metodo, raccomandato dal "Workshop European Anthropologists", per la valutazione dell'età dentale basato su grafici simili a quelli di Schour e Massler; anch'egli, tuttavia, non considera le differenze cronologiche di sviluppo esistente tra i due sessi.

Il metodo di Portigliatti Barbos et al. (1982) focalizza l'attenzione sul secondo decennio di vita, in cui può essere essenziale la determinazione dell'avvenuto compimento o meno dei 14 o 18 anni.

Utilizzando radiografie panoramiche (OPT) si osserva il grado di mineralizzazione delle corone e delle radici del secondo premolare inferiore destro (45), del secondo molare inferiore destro (47) e del terzo molare inferiore destro (48), elementi dentari scelti per la loro ampia visibilità sui radiogrammi.

L'immagine radiografica dell'elemento dentario esaminato viene comparata ad uno schema rappresentante le superfici coronali ed i processi radicolari differenziati in 12 stadi radiologici di

sviluppo a partire dall'assenza di mineralizzazione fino alla completa formazione dell'elemento dentario.



Prioritariamente l'osservazione va effettuata sul primo e sul terzo molare, perché la semplice analisi del grado di calcificazione dei due denti suddetti permette già di stabilire se il soggetto è di età inferiore ai 14 anni o superiore ai 18: se si osserva che la mineralizzazione del primo molare inferiore di destra ha raggiunto un grado inferiore all'undicesimo si può affermare che trattasi di un soggetto di età inferiore ai 14 anni; se i terzi molari si presentano nella fase 12, l'età del soggetto è superiore ai 18 anni.

Fasi radiologiche del grado di mineralizzazione dei denti permanenti (48; 47; 45) secondo Portigliatti Barbos et Al. (1982)

Fase 1	Assenza dell'immagine.
Fase 2	Abbozzo sotto forma di lacuna ossea.
Fase 3	Mineralizzazione delle soli cuspidi.
Fase 4	Mineralizzazione della superficie masticante.
Fase 5	Mineralizzazione di 1/3 della corona.
Fase 6	Mineralizzazione di 2/3 della corona.
Fase 7	Mineralizzazione completa della corona.
Fase 8	Mineralizzazione di 1/4 dei processi radicolari.
Fase 9	Mineralizzazione di 1/2 dei processi radicolari.
Fase 10	Mineralizzazione di 3/4 dei processi radicolari.
Fase 11	Apici radicolari chiusi.
Fase 12	Mineralizzazione completa.

Nel caso, invece, in cui si osservasse che il primo molare è nella fase 12 ed il terzo molare in una qualunque delle prime 11 fasi, dopo un conforto valutativo ottenuto mediante l'esame delle fasi dei medesimi elementi dell'emimandibola controlaterale, occorre applicare le due seguenti equazioni differenziate per sesso:

- nel sesso femminile:

$$4826,28 - 84,27 a - 372,8 c + 16,2 b^2 + 39,43 c^2 = \text{età in giorni} + 332;$$

- nel sesso maschile:

$$3122,91 + 3,24 a^2 + 5,56 b^2 + 19,43 c^2 = \text{età in giorni} \pm 312$$

dove:

- a = valore della fase del dente 45
- b = valore della fase del dente 47
- c = valore della fase del dente 48

E' stata anche prevista un'equazione suscettibile di applicazione su resti umani (mandibole), per i quali la determinazione del sesso non risulti agevole:

$4203,25 - 316,72 c + 0,62 a^2 + 10,85 b^2 + 36,36 c^2 = \text{età in giorni} \pm 324.$

Nell'utilizzare l'equazione è indispensabile tenere conto del fatto che l'età calcolata esprime un valore medio, accompagnata da un valore definito come errore standard di stima (E.S.: +/- 332 giorni nelle femmine e +/- 312 giorni nei maschi), il quale a sua volta esprime la media delle deviazioni dal valore medio calcolato.

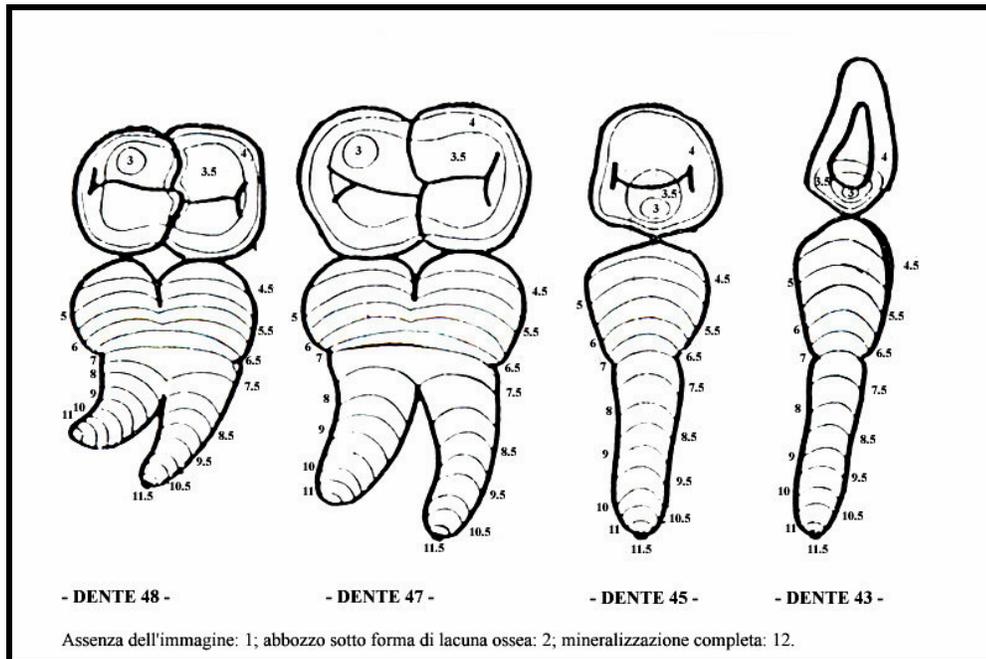
Per le note proprietà della distribuzione normale le probabilità che l'età del soggetto sia quella determinata sono del 68,29%.

Se si vuole esprimere una probabilità maggiore bisogna raddoppiare (95,45% di probabilità con E.S. x 2) o addirittura triplicare (99,73% di probabilità con E.S. x 3) l'errore standard.

Affine al metodo di Portigliatti Barbos et al. è quello di Robetti e Antonucci Ferrara (1988).

Esso fa ricorso ad uno schema grafico raffigurante le superfici dentarie coronali ed i processi radicolari del canino (43), secondo premolare (45), secondo (47) e terzo molare mandibolare (48)

con un punteggio attribuito alle 21 diverse fasi di mineralizzazione raggiunte.



Acquisita attraverso OPT l'immagine radiografica dei denti suddetti, la si correla allo schema grafico e mediante colorazione della corrispondente parte del dente ancora radiotrasparente si desume il punteggio relativo alla fase di mineralizzazione raggiunta.

Si farà successivamente ricorso ad una equazione diversa a seconda che il caso concerna la fascia dei 12-16 anni oppure quella dei 16-18 anni.

In particolare:

a) quando i secondi molari sono completamente erotti e canini, secondi premolari, secondi e terzi molari sono radiologicamente ancora in fase di mineralizzazione ci si trova sicuramente nella fascia dei 12-16 anni (4380-5840 giorni) ma resta dubbio il compimento o meno dei 14 anni.

Tale incertezza potrà essere superata applicando la seguente equazione: + età (in giorni) =  $6258,23 + 8,93 \times 48^2 - 565,83 \times 47 + 32,23 \times 47^2 + 6,61 \times 45^2$  (+/- 218,46);

b) quando i secondi molari sono completamente erotti e radiologicamente soltanto i terzi molari sono ancora in fase di mineralizzazione ci si trova con certezza nella fascia dei 16-20 anni (5841-7300 giorni) ma rimane dubbio l'avvenuto compimento dei 18 anni.

L'incertezza può trovare superamento nell'applicazione della seguente equazione: +età (in giorni) =  $- 265,73 \times 48 + 6572,16 + 27,23 \times 48^2$  (+/- 294,14).

In alternativa alle considerazioni dei suddetti elementi dentari si potrà ricorrere a quella degli omologhi sull'emiarcata controlaterale poiché si è osservato radiograficamente che questi sono, nella grande maggioranza dei casi, nella stessa fase di mineralizzazione. Non sono impiegabili gli elementi dell'arcata mascellare perché la loro immagine radiografica si sovrappone a quella di altre strutture ossee, con difficoltà alla precisa definizione del loro grado di mineralizzazione.

Van der Linden e Duterloo (1983), sulla base di preparati scheletrici di crani essiccati, di loro schemi grafici e di immagini teleradiografiche, hanno elaborato un atlante che descrive sin dalle fasi embrio-fetali la cronologia degli aspetti morfologici e topografici dello sviluppo dell'apparato dentario e del complesso cranio-maxillo-facciale in otto predefiniti stadi auxologici della dentizione, basandosi sul concetto che la morfogenesi dei denti, lo sviluppo della dentizione e l'accrescimento del complesso cranio-facciale sono processi strettamente correlati (van der Linden e Duterloo, 1983; van der Linden, 1986).

Tali AA. hanno ottenuto per ogni stadio auxologico considerato in tabella diversi schemi grafici, la cui comparazione con un'immagine ortopantomografica relativa all'individuo da identificare, può portare attraverso il loro grado di sovrapponibilità alla determinazione di età.

Mornstad et al. (1994) hanno proposto un metodo di stima dell'età dentaria nel range di 6-14 anni, differenziato per sesso, basandosi su parametri morfometrici di elementi dentari (41, 43, 44, 45, 46, 47, 48) rilevati attraverso OPT.

Il metodo, che non prevede differenza tra il lato destro e il sinistro, prende in considerazione cinque parametri metrici (determinati su immagini radiografiche montate su tavola digitalizzata), meglio correlati con l'età: 43 AW, 44 RL, 46 AAW, 46 DAW, 47 ARL per entrambi i sessi, 43 RL e 45AW per il sesso maschile, 41 AW, 44 AW, 47 AAW, 48 ARL (ARL: media tra le

giunzioni laterali smalto-dentinali e gli apici dei canali radicolari; RL: distanza tra la giunzione smalto-dentinale e l'apice del canale radicolare; AAW: media delle larghezze degli apici dei canali radicolari; AW: larghezza dell'apice del canale radicolare; DAW: larghezza dell'apice del canale radicolare laterale). Attraverso la loro correlazione si perviene, per i due sessi, a quattro equazioni di regressione multipla lineare, di cui tre relative a tre fasce di età parzialmente sovrapponibili (6-10; 8-12; 10-14) ed una relativa all'arco temporale includente le tre predette fasce (6-14); per ognuna di tali equazioni risulta calcolata anche la deviazione standard della predizione media (std) e l'errore standard di stima (se).

Secondo tale metodica il primo passo per risalire all'età di un soggetto, di cui si conosce (o si presume in caso di resti scheletrici dentari) il sesso, consisterà nel misurare i suddetti parametri metrici. I valori ottenuti vanno moltiplicati per un fattore di ingrandimento pari a 1,35. Successivamente si calcolerà l'età in prima approssimazione con l'uso dell'equazione globale in modo da pervenire ad un primo valore orientativo. Ottenuto lo stesso, si ricalcolerà il parametro età ricorrendo all'equazione relativa al range di età in cui tale valore cade. Per calcolare, infine, l'intervallo di confidenza (C.I.) si farà ricorso alla seguente espressione:

$$C.I. = Y_{pr} \pm t(1-\alpha/2, N-2) \sqrt{S^2_{y} + S^2}$$

dove:

- $Y_{pr}$  è l'età calcolata con l'equazione specifica per il range di età;
- $t_{(1-\alpha/2, N-2)}$  ha un valore di 1,96 per un C.I. del 95%, di 2,58 per un C.I. del 99%, 3,29 per un C.I. del 99,9%;
- $S_{2y}$  è la std dell'equazione usata;
- $S_2$  è la se dell'equazione usata.

Il valore numerico che scaturisce da questa formula sarà aggiunto o sottratto al valore dell'età ottenuta mediante l'equazione specifica per il range di età, in modo che questa corrisponda alla reale con una approssimazione del 95, 99, 99,9% in riferimento al valore attribuito alla seconda variabile.

Nessuno dei metodi sino ad ora considerati prevede il ricorso, come si è visto, al III molare, da molti ritenuto, come si è detto, elemento di scarsa affidabilità ai fini della valutazione di età per le possibilità di numerose variazioni individuali.

Johanson (1971), invece, al fine della determinazione di età tra i 14 e 18 anni ha rivolto l'attenzione valutativa proprio su tale elemento dentario, differenziandone sette stadi di sviluppo ed individuando per ognuno un range di età corrispondente.

Lo stesso A. ha anche dimostrato (1985) che l'apice del terzo molare inferiore è chiuso a 19,6 anni (DS: 0,35 anni) in entrambi i sessi.

Tale dato si discosta lievemente da quello riportato da Engstrom (1983), secondo cui la radice del terzo molare inferiore è

completa a 18 anni nei maschi e a 18,3 anni nelle femmine, con una DS di 0,2 anni.

**STADI DI SVILUPPO DEL TERZO MOLARE E CORRISPONDENTI ETA' (CON INDICAZIONE DELLA DEVIAZIONE STANDARD) SECONDO JOHANSON (1971)**

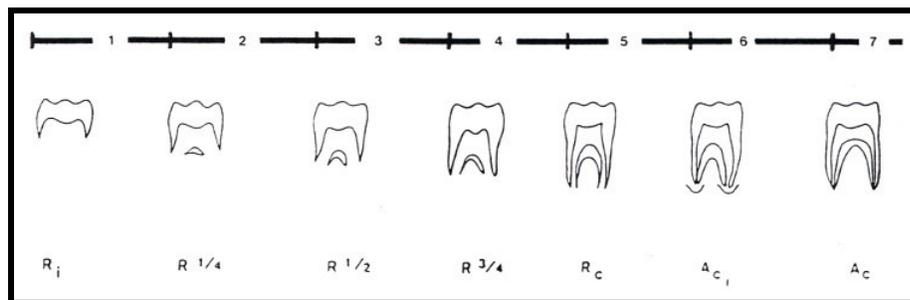
- a) segni di iniziale mineralizzazione delle cuspidi;
- b) corona sviluppata per metà;
- c) corona completamente sviluppata;
- d) radice formata per 5 mm;
- e) radice formata per metà;
- f) radice completamente formata ma con apice non completamente chiuso;
- g) apice della radice completamente formato.

Stadio	Età media e dispersione (anni)	Significatività 95% (intervallo)
A	10,3 +/- 1,18	6,8 - 13,8
B	11,4 +/- 1,05	9 - 13,8
C	14,1 +/- 2,62	8 - 20,2
D	15,8 +/- 1,81	11,3 - 20,3
E	17 +/- 1,47	13,7 - 20,3
F	17,9 +/- 1,14	15,3 - 20,5

Anche Kullman et al. (1992) si sono occupati esclusivamente dell'ottavo mandibolare, indifferentemente di destra o di sinistra, con un metodo basato sulla comparazione tra immagini radiografiche fornite da OPT e uno schema grafico raffigurante sette figure indicative di diversi successivi stadi maturativi dell'ottavo. Ogni figura trova separata dettagliata descrizione in

una accessoria tabella che offre anche la possibilità di una comparazione diretta tra quanto rilevato all'OPT e quadro morfologico tipico di un ben preciso stadio dell'iter maturativo del dente in questione.

In un'ulteriore tabella vengono riportate per ciascuna fase evolutiva i valori relativi all'età media con la D.S. per maschi e femmine.



- $R_i$ - $R^{1/4}$  o 1: lo sviluppo della radice è iniziato, ma meno di  $1/4$  della lunghezza totale della radice si è formata;
- $R^{1/4}$ - $R^{1/2}$  o 2:  $1/4$  o più della lunghezza totale della radice si è formata, ma non oltre  $1/2$ ;
- $R^{1/2}$ - $R^{3/4}$  o 3:  $1/2$  o più della lunghezza totale della radice si è formata, ma non oltre  $3/4$ ;
- $R^{3/4}$ - $R_c$  o 4:  $3/4$  o più della lunghezza totale della radice si è formata anche se non completamente;
- $R_c$ - $A_{c_i}$  o 5: la lunghezza totale della radice è stata raggiunta, ma la chiusura dell'apice non è ancora iniziata;
- $A_{c_i}$ - $A_c$  o 6: la chiusura dell'apice è iniziata, ma lo stesso non è chiuso;
- $A_c$  o 7: apice chiuso, lo sviluppo della radice è completato.

STADI DI SVILUPPO DEL TERZO MOLARE E CORRISPONDENTI ETA' (CON INDICAZIONE DI MEDIA E DEVIAZIONE STANDARD) DIFFERENZIATI PER SESSO SECONDO KULLMAN ET AL. (1992)				
STADIO	MASCHIO		FEMMINA	
	media	d.s.	media	d.s.
1	15,0	1,3	15,4	0,9
2	15,9	1,0	16,6	1,7
3	16,9	1,1	16,8	1,6
4	17,3	1,2	17,9	1,6
5	18,0	1,2	18,6	1,8
6	19,2	1,0	19,9	1,6

Lo studio attraverso il quale si è pervenuto alla formulazione del metodo, ha consentito di verificare che gli stadi maturativi 2, 4, 5, 6 sono più precocemente raggiunti dai maschi.

Nel corso degli anni alcuni AA. si sono cimentati in esperienze applicative di talune delle suddette metodiche di determinazione di età, anche rivolte alla obiettivizzazione di differenze legate al tipo di elemento ed al sesso considerato.

De Ferrari et al. (1989) hanno impiegato la metodica di Nolla con esclusione intenzionale del terzo molare per la frequente anomalia di calcificazione delle sue radici, concludendo che l'interpretazione dell'esame ortopantomografico secondo tale metodica può consentire con sufficiente precisione la determinazione dell'età anagrafica del soggetto, quanto meno nel sesso femminile e con le opportune limitazioni dovute all'origine etnica della popolazione considerata.

I suddetti AA. hanno ribadito che il metodo può essere significativo soprattutto per il sesso femminile in quanto, essendovi la chiusura totale degli apici radicolari a 13 anni e 8 mesi (con una D.S. +/- 2 mesi), la presenza di un'apertura degli stessi è sicuramente indice di un'età inferiore ai 14 anni.

D'altro canto, il fatto che una ragazza presenti gli apici completamente chiusi non è una sicura prova che la stessa abbia compiuto i 14 anni.

Nel sesso maschile, se all'esame radiologico risultano chiusi tutti gli apici radicolari vi è elevatissima probabilità che trattasi di un soggetto che ha superato i 14 anni di età (con le cautele relative a possibili pur assai rari casi di chiusura apicale molto precoce).

Anderson et al. (1976) hanno verificato, con uno studio basato sul metodo di Moorees et al., che l'età di eruzione è più precoce nelle femmine e che la differenza di eruzione tra i due sessi può giungere fino a 3 anni per il canino mandibolare.

Pertanto, quando si procede alla determinazione dell'età su resti scheletrici di cui non sia noto il sesso, tali AA. suggeriscono di evitare di utilizzare i canini e i denti adiacenti (Crestati et al., 1996; Martini, 1988).

Malagola et al. (1989) hanno applicato il metodo di Demirjian et Al. ad un campione di 173 OPT di soggetti di entrambi i sessi, con età compresa tra i 5 e i 14 anni, valutando, attraverso appositi grafici (7 per il sesso femminile e 7 per il sesso maschile), i tempi di sviluppo e l'indice di maturità degli elementi

dentali dell'emiarcata mandibolare sinistra con esclusione dell'ottavo.

A conclusione dello studio hanno rilevato una più precoce eruzione nel sesso femminile, evidenziando altresì la possibilità di individuare, a sviluppo dentale ultimato, due distinti gruppi di tipologia dentaria in funzione dell'epoca di conseguimento dello sviluppo medesimo. Il primo è costituito dai due incisivi e dal primo molare che pervengono alla completa maturazione entro gli 11 anni; il secondo dal canino, dai due premolari e dal secondo molare che terminano lo sviluppo entro i 15 anni.

Koshy S. e Tandon S. (1998) hanno impiegato la metodica di Demirjian et al. per stimare l'età dentale in bambini dell'Indiana del Sud, con età compresa tra i 5 e i 15 anni, facendo ricorso a 184 OPT.

Gli AA. hanno rilevato in entrambi i sessi una sovrastima dell'età dentale rispetto a quella cronologica rispettivamente, in media, di 3.04 anni nel maschio e 2.82 nella femmina.

La sovrastima è apparsa maggiore nei soggetti con età compresa tra i 12 ed i 15 anni, probabilmente in ragione di modificazioni legate alla crescita prepuberale e puberale; la sua minore entità nelle donne dimostrerebbe che la maturazione dentale è più precoce in queste.

A tali conclusioni sono pervenuti anche altri AA. (Nystrom et al., Giusti, Nolla, Harris et al., Anderson et al., Malagola et al.).

In conclusione nell'applicazione della predetta metodica, secondo Koshy e Tandon, va sempre tenuto presente la sussistenza di un margine di approssimazione ampio, da ricondurre a differenze culturali ed etniche, nonché a fattori ambientali quali stato socio-economico e dieta abituale.

Thorson et al. (1991) e Mincer e al. (1993) basandosi sugli otto stadi evolutivi descritti da Demirijan et Al., hanno condotto un'esperienza applicativa limitata al terzo molare.

I primi evidenziarono una bassa associazione tra l'età dentale del terzo molare inferiore e quella cronologica. Sebbene la precisione dello studio, valutata in base all'errore di stima tra gli esaminatori, fosse alta, si riscontrò una sistematica sottostima dell'età cronologica (da -6 mesi a -3,5 anni nel gruppo femminile, con deviazione standard della differenza media tra età cronologica ed età dentale di circa 24 mesi; da -10 a -17 mesi nel gruppo maschile, con deviazione standard della differenza media tra età cronologica ed età dentale di circa 17 mesi).

A conclusioni simili sono giunti anche Mincer et al. (1993): data la grande variabilità fisiologica nella formazione e nell'eruzione del terzo molare, la differenza tra l'età dentale desumibile e quella effettiva è troppo ampia per poter ritenere questo elemento come utile marker nella stima dell'età.

Questi AA. sono tuttavia pervenuti alla conclusione che se un soggetto presenta il terzo molare in uno dei primi quattro stadi

(A – D) descritti da Demirjian et Al. egli ha sicuramente meno di 18 anni; se presenta il terzo molare nell'ultimo stadio di formazione (H) ha con certezza più di 24 anni e con buona probabilità più di 18; se presenta il terzo molare in uno dei tre stadi intermedi (E – G), risulta difficile stabilire se abbia più o meno di 18 anni.

Tali AA. hanno inoltre evidenziato un'asimmetria del grado di formazione del terzo molare tra il lato destro e quello sinistro della stessa arcata dentaria, anche se non è possibile rilevare una sistematica prevalenza di un lato sull'opposto; tale asimmetria è stata riscontrata anche tra le due arcate, con più precoce formazione del terzo molare di quella inferiore. Da ciò hanno dedotto che lì dove è possibile, la valutazione contemporanea di più terzi molari fornisce una stima dell'età più accurata. Hanno anche osservato, confermando l'osservazione in merito di Kullman et al., che, contrariamente a quanto avviene per gli altri elementi dentari, la formazione e l'eruzione del terzo molare è più precoce nel maschio.

In gran parte dei metodi riportati (e negli studi applicativi degli stessi) è stata sottolineata la differenza esistente tra i sessi nella cronologia dello sviluppo dentale.

Nel tentativo di oggettivare attraverso un fattore di correzione la differenza legata al sesso dell'epoca di eruzione dentale, Gleiser e Hunt (1955), studiando il primo molare permanente inferiore (scelto in quanto privo di precursore deciduo e perché, avendo in

arcata una posizione centrale e paracentrale, la propria immagine radiografica risulta priva di deformazioni) mediante l'uso di radiografie laterali oblique delle mascelle, hanno proposto una formula di correzione dell'età: età di soggetto femminile =  $0,95 \times$  età di soggetto maschile.

Confrontando l'età dentale con quella ossea (quest'ultima ricavata dalla comparazione di radiografie della mano con la tavola dell'età ossea di Greulik e Pyle), gli stessi AA. hanno ricavato che la corrispondenza tra età ossea e età dentale indica che il soggetto è probabilmente di sesso maschile; una mancata corrispondenza per prevalenza dell'età ossea su quella dentale deporrebbe per il sesso femminile. Queste ultime due osservazioni risultano utili nella determinazione del sesso su resti scheletrici.

\* \* \* \* \*

Trattandosi di metodi elaborati in prevalenza da AA. stranieri e, ad eccezione di quello di Portigliatti Barbos et al., privi di dichiarato indice di affidabilità, in una precedente esperienza praticata presso il Dipartimento di Medicina Pubblica e della Sicurezza Sociale si è proceduto alla applicazione di alcune delle metodiche identificative di età nei soggetti in fase di crescita (Schour e Massler; Nolla; Demirjian et al.; Gustafson e Koch; Ubelaker; Portigliatti Barbos et Al.; Robetti e Antonucci Ferrara;

Harris et Al.; Kullman et al.) su di un campione di 49 OPT di soggetti (20 maschi e 29 femmine) con età compresa tra 6 e 22 anni e con caratteristiche antropometriche proprie della nostra popolazione per verificarne il predetto livello di affidabilità in relazione ad una popolazione con peculiarità socio-economiche tipiche della nostra società.

Ogni singolo radiogramma è stato digitalizzato e l'immagine così acquisita è stata interpretata in cieco da 3 diversi esaminatori con riferimento al grado di mineralizzazione ed eruzione di uno o più elementi dentari, pervenendosi alla stima dell'età nel rispetto rigoroso delle fasi applicative previste dalle singole metodiche.

I dati ottenuti sono stati sottoposti ad elaborazione statistica descrittiva (espressa in termini di affidabilità) e successivamente ad analisi multivariata di regressione multipla e discriminante con estrapolazione di equazioni di correlazione lineare utilizzando i seguenti parametri:

- età reale del soggetto;
- età attribuita da ciascun operatore;
- sesso del soggetto considerato;
- grado di maturazione degli elementi dentari valutati nelle singole metodiche;
- livello di soggettività dell'operatore nell'attribuzione del grado di sviluppo dentario.

Si è constatato che i suddetti metodi accertativi di età in soggetti in fase evolutiva forniscono i migliori risultati fino all'età massima

di 14 anni, epoca oltre la quale la stima dell'età dentaria è affidata quasi esclusivamente allo studio delle fasi di sviluppo dei terzi molari, elementi, tuttavia, di scarsa affidabilità ai fini dell'attribuzione di età in quanto soggetti a numerose variazioni individuali (agenesia, malformazioni, oscillazione dell'epoca di formazione ed eruzione, etc.).

L'analisi comparativa delle metodiche considerate ha posto in rilievo una sensibile discrepanza nell'attribuzione di età in relazione all'epoca di conseguimento della completa maturazione dentale (esclusa quella del terzo molare in quanto non da tutti valutata) che alcune di esse considerano raggiunta al compimento dei 15 anni (Schour e Massler; Ubelaker) ed altre al compimento dei 16 anni (Nolla; Demirjian et Al.; Gustafson e Koch).

Si è avuta, inoltre, conferma del dato di letteratura che lo sviluppo dentario, con l'esclusione del terzo molare, è più precoce nelle femmine rispetto ai maschi.

La verificata affidabilità assoluta (esatta corrispondenza dell'età attribuita dai valutatori con quella reale) delle metodiche considerate nel loro insieme è stata pari al 30%, con una grandezza minima del 5.5% (metodo di Portigliatti Barbos et al. applicato al sesso femminile) e massima del 69.2% (metodo di Portigliatti Barbos et al. applicato al sesso maschile), che si eleva al 70% qualora si considera un intervallo della stima dell'età dentaria di +/- 1 anno.

<b>LIVELLO DI AFFIDABILITÀ</b>		
<b>Autori</b>	<b>Affidabilità assoluta (%)</b>	<b>Affidabilità con S.D. di +/- 1 (%)</b>
Schour e Massler	36.7	67.3
Nolla	M. 37.5; F. 35.7	M. 77; F. 78.5
Demirjian et al.	M. 15.5; F. 27.7	M. 62.2; F. 83.3
Gustafson e Koch	27.3	63
Portigliatti Barbos et al.	M. 69.2; F. 5.5	M. 76.9; F. 72.2
Robetti e Antonucci Ferrara	30.6	64.5
Ubelaker	36.7	67.3
Harris et al.	M. 25; F. 30.3	M. 75; F. 78.7
Kullman et al.	M. 10 ; F. 23.8	M. 60 ; F. 42.8

La valutazione statistico-poliparametrica e la successiva analisi multivariata di regressione multipla e discriminante dei dati ottenuti dall'applicazione dei vari metodi ha consentito di pervenire per ciascuna metodica (con l'esclusione di quella di Schour e Massler e di Ubelaker) ad equazioni di regressione lineare con specifica probabilità predittiva di una corretta età calcolata (affidabilità) associata ad una precisa D.S.

Tali equazioni di regressione lineare hanno il vantaggio di poter essere applicate in un range di età compreso tra i 6 ed i 22 anni e non solo nelle fasce di età previste dai rispettivi metodi e considerano un numero di variabili minore (da un minimo di 1 ad un massimo di 4) di quello previsto dalle metodiche originali, con

conseguente agevolazione per l'operatore deputato alla lettura del radiogramma.

Tra le variabili considerate nelle equazioni di regressione lineare assumono particolare rilevanza, per la loro ricorrenza, il grado di mineralizzazione del secondo molare inferiore e quello del terzo inferiore e superiore, nonché il sesso.

Si è peraltro appurato che il soggettivismo valutativo dell'esaminatore nell'attribuzione del grado di maturazione dentale non influenza il risultato finale in quanto tale parametro non è mai rientrato tra le variabili delle equazioni di correlazione lineare ottenute.

Equazione di correlazione lineare estrapolabile dalla metodica di Nolla	
equazione di correlazione lineare	età calcolata = $-0.05154 + GM8s \cdot 0.787 + sex \cdot 1.396 + GM7i \cdot 1.577 - GM5i \cdot 0.711$ S.D. +/- 1.6
R (indice di Pearson)	0.921
sig.	0.000
affidabilità	M. 75.5%; F. 60%.
legenda: GM8s = grado di mineralizzazione del 18; GM7i = grado di mineralizzazione del 47; GM5i = grado di mineralizzazione del 45; sex = 1 maschio, 2 femmina.	

Equazione di correlazione lineare estrapolabile dalla metodica di Demirjian	
equazione di correlazione lineare	età calcolata = $-2.98 + GM7i * 2.575$
	S.D. +/- 2.03
R (indice di Pearson)	0.897
sig.	0.000
affidabilità	M. 77.5 %; F. 78.5%
legenda: GM7i=grado di mineralizzazione del 47.	

Equazione di correlazione lineare estrapolabile dalla metodica di Gustafson e Koch	
equazione di correlazione lineare	età calcolata = $13.137 + GM7i * 3.351 - GM1i * 4.912 + GM3s * 2.574$
	S.D. +/- 2.6
R (indice di Pearson)	0.818
sig.	0.000
affidabilità	74.1%
legenda: GM7i=grado di mineralizzazione del 47; GM1i=grado di mineralizzazione del 41; GM3s=grado di mineralizzazione del 13.	

Equazione di correlazione lineare estrapolabile dalla metodica di Portigliatti Barbos et al.	
Equazione di correlazione lineare	età calcolata = $-1.033 + GM8i * 0.550 + GM7i * 0.891 + sex * 1.581$
	S.D. +/- 1.8
R (indice di Pearson)	0.911
sig.	0.000
Affidabilità	M. 86.2%; F. 79.9%
legenda: GM8i = grado di mineralizzazione del 48; GM7i = grado di mineralizzazione del 47; sex = 1 maschio, 2 femmina.	

Equazione di correlazione lineare estrapolabile dalla metodica di Robetti e Antonucci Ferrara	
equazione di correlazione lineare	età calcolata = $-0.855+GM7i*0.903+GM8i*0.558+sex*1.1.476$ S.D. +/- 1.7
R (indice di Pearson)	0.921
sig.	0.000
Affidabilità	87.7%
legenda: GM7i = grado di mineralizzazione del 47; GM8i = grado di mineralizzazione del 48; sex = 1 maschio, 2 femmina.	

Equazione di correlazione lineare estrapolabile dalla metodica di Harris et al.	
equazione di correlazione lineare	età calcolata = $-0.780+GM7i*0.837+GM8s*0.404+sex*1.341$ S.D. +/- 1.5
R (indice di Pearson)	0.924
sig.	0.000
affidabilità	M. 63.6 %; F. 77.4%
legenda: GM7i = grado di mineralizzazione del 47; GM8s = grado di mineralizzazione del 18; sex = 1 maschio, 2 femmina.	

Equazione di correlazione lineare estrapolabile dalla metodica di Kullman et al.	
equazione di correlazione lineare	Età reale= $8.391+GM8i*1.160+sex*2.161$ S.D. +/- 2.5
R (indice di Pearson)	0.812
sig.	0.000
affidabilità	M. 66.6 %; F. 53.3%
legenda: GM8i = grado di mineralizzazione del 48; sex = 1 maschio, 2 femmina	

Un ulteriore affinamento della capacità predittiva dell'età biologica di tali equazioni di regressione lineare potrebbe essere ottenuto, inoltre, qualora il ricorso all'indagine ortopantomografica, esame utilizzato dagli AA. delle metodiche considerate, venisse integrato dall'impiego delle rx endorali in quanto accertamento strumentale in grado di fornire informazioni più dettagliate circa l'effettiva maturazione dei singoli elementi dentari.

Pur tuttavia l'utilizzo anche delle rx endorali comporterebbe una maggiore indaginosità applicativa, con ricorso pressoché esclusivo di tale indagine radiografica nel cadavere per la più elevata irradiazione dei soggetti esaminati.

## **PROSPETTAZIONE DELLA NOSTRA METODICA**

Sulla scorta di precedenti esperienze si è approntato un metodo computer-assistito, basato sull'analisi fuzzy, per la determinazione di età in soggetti in fase di crescita mediante impiego di 66 OPT.

### **MATERIALE E METODO**

Il metodo da noi approntato è strutturato su di un campione di 56 OPT relative a soggetti di entrambi i sessi (23 maschi e 33 femmine), di età compresa tra 26 e 316 mesi (figg. 1a,b), con caratteristiche antropometriche proprie della nostra popolazione. Le OPT, effettuate presso il Dipartimento di Scienze Odontostomatologiche e Chirurgia Maxillo-Facciale dell'Università degli Studi di Napoli Federico II, ineriscono a soggetti affetti da disordini di interesse ortodontico, ma comunque esenti da patologie sistemiche e/o locali dell'accrescimento capaci di influire sullo sviluppo dentario.

Ogni radiogramma è stato digitalizzato e l'immagine ottenuta elaborata con software dedicato per consentire una agevole interpretazione della stessa.

*DISTRIBUZIONE DEL CAMPIONE DI SESSO FEMMINILE PER FASCE DI ETÀ*

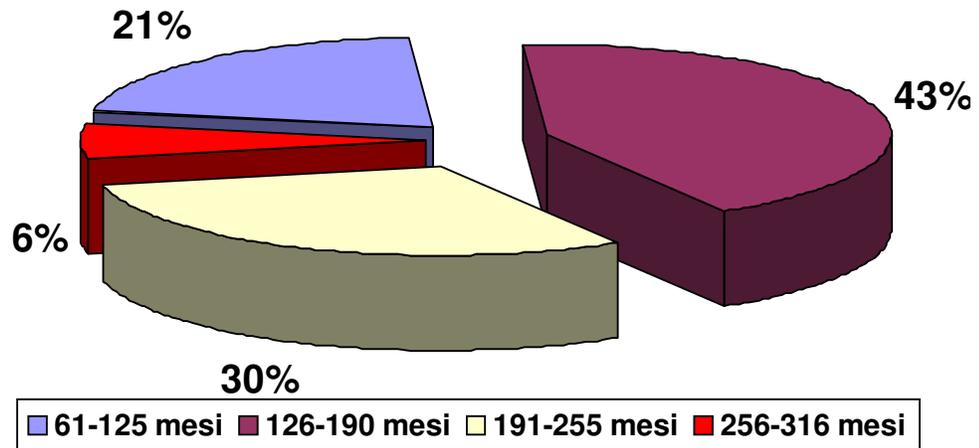


Fig. 1a

---

*DISTRIBUZIONE DEL CAMPIONE DI SESSO MASCHILE PER FASCE DI ETÀ*

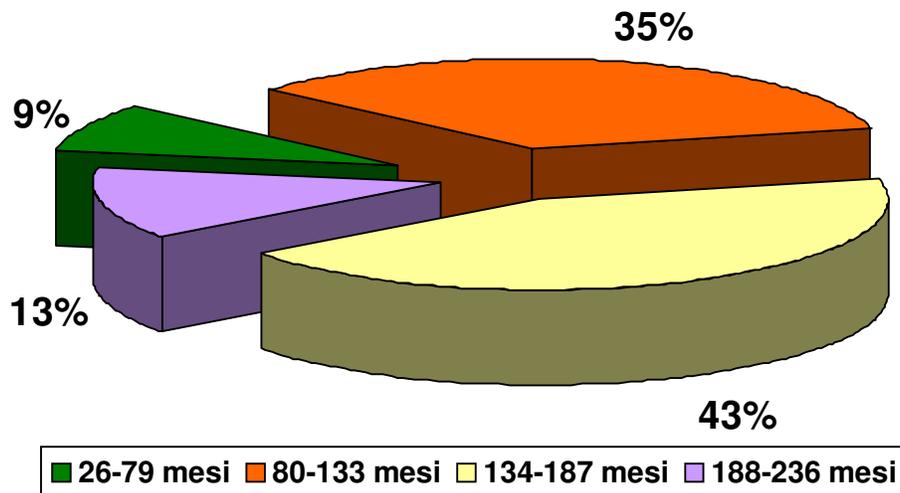


Fig. 1b

Le fasi della digitalizzazione delle OPT, dell'analisi statistica e della successiva analisi fuzzy sono state realizzate mediante impiego di una Work Station con Hardware costituito da CPU Intel Pentium IV 1.5 Ghz, RAM 256 MB, Scheda video Matrox MGA G-200 AGP 64 MB, Monitor 17" Trinitron Sony, Scanner Epson GT 9500 retroilluminato e software rappresentato da MATLAB v.5.3, SPSS/PC+ v.10.1, Corel Draw v. 10.0.

Cinque diversi operatori (2 medicolegali e 3 odontoiatri) hanno identificato il grado di mineralizzazione degli 8 elementi dentari permanenti in una emiarcata superiore ed inferiore dell'immagine digitalizzata per comparazione visiva con uno dei 18 stadi maturativi per i denti pluriradicolari e dei 17 per i monoradicolari descritti in tabb.Ia,b.

DESCRIZIONE DEI GRADI RADIOGRAFICI DI MATURAZIONE DEI DENTI MONORADICOLARI CON RELATIVI “CATEGORICAL DATE” ASSEGNATI	
0	assenza dell'immagine;
5	abbozzo sotto forma di lacuna ossea;
10	iniziale calcificazione/mineralizzazione delle cuspidi sotto forma di cono/i invertito/i, senza fusione tra i suddetti punti di calcificazione;
13	iniziale coalescenza delle cuspidi;
17	completa coalescenza delle cuspidi con formazione di una regolare linea di demarcazione occlusale o masticante;
20	mineralizzazione di 1/3 della corona;
30	mineralizzazione di 1/2 della corona;
40	mineralizzazione di 2/3 della corona;
50	mineralizzazione di 3/4 della corona;
60	mineralizzazione completa della corona;
65	iniziale formazione della radice;
70	radice lunga 1/4 della lunghezza totale;
77	radice lunga 1/2 della lunghezza totale;
83	radice lunga 3/4 della lunghezza totale;
90	radice completa con apice completamente aperto;
95	radice completa con apice aperto per 1/2;
100	radice completa con apice completamente chiuso.

Tab Ia

DESCRIZIONE DEI GRADI RADIOGRAFICI DI MATURAZIONE DEI DENTI MONORADICOLARI CON RELATIVI “CATEGORICAL DATE” ASSEGNATI	
0	assenza dell'immagine;
5	abbozzo sotto forma di lacuna ossea;
10	iniziale calcificazione/mineralizzazione delle cuspidi sotto forma di cono/i invertito/i, senza fusione tra i suddetti punti di calcificazione;
13	iniziale coalescenza delle cuspidi;
17	completa coalescenza delle cuspidi con formazione di una regolare linea di demarcazione occlusale o masticante;
20	mineralizzazione di 1/3 della corona;
30	mineralizzazione di 1/2 della corona;
40	mineralizzazione di 2/3 della corona;
50	mineralizzazione di 3/4 della corona;
60	mineralizzazione completa della corona;
65	iniziale formazione della radice;
70	radice lunga 1/4 della lunghezza totale;
77	radice lunga 1/2 della lunghezza totale;
83	radice lunga 3/4 della lunghezza totale;
90	radice completa con apice completamente aperto;
95	radice completa con apice aperto per 1/2;
100	radice completa con apice completamente chiuso.

Tab. Ib

In accordo con i dati riportati in letteratura, non si sono riscontrate differenze significative del grado di maturazione tra elementi dentari in posizione omologa (corrispondente in arcata controlaterale).

Pertanto, la scelta di ciascun elemento dentario omologo da considerare è stata dettata esclusivamente dalla migliore definizione dell'immagine ad esso relativa.

Gli stadi maturativi considerati sono stati ottenuti integrando quelli previsti nei metodi identificativi di età basati sull'OPT; ad ognuno di essi è stata assegnato un "categorical data" (codice numerico di tipo qualitativo).

L'affidabilità valutativa degli esaminatori è stata preliminarmente verificata su un set di 10 OPT a mezzo della statistica k (SPSS v. 10.1).

Solo tre valutatori, con punteggio k superiore a 0.6, sono stati ammessi al test-run di validità del modello di inferenza proposto. Gli stessi valutatori hanno operato, dopo un congruo periodo di tempo (1 settimana), una nuova interpretazione random delle immagini radiografiche digitalizzate (Landis et al., 1977).

I "categorical data" assegnati in seconda battuta dai 3 valutatori agli stadi di maturazione dei singoli elementi dentari di ogni OPT, l'età reale ed il sesso dei soggetti esaminati hanno costituito l'input dell'analisi fuzzy.

La legge fuzzy quantifica con ragionamento compreso tra due stadi deterministici di certezza: vero/falso, basso/alto, si/no.

In accordo con Zadeh (1965) un insieme fuzzy  $A$  in spazio  $X$  è caratterizzato da una funzione  $f_A(X)$  la quale associa a ciascun punto di  $X$  un numero reale appartenente all'intervallo  $[0,1]$  dove  $f_A(X)$  in  $X$  rappresenta il grado di appartenenza di  $X$  in  $A$ .

Pertanto, un alto valore di  $f_A(X)$ , prossimo all'unità, indica un elevato grado di appartenenza di  $X$  in  $A$ .

Per ciascun fuzzy set è stato applicato il "Sugeno type fuzzy inference systems" (uno dei maggiori programmi di apprendimento) basato su un algoritmo ibrido di apprendimento per l'identificazione dei parametri necessari e sufficienti per il processo di "inference fuzzy" vero e proprio.

Esso applica una combinazione del metodo dei minimi quadrati e del metodo di "backpropagation gradient descent" per apprendere il sistema di inferenza fuzzy (FIS).

Con l'impiego della funzione GENFIS2 (MatLab v. 5.3; Toolbox v. 3.0), basata sull'algoritmo di "subtractive clustering" (Chiu, 1994), è stato generato un sistema di "inference fuzzy" che calcola l'output (età) basato su 16 input (grado di maturazione degli elementi dentari considerati).

L'efficacia del sistema di inferenza fuzzy nella stima dell'età è stata valutata sottoponendo allo stesso una serie di dati relativi al grado di maturazione dentale desunto dall'immagine radiografica digitalizzata di 10 OPT di soggetti (5 maschi e 5 femmine) esterni (e quindi non ancora conosciuti dal sistema stesso) al campione considerato.

Il valore concernente lo sviluppo dentario del suddetto pool di soggetti è stato attribuito con le stesse modalità impiegate per i casi appartenenti all'originario campione di studio.

## RISULTATI

Il "clustering" risulta essere una buona tecnica per trattare grossi insiemi di dati: l'idea principale è quella di "distillare" gruppi naturali di dati da un set molto grosso, così da fornire un preciso ma conciso modello di sviluppo.

Questo studio ha mostrato quanto accurata sia la precisione ottenibile nonostante la natura multidimensionale del problema (Erdman, 1987).

La media delle deviazioni standard delle età stimate con il metodo impiegato rispetto a quelle reali è stata di +/- 10 mesi con un'affidabilità del 70% nei maschi e di +/- 8 mesi con affidabilità del 75% nelle femmine (tab. II).

Exp	Check	Sex	Età reale in mesi	Età stimata in mesi	Exp	Check	Sex	Età reale in mesi	Età stimata in mesi
1				<b>88</b>	1				114
2	1	F	82	<b>84</b>	2	1	M	106	114
3				<b>75</b>	3				94
1				<b>138</b>	1				<b>138</b>
2	2	F	129	<b>138</b>	2	2	M	134	<b>146</b>
3				<b>117</b>	3				<b>131</b>
1				<b>205</b>	1				<b>162</b>
2	3	F	202	<b>201</b>	2	3	M	168	<b>160</b>
3				<b>195</b>	3				<b>158</b>
1				<b>231</b>	1				<b>180</b>
2	4	F	246	<b>239</b>	2	4	M	182	<b>180</b>
3				<b>232</b>	3				<b>175</b>
1				<b>297</b>	1				<b>186</b>
2	5	F	292	<b>297</b>	2	5	M	191	<b>187</b>
3				<b>289</b>	3				<b>181</b>

Tab. II

Il diagramma riportato in fig. 2 illustra la correlazione tra l'età reale, espressa in mesi sull'asse delle ascisse, e quella individuata dal "sistema esperto" raffigurata anch'essa in mesi sull'asse delle ordinate, relativa al set dei soggetti di sesso maschile appartenenti al campione impiegato. Una buona sovrapposizione tra le due suddette variabili sarà espressa da una retta disposta secondo la diagonale  $x=y$ .

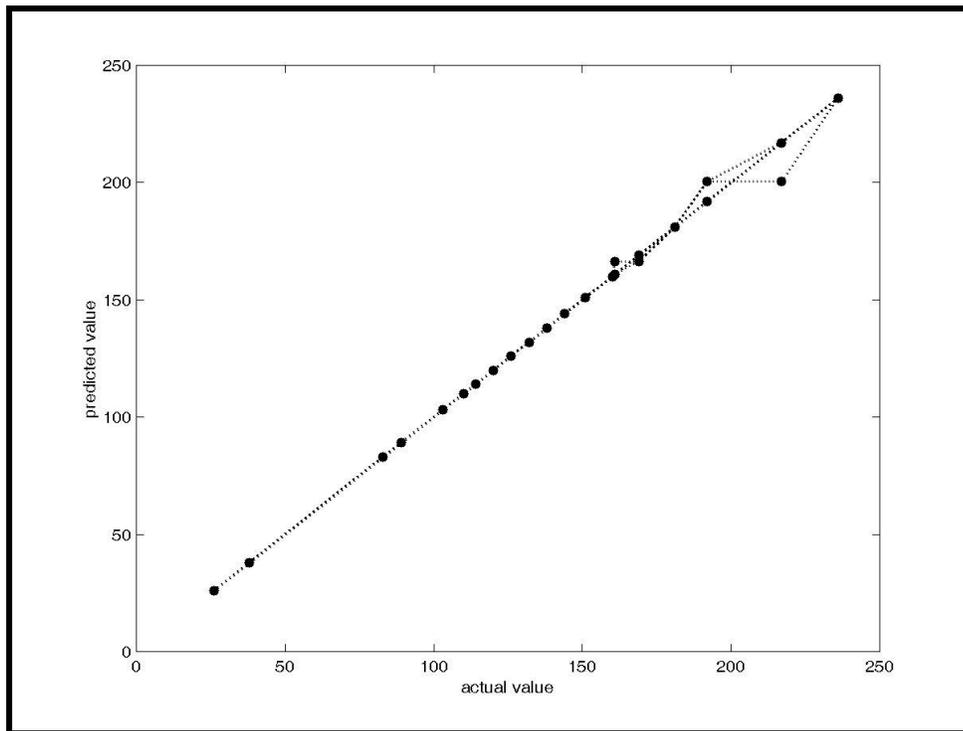


Fig. 2

Nella fig. 3 sono riportati i diagrammi espressivi dell'andamento dei valori di input (16 variabili) per ogni singolo elemento dentario di ogni OPT esaminata dei 3 valutatori.

È da notare la buona concordanza dei valori di stima del grado di maturazione dentaria espressi dai valutatori, particolarmente soddisfacente nei primi due.

Esiste, invece, una lieve discrepanza, per quel che riguarda i dati relativi agli VIII tra il terzo valutatore ed i primi due.

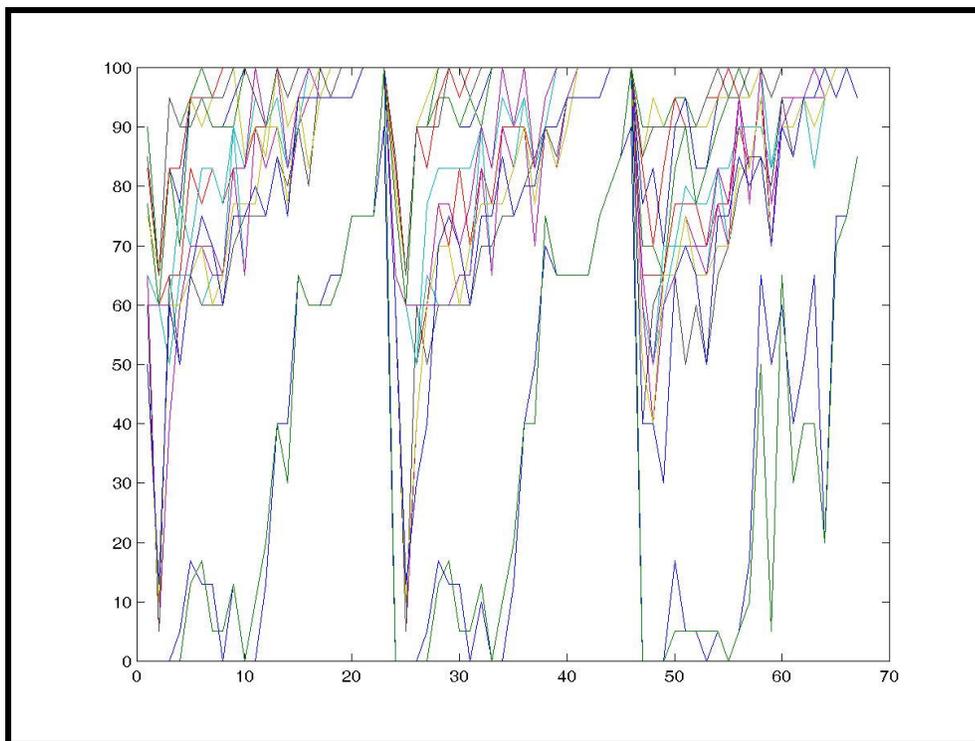


Fig. 3

La fig. 4 illustra il grado di sovrapposibilità tra i valori di output (età reale) e quelli predetti dal modello fuzzy (età calcolata) sulla base dei dati forniti da ogni singolo valutatore relativamente ad ogni soggetto di sesso maschile.

Lo sdoppiamento delle curve indica lo scostamento fra valore calcolato e valore reale.

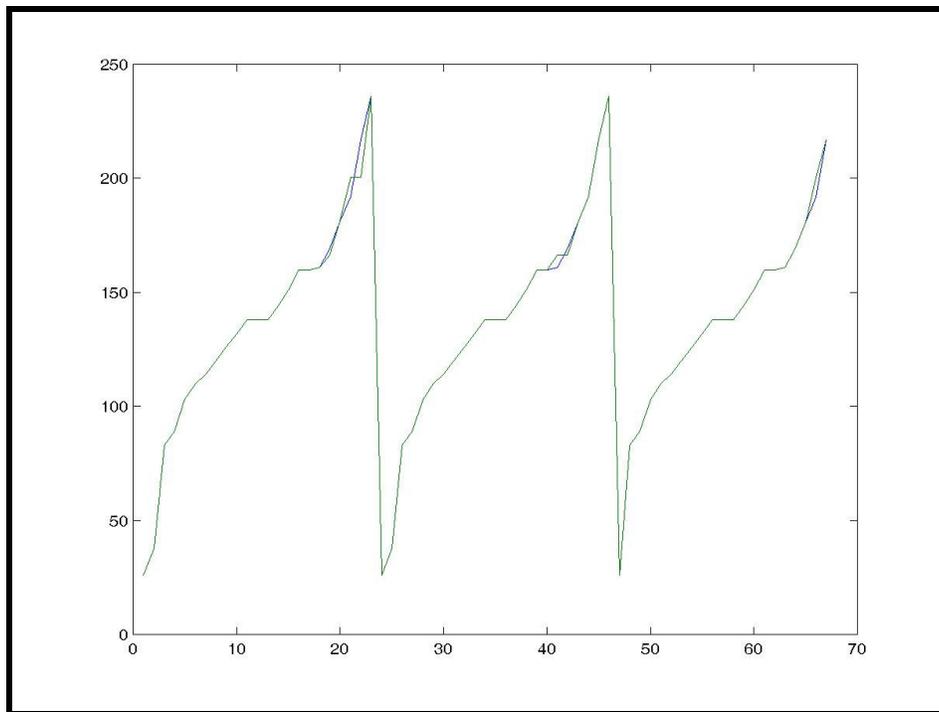


Fig. 4

## DISCUSSIONE

La diagnosi di età risulta possibile con buona approssimazione nel periodo evolutivo, risultando assai meno agevole e largamente approssimativa dopo i primi due decenni di vita (EMI, 1979; Angelini Rota, 1997).

Le metodiche identificative di età basate sul ricorso ad indagini radiografiche risultano essere quelle di più facile applicabilità e di maggiore utilità nel vivente (Umani Ronchi et al., 1995; Angelini Rota, 1997; Crestati et al., 1999).

Deve essere, però, puntualizzato che la stragrande maggioranza di questi metodi sono stati elaborati su soggetti di origine anglosassone, di stato socio-economico elevato, potendo ragionevolmente ammettersi la ricorrenza di molteplici fattori esterni (razza, dieta, infezioni, clima, condizioni socio-economiche, occupazione, urbanizzazione, patologie) capaci di influenzare il processo di maturazione scheletrica e dentale (Cazzaniga et al., 1999; Crestati et al., 1999; Grandi et al., 1999).

In particolare, è noto che le popolazioni nord europee hanno una velocità di maturazione dentaria più lenta di quelle mediterranee (Cazzaniga et al., 1999; Crestati et al., 1999).

In tale ottica si è condotta una precedente esperienza applicativa dei suddetti metodi radiografici identificativi di età su di un campione costituito da 49 OPT relative a soggetti (20 maschi e 29 femmine) in fase di crescita (con età compresa tra 6 e 22

anni), esenti da patologie sistemiche e/o locali dell'accrescimento capaci di influire sullo sviluppo dentario con caratteristiche antropometriche proprie della nostra popolazione (Di Lorenzo et al., 2000).

L'elaborazione statistica descrittiva dei dati derivati dall'applicazione al nostro campione delle metodiche prese in considerazione ha consentito di stabilire per ognuna di esse il livello di affidabilità, in termini assoluti (esatta corrispondenza dell'età attribuita dai valutatori con quella reale) e con intervallo di stima dell'età dentaria di +/- 1 anno.

Tra i metodi in cui l'attribuzione dell'età è differenziata per sesso, quelli di Portigliatti Barbos et al. e di Nolla hanno presentato il più alto valore di affidabilità assoluta, pari, rispettivamente, a 69,2% per il sesso maschile e 35,7% per quello femminile.

Con una S.D. di +/- 1 hanno mostrato valori più elevati di affidabilità la metodica di Nolla (77%) per il sesso maschile e quella di Demirjian (83,3%) per il sesso femminile.

Tra le metodiche che non considerano il parametro sesso quelle di Schour e Massler e di Ubelaker hanno presentato i maggiori valori percentuali di affidabilità sia assoluta (36,7) che con S.D. di +/- 1 (67,3).

L'analisi maturativa dell'apparato stomatognatico è un preciso indicatore di età soprattutto tra la nascita e il periodo adolescenziale (12-14 anni), risultando lo sviluppo dentale meno

influenzato da fattori ambientali e patologici rispetto a quello dello scheletro (Mappes et al., 1999).

Su questi presupposti il metodo identificativo di età impiegato è basato sul grado radiograficamente evidente di maturazione dentale in soggetti in fase di crescita con caratteristiche antropometriche proprie della nostra popolazione e condizioni socio-economiche comuni.

Le classiche metodiche radiografiche di identificazione di età basate sull'impiego delle OPT presentano un comune iniziale step operativo costituito dalla necessità di procedere alla preventiva valutazione del grado di mineralizzazione e/o eruzione di uno o più elementi dentali (decidui e/o permanenti) sull'emiarcata mandibolare e/o mascellare.

Dal grado di maturazione dentale dedotto è possibile ricavare l'età attraverso il ricorso, in via complementare o anche esclusiva, a tavole o schemi grafici, diagrammi ed equazioni di correlazione lineare, appositamente elaborati per singolo metodo, indicativi di specifiche epoche dentarie.

Nella maggior parte di queste metodiche l'attribuzione di età è differenziata per sesso.

La nostra precedente esperienza (Di Lorenzo et al., 2000) ha dato conferma del dato di letteratura (Gleiser et al., 1955; Nolla, 1960; Anderson et al., 1976; Malagola et al., 1989; Harris et al., 1990; Koshy et al., 1998; Grandi et al., 1999; Pinchi et al., 2000;

Piscozzi, 2000) secondo cui lo sviluppo dentario, con l'esclusione del terzo molare, è più precoce nelle femmine rispetto ai maschi. Pertanto, per pervenire ad una corretta stima dell'età dentale è necessario considerare, così come si è fatto nel presente lavoro, anche tale mutabile.

Solo alcune metodiche identificative di età (Gustafson et al., 1974; Ubelaker, 1978; Portigliatti Barbos et al., 1982; Robetti et al., 1988; Harris et al. 1990; Kullman et al., 1992) pervengono alla stima dell'epoca dentaria facendo ricorso ad un intervallo di approssimazione, spesso diversificato per fasi di sviluppo e talvolta per elemento dentario studiato.

Inoltre, ogni metodo presenta uno specifico range di età previsto dall'autore nell'ambito del quale risulta applicabile.

Ciò comporta che prima di ricorrere all'impiego di uno specifico metodo di determinazione di età risulta utile osservare l'immagine OPT-grafica per individuare approssimativamente l'età del soggetto da identificare in modo da restringere il numero di metodiche effettivamente applicabili.

In alternativa, la corretta stima dell'età potrà essere ottenuta solo con la contemporanea applicazione integrata di tutte le metodiche.

Diversamente da quanto sopra il metodo computer assistito da noi elaborato presenta un range di applicabilità che si estende dai 26 ai 236 mesi nei maschi (DS di +/- 10 mesi ed affidabilità

del 70%) e dai 61 ai 316 mesi nelle femmine (DS di +/- 8 mesi ed affidabilità del 75%).

Circoscritti scostamenti dell'età stimata oltre i valori della DS calcolata derivano dalla cattiva qualità delle immagini esaminate (soprattutto per ciò che concerne gli elementi dentari permanenti dell'arcata dentale superiore), ricollegabile alla presenza di fattori disturbanti (affollamento dentario, inclusioni, rotazioni, etc.).

In presenza di una immagine dentaria qualitativamente insoddisfacente si è dedotto il grado di maturazione dentale mediante l'analisi del grado di sviluppo sia dell'opponente che, laddove possibile, dell'omologo.

Un congruo periodo di preventivo addestramento dell'esaminatore, così come previsto dalle classiche metodiche identificative di età basate su rilievi radiografici, ha reso agevole nel nostro studio l'attribuzione del "categorical data" al relativo stadio maturativo dentale.

Infatti, la rilettura random delle immagini radiografiche digitalizzate operata dai 3 esaminatori ammessi al test-run, espletata dopo 1 settimana dalla prima analisi, ha mostrato un elevato livello di concordanza dei risultati delle letture valutative svolte nelle due successive esperienze rilevative.

Si sono considerati tutti gli elementi dentari permanenti di una emiarcata superiore ed inferiore, pur consci della maggiore indaginosità che tale scelta applicativa comporta, poiché i gradi

di maturazione ad essi relativi considerati nel loro insieme forniscono un più ampio numero di combinazioni, ognuna espressiva di un'epoca di crescita.

Qualora si verifici la perdita parziale o totale degli elementi dentari del mascellare inferiore risulta impossibile per molte metodiche (Demirjian et al., 1973; Kullman et al., 1992; Portigliatti Barbos et al., 1982; Robetti et al., 1988) pervenire all'attribuzione di età.

Il nostro metodo, pur in assenza di tutti gli elementi dentari mandibolari, riesce comunque a stabilire delle regole basate sull'analisi della maturazione dei soli denti dell'arcata superiore che consentono di pervenire ad una corretta stima di età.

Si è, inoltre, verificato che il sistema utilizza il grado di maturazione degli ultimi due molari superiori ed inferiori per restringere preliminarmente il campo di attribuzione di età che successivamente viene ulteriormente ridotto con le informazioni fornite dagli altri elementi dentari.

Va evidenziato che in questa fase dello studio nella costituzione del database sono stati esclusi i valori corrispondenti allo sviluppo dentale dei due casi in cui è emersa una evidente discrepanza tra l'età dentale stimata e quella cronologica.

Si è ritenuto di procedere in tal senso poiché l'introduzione dei suddetti anomali parametri nel pool di informazioni acquisite dal sistema fuzzy determina un evidente ampliamento della DS.

Tuttavia tale inconveniente potrà essere risolto fornendo al sistema informazioni relative ad un numero maggiore di soggetti border-line o francamente patologici.

Infatti, un tale procedimento consentirebbe alla logica fuzzy di creare nuove e specifiche regole utili per identificare correttamente l'età di tali soggetti (Tanake et al., 1997).

Nei pochi casi in cui si è osservato una notevole variabilità intervalutatore della stima maturativa dentale nell'ambito del campione dei soggetti da identificare, con una attribuzione dell'età oltre i limiti previsti dalla nostra DS, si è proceduto ad una rilettura di "équipe" della stessa.

Ciò ha consentito di ottenere un sensibile miglioramento della risposta, riportando il dato finale nell'ambito dell'intervallo da noi prospettato.

In sintesi, può concludersi che alla relativa semplicità di applicazione dello studio proposto, richiedente tra l'altro brevi tempi di esecuzione, corrisponde una buona affidabilità della determinazione di età.

## **ESPERIENZA APPLICATIVA DI DETERMINAZIONE DI ETÀ IN UN CASO GIUDIZIARIO**

Convocato presso la Sezione Penale della Corte di Appello di Potenza, mi venne conferito il mandato di Consulente Tecnico d'Ufficio con l'incarico di accertare "l'esatta età dell'imputata C. A. - alias C. E." per un reato commesso circa 8 mesi prima.

Si procedette pertanto all'esame clinico dell'imputata da cui anamnesticamente emerse l'assenza di patologie ereditarie e/o dell'accrescimento e/o altre degne di nota, nonché uno sviluppo somatico e psichico ed una crescita puberale come nella norma, con menarca a 13 anni e successive mestruazioni regolari.

L'esplorazione clinica mise in evidenza i seguenti dati antropometrici: altezza: 157 cm.; peso: 52 Kg.; circonferenza cranica: 53.9 cm.; circonferenza del torace: 83 cm.; lunghezza di arto inferiore sin.: 81 cm. (S.I.A.I. – apice malleolo interno).

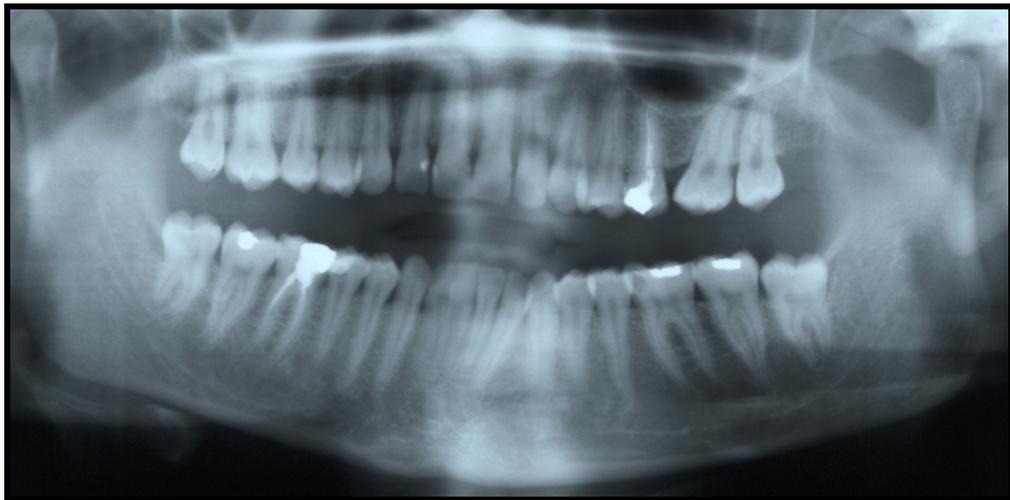
Dopo assunzione di specifico consenso informato per accertamenti radiologici (e ricevuta dichiarazione di assenza di uno stato di gravidanza) si procedette all'esecuzione delle seguenti indagini radiografiche:

- a) OPT (ortopantomografia);
- b) rx polso-mano sinistra;
- c) rx cingolo scapolo-omerale destro.

L'interpretazione dei suddetti radiogrammi fu condotta anche mediante la collaborazione di un esperto radiologo forense.

La lettura delle immagini radiografiche fece apprezzare:

- a) OPT: parziale eruzione dei terzi molari inferiori;
- b) rx polso-mano sinistra: incapsulamento e fusione del III mediale della giunzione epifiso-diafisaria del radio; fusione completa epifiso-diafisaria dell'ulna; le ossa del capo presentano segni di maturità; a carico delle falangi distali la fusione epifiso-diafisaria ha avuto inizio, ma risulta incompleta;
- c) cingolo scapolare ed omero dx: fusione dei nuclei di ossificazione dell'acromion, dell'apofisi coracoide e dell'angolo della scapola.



La valutazione radiologica del grado di mineralizzazione ed eruzione degli elementi dentali venne condotta attraverso l'applicazione integrale dei metodi di attribuzione di età in fase evolutiva basati sull'impiego di OPT, comparsi in letteratura

medico-legale nel corso degli ultimi sessanta anni (Schour e Massler, 1941; Nolla, 1960; Demirjian et al., 1973; Gustafson e Koch, 1974; Ubelaker, 1978; Portigliatti Barbos et al., 1982; Robetti e Antonucci Ferrara, 1988; Harris et al., 1990; Kullman et al., 1992).

L'età dentaria del soggetto in esame desunta con l'applicazione delle suindicate metodiche può essere così schematizzata:

Metodo	Età dentaria ricavata
- Schour e Massler	15 - 21 anni
- Nolla	> 17 anni
- Demirjian et al.	> 16 anni
- Gustafson e Koch	> 16 anni
- Ubelaker	15 - 21 anni
- Portigliatti Barbos et al.	6818,07 giorni (18,6 anni) +/- 332 giorni
- Robetti e Antonucci Ferrara	6943,96 giorni (19 anni) +/- 294,14 giorni
- Harris et al.	> 13 anni
- Kullman et al.	18,6 anni +/- 1,8 anni

Una lettura d'insieme dei dati ricavati porta ad attribuire un'età anagrafica, basata sul grado di maturazione dentale, compresa tra i 18,6 e i 19 anni, con una deviazione standard media di 1 anno.

Impiegando l'equazione di regressione lineare estrapolata dalla metodica di Robetti e Antonucci Ferrara ed ottenuta in occasione

di una nostra precedente esperienza applicativa si pervenne alla stima di un'età biologica di 18,69 con una DS di +/- 1,7 anni.

Si fece ricorso alla suddetta equazione di regressione lineare in quanto, rispetto alle restanti analoghe equazioni estrapolate dalle altre metodiche identificative di età in soggetti in fase di crescita, è quella che ha mostrato una migliore specifica probabilità predittiva di una corretta età calcolata (affidabilità: 87.7% con D.S. pari a +/- 1.7).

Qualora si fosse fatto ricorso all'impiego del metodo computer assistito basato sull'analisi fuzzy si sarebbe giunti alla stima di un'età biologica dell'apparato stomatognatico di 18,5 anni (affidabilità del 75% con DS di +/- 8 mesi).

La valutazione radiologica della maturità scheletrica di mano e polso fu ottenuta applicando sia il metodo qualitativo previsto da Greulich-Pyle (1959) che quelli quantitativi di Tanner-Whitehouse (1975) e di Fels (1988).

L'applicazione della metodica di Greulich-Pyle, consistente nel confronto del radiogramma in esame con una serie di radiogrammi standard che rappresentano approssimativamente i livelli modali di maturità alle successive età cronologiche, dimostrò un'epoca scheletrica di circa 19 anni.

Attraverso il ricorso al metodo di Tanner-Whitehouse, in cui l'attribuzione dell'età scheletrica è differenziata per sesso ed è ottenuta dalla trasformazione, attraverso tabella di conversione prevista dagli AA., della somma di valori numerici assegnati ai

gradi diversi di indicatori di maturazione ossea, si è pervenuto all'attribuzione di un'età maggiore dei 16 anni.

Il metodo Fels (procedura assistita da computer che prende in considerazione indicatori di maturità del distretto mano-polso che variano a seconda dell'età e del sesso del soggetto, valutati o in funzione di particolari caratteristiche morfologiche o in base ai rapporti tra misure lineari rilevate sui segmenti ossei) segnalò un'età scheletrica di 18 anni, in ragione di un'incompleta fusione epifiso-diafisaria delle falangi distali.

Per una più accurata identificazione di età si procedette anche alla valutazione radiologica del grado di fusione dei centri di ossificazione dell'acromion, dell'apofisi coracoidea e dell'angolo inferiore della scapola.

L'interpretazione dei radiogrammi pose in rilievo la completa fusione dei suddetti nuclei di ossificazione.

Pertanto, facendo ricorso a tabelle e schemi grafici rappresentativi delle epoche di fusione dei nuclei di ossificazione e di saldatura delle cartilagini epifisarie (Gerin, 1977; Giusti, 1999; Machiarelli e Feola, 1995), si indicò un'età scheletrica al cingolo scapolo-omerale circoscrivibile nell'intervallo temporale di 19-20 anni di vita.

La discordanza tra le epoche di vita attribuite ai distretti corporei su cui si soffermò l'analisi (apparato stomatognatico: valutazione complessiva: 18.6 – 19 anni; polso mano: valutazione complessiva: 18 – 19 anni; cingolo scapolo-omerale: valutazione

complessiva: 19 – 20 anni) non permise di stabilire l'età certa dell'imputata, dovendo tenere in debito conto anche della differente appartenenza etnica della stessa rispetto al campione su cui sono state realizzate le metodiche considerate.

Deve essere, infatti, puntualizzato che la stragrande maggioranza di questi metodi sono stati elaborati su soggetti di origine anglosassone di stato socio-economico elevato, potendosi ragionevolmente ammettersi la ricorrenza di molteplici fattori esterni (razza, dieta, infezioni, clima, condizioni socio-economiche, occupazione urbanizzazione, patologie) capaci di influire il processo di maturazione scheletrica e dentale (Cazzaniga et al., 1999; Crestani et al., 1999; Giusti, 1999).

In particolare è noto che le popolazioni nord europee hanno una velocità di maturazione più lenta di quelle mediterranee (Cazzaniga et al., 1999; Crestani et al., 1999).

Le considerazioni fin qui esposte indussero a ritenere di poter attribuire alla imputata un'età anagrafica, con le cautele di cui sopra, inquadrabile nel range 18 – 19 anni alla data di esecuzione degli accertamenti radiografici su cui si condusse lo studio identificativo.

In particolare si giunse a tale range attraverso una valutazione complessiva ponderata dei risultati ottenuti attraverso l'applicazione dei suddetti metodi identificativi radiografici, che assumono netta ed assoluta preminenza in confronto a quelli di tipo antropometrico esterno.

Sempre la valutazione complessiva ponderata di tali risultati pose in rilievo un livello di probabilità statistica del solo 30-35% che al momento dei fatti per cui l'imputata era sottoposta a giudizio aveva superato il 18° anno di età.

## **BIBLIOGRAFIA**

1. Anderson D.L., Thompson G.W., Popovitch F.: "*Age of attainment of the mineralization stages of the permanent dentition*". J. For. Sci., 21, 191, 1976.
2. Angelini Rota M.: "*L'identificazione personale*". In Gerin C., Antoniotti F., Merli S.: "*Medicina Legale e delle Assicurazioni*". Società Editrice Universo, Roma, 1997.
3. Arcudi G., Montanaro S.: "*L'identificazione del vivente e le impronte digitali*". In Giusto Giusti: "*Trattato di Medicina Legale e Scienze Affini*". CEDAM, Padova, 1998.
4. Arcudi G., Potenza S., Milano F., Piccirilli A., Mauriello S.: "*La morfologia della sutura palatina nella identificazione dell'età*". Jura Medica, 1, anno XIV, 143, 2001.
5. Beduschi G., Gallo E., Marchetti M., Mincione E.: "*Identificazione di età mediante esame radiologico dell'apparato dentario: ambiti e limiti di applicazione*". Atti del Convegno su "La laurea in odontoiatria e protesi dentaria". CIC, Edizioni Internazionali, Roma, 1984.
6. Bjork A.: "*Facial growth in man studied with the aid of metallic implants*". Acta Odontol. Scand., 13, 9, 1955.
7. Bonifacio A., Belleli E.: "*L'interesse dell'odontostomatologo ai problemi dell'identificazione personale*". Odontostomatologia e Implantoprotesi, 22, 7, 1985.
8. Borgognini Tarli S., Pacciani E.: "*I resti umani nello scavo archeologico; in metodiche di recupero e studio*". Bulzoni Editore, Roma, 1993.
9. Buccelli C., Sodano A., Donnarumma A., Martini P., Fineschi V., Melina R., Greco M.G., Quaremba G.: "*Prospettive in tema di determinazione di età attraverso l'analisi computerizzata dei rilievi radiografici dentari*". Arch. Med. Leg. Ass., 16, 47, 1994.
10. Buccelli C.: "*L'archivio dell'ambulatorio odontoiatrico: aspetti medico-legali*". Relazione al Congresso Nazionale di Odontoiatria e Medicina-Legale: "L'ambulatorio Odontoiatrico: aspetti organizzativi, giuridici e medico legali". Perugia, 9-11 Novembre, 1995.
11. Buccelli C., Policino F., Quaremba G., Laino A.: "*Ulteriori acquisizioni sulla determinazione di età attraverso l'analisi computerizzata dei rilievi radiografici dentali*". Atti del II Congresso Nazionale del gruppo Italiano di Antropologia e Odontologia Forense (G.I.A.O.F.), Gubbio, 14-16 novembre, 1996. In press.
12. Buccelli C., Greco M.G., Laino A., Donnarumma A., Quaremba G., Festinese M.: "*Nuove acquisizioni in tema di identificazione individuale attraverso l'analisi computerizzata di rilievi cefalometrici*". Atti del II

- Congresso Nazionale del gruppo Italiano di Antropologia e Odontologia Forense (G.I.A.O.F.), Gubbio, 14-16 novembre, 1996. In press.
13. Buccelli C., Laino A., Niola M., Policino F.: *"L'identificazione personale con indagini radiologiche del distretto cranio-maxillo-facciale"*. In Buccelli C., De Ferrari F., Smaltino F., Tamburini O.: *"Radiologia Forense"*. Mediserve, Napoli, 2000.
  14. Camps F.E., Cameron J.M.: *"Practical forensic medicine"*. Hutchinson, London, 1971. In: Crestani C., Bordignon D., Betti D., Pradella F., Cortivo P.: *"La diagnosi di età dentaria"*. Riv. It. Med. Leg., 2, 387, 1996.
  15. Canale M.: *"La cronologia delle avulsioni dentali"*. Atti del Convegno Nazionale su: La laurea in Odontoiatria e Protesi dentaria e Prima sessione di studio sui problemi medico-legali in Odontostomatologia, Modena, 13-15 novembre, 1981. CIC, Edizioni Internazionali, Roma, 1984.
  16. Canuto G., Tovo S.: *"Identificazione"*. In: *"Medicina Legale e delle Assicurazioni"*. Piccin, Padova 19??.
  17. Carlson D.S., Ribbens K.A.: *"Craniofacial growth during adolescence"*. Ed. Center For Human Growth And Development, The University of Michigan, 1987.
  18. Cazzaniga A., Cattabeni C.M., Luvoni R.: *"Compendio di Medicina Legale e delle Assicurazioni"*. UTET, Torino, 1999.
  19. Chiu S.: *"Fuzzy model identification based on cluster estimation"*. J. of Intelligent & Fuzzy Systems, 3, 1994.
  20. Conti G.F., Fornaciari M., Paganelli C., De Ferrari F., Sapelli P.L.: *"Ortopantomografia nell'adolescenza ed imputabilità"*. Arch. Med. Leg. Ass., 11, 6, 1989.
  21. Crestani C., Bordignon D., Betti D., Pradella F., Cortivo P.: *"La diagnosi di età dentaria"*. Riv. It. Med. Leg., 2, 387, 1996.
  22. Crestani C., Pescarini L., Talenti E., Betti D., Cortivo P.: *"Diagnosi di età sul vivente mediante indagine radiologica: rassegna casistica"*. Riv., it. Med. Leg., 21, 1561, 1999.
  23. De Ferrari F., Paganelli C., Fornaciari M., Conti G.F., Battistoni M., Sapelli P.L.: *"Identificazione di età nell'adolescenza: utilità della ortopantomografia"*. Stomat. Lomb., 3, 677, 1989.
  24. Demirjian A., Goldstein H., Tanner J.M.: *"A new system of dental age assessment"*. Human Biol., 45, 211, 1973.
  25. Di Lorenzo P., Policino F., Laino A., Quaremba G., Graziano V.: *"Su una esperienza comparativa di metodiche radiografiche per l'identificazione di età in soggetti in fase di crescita"*. Atti del XXXIII Congresso Nazionale S.I.M.L.A. *"La metodologia medico-legale nella prassi forense"*, Brescia, 25-28 ottobre 2000. Giuffrè Editore, Milano 2002.

26. Drusini A.G.: *"Age estimation from teeth using soft-x-ray findings"*. Anthrop. Anz., 51,41, 1993.
27. Drusini A.G., Calligari C., Furlan C., Crestani C., Bordignon D., Betti D., Frignani C., Cortivo P.: *"Determinazione dell'età dentaria nell'adulto: metodologie e risultati"*. Arch. Med. Leg. Ass., 16, 61, 1994.
28. Enciclopedia Medica Italiana. USES Edizioni Scientifiche, Firenze, 1979.
29. Engstrom C., Engstrom H., Sagne S.: *"Lower third molar development in relation to skeletal maturity and chronological age"*. Angle Orthod., 53, 97-106, 1983. In: Thorson J., Hagg U.: *"The accuracy and precision of the third mandibular molar as an indicator of chronological age"*. Swed. Dent. J., 15, 15, 1991.
30. Erdman H.P.: *"A computer consultation program for primary care physicians. Impact of decision making model and explanation capability"*. Medical Care, 25, 138, 1987.
31. Giusti G.: *"Trattato di medicina legale e scienze affini"*. CEDAM, Padova, 1998.
32. Gleiser I., Hunt E.E.: *"The permanent mandibular first molar; its classification, eruption and decay"*. Am. J. Phys. Anthrop., N.S., 13, 253, 1955.
33. Grandi M., Cattaneo C.: *"L'identificazione del cadavere e dei resti umani"*. In Giusto Giusti: *"Trattato di Medicina Legale e Scienze Affini"*. CEDAM, Padova, 1999.
34. Gualdi G., Leccisotti A., Carella O., Anselmi E.: *"Possibilità e limiti della radiologia dentaria nella medicina forense con particolare riguardo agli aspetti identificativi"*. Atti del Convegno su "La laurea in odontoiatria e protesi dentaria". CIC, Edizioni Internazionali, Roma, 1984.
35. Gustafson G., Koch C.: *"Age Estimation up to 16 Years of Aged Based on Dental Development"*. Odontologisk Revy 3, 1, 1974.
36. Harris A.M.P., Wood R.E., Thomas C.J.: *"The frontal sinus: forensic fingerprint? A pilot study"*. J. For. Odontostomatol., 5, 9, 1987.
37. Harris E.F., McKee J.H.: *"Tooth mineralization standards for blacks and whites from the Middle Southern United States"*. J. For. Sci., 35, 859, 1990.
38. Hazebroucq V., Bonnin A., Kannapell F., Piedelievre Ch., Mercier J.F., Campana J.P., Lecomte D.: *"Apports de la radiologie pour l'identification medico-legale des corps"*. J. Radiol., 12, 671, 1993.
39. <http://users.unimi.it/labano/index.htm>
40. <http://www.medicinaforense.it/identi.htm>
41. Hudson D.L., Cohen M.E.: *"Fuzzy logic in medical expert systems"*. IEEE Engineering in Medicine and Biology, 3, 613, 1994.
42. Hurme V.: *"Range of normalcy in the eruption of permanent teeth"*. J. Dent. Child., 16, 11, 1949.

43. Introna Jr. F.: "Identificazione personale attraverso le tecniche di analisi e sovrapposizione delle immagini". In Giusto Giusti: "Trattato di Medicina Legale e Scienze Affini". CEDAM, Padova, 1091, 1998.
44. Ito S.: "Age estimation based on tooth crowns". Int. J. For. Dent., 3, 9, 1975.
45. Ikeda N., Umetsu K., Kashimura S., Suzuki T., Oumi M.: "Estimation of age from teeth with their soft x-ray findings". Jap. J. For. Med., 39, 244, 1985.
46. Jang J.S.R.: "Fuzzy modelling using generalised neural networks and kalman filter algorithm". Proc. of the ninth National Cont. on Artificial Intelligence (AAAI – 91), July, 1991.
47. Jang J.S.R.: "ANFIS: Adaptive network based Fuzzy Inference system". IEEE Transeccionen on system, Man. and cybernetics, 3, 665, 1993.
48. Johanson G.: "Age determinations from human teeth". Odontologisk Revy, 22, 1971. In: Martini P.: "Medicina legale in odontoiatria". USES, Firenze, 1988.
49. Johanson G. in: Mornstad H. Aldersbestamning av Barn. Odontologisk Riksstamma 1984, Tandlakartidningen, 77, 6, 301-304, 1985. In: Thorson J., Hagg U.: "The accuracy and precision of the third mandibular molar as an indicator of chronological age". Swed. Dent. J., 15, 15, 1991.
50. Kinney E.L.: "Medical expert systems. Who needs them?". Chest, 91, 3, 1987.
51. Kosa F., Antal A.: "Metricaland structural study of the dental canal to determine the individual age". Acta Medicinae Legalis et Socialis, 39, 237, 1989.
52. Koshy S., Tandon S.: "Dental age assesment: the applicability of Demirjian's method in South Indian children". For. Sci. Int., 94, 73, 1998.
53. Kullman L., Johanson G., Akesson L.: "Root development of the lower third molar and its relation to chronological age". Swed. Dent. J., 16, 161, 1992.
54. Kvaal S.I., Kolltveit K.M., Thomsen Ib.O., Solheim T.: "Age estimation of adults from dental radiographs". For. Sci. Int., 74, 175, 1995.
55. Landis J.R., Koch G.G.: "The measurement of observer agreement for categorical data". Biometrics, 3, 59, 1977.
56. Macchiarelli L., Feola T.: "Medicina legale". Edizione Minerva Medica, Torino, 1995.
57. Macchiarelli L., Albarello P., Cave Bondi G., Di Luca N.M., Feola T.: "Medicina Legale. Compendio". Edizioni Minerva Medica, Torino, 2002.
58. Malagola C., Caligiuri F.M., Barbato E.: "Valutazione dell'età dentale mediante analisi radiografica qualitativa – Nota 1".Mondo Ortodontico, 14, 375, 1989.

59. Manson-Hing L.R.: "*Radiografia panoramica dentaria*". Scienza e Tecnica Dentistica, Edizioni Internazionali s.n.c., Milano, 1982.
60. Manson-Hing L.R.: "*Principi fondamentali di radiologia odontoiatrica*". Scienza e Tecnica Dentistica, Edizioni Internazionali s.n.c., Milano, 1982.
61. Mappes M.S., Harris E.F., Behrents R.G.: "*An example of regional variation in the tempos of tooth mineralization and hand-wrist ossification*". Am. Orthod. Dentofac. Orthop., 101,145, 1992. In Giusto Giusti: "*Trattato di Medicina Legale*". CEDAM, Padova, 1999.
62. Marella G.L., Fileni A.: "La diagnosi di età attraverso l'esame ortopantomografico della dentatura e l'esame radiologico dei nuclei di ossificazione e delle cartilagini di coniugazione". In Giusto Giusti: "*Trattato di Medicina Legale e Scienze Affini*". CEDAM, Padova, 1091, 1998.
63. Marinelli E., Cingolati M., Tagliabracci A.: "La identificazione personale in odontostomatologia forense". In Umani Ronchi Giancarlo: "*Medicina legale in odontostomatologia*". Edi-Lombardo, Roma, 1993.
64. Marinelli E., Zami S.: "*La Identificazione Personale*". In Macchiarelli L., Feola T.: "*Medicina Legale*". Edizioni Minerva Medica, Torino, 1995.
65. Martini P.: "*Medicina legale in odontoiatria*". USES, Firenze, 1988.
66. Martucci E., Marucci V., De Stefano V.L.: "*Età biologica: l'ortopantomografia come valido mezzo di prava*". Jura Medica, 3, 127-135,1993.
67. Mincer H.H., Harris E.F., Berryman H.E.: "*The A.B.FO. study of third molar development and its use as an estimator of chronological age*". J. For. Sci., 38, 379, 1993.
68. Moorrees C.F.A., Fanning E.A., Hunt E.E.: "*Age variation of formation stages for ten permanent teeth*". J. Dent. Res., 43, 1490, 1963.
69. Mornstad H., Staaf V., Welander U.: "*Age estimation with the aid of tooth development: a new method based on objective measurements*". Scand. J. Dent. Res., 102, 137, 1994.
70. Morse D.R., Esposito J.V., Kessler H.P., Gorin R.: "*Age estimation using dental periapical radiographic parameters*". Am. J. Forensic. Med. Pathol., 15, 303, 1994.
71. Nolla C.M.: "*The development of the permanent teeth*". J. Dent. Child., 27,254,1960.
72. Nossintchouk R.M.: "*Manuel d'odontologie mèdico-lègale*". Masson, Paris, 1991.
73. Pinchi V., Manetti G., Franchi E., Norelli G.A.: "*La maturazione radiografica dell'ottavo nello studio dell'età del vivente*". Zacchia, 18, 261, 2000.
74. Piscozzi P.: "*Il ruolo dei terzi molari nell'accertamento della maggiore età*". Minerva Med. Leg., 120, 199, 2000.

75. Policino F., Monda D., Quaremba G., Buccelli C.: "*Identificazione di età nell'adulto attraverso l'analisi computerizzata di immagini videoradiografiche dentarie*". Atti delle Giornate Medico-Legali-Criminologiche Ascolane, Ascoli Piceno, 4-7 giugno, 1997. In press.
76. Portigliatti Barbos M., Robetti I., Iorio M., Festa T.: "*L'accertamento dell'età dentaria nel secondo decennio di vita quale contributo alla definizione della competenza dei Tribunali minorili*". Riv. It. Med. Leg., 863, 1982.
77. Proffit W.R., Fields Jr. H.W.: "*Ortodonzia moderna*". Masson, Milano, 1995.
78. Propanpoch S., Brent Dove S., Cottone J.A.: "*Morphometric analysis of the dental pulp chamber as a method of age determination in humans*". Am. J. For. Med. Pathol., 13, 50, 1992.
79. Puccini C.: "*Istituzioni di medicina legale*". Editrice Ambrosiana, Milano, 1998.
80. Querci V.: "*L'identificazione*". In Adamo M., Bargagna M., Barni M., Dell'Erba A., Fabroni F., Fornari A., Querci V.: "*Manuale di Medicina Legale e delle Assicurazioni*". Monduzzi Editore, 1989.
81. Robetti I., Antonucci Ferrara E.: "*Ulteriore contributo all'accertamento dell'età dentaria nel secondo decennio di vita*". Min. Stom., 37, 107, 1988.
82. Schour I., Massler M.: "*The development of the human dentition*". J. Am. Dent. Assoc., 28, 1153, 1941.
83. Takodoro in: Crestani C., Bordignon D., Betti D., Pradella F., Cortivo P.: "*La diagnosi di età dentaria*". Riv. It. Med. Leg., 1996.
84. Tanake T., Miwa K., Kanada S.: "*Application of fuzzy reasoning in an expert system for ultrasonography*". Dentomaxillofacial Radiology, 26, 125, 1997.
85. Tanner J.M., Whitehouse R.H., Healy M.J.R.: "*A new system for estimating skeletal maturity derived from study of 2.600 healthy british children*". Centre International de l'Enfance, Paris, 1962. In: Demirjian A., Goldstein H., Tanner J.M.: "*A new system of dental age assessment*". Human Biol., 45, 211, 1973.
86. Ten Cate A.R.: "*Istologia orale*". Piccin, Padova, 1986.
87. Testut L., Latarjet A.: "*Trattato di anatomia umana*". Unione Tipografo-Editrice Torinese, 1977.
88. Thorson J., Hagg U.: "*The accuracy and precision of the third mandibular molar as an indicator of chronological age*". Swed. Dent. J., 15, 15, 1991.
89. Ubelaker D.H.: "*Human skeletal remains. Excavation, analysis, interpretation*". Chicago, Aldine, 1978.
90. Umani Ronchi G.: "*Medicina legale in odontostomatologia*". Edi-Lombardo, 1993.

91. Umani Ronchi G., Grande A., Marinelli E.: *"Il contributo della radiologia all'identificazione personale: i quesiti medico legale"*. Jura Medica, 1, 45, 1995.
92. Umani Ronchi G., Cavallo V., Grande A.: *"L'identificazione personale con indagini radiologica dello scheletro"*. In Buccelli C., De Ferrari F., Smaltino F., Tamburini O.: *"Radiologia Forense"*. Mediserve, Napoli, 2000.
93. Valletta G., Bucci E., Matarasso S.: *"Odontostomatologia"*. Piccin, Padova, 1997.
94. van der Linden F.P.G.M., Duterloo H.S.: *"Atlante dello sviluppo della dentizione umana"*. Piccin, Padova, 1983.
95. van der Linden F.P.G.M.: *"Facial growth and facial orthopedics"*. Quintessence Books, London, 1986.
96. Zadeh L.A.: *"Fuzzy sets"*. Information and Control, 8, 338, 1965.
97. Wood N.K.: *"Principi di diagnosi, medicina del cavo orale, radiologia e piano di trattamento"*. Scienza e Tecnica Dentistica, Edizioni Internazionali s.n.c., Milano, 1982.