



# RADIOLOGIA FORENSE

*a cura di*

**Claudio Buccelli**

*Ordinario di Medicina Legale,  
Università degli Studi di Napoli "Federico II"*

**Francesco De Ferrari**

*Ordinario di Medicina Legale,  
Università degli Studi di Brescia*

**Francesco Smaltino**

*Ordinario di Radiologia,  
Università degli Studi di Napoli "Federico II"*

**Oscar Tamburrini**

*Ordinario di Radiologia,  
Università degli Studi di Catanzaro "Magna Graecia"*



**MEDISERVE**

Titolo dell'opera:  
**RADIOLOGIA FORENSE**

a cura di

**Claudio Buccelli**  
*Ordinario di Medicina Legale,  
Università degli Studi di Napoli "Federico II"*

**Francesco De Ferrari**  
*Ordinario di Medicina Legale,  
Università degli Studi di Brescia*

**Francesco Smaltino**  
*Ordinario di Radiologia,  
Università degli Studi di Napoli "Federico II"*

**Oscar Tamburrini**  
*Ordinario di Radiologia  
Università degli Studi di Catanzaro "Magna Graecia"*

Prima Edizione

ISBN 88-8204-071-2

ISBN 88-8204-071-2



*Tutti i diritti sono riservati. Nessuna parte di questa pubblicazione può essere riprodotta o conservata in un sistema di recupero o trasmessa in qualsiasi forma, o con qualsiasi sistema elettronico, meccanico, per mezzo di fotocopie, registrazioni o altro, senza un'autorizzazione scritta da parte dell'Editore.*

©2000 by MEDISERVE s.r.l.  
20121 Milano, Via San Fermo della Battaglia, 1  
Tel. 02 6572366 - Fax 02 6572384  
E-mail: [contact@mediserve.it](mailto:contact@mediserve.it)  
Home page: [www.mediserve.it](http://www.mediserve.it)

## AUTORI

**Giuseppe Angelelli**

Ordinario di Radiologia, Università degli Studi di Bari

**Giulio Argalia**

Dirigente Medico, Istituto di Radiologia, Università degli Studi di Ancona

**Mauro Barni**

Ordinario di Medicina Legale, Università degli Studi di Siena

**Paolo Benciolini**

Ordinario di Medicina Legale, Università degli Studi di Padova

**Giampaolo Biti**

Ordinario di Radioterapia Oncologica, Università degli Studi di Firenze

**Luca Brunese**

Ricercatore, Dipartimento di Scienze Biomorfologiche e Funzionali  
Diagnostica per Immagini e Radioterapia,  
Università degli Studi di Napoli "Federico II"

**Claudio Buccelli**

Ordinario di Medicina Legale, Università degli Studi di Napoli "Federico II"

**Rodolfo Campani**

Ordinario di Radiologia, Università degli Studi di Pavia

**Marcello Canale**

Ordinario di Medicina Legale, Università degli Studi di Genova

**Francesco Candiani**

Ricercatore di Radiologia, Dipartimento Scienze Medico-Diagnostiche e  
Terapie Speciali, Università degli Studi di Padova

**Gaetana Capparelli**

Scuola di Specializzazione in Radiodiagnostica,  
Università degli Studi di Catanzaro "Magna Graecia"

**Adelfio Elio Cardinale**

Ordinario di Radiologia, Università degli Studi di Palermo  
Presidente Società Italiana di Radiologia Medica (SIRM)

**Maria Carla Cassinis**

Dirigente Medico di I livello, Azienda Ospedaliera "S. Giovanni Battista", Torino

**Teresa Catacchio**

Dottorato di Ricerca in Patologia Medico-Legale e Tecniche Criminalistiche,  
Università degli Studi di Bari

**Vincenzo Cavallo**

Ordinario di Radiologia, Università degli Studi "La Sapienza", Roma

**Alberto Cazzulani**

Dirigente Medico, Azienda Ospedaliera "G. Salvini",  
Garbagnate Milanese, Milano

**Laura Chiacchiararelli**

Laboratorio di Fisica, Istituto Superiore di Sanità, Roma

**Antonio Chiesa**

Ordinario di Radiologia, Università degli Studi di Brescia

**Massimo Colonna**

Ordinario di Medicina Legale, Università degli Studi di Bari

**Renata Conforti**

Tecnico laureato - Cattedra di Neuroradiologia,  
Seconda Università degli Studi di Napoli

**Francesco Consigliere**

Ten. Gen. medico, già Capo del Corpo di Sanità dell'Esercito - Brescia

**Claudio Crinò**

Ordinario di Medicina Legale, Università degli Studi di Messina

**Francesco De Ferrari**

Ordinario di Medicina Legale, Università degli Studi di Brescia

**Enrico Del Vecchio**

Ordinario di Radiologia, Seconda Università degli Studi di Napoli

**Lorenzo Derchi**

Ordinario di Radiologia, Università degli Studi di Genova

**Cosimo Di Maggio**

Ordinario di Radiologia, Università degli Studi di Padova

**Giancarlo Di Vella**

Istituto di Medicina Legale, Università degli Studi di Bari

**Simonetta Failoni**

Istituto Ortopedico "Gaetano Pini", Milano

**Antonio Farneti**

Ordinario di Medicina Legale, Università degli Studi di Milano

**Giampietro Feltrin**

Ordinario di Radiologia, Dipartimento Scienze Medico-Diagnostiche e Terapie Speciali, Università degli Studi di Padova

**Adriano Fileni**

Dirigente Coordinatore del Servizio di Radiologia, I.N.R.C.A. – Roma

**Angelo Fiori**

Ordinario di Medicina Legale, Università Cattolica del "S. Cuore", Roma

**Paolo Fonio**

Dirigente Medico, Azienda Ospedaliera "Maggiore della Carità", Novara

**Monica Fonzo**

Dipartimento di Medicina Pubblica e della Sicurezza Sociale, Università degli Studi di Napoli, "Federico II"

**Margherita Fornaciari**

Dirigente Medico Legale, Direzione Sanitaria Azienda Istituti Ospitalieri di Cremona

**Gerardo Fortunato**

Dipartimento di Medicina Pubblica e della Sicurezza Sociale, Università degli Studi di Napoli "Federico II"

**Giovanni Gandini**

Ordinario di Radiologia, Università degli Studi di Torino, A.O. "S. Giovanni Battista", Torino

**Gian Marco Giuseppetti**

Dirigente Medico, Istituto di Radiologia, Università degli Studi di Ancona

**Alfredo Goddi**

Professore nella Scuola di Specializzazione in Scienze Radiologiche, Università di Milano - S.M.E. – Diagnostica per Immagini, Varese

**Antonio Grande**

Direttore della Sezione Indagini Medico-Legali – Servizio di Polizia Scientifica, Direzione Centrale Polizia Criminale, Roma

**Patrizia Gualniera**

Dottore in Ricerca e Dirigente Medico, Servizio di Medicina Legale, Policlinico Universitario di Messina

**Pietro Luigi Indovina**

Ordinario di Fisica, Dipartimento di Scienze Fisiche,  
Università degli Studi di Napoli "Federico II"

**Alberto Laino**

Dipartimento di Medicina Pubblica e della Sicurezza Sociale,  
Università degli Studi di Napoli "Federico II"

**Teresa Lettini**

Istituto di Antropologia, Università degli Studi di Bari

**Antonio Lo Casto**

Ricercatore, Istituto di Radiologia "P. Cignolini", Università degli Studi di Palermo

**Stefano Mario Magrini**

Associato di Radioterapia, Università degli Studi di Brescia

**Giuseppe Marano**

Dirigente Medico, Azienda Ospedaliera "S. Giovanni Battista", Torino

**Pasquale Marano**

Ordinario di Radiologia, Università Cattolica del "Sacro Cuore", Roma

**Daniela Marchetti**

Istituto di Medicina Legale, Università Cattolica del "Sacro Cuore", Roma

**Filomena Mazzei**

Laboratorio di Fisica, Istituto Superiore di Sanità, Roma

**Antonio Molisso**

Ten. Col. medico, Capo Servizio Diagnostica per Immagini,  
Policlinico Militare di Roma "Celio"

**Pier Carlo Muzzio**

Ordinario di Radiologia, Università degli Studi di Padova

**Massimo Niola**

Dipartimento di Medicina Pubblica e della Sicurezza Sociale,  
Università degli Studi di Napoli "Federico II"

**Gian Aristide Norelli**

Ordinario di Medicina Legale, Università degli Studi di Firenze

**Leonardo Pace**

Tecnico laureato - Dipartimento Assistenziale di Diagnostica per Immagini e  
Radioterapia, Università degli Studi di Napoli "Federico II"



**Cristian Palmiere**

Istituto di Medicina Legale, Università degli Studi di Genova

**Luigi Palmieri**

Ordinario di Medicina Legale, Seconda Università degli Studi di Napoli  
Presidente Società Italiana di Medicina Legale e delle Assicurazioni (SIMLA)

**Ugo Ernesto Pazzaglia**

Associato di Malattie dell'Apparato Locomotore, Università degli Studi di Brescia

**Paolo Pelizza**

Dirigente Medico, Servizio di Medicina Legale, Azienda Sanitaria Locale di Brescia

**Silvia Perotti**

Associato di Medicina Legale, Università degli Studi di Modena

**Luigi Pescarini**

Associato di Radiologia, Università degli Studi di Padova

**Fabio Policino**

Istituto di Medicina Legale, Università degli Studi di Napoli "*Federico II*"

**Carlo Pozzato**

Ricercatore, Istituto di Scienze Radiologiche, Università degli Studi di Milano  
Ospedale "*San Paolo*", Milano

**Sabatino Romano**

Tecnico laureato - Dipartimento di Medicina Pubblica e della Sicurezza Sociale,  
Università degli Studi di Napoli "*Federico II*"

**Antonio Rotondo**

Ordinario di Radiologia, Università degli Studi di Bari

**Marco Salvatore**

Ordinario di Radiologia, Università degli Studi di Napoli "*Federico II*"

**Francesco Schillirò**

Ricercatore, Istituto di Scienze Radiologiche, Seconda Università degli Studi di Napoli

**Michele Scialpi**

Dirigente Medico, Unità Operativa di Radiodiagnostica,  
Ospedale Civile "*SS. Annunziata*", Taranto

**Emanuele Scribano**

Associato di Radiologia, Università degli Studi di Messina

**Francesco Smaltino**

Ordinario di Radiologia, Università degli Studi di Napoli "Federico II"

**Paolo Stefani**

Ordinario di Radiologia, Università degli Studi di Siena

**Oscar Tamburrini**

Ordinario di Radiologia, Università degli Studi di Catanzaro "Magna Graecia"

**Mario Tavani**

Ordinario di Medicina Legale, Direttore di Dipartimento e Sanità Pubblica,  
Università degli Studi dell'Insubria, Varese

**Giancarlo Umani Ronchi**

Ordinario di Medicina Legale, Università degli Studi "La Sapienza", Roma

**Carlo Matteo Uslenghi**

Ordinario di Radiologia, Università degli Studi di Milano

**Natale Villari**

Ordinario di Radiologia, Università degli Studi di Firenze

**Francesco Vimercati**

Ordinario di Medicina Legale, Università degli Studi di Bari

**Francesco Vinci**

Ricercatore, Dipartimento di Medicina Interna e Medicina Pubblica  
Sezione di Medicina Legale, Università degli Studi di Bari

**Valeria Viterbo**

Dipartimento di Medicina Pubblica e Medicina Interna  
Sezione di Diagnostica per Immagini, Università degli Studi di Bari

## PREFAZIONE

Alle soglie del terzo millennio, è parso opportuno questo testo di *Radiologia Forense* per vari ordini di motivi: tra i tanti, in questa sede, ci preme segnalare alcuni.

In primo luogo, va sottolineato che nella letteratura italiana, pur così ricca di originali, pregevoli ed importanti contributi sul tema da parte di illustri studiosi, mancava una attuale ed organica rivisitazione di questa così ampia materia, con tanta convergenza di apporti culturali e di esperienza. Ed ancora, in questo momento storico in cui leggi, decreti e circolari si susseguono a ritmo incalzante, con significativa e determinante ricaduta nello svolgimento dell'attività medica, è necessario ribadire che la conoscenza della norma e l'attenta analisi della stessa sono fondamentali presupposti per un aggiornato, sereno ed equilibrato inquadramento delle varie problematiche. Le norme sono molteplici e di notevole complessità applicativa: è senz'altro richiesto da parte di tutte le componenti – politica, sociale, scientifica, universitaria, professionale – uno sforzo organizzativo e programmatico, comune e coordinato, notevole. E tanto, senza che siano trascurate le molteplici problematiche etiche e deontologiche nello svolgimento dell'attività sanitaria, molte delle quali risentono dello straordinario impatto tecnologico e dell'eccessiva burocratizzazione sulla naturale evoluzione del pensiero e della prassi medica. I profondi mutamenti del rapporto medico-paziente, l'evoluzione sociale, culturale e politica, la giusta dovuta attenzione alle problematiche di ordine etico, deontologico e medico-legale, la inderogabile necessità che il medico dell'area radiologica sia preparato ed aggiornato non solo dal punto di vista scientifico-culturale, ma anche dal punto di vista gestionale-organizzativo-dirigenziale sono altri dei motivi che hanno indotto alla preparazione di quest'opera.

La relazione tra Radiologia e Medicina Legale è nata con la stessa Radiologia: già a pochi mesi dalla scoperta dei raggi X, erano note le prime applicazioni della Radiologia a scopo forense. La Medicina Legale si è avvalsa, si avvale e si avvarrà sempre della Radiologia, in considerazione delle eccellenti potenzialità forensi di questa. Ma la Radiologia Forense non va intesa esclusivamente come la Radiologia applicata nelle aule giudiziarie: trattasi di una ampia, complessa ed articolata materia di studio in cui devono con-

vergere le competenze culturali e scientifiche delle due discipline, nell'assoluto reciproco rispetto professionale, sulla base di una corretta collaborazione interdisciplinare, peraltro assolutamente indispensabile nella medicina moderna, tra Medico Radiologo e Medico Legale.

Interdisciplinarietà non significa annullare il ruolo delle singole discipline, al contrario significa potenziarlo ed esaltarlo: ciascuna disciplina traduce infatti il problema in oggetto nel proprio linguaggio, si avvale della sua specifica metodologia, della propria semeiologia, del bagaglio culturale che è esclusivo, superando in tal modo l'unilateralità nella misura e nel momento in cui riesce a valutare la complessità e ad integrare la risoluzione al problema in una prospettiva ampia, globale.

La collaborazione interdisciplinare resta il cardine fondamentale di questo testo: l'adesione a questa nostra iniziativa di alcune prestigiose Scuole di Radiologia e di Medicina Legale è stato motivo, per noi, di viva soddisfazione. Gli argomenti sono stati elaborati, tutti indistintamente, da illustri Colleghi Medici Legali e Radiologi, particolarmente esperti nei vari settori, in completa armonia e con assoluta comunità di intenti. Ai Colleghi tutti che hanno aderito e che con il loro impegno ed il loro determinante contributo hanno reso possibile questa opera, con il significativo apporto delle loro Scuole, va la più sentita gratitudine, nostra personale e di tutti coloro che da questa opera potranno e sapranno trarre elementi di concreto ausilio nello svolgimento della loro attività sanitaria.

L'opera è diretta ai Medici Radiologi, ai Medici Legali, agli Specializzandi delle due discipline ed ai Cultori delle materie: il nostro obiettivo è stato quello di fornire un testo aggiornato, sia dal punto di vista delle normative e della loro interpretazione in chiave medico-legale, sia dal punto di vista strettamente radiologico, che possa essere di contributo, sulla base dell'attenta analisi critica dei vari problemi, nello svolgimento dell'attività sanitaria, ed in particolare dell'atto medico radiologico.

Un ringraziamento vivissimo va infine alla Casa Editrice Mediserve, come sempre sensibile alla cultura medica, per la cura, la disponibilità e la collaborazione dimostrateci.

*Claudio Buccelli  
Francesco De Ferrari  
Francesco Smaltino  
Oscar Tamburrini*

## INDICE GENERALE

<b>Capitolo 1</b>	
Applicazioni medico-legali della Radiologia: frammenti di memorie storiche .....	1
<i>A. E. Cardinale, A. Lo Casto</i>	
<b>Capitolo 2</b>	
Radiologia Forense, dalla parte medico-legale .....	17
<i>L. Palmieri</i>	
<b>Capitolo 3</b>	
Figure giuridiche del radiologo e del tecnico sanitario di radiologia medica: rapporti e rispettive competenze .....	31
<i>C. Crinò, O. Tamburrini, E. Scribano, P. Gualniera</i>	
<b>Capitolo 4</b>	
Rapporti con l'autorità giudiziaria: ruolo e obblighi del sanitario .....	63
<i>A. Fiori, P. Marano, D. Marchetti, A. Fileni</i>	
<b>Capitolo 5</b>	
Il consenso informato in Radiologia .....	79
<i>M. Canale, L. Derchi, C. Palmiere</i>	
<b>Capitolo 6</b>	
Refertazione e archiviazione .....	115
<i>N. Villari, G.A. Norelli</i>	
<b>Capitolo 7</b>	
Il segreto professionale e la certificazione del dato .....	129
<i>P. Benciolini, P.C. Muzzio</i>	
<b>Capitolo 8</b>	
Telemedicina e Teleradiologia: aspetti clinici e medico-legali .....	143
<i>C. Buccelli, O. Tamburrini, S. Romano, G. Fortunato</i>	

**Capitolo 9**

- La giustificazione delle prestazioni ai sensi del D.Lgs 230/95 e della Direttiva Euratom 97/43 ..... 181  
*F. De Ferrari, O. Tamburrini, A. Cazzulani*

**Capitolo 10**

- Controlli di Qualità ..... 203  
*P.L. Indovina, L. Chiacchiararelli, F. Mazzei, F. De Ferrari, O. Tamburrini*

**Capitolo 11**

- La responsabilità professionale ..... 229  
*M. Barni, P. Stefani*

**Capitolo 12**

- L'indagine radiologica ai fini medico-legali e peritali nei vari ambiti (penale, civile, amministrativo) ..... 267  
*A. Farneti, C.M. Uslenghi, A. Cazzulani, S. Failoni, C. Pozzato*

**Capitolo 13**

- Lesioni di arma da fuoco: imaging. Contributo clinico e diagnostica cadaverica ..... 289  
*F. Vimercati, G. Angelelli, M. Scialpi, F. Vinci, A. Rotondo*

**Capitolo 14**

- L'identificazione personale con indagine radiologica dello scheletro .. 319  
*G. Umani Ronchi, V. Cavallo, A. Grande*

**Capitolo 15**

- L'identificazione personale con indagini radiologiche del distretto cranio-maxillo-facciale ..... 347  
*C. Buccelli, A. Laino, M. Niola, F. Policino*

**Capitolo 16**

- Trattamento ed analisi di immagine nella identificazione personale .. 441  
*M. Colonna, A. Rotondo, G. Di Vella, T. Catacchio, T. Lettini, V. Viterbo*

**Capitolo 17**

- L'imaging diagnostico nella valutazione medico-legale della colonna vertebrale ..... 469  
*F. Smaltino, F. De Ferrari, L. Brunese, S. Perotti, R. Conforti, O. Tamburrini*

<b>Capitolo 18</b>	
L'imaging diagnostico nella valutazione medico-legale della spalla ...	497
<i>E. Del Vecchio, F. Schillirò, F. De Ferrari</i>	
<b>Capitolo 19</b>	
L'imaging diagnostico nella valutazione medico-legale del ginocchio .	517
<i>O. Tamburrini, F. De Ferrari, U.E. Pazzaglia, G. Capparelli</i>	
<b>Capitolo 20</b>	
L'imaging diagnostico nella valutazione medico-legale del cranio-encefalo .....	559
<i>C. Buccelli, F. Smaltino, L. Brunese, R. Conforti, M. Fonzo</i>	
<b>Capitolo 21</b>	
L'imaging diagnostico nella valutazione medico-legale del torace ....	607
<i>A. Chiesa, F. De Ferrari, M. Fornaciari</i>	
<b>Capitolo 22</b>	
La Radiologia e l'urgenza .....	633
<i>O. Tamburrini, F. De Ferrari</i>	
<b>Capitolo 23</b>	
Diagnostica senologica: aspetti medico-legali .....	651
<i>C. Di Maggio, F. De Ferrari, S. Perotti, L. Pescarini</i>	
<b>Capitolo 24</b>	
Radiologia Interventistica .....	665
<i>G. Gandini, F. De Ferrari, M.C. Cassinis, P. Fonio, G. Marano, P. Pelizza</i>	
<b>Capitolo 25</b>	
Problemi medico-legali dell'attività radiologica con mezzi di contrasto .	681
<i>C. Buccelli, O. Tamburrini, F. De Ferrari, G. Feltrin, M. Niola</i>	
<b>Capitolo 26</b>	
La responsabilità del medico nella diagnostica ecografica .....	715
<i>M. Tavani, A. Goddi, R. Campani, G. Argalia, G.M. Giuseppetti, F. Candiani</i>	
<b>Capitolo 27</b>	
Problemi in Radioterapia .....	737
<i>G. Biti, F. De Ferrari, S.M. Magrini</i>	

**Capitolo 28**

Problemi in Medicina Nucleare ..... 767  
*M. Salvatore, C. Buccelli, L. Pace*

**Capitolo 29**

Problemi di Radiologia Forense in ambito militare ..... 797  
*F. Consigliere, A. Molisso*





## Trattamento ed analisi d'immagine nell'identificazione personale

---

M. Colonna, A. Rotondo, G. Di Vella, T. Catacchio, T. Lettini, V. Viterbo

---

### Introduzione

L'esame radiografico a fini identificativi, comunemente applicato su resti scheletrici o su cadaveri comunque non riconoscibili può avere differenti scopi (Evans e Knight, 1981; Krogman e Iscan, 1986):

- a) indagine preliminare per determinare la presenza di strutture scheletriche, la loro riconoscibilità, la specie di appartenenza ed i caratteri generici quali sesso, età, statura;
- b) comparazione tra radiografie *in vivo* e post-mortem ai fini dell'identificazione personale;
- c) accertamento di lesioni scheletriche recenti o di vecchia data, ovvero di processi patologici congeniti o acquisiti utili sia per la definizione della causa di morte che per l'identificazione personale: in questo ambito assume spesso rilievo cruciale la presenza di corpi estranei (mezzi di sintesi, protesi di vario tipo, clips chirurgiche, oggetti penetrati a seguito di eventi traumatici, ecc.).

L'identificazione personale può quindi essere basata sulla comparazione tra due set di radiografie, uno riferentesi al soggetto ancora in vita, allorché si sia sottoposto ad esami diagnostici che possono essere di vario tipo ed interessare differenti distretti corporei, l'altro ottenuto al momento delle indagini su cadaveri non riconoscibili (Colonna, 1988).

Il gran numero di informazioni fornite dall'immagine radiografica e la complessità delle varie tecniche attualmente disponibili nella diagnostica radiologica hanno determinato l'esigenza di procedure in grado di fornire soluzioni idonee a facilitare l'interpretazione e la valutazione dell'immagine.

Data l'importanza delle indagini radiografiche ai fini identificativi, lo scopo delle procedure di trattamento ed analisi è anche quello di estrarre da esse il maggior numero possibile di informazioni e soprattutto poter disporre di parametri numerici descrittivi delle caratteristiche presenti nell'immagine stessa per effettuare valutazioni di tipo statistico. Infatti l'esame delle radiografie può richiedere interventi di trattamento delle immagini al fine di migliorare la leggibilità ed esaltare particolari strutturali utili per il confronto, mentre il passaggio da una valutazione puramente qualitativa, basata sull'esame soggettivo, ad una quantitativa diretta a quantificare, e quindi rendere oggettivo, il grado di corrispondenza di eventuali coincidenze, necessita di adeguati algoritmi in grado di parametrizzare le caratteristiche morfologiche delle strutture, oggetto del confronto, presenti nelle immagini radiografiche.

In base ai caratteri delle immagini disponibili, ai problemi peculiari del caso in esame, ai particolari che si vogliono evidenziare ed al tipo di informazione che si vuole estrarre, è possibile operare una scelta tra diverse possibilità di intervento sull'immagine stessa: dai più semplici di computer grafica a quelli basati su algoritmi complessi che costituiscono le procedure di trattamento ed analisi.

## Problemi nella comparazione di radiografie

La comparazione di radiografie *in vivo* e post-mortem per l'identificazione personale è un metodo ormai ampiamente accettato in antropologia ed odontologia forense e nell'esecuzione di queste procedure errori sono possibili ma improbabili allorché l'esaminatore è "esperto" ed "i dettagli sono esaminati con meticolosa attenzione" (Martel e coll., 1977). Tuttavia sussistono problemi di standardizzazione delle procedure e di valutazione oggettiva dei risultati che possono riflettersi anche sulla "validazione" in ambito forense delle conclusioni raggiunte.

Premessa indispensabile è che la comparazione radiografica sia eseguita con metodica corretta. Tale metodica, nelle sue grandi linee, si articola nei seguenti passaggi:

- 1) individuazione di caratteri morfologici singolari o comunque ricchi di particolari;

- 1) esecuzione di procedure adeguate al confronto tra le immagini radiografiche;
- 2) valutazione del confronto utilizzando metodi di controllo.

Per quanto concerne il primo punto i caratteri scheletrici utili per l'identificazione personale mediante confronto di radiografie (più recentemente le TC) sono, come è noto, i seguenti:

- processi patologici congeniti ed acquisiti, lesioni traumatiche e loro esiti (interventi chirurgici, presenza di mezzi di sintesi);
- variazioni individuali (caratteri discontinui, morfologia e trabecolatura ossea).

I processi patologici e le lesioni traumatiche dello scheletro sono caratterizzati da un'evoluitività che modifica nel tempo il quadro radiologico. In molti casi tuttavia già la presenza della lesione o dei suoi esiti può essere estremamente rilevante ai fini identificativi e talora sufficiente per l'identificazione personale allorché l'esame sia limitato a campioni definiti di popolazione come nel caso dei disastri di massa.

Negli altri casi, l'esame accurato di particolari delle strutture ossee può fornire dati efficaci allorché l'identificazione sia basata sul confronto radiografico di strutture "normali", in base al principio generalmente accettato che anche queste ultime presentano peculiarità altamente individualizzanti (vedi Capitoli 14 e 15).

Analoghe metodiche sono state applicate per quanto concerne l'identificazione dentaria considerato che il confronto diretto tra radiografie dentarie *vivo* e *post-mortem* è una tra le procedure più utilizzate ed accettate ai fini dell'identificazione personale.

Le radiografie odontoiatriche più frequentemente utilizzate per l'identificazione, in quanto ad esse si ricorre quasi esclusivamente nella pratica ambulatoriale, sono quelle endorali (bitewing, periapicali, endodontiche); la distanza tra oggetto e film in queste radiografie è trascurabile, la ripetizione della stessa produce distorsioni minime ed evidenzia dettagli molto precisi dell'anatomia, di processi patologici e di trattamenti dentari.

Questi ultimi giocano un ruolo fondamentale nell'identificazione dentaria. Infatti la localizzazione, la forma e le caratteristiche singolari di otturazioni, ricostruzioni della corona, terapie canalari, protesi e perni, ecc., possono essere comparate con grande accuratezza esaminando radiografie *vivo* e *post-mortem*.

La segnalazione negli ultimi due decenni di una significativa riduzione della frequenza delle carie in diversi Paesi fa tuttavia prevedere un aumento di dentizioni esenti da terapie, particolarmente negli adolescenti e nei giovani adulti e quindi la perdita, in questi gruppi di età, della possibilità di utilizzare i dati più significativi per l'identificazione, costituiti, come si è detto, dalla morfologia singolare degli interventi riparativi. Inoltre deve considerarsi l'impiego sempre più frequente per le otturazioni, soprattutto nei denti anteriori, di materiali relativamente radiotrasparenti e comunque di minor durata rispetto ai materiali metallici.

Allorché l'identificazione si basa sulla comparazione di strutture "normali" la procedura potrebbe essere "validata" facendo riferimento al controllo su adeguate casistiche del carattere individualizzante dei parametri morfologici considerati; tuttavia questi controlli casistici sono stati raramente eseguiti. Ricordiamo in proposito che Ubelaker (1980) ha valutato su 595 casi le differenze morfologiche dei seni frontali rilevando che erano sempre presenti da 3 a 15 punti di differenza. Wood e coll.(1994) hanno comparato la morfologia della radice dentaria e delle sue relazioni spaziali giungendo alla conclusione che anche tali caratteri sono strettamente individuali. Questo risultato è stato confermato su una casistica più ampia da MacLean e coll.(1994) che hanno valutato statisticamente le considerazioni di più osservatori con diversa esperienza nell'identificare l'appartenenza allo stesso soggetto o a diversi soggetti di radiografie endorali prive di processi riparativi concludendo per una concordanza della procedura pari al 93%.

Un elemento non trascurabile nelle valutazioni comparative di radiografie dentarie e scheletriche è costituito dal tempo trascorso tra il momento in cui è stata eseguita la radiografia in vita ed il momento del decesso. Durante questo periodo possono esservi a livello dentario modificazioni in rapporto a nuovi interventi terapeutici (ad esempio denti perduti per cause varie o estrazioni di elementi dentari, nuovi trattamenti terapeutici, ecc.) ovvero in relazione con l'evoluzione di processi patologici e degenerativi. Quindi un altro dato da prendere in considerazione ai fini della "validazione" delle procedure di comparazione radiografica è l'intervallo di tempo e tale fattore non è stato in passato studiato mediante adeguati test statistici.

L'affidabilità del confronto a distanza di tempo (intervallo fra 4-30 anni) tra radiografie endorali (bitewing) è stata valutata con un'indagine sperimentale da cui emerge che gli errori, consistenti quasi esclusivamente in falsi negativi, sono rilevanti solo nei casi confrontati dopo un periodo maggiore di 25 anni (Kogon e MacLean, 1994).

Il secondo punto della metodica di comparazione radiografica, concernente la produzione di materiale adeguato al confronto, prevede un passaggio fondamentale costituito dalla necessità di ottenere radiografie del cadavere o di segmenti scheletrici isolati confrontabili per condizioni di ingrandimento, di proiezione e di posizione con quelle disponibili relative ai radiogrammi *in vivo*. Questo passaggio è indispensabile soprattutto quando si vogliono comparare correttamente segmenti scheletrici o elementi dentari in ordine a particolari conformazioni anatomiche o strutturali ovvero alle rispettive relazioni spaziali.

La ripetizione delle radiografie sul cadavere può basarsi anzitutto sui parametri standardizzati delle proiezioni correntemente usate in ambito clinico. È però evidente che il risultato ideale, ovvero l'esecuzione sul cadavere di radiografie che ripetono fedelmente precedenti analoghe indagini in vita, nella maggior parte dei casi è teorico e ciò sia perché spesso non sono immediatamente disponibili le radiografie eseguite ante-mortem, sia per lo stato di conservazione del cadavere stesso.

I risultati migliori si ottengono utilizzando segmenti ossei isolati che, con l'ausilio di appositi supporti e sulla guida della scopia televisiva, possono essere ricondotti più facilmente a situazioni analoghe a quelle della radiografia in vita. Ugualmente radiografie degli elementi dentari comparabili a quelle in vita possono essere ottenute più facilmente dopo prelievo del cranio o delle ossa mascellari, isolate e rimosse secondo la specifica tecnica autoptica.

I problemi di geometria della immagine e della influenza delle variazioni di posizione sulla valutazione comparativa e sulla sovrapposizione delle immagini ante- e post-mortem sono stati studiati, per quanto concerne le radiografie endorali, da Goldstein e coll. (1998). Questi AA. hanno considerato le modificazioni geometriche dell'immagine in relazione con le variazioni di tre parametri di posizione del film: inclinazione orizzontale, inclinazione verticale e distanza fuoco-oggetto. Mentre variazioni di questi ultimi due parametri non sembrano influenzare le possibilità di comparazione delle immagini, l'inclinazione orizzontale costituisce il fattore critico. Una differenza di inclinazione orizzontale di 10° o più tra gli esami Rx ante- e post-mortem rende impossibile la comparazione di aspetti concernenti le relazioni spaziali del complesso dente-radice.

In base a queste considerazioni Goldstein e coll. hanno messo a punto uno strumento che consente il preciso orientamento di segmenti mandibolari utilizzati per l'esecuzione delle radiografie post-mortem.

La soluzione di questi ed altri problemi può essere facilitata dall'impiego della *radiografia digitale*; i vantaggi dell'uso di questa tecnica per l'acquisizione e la comparazione di radiografie post-mortem sono stati sottolineati di recente (Wood e coll., 1997; Firestone e coll., 1998). Infatti la radiografia digitale è caratterizzata dalla rapidità di esecuzione: le immagini possono essere ottenute in meno di 6 secondi, contro tempi più lunghi necessari per una radiografia convenzionale. Ciò facilita la ripetizione dell'indagine e l'esecuzione di più proiezioni al fine di ottenere il risultato ottimale ai fini della comparazione. È poi di tutta evidenza il vantaggio della rapidità di esecuzione dell'indagine e della conservazione di numerose immagini in CD-ROM nei "mass disasters". Inoltre l'immagine digitale può essere direttamente elaborata fino ad ottenere risultati di ingrandimento, luminosità e contrasto adeguati alla comparazione.

Nella maggior parte dei casi sussistono comunque tra radiografie ante- e post-mortem sia pur minime differenze di proiezione, ingrandimento, ecc. che possono costituire, soprattutto in assenza di caratteri decisamente singolari, un ostacolo alla dimostrazione, al di là di ogni ragionevole dubbio, della corrispondenza delle immagini presenti nei radiogrammi ante- e post-mortem.

Pertanto se il rilievo di analogie nelle comparazioni radiografiche è da considerarsi, in base ad osservazioni empiriche ed ai precedenti casi riportati in letteratura, indicatore molto attendibile di una situazione di corrispondenza, appare evidente come in alcune situazioni la natura esclusivamente qualitativa della comparazione possa non permettere conclusioni definitive ai fini dell'identificazione personale.

Si evidenzia quindi la necessità di basare su criteri oggettivi la convalida delle conclusioni raggiungibili con la sola comparazione visiva (punto 3 della procedura di comparazione).

Proprio allo scopo di migliorare l'attendibilità dei risultati dell'esame comparativo ai fini dell'identificazione personale sono state nell'ultimo ventennio tentate procedure basate su tecniche computerizzate o computer-assistite per l'analisi qualitativa e quantitativa dell'immagine.

## Studio morfometrico dimensionale

I rapporti reciproci in termini di distanze e orientamento nell'ambito di una specifica struttura o tra una struttura anatomica ed un'altra possono

fornire utili elementi per l'identificazione personale mediante confronto di radiografie. Tecniche di morfometria dimensionale che forniscono parametri quali diametri, distanze, perimetri e superfici sono utilizzate da tempo per una valutazione quantitativa e quindi oggettiva del confronto.

Sassouni (1959), a seguito dei problemi di identificazione di militari americani deceduti nella guerra in Corea, propose un metodo basato su radiografie del cranio eseguite con procedure standardizzate (cefalometro Broadbent-Bolton). Su tali radiografie furono selezionate otto misure tra punti craniometrici per le proiezioni antero-posteriori ed altre otto per le proiezioni latero-laterali. Uno studio comparativo su un'ampia casistica dimostrò che l'identificazione personale veniva raggiunta nel 100% dei casi. Questo metodo richiedeva tuttavia la preventiva acquisizione e archiviazione di radiografie craniche standardizzate che poteva essere proposta solo per particolari categorie di soggetti a rischio (personale delle linee aeree, militari).

In un caso di identificazione personale di un cadavere estesamente carbonizzato giunto alla osservazione di uno di noi alcuni anni addietro fu utilizzato un metodo quantitativo di controllo delle corrispondenze (Alciati e coll., 1983). I radiogrammi disponibili risalivano a circa un anno prima della scomparsa dell'individuo presunto e consistevano in due proiezioni standard del torace e in una proiezione obliqua anteriore destra dell'addome, eseguita dopo ingestione di pasto baritato. Nei radiogrammi del torace erano ben riconoscibili le prime vertebre dorsali e le prime cinque coste, mentre il radiogramma dell'addome permetteva una dettagliata analisi delle ultime tre vertebre dorsali e delle estremità posteriori delle relative coste, nonché di tutte le vertebre lombari. L'esame delle immagini dei segmenti ossei visibili sui radiogrammi e il loro confronto preliminare con i segmenti scheletrici del cadavere permettevano di selezionare alcuni dettagli utilizzabili per un test di comparazione a livello delle seguenti strutture: terza costa di sinistra, prima e seconda vertebra dorsale, prima e quarta vertebra lombare. Al fine di procedere alla comparazione vera e propria sono state ottenute immagini radiografiche dei segmenti scheletrici scelti per il confronto, facendo riferimento a condizioni di ingrandimento, di proiezione e di posizione confrontabili con quelle relative ai radiogrammi *in vivo*. Quindi si è effettuata inizialmente la comparazione qualitativa dei radiogrammi post-mortem con quelli eseguiti *in vivo*. Successivamente si è passati all'analisi quantitativa. A tal fine, di ciascuna coppia di immagini radiografiche dei corrispondenti segmenti scheletrici sono state

effettuate misure comparative utilizzando un computer collegato con un *digitizer* che consentiva di trasformare l'immagine radiografica in una serie di valori numerici corrispondenti ai diversi punti delle linee di contorno direttamente disponibili all'ingresso del calcolatore per la successiva elaborazione. Per ciascuna immagine è stato tracciato il contorno con il *digitizer*, quindi, dopo aver misurato i perimetri e le aree relative sono state individuate delle adeguate serie di punti lungo i profili e si sono tracciati segmenti di collegamento (Figura 16.1). Di questi si sono calcolati la lunghezza e l'orientamento. Oltre alle misure assolute (perimetri-aree) si è proceduto al calcolo di una serie di rapporti fra misure lineari e tra aree e misure lineari. I valori ottenuti per ciascuna immagine delle coppie a confronto (ante- e post-mortem) sono stati valutati comparativamente mediante test statistici. Le valutazioni quantitative e i test statistici, secondo questa procedura, hanno permesso di dimostrare la coincidenza verso cui già orientava



**Figura 16.1** - Particolare della radiografia originale: sul bordo inferiore della testa del femore si nota un'irregolarità con contorni sfumati.



la comparazione esclusivamente qualitativa tra immagini radiografiche ante- e post-mortem.

Un metodo di analisi, su teleradiografie craniche in proiezione latero-laterale, della geometria dell'immagine, basato sul rilievo della morfologia e della disposizione spaziale di figure (segmenti – aree) inscritte tra determinati punti craniometrici scelti in base alla buona evidenziazione nel radiogramma ed alla immodificabilità a distanza di tempo, è stato proposto recentemente da Buccelli e coll. (1994).

Tecniche di misurazione lineare di parametri morfologici dentali su radiografie periapicali sono state utilizzate anche per la valutazione dell'età nel soggetto adulto (Kvaal e coll., 1995). Recentemente sono state evidenziate le difficoltà nell'impiego di metodi assistiti dal computer (CAM) per effettuare queste misure, in rapporto soprattutto ad una scarsa precisione nell'individuare alcuni punti di repere sul monitor (Kolltveit e coll., 1998).

## **Morfometria analitica della forma**

L'analisi quantitativa (morfometria) di oggetti presenti in una qualsiasi immagine (ad es. radiografie) è diretta ad ottenere parametri numerici che forniscano una descrizione quantitativa delle caratteristiche morfologiche delle strutture considerate volta per volta e quindi una valutazione obiettiva della corrispondenza di strutture presenti nelle immagini a confronto.

Accanto alle tradizionali tecniche di morfometria dimensionale sono attualmente disponibili procedure di morfometria analitica per la descrizione della forma che forniscono una serie di parametri numerici che quantificano la forma del distretto in esame, sia che si tratti di domini definiti da curve chiuse, sia quando si tratti di curve aperte, come si verifica per lo più per i profili ossei.

L'andamento del profilo di un distretto anatomico (la sua forma) contiene indubbiamente molte più informazioni di ogni altra valutazione eseguita sulla stessa regione. Per esempio qualsiasi misura rilevabile tra la glabella, la spina nasale e le ossa nasali non ci fornisce alcuna indicazione sulla forma del naso. Inoltre è dimostrabile che profili caratterizzati dagli stessi valori cefalometrici possono avere forma diversa. Una volta che dal concetto anatomico di profilo si sia passati al concetto analitico di curva si aprono molteplici possibilità per la sua descrizione a mezzo di equazioni.

Su procedure di morfometria analitica si basa appunto l'architettura logico-algoritmica della workstation S.A.M. (*Shape Analytical Morphometry*), originariamente sviluppata per affrontare problemi antropologici di morfologia evoluzionistica e successivamente estesa a numerosi ambiti della diagnostica morfologica, che assume che qualunque forma è la risultante di due caratteristiche: distorsioni complessive del profilo e fini irregolarità locali. (Pesce Delfino e coll., 1990; Pesce Delfino e coll., 1997). Il sistema distingue e tratta in maniera separata con procedure analitiche diverse le informazioni concernenti le perturbazioni locali della forma da quelle riguardanti le asimmetrie che eventualmente caratterizzano il piano architettonico di un oggetto ed è molto efficace nel descrivere anche minime variazioni di forma di singoli segmenti del profilo fronto-facciale (Di Tolve e coll., 1994).

## La sovrapposizione di immagini

Un altro metodo di comparazione di immagini che attualmente si avvale di procedure computerizzate è costituito dalla sovrapposizione, metodo in passato utilizzato sporadicamente per le difficoltà di esecuzione.

Un esempio di identificazione radiografica mediante sovrapposizione è quello descritto da Klonaris e Furue (1980) che compararono il negativo di una radiografia ante-mortem con una fotografia di un frammento mascellare in cui permanevano solo gli alveoli dentari.

Successivamente la sovrapposizione di immagini ante- e post-mortem a fini identificativi è stata resa di attuazione pratica in antropologia forense mediante l'impiego di un circuito televisivo chiuso ed utilizzata per confrontare il cranio e fotografie del viso del soggetto da identificare (Colonna e coll., 1980, 1984, 1994; Pesce Delfino e coll., 1994).

La procedura, tenuto conto dei necessari controlli nella fase di acquisizione delle immagini, non offre particolari problemi allorché si tratta di comparare un oggetto tridimensionale con uno bidimensionale; invece nel caso della sovrapposizione di due immagini bidimensionali, quali due radiografie, sono evidenti le difficoltà determinate da sia pur minime variazioni di orientamento del segmento scheletrico nell'esecuzione della radiografia post-mortem.

Recentemente Wood e coll. (1994) hanno messo a punto una tecnica di sovrapposizione computerizzata mediante immagini digitalizzate di radio-

grafie periapicali che è stata sperimentata in un confronto simulato tra una serie di immagini rispettivamente ante- e post-mortem. Questo metodo utilizza adeguate funzioni di un software per computer grafica in un PC collegato ad un *x-ray scanner*. In particolare la sovrapposizione, mediante la funzione "cut", di "sezioni" orizzontali dell'immagine radiografica post-mortem delle radici sulla corrispondente zona della radiografia ante-mortem consente di apprezzare le corrispondenze della forma delle radici dentarie e dei rapporti reciproci tra radici dentarie ed alveoli.

Questa procedura ha consentito di definire altamente individualizzanti alcuni aspetti evidenziabili nelle radiografie endorali ed in particolare i rapporti spaziali tra le radici, gli spazi occupati dai ligamenti periodontali, dalla polpa e lo spessore delle radici. Tali rilievi assumono quindi ai fini identificativi valore analogo ai caratteri singolari costituiti soprattutto dagli interventi terapeutici e protesici.

Per la validazione in ambito forense di queste procedure è opportuno che siano puntualizzati e verificati i seguenti punti critici:

- a) distorsioni geometriche dei sistemi di acquisizione delle immagini;
- b) normalizzazione dimensionale e controllo della posizione delle strutture considerate nelle immagini a confronto
- c) adeguati metodi per la valutazione parametrizzata delle immagini a confronto.

Si potrebbe prospettare in futuro l'abbinamento di valutazioni puramente qualitative, come nel metodo di Wood e coll., a valutazioni quantitative di analisi e comparazione delle immagini secondo le procedure di morfometria analitica della forma in precedenza riportate.

## **Analisi densitometrica computerizzata**

Agli inizi degli anni settanta l'analisi numerica computerizzata dei dati densitometrici ha condotto ad una produzione di immagini più elaborate rispetto alla radiografia tradizionale: la *tomografia assiale computerizzata*. L'impiego degli stessi dati per il passaggio da una semplice valutazione qualitativa (esame visivo) all'acquisizione di dati quantitativi (densitometria) è estremamente importante nello studio delle strutture ossee. Ad

esempio, in ortopedia la valutazione quantitativa è fondamentale per lo studio dell'osteoporosi, dell'evoluzione dei focolai di frattura, del comportamento dell'osso sul contorno di endoprotesi, ed in genere per l'analisi delle alterazioni meccaniche dell'osso.

In alcune esperienze dirette all'esame comparativo densitometrico di radiografie tradizionali si è rilevato che, nonostante l'uso di software particolarmente dedicati (Toni e coll., 1994), sono difficilmente risolvibili diversi problemi soprattutto di equalizzazione trattandosi della comparazione densitometrica di immagini Rx con differenze di ingrandimento, proiezione, contrasto e luminosità; alcuni di questi problemi sono più agevolmente superabili mediante l'utilizzazione della radiografia digitale.

Di recente sono stati messi a punto strumenti ancora più appropriati basati sull'impiego di TC particolarmente dedicata (*Densiscan*) a misurare la densità ossea con elevata precisione ed accuratezza (Cordey e coll., 1994)

Queste valutazioni densitometriche sono state raramente applicate alla identificazione scheletrica e dentaria ma può prevedersi in futuro che la disponibilità di dati di riferimento attendibili possa essere utile per valutare l'epoca di produzione di fratture o l'età scheletrica del soggetto.

Allo stato, nell'ambito dell'identificazione, l'analisi quantitativa densitometrica è stata impiegata per lo studio della trasparenza della dentina radicolare (Ricco e coll., 1984).

La trasparenza della dentina è dovuta essenzialmente alla calcificazione progressiva dei tubuli dentinali con il progredire della età e, come risulta da vari studi (Colonna e coll., 1984; Drusini, 1990) è il parametro dentario che presenta la migliore correlazione con l'età nell'adulto.

La estensione e le modificazioni di tale trasparenza sono state studiate, mediante esame diretto della radice integra con diversi metodi e recentemente anche mediante un elaboratore di immagini (VAU 101) che risolve la zona di trasparenza in differenti classi di livelli di grigio. Effettuando l'analisi densitometrica è possibile ottenere istogrammi dei livelli di grigio ed i valori numerici corrispondenti possono essere sottoposti ad analisi statistica con risultati significativi nella differenziazione delle classi di età (Colonna e coll., 1994-c).

Procedure di analisi densitometrica sono state di recente applicate anche per lo studio della trasparenza della radice su radiografie endorali (Buccelli e coll., 1994) con risultato praticamente sovrapponibile tra i valori ottenuti sulle immagini radiografiche e quelli valutati direttamente su sezioni istologiche della radice, con il vantaggio di poter conservare l'integrità del

dente in esame, ma con le stesse difficoltà di standardizzazione in precedenza sottolineate per la valutazione comparativa di radiografie scheletriche.

## **Elaborazione delle immagini radiografiche**

L'esigenza di procedure idonee a facilitare l'interpretazione delle immagini radiografiche tradizionali migliorando la leggibilità di particolari ed evidenziando peculiarità strutturali che pur essendo presenti nell'immagine possono sottrarsi alla semplice osservazione è particolarmente sentita in ambito medico-legale, specie nell'identificazione personale.

Infatti, come si è detto, la valutazione dell'esame comparativo è spesso resa difficoltosa dalle condizioni di leggibilità delle immagini, per lo più eseguite per altri scopi e non per l'esame di strutture scheletriche, o comunque con scarsa evidenziazione dei particolari su cui si basa l'identificazione; inoltre sussistono sempre differenze tra le radiografie eseguite sul vivente e quelle eseguite sul cadavere per le modificazioni o addirittura l'assenza dei tessuti molli in caso di scheletrizzazione.

A questi scopi risultano particolarmente utili elaborazioni dell'immagine radiografica basate sulle caratteristiche densitometriche che rendono possibile codificare l'immagine in una serie di valori numerici corrispondenti ai livelli di grigio presenti.

A partire da questo dato possono ottenersi mappe che, accorpendo convenientemente diversi intervalli di tale scala, operano una riclassificazione e quindi una trasformazione dell'immagine.

Tali classificazioni possono essere espresse con codifiche diverse (falsi colori, falso rilievo, delimitazione di domini, effetti di ombreggiatura, etc.) che risultano effettivamente utili per esaltare particolari presenti nell'immagine, aumentarne la leggibilità e soprattutto differenziare situazioni locali.

La discriminazione di luminanza  $\epsilon$ , con queste soluzioni tecniche, di gran lunga superiore rispetto alle capacità percettive dell'occhio umano.

Procedure di trattamento di immagine sono già da tempo disponibili e si basano su tecniche digitali la cui applicazione, comportando tempi di processo molto lunghi, grosse quantità di memoria e lavoro molto gravoso da parte di operatori specializzati, trova limitazioni all'impiego nelle indagini medico-legali.

Le stesse prestazioni possono essere fornite invece da elaboratori analogici, di più recente produzione, che rispetto alla tecnica digitale presentano il vantaggio di effettuare elaborazioni in tempo reale (1/25 sec.) nonché di consentire un immediato approccio intuitivo alle procedure applicate.

In alcuni casi giunti alla nostra osservazione abbiamo utilizzato un elaboratore basato su una tecnologia completamente hardware (V.A.U. 101) che è, appunto, un'unità di assistenza alla video-osservazione (Colonna e coll., 1994 a-b).

Le prestazioni utilizzabili nell'esame di radiografie a fini identificativi sono le seguenti: acquisizione dell'immagine da TV camera; inserimento dell'immagine in sistemi di riferimento per la standardizzazione della posizione e valutazioni topografiche (reticolo a passo variabile, matrice di punti ad intensità variabile) e funzioni di manipolazione del contrasto, equalizzazione della luminanza, analisi dei livelli di grigio e rappresentazione per mappe, evidenziazione dei gradienti di transizione e rese pseudotridimensionali (filtro di Laplace), rappresentazione in falso colore (per la stima quantitativa di superfici), inversione tonale, filtraggio interferenziale, funzione di segmentazione e evidenziazione dei contorni.

Ciascuna funzione, utilizzabile singolarmente o in qualsiasi combinazione, è accompagnata dalla relativa lettura numerica. L'immagine trattata può essere contemporaneamente stampata, registrata, inviata ad analizzatori di immagini per valutazioni quantitative o trasferita a distanza.

Con tale metodica abbiamo eseguito elaborazioni di immagini a fini identificativi in diverse situazioni (Lettni e coll., 1993; Colonna e coll., 1994 a-b):

- a) Esame di una radiografia dell'articolazione coxo-femorale sinistra eseguita in vita su un soggetto che aveva riportato una lussazione traumatica dell'anca al fine di evidenziare caratteri confrontabili con le alterazioni ossee rilevate a livello della testa del femore sinistro in un cadavere non riconoscibile; l'esame radiografico era stato effettuato circa 10 anni prima della morte. Le radiografie eseguite all'epoca del trauma evidenziavano una lussazione posteriore dell'anca sinistra con distacco e dislocazione di grosso frammento del polo posteriore del cotile e presenza di altri frammenti più piccoli sul contorno della testa femorale. All'esame sul cadavere la testa del femore sinistro mostrava sul versante inferiore, a livello della base, una zona irregolare con una salienza ossea a mo' di osteofita. A parte la generica corrispondenza topografica non sembravano evidenziabili ad un

primo esame, precise corrispondenze morfologiche tra il reperto radiografico e quello anatomico. Si è pertanto effettuata un'elaborazione sulla radiografia eseguita in vita. Le funzioni utilizzate sono state essenzialmente la classificazione dei livelli di grigio in mappe e l'applicazione del filtro interferenziale. Si è riusciti così a definire la esatta morfologia dell'immagine radiografica del frammento osseo a livello della testa del femore che risultò quindi confrontabile con il quadro evidenziato nella stessa sede nel cadavere (Figure 16.1-2-3).

- b) Comparazione di due radiografie craniche ante- e post-mortem in cui si volevano esaltare particolari della struttura della regione sellare e di quelle adiacenti. In questo caso l'ingrandimento con restituzione pseudo-tridimensionale ha consentito un netto apprezzamento della corrispondenza di particolari della struttura ossea delle immagini a confronto che deve ritenersi molto utile ai fini identificativi dato l'ele-



**Figura 16.2** - Particolare della figura 16.1: l'elaborazione definisce la morfologia del bordo inferiore della testa del femore.

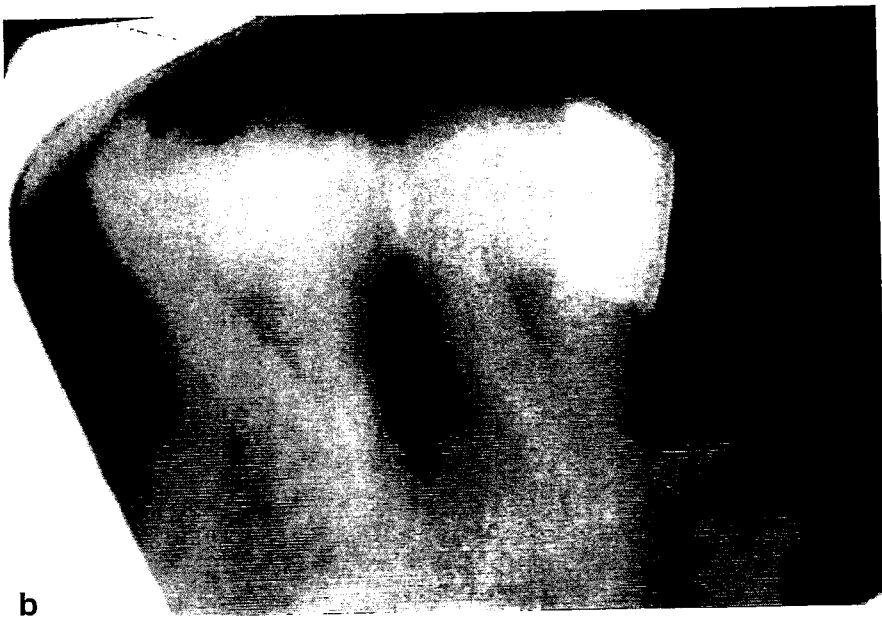


**Figura 16.3** - La salienza ossea rilevata all'esame macroscopico della testa del femore prelevato dal cadavere: il profilo è sovrapponibile a quello evidenziato nell'immagine radiografica mediante elaborazione.

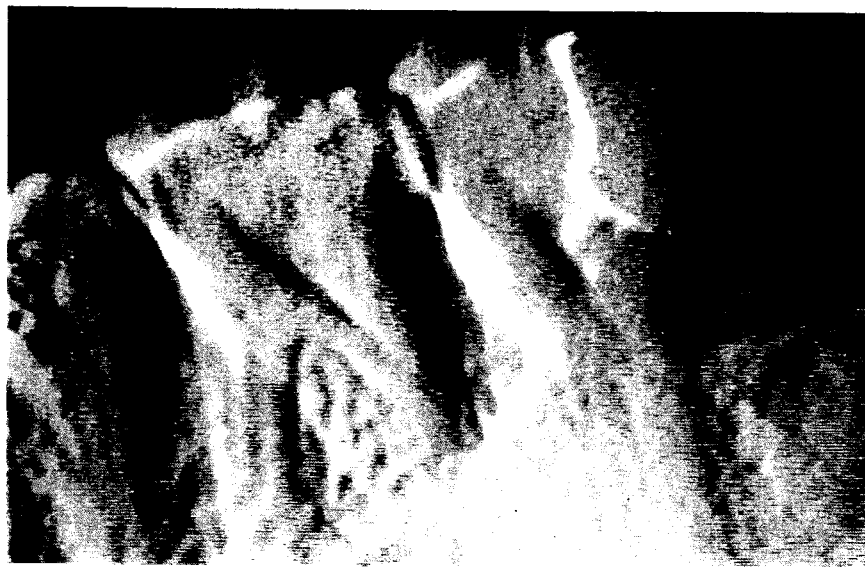
vato numero di peculiarità individuali presenti a livello di questa regione;

- c) Valutazione della corrispondenza di caratteri singolari presenti su radiografie dentarie. In questi casi il trattamento delle immagini radiografiche con elaboratore analogico in tempo reale risulta di indubbio vantaggio ai fini della migliore definizione di dettagli della struttura ossea dell'alveolo e di interventi terapeutici anche se costituiti da semplici otturazioni di cui si possono evidenziare fini particolari del contorno (Figure 16.4-5-6); questo risultato può essere ottenuto mediante particolari funzioni di elaborazione (*contouring effect*).
- d) Definizione della morfologia di corpi estranei presenti nell'immagine radiografica (elementi protesici, frammenti metallici, ecc.).





**Figura 16.4** - Confronto di radiografie dentarie eseguite rispettivamente *in vivo* (a) e post-mortem (b).



**Figura 16.5** - L'elaborazione delle immagini consente un'esaltazione delle peculiarità strutturali utili ai fini identificativi.



**Figura 16.6** - L'elaborazione delle immagini consente una esaltazione delle peculiarità strutturali utili ai fini identificativi.

L'utilizzazione corretta dell'elaborazione di immagini implica, come si è detto, un adeguato controllo degli artefatti. Ove tale requisito sia rispettato, le valutazioni qualitative possono avvalersi di un'amplificazione dell'informazione contenuta nelle immagini radiografiche a confronto sì da evidenziare le analogie di un gran numero di particolari, consentendo di ritenere non significative quelle minime differenze che comunque sono inevitabili nell'esecuzione delle radiografie in differenti condizioni.

## **Ricostruzione e visualizzazione tridimensionale**

Nell'antropologia forense e nell'identificazione in particolare sono stati recentemente evidenziati i vantaggi dell'impiego della tecnologia TC, finora piuttosto limitato a causa delle difficoltà di accesso alle apparecchiature (Evenot, 1996).

Attualmente nell'ambito dell'identificazione radiografica è sempre più frequente che il materiale di comparazione ante-mortem sia costituito da TC soprattutto del cranio e della colonna vertebrale (Riepert e coll., 1995). L'impiego di tale documentazione radiografica determina la necessità di eseguire l'esame post-mortem con la stessa tecnica. Una possibile variazione di questa procedura è costituita dalla sovrapposizione, ai fini della identificazione personale, di una sezione sagittale del cranio con una corrispondente sezione sagittale rappresentata in una TC cranica (Haga e Terazawa, 1996).

Nel Dipartimento di Antropologia della "Smithsonian Institution" la TC viene correntemente utilizzata per descrivere e identificare caratteristiche normali e anomale delle strutture scheletriche e di altre strutture biologiche od oggetti, essendo evidenti i vantaggi di esaminare superfici interne o comunque strutture nascoste in materiali di vario tipo, in modo non distruttivo. Sono state recentemente riportate in letteratura (Frohlich e coll., 1996) applicazioni in archeo-anthropologia relative allo studio di resti scheletrici, di corpi mummificati dell'antico Egitto e in ricerche sperimentali dirette allo studio della forma e delle dimensioni di resti scheletrici umani ancora inclusi nei vari substrati in cui erano inumati. Appare evidente che in futuro vi sarà un notevole incremento dell'uso di questa tecnologia, molto promettente anche nell'ambito delle scienze forensi soprattutto ai fini della descrizione ed analisi di reperti in modo non distruttivo e non intrusivo.

La tecnologia TC fornisce, mediante classificazione in mappe dei coefficienti di assorbimento dei raggi X, delle sezioni anatomiche di determinati distretti corporei (o dell'intero corpo) con una risoluzione pari a circa 1 mm.

Si rende quindi disponibile un set di sezioni bidimensionali seriate, parallele lungo un determinato asse che nel loro insieme contengono in maniera completa l'informazione tridimensionale del segmento corporeo considerato (*imaging 2-D* o *slice-by-slice*). In altri termini tutte le informazioni presenti nella struttura considerata ed anche quella 3-D sono fornite dal set di rappresentazioni seriate ottenute in maniera discontinua. La risoluzione di ciascuna immagine del set è la migliore ottenibile, non raggiungibile con altre procedure di visualizzazione 3-D, ma la rappresentazione "*slice-by-slice*" statica e discontinua può essere insufficiente per un'adeguata rappresentazione di strutture complesse.

La necessità di una visualizzazione tridimensionale che consenta all'osservatore di apprezzare in modo immediato i rapporti topografici e la esatta morfologia di strutture anatomiche o di processi patologici ha comportato, nell'ultimo decennio, la messa a punto di metodi idonei a trasmettere nella maniera più diretta l'informazione 3-D contenuta nella diagnostica per immagini TC.

La ricostruzione tridimensionale computerizzata di immagini biomediche di qualsiasi tipo ed in particolare TC ed RMN consiste nella suddivisione delle immagini originarie in regioni "omogenee" per livelli di grigio e nella somma di tali elementi bidimensionali per ricavare la terza dimensione spaziale (*asse z*). La ricostruzione dell'oggetto può quindi essere ottenuta attraverso l'impiego di due sistemi fondamentali, genericamente indicati con il termine di *modellazione per superfici* e *modellazione solida*, nel primo dei quali ovviamente saranno tralasciate tutte le informazioni riguardanti la struttura interna dell'oggetto in esame.

Ciascun processo richiede alcune fasi distinte e successive:

- 1) acquisizione dati;
- 2) campionatura o classificazione degli oggetti di interesse (*thresholding*);
- 3) ricostruzione 3-D;
- 4) visualizzazione.

L'acquisizione dell'immagine non differisce sostanzialmente dalla consueta esecuzione tecnica dell'indagine per il distretto in esame: si tende peraltro a preferire l'uso di spessori sottili (1-3 mm) per ridurre l'effetto vo-

lume parziale ed evitare nella ricostruzione 3-D una eccessiva preponderanza dell'asse z che corrisponde allo spessore della scansione e che si manifesta come artefatto a "gradini" nella ricostruzione, come noto anche nelle ricostruzioni elettroniche multiplanari.

Mentre la prima fase è comune ad entrambe le tecniche, grosse differenze si avvertono nelle fasi successive: la procedura di *thresholding* infatti consiste nel selezionare regioni omogenee per livello di grigio (e quindi densità) entro un intervallo predeterminato ma, mentre nella modellazione per superfici la campionatura esclude di fatto le regioni di densità differente dalla successiva ricostruzione 3-D, nella modellazione solida o volumetrica è solo nella fase di visualizzazione che le strutture al di fuori dell'intervallo soglia scelto vengono escluse dalla rappresentazione grafica: in dettaglio, nella modellazione per superfici l'oggetto verrà replicato solo nel suo profilo come ricavato dall'immagine TC mentre con la modellazione solida verrà considerata anche la struttura (Bianchi e Ramieri, 1996).

La fase di visualizzazione si basa sulla procedura del "*ray-tracing*" che consiste nell'illuminare l'oggetto in questione con un fascio luminoso proveniente dall'infinito e diretto all'occhio dell'osservatore, e che si proietta su uno schermo (bidimensionale) dove l'osservatore stesso dovrebbe appunto vedere apparire l'oggetto.

Oggi alcuni modellatori consentono non solo di visualizzare singoli tessuti (ad esempio l'osso) ma anche di sovrapporre altri tessuti attribuendo ad essi un effetto di trasparenza o un colore quando i rapporti fra diversi tessuti siano importanti ai fini della corretta interpretazione.

L'utilizzazione di dati volumetrici per la ricostruzione delle strutture ossee produce però due tipi di *artefatti*, legati alla variabilità statistica del valore densitometrico dei pixel, determinata dal rumore, che dipendono dalla finestra di rappresentazione (*thresholding*). La presenza di pixel con densità molto inferiore a quella media di un determinato tessuto induce la mancata inclusione di quei pixel all'interno della finestra della ricostruzione, generando un primo tipo di artefatto denominato "*pseudoforamen*" e consistente nella discontinuità artefatta della superficie esaminata. Al contrario, la presenza di pixel con densità superiore alla media all'interno dei tessuti molli superficiali produce "*pseudocalcificazioni*" che si proiettano sulle strutture ossee rappresentate. Entrambi questi artefatti possono rendere difficile lo studio delle superfici ossee ricostruite e deteriorare la qualità dell'immagine. Lo spostamento del limite inferiore della finestra della rappresentazione verso valori densitometrici più bassi accentua gli artefatti

di pseudocalcificazione, mentre lo spostamento verso valori densitometrici più elevati aumenta l'incidenza degli "pseudoforamina". Pertanto questi artefatti non possono essere corretti mediante variazioni della finestra: risultano invece risolutivi tutti gli espedienti che riducono il rumore statistico dell'immagine. Questi comprendono aumento dello spessore, aumento del milliamperaggio ed aumento della durata della scansione. L'adozione di ciascuno di questi accorgimenti determina però alcuni problemi ulteriori: ad esempio l'aumento dello spessore comporta una minore capacità di distinguere strutture vicine, accentuando il più importante degli artefatti intrinseci dell'imaging tridimensionale, denominato "pseudo-anchilosi" (Fishman e Magid, 1991; Lambrecht, 1995; Bianchi e Ramieri, 1996).

La correzione degli artefatti di "pseudoanchilosi" è affidata essenzialmente alla riduzione dello spessore e dell'intervallo fra le scansioni.

Non va trascurata la possibilità di interagire con le immagini rese sullo schermo. Ad esempio è possibile esplorare l'oggetto sotto diversi angoli visivi, variare i parametri di segmentazione con conseguente modifica delle caratteristiche di visualizzazione ovvero procedere a manipolazioni delle immagini che possono giungere fino ad una vera e propria "dissezione digitale" (Vandermeulen, 1994).

Le notevoli potenzialità dell'impiego di queste procedure di visualizzazione 3-D nell'ambito della patologia e dell'identificazione medico-legale sono facilmente intuibili. Sono stati ad esempio già segnalati in letteratura i risultati ottenibili correlando la morfologia del focolaio emorragico nei tessuti molli superficiali e della corrispondente lesione fratturativa ossea al fine dell'identificazione del mezzo lesivo (Oliver e coll., 1997).

La visualizzazione 3-D permette una correlazione visiva diretta dell'osservatore con la configurazione della lesione, consentendo un apprezzamento rapido ed efficace della morfologia di quest'ultimo.

Una possibile evoluzione per migliorare la possibilità di valutazione nella diagnosi medico-legale è costituita dalla visualizzazione multimodale. Ad esempio miscelando i dati TC e RMN nella stessa immagine potrebbero ottenersi risultati molto efficaci nello studio diretto dei rapporti tra fenomeni emorragici dei tessuti e lesioni fratturative. Questi aspetti potrebbero in futuro essere comparati con modelli biomeccanici della lesività e della reazione delle diverse regioni corporee alla lesività stessa (Vandermeulen, 1994).

Mediante le tecniche più recenti di modellazione 3-D (stereolitografia) possono essere costruiti veri e propri modelli che riproducono i dettagli più

fini di una struttura anatomica; tali modelli sono estremamente utili ai fini didattici e dimostrativi nello studio della lesività. Può quindi prevedersi che acquisiranno in futuro notevole importanza ai fini dell'identificazione comparativa.

Nell'ambito più strettamente attinente all'identificazione personale ricorderemo che già da alcuni anni sono state studiate procedure 3-D di ricostruzione facciale con metodi computerizzati (Vanezis e coll., 1989; Ubelaker e O'Donnell, 1992; Vanezis, 1995; Nelson e Michael, 1998).

Le immagini del cranio sono acquisite mediante TC (o laser-scan). Successivamente, tenendo conto anche delle caratteristiche antropologiche del cadavere da identificare (tipo etnico, sesso, età, corporatura) viene generata una raffigurazione del volto (*mask*) che è posizionata sull'immagine digitalizzata del cranio e ad essa adattata secondo precise corrispondenze delle relative proporzioni.

Questa procedura, indicata anche con il termine di "*restoration*" è quindi diretta a restituire la fisionomia "aggiungendo" i tessuti molli facciali allo scheletro craniale per un eventuale riconoscimento visivo del soggetto ed è stata molto criticata in passato per la soggettività dei risultati, in assenza di precise leggi scientifiche che garantiscano la validità e la ripetibilità degli stessi e l'impiego di procedure computerizzate non risolve questi problemi.

Recentemente è stata evidenziata l'utilità della tecnica CT per visualizzare e misurare lo spessore dei tessuti molli facciali e quindi creare una "banca dati" per la ricostruzione di questi ultimi (Phillips e Smuts, 1996; Vignal e coll., 1998). Inoltre con questa tecnica sarà possibile perfezionare la conoscenza degli esatti rapporti esistenti tra punti cefalometrici e craniometrici. Attualmente l'assenza di dati precisi sullo spessore dei tessuti molli e sui rapporti di questi ultimi con i punti di riferimento scheletrici rende queste ricostruzioni, anche se effettuate con metodi computerizzati di ricostruzione 3-D, scarsamente attendibili.

In conclusione queste procedure non possono allo stato attuale costituire un metodo per l'accertamento dell'identificazione personale; il loro scopo è quello di facilitare l'elaborazione di diverse fisionomie come in una sorta di "identikit", consentendo di disporre di una serie di volti compatibili sia con le caratteristiche morfologiche del cranio in esame sia con i dati antropologici da esso desumibili e quindi incrementando in assenza di altri dati le possibilità di avviare il processo d'identificazione; quest'ultima comunque potrà essere ottenuta solo con i metodi attualmente accettati e dotati di valide basi deterministiche.

## Bibliografia

- Alciati G., Colonna M., Pesce Delfino V., Jacobellis D., Merli S.: Valutazioni quantitative nel confronto di radiografie per l'identificazione personale da resti scheletrici. *Zacchia*, 1983; 56:69-96.
- Bianchi S.D., Ramieri G.: *3D tecniche di visualizzazione e replicazione solida - applicazioni mediche*. Minerva Medica, Torino 1996.
- 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*, 1994; 16(suppl):47-60.
- Buccelli C., Laino A., Donnarumma A., Greco M.G., Quaremba G.: Proposta di un metodo per l'identificazione individuale attraverso l'analisi computerizzata di rilievi cefalometrici. *Arch Med Leg Ass*, 1994; 16(suppl):143-56.
- Colonna M.: Identificazione personale con particolare riferimento alle tecniche odontostomatologiche. In: P Martini (ed), *Medicina legale in odontoiatria*. USES Ed. Sci, 1988.
- Colonna M., Introna F. Jr., Favia G., Pesce Delfino V.: Valutazione della trasparenza della dentina per la determinazione dell'età: revisione metodologica ed analisi di un campione. In: F De Fazio, B Vernole (eds), *La laurea in odontoiatria e protesi dentaria*. CIC Ed. Internaz., Roma 1984.
- Colonna M., Introna F. Jr., Potente F., Vacca E., Pesce Delfino V.: Computer-aided skull-face superimposition by analytical procedures. *Acta Medicinæ Legalis et Socialis*, 1984; 34:139-49.
- Colonna M., Di Vella G., Vitale L., Lettini T.: Utilizzazione della elaborazione di immagini e della morfometria analitica nella identificazione dentaria. In: G Bolino, E Nardecchia (eds), *I Problemi Medico-Legali in Odontostomatologia*. Ed. Colosseum, Roma 1994.
- Colonna M., Lettini T., Di Vella G.: Image processing and analysis in craniofacial identification. Proceedings of Personal Identification. "IV International Meeting on Forensic Medicine. Alpe Adria-Pannonia". Tipografia USL n.2 "Goriziana", Gorizia 1994.
- Colonna M., Lettini T., Vitale L., Cipriani T., Rizzi R.: Tooth dentine transparency investigated by real time image processor. "Proceedings of the 5th International Symposium on craniofacial identification. Manchester University, 26-28 October 1994". England 1994.



- Cordey J., Brunner U., Van Frank ED., Moor R., Rahn B.A., Senn R.: From x-rays to quantitative computed tomography in experimental orthopaedic research: qualitative and quantitative data analysis. In: MA Barbosa, A Campilho (eds). *Imaging techniques in biomaterials*. Elsevier Science Ed., Amsterdam 1994.
- Ditolve P., Potente F., Di Gioia M., Ricco R.: Descrizione quantitativa degli effetti del trattamento ortodontico sulla forma dei profili facciali. *Ortodonzia Italiana*, 1994; 3:243-65.
- Drusini A.: L'analisi della trasparenza della dentina radicolare nella determinazione dell'età individuale. *Riv It Med Leg*, 1990; 12:173-8.
- Evans K.T., Knight B.: *Forensic Radiology*. Blackwell Scientific Publications, Oxford 1981.
- Evenot M., Midavaine A., Cazevian R.: C.T. Scan use in skeletal identification. "Proceedings of the 14th IAFS, Tokyo 1996", vol. 1. Shunderson Ed., 1997.
- Firestone S.R., Road W.W., Rodin H.A.: The use of digital radiography for dental identification in TWA flight 800 disaster. "Proceedings of the 50th AAFS Meeting, February 9-14, 1998".
- Fishman EK, Magid D., Ney DR et al.: Three dimensional imaging. *Radiology*, 1991; 181:321-37.
- Frohlich B., Falkowski B., Lynnerup N.: The use of computerized tomography in identifying human remains in unexcavated burials: anthropological and forensic application. "Proceedings of the 14th IAFS, Tokyo 1996", vol. 1. Shunderson Ed., 1997.
- Goldstein M., Sweet D.J., Wood R.E.: A specimen positioning device for dental radiographic identification. Image geometry considerations. *J Forensic Sci*, 1998; 43:185-9.
- Haga K., Terazawa K.: A superimposing method with the use of a tomogram in lifetime. "Proceedings of the 14th IAFS, Tokyo 1996", vol. 1. Shunderson Ed., 1997.
- Klonaris N.S., Furue T.: Photographic superimposition in dental identification. Is a picture worth a thousand words? *J Forensic Sci*, 1980; 25:859-65.
- Kolltveit K.M., Solheim T., Kvaal S.I.: Methods of measuring morphological parameters in dental radiographs. Comparison between image analysis and manual measurements. *Forensic Sci Int*, 1998; 94:87-95.
- Kogon S.L., MacLean D.F.: Long-term validation study of bitewing dental radiographs for forensic identification. *J Forensic Sci*, 1996; 41(2): 230-2.

- Krogman W.M., Iscan M.Y.: *The human skeleton in forensic medicine*. Charles C. Thomas Publisher, Springfield, Illinois 1986.
- Kvaal S., Kolltveit K.M., Thomsen I.O., Solheim T.: Age estimation of adults from dental radiographs. *Forensic Sci Int*, 1995; 74:175-85.
- Lambrecht J.T.: *3D modelling technology in oral and maxillofacial surgery*. Quintessence Publishing Co., 1995.
- Lettini T., Colonna M., Troia M., Di Vella G.: Tecnologie avanzate in antropologia forense: elaborazione in tempo reale di immagini radiografiche nell'identificazione personale di resti scheletrici. *Antropologia Contemporanea*, 1993; 16(1-4):175.
- MacLean D.F., Kogon S.L., Stitt L.W.: Validation of dental radiographs for human identification. *J Forensic Sci*, 1994; 39:1195-200.
- Martel W., Wicks J.D., Hendrix R.C.: The accuracy of radiologic identification of humans using skeletal landmarks: a contribution to forensic pathology. *Radiology*, 1977; 124:681-4.
- Nelson L.A., Michael S.D.: The application of volume deformation to three dimensional facial reconstruction: a comparison with previous techniques. *Forensic Sci Int*, 1998; 94:167-81.
- Oliver W.R., Boxwala A., Rosenman J., Cullip T., Symon J., Wagner G.: Three-Dimensional Visualization and Image Processing in the Evaluation of Patterned Injuries. *Am J Forensic Med Pathol*, 1997; 18(1):1-10.
- Pesce Delfino V., Potente F., Vacca E., Lettini T., Ragone P., Ricco R.: Shape evaluation in medical image analysis. *Microscopy and Analysis*, 1990; 3:21-24.
- Pesce Delfino V., Vacca E., Potente F., Lettini T., Colonna M.: Shape analytical morphometry in computer aided skull identification via video superimposition. In: MY Iscan, RP Helmer(eds), *Forensic Analysis of the Skull*. Wiley-Liss Ed., New York 1993.
- Pesce Delfino V., Lettini T., Vacca E.: Heuristic adequacy of Fourier descriptors: methodological aspects and applications in morphology . In: PE Lestrel (ed), *Fourier descriptors and their applications in biology*. Cambridge University Press, 1997.
- Phillips V.M., Smuts N.A.: Facial reconstruction: utilization of computerized tomography to measure facial tissue thickness in a mixed racial population. *Forensic Sci Int*, 1996; 83:51-59.
- Ricco R., Colonna M., Vacca P., Introna F. jr, Bufo P., Pesce Delfino V.: Modificazioni della trasparenza della dentina: analisi densitometrica computerizzata. *Bol Soc Ital Biol Sper*, 1984; 60:2215-20.

- Sassouni V.: Cephalometric identification: a proposed method of identification of war dead by means of roentgenographic cephalometry. *J Forensic Sci Soc*, 1959; 4:10-9.
- Toga A.: Three dimensional reconstruction. In: *Three dimensional neuroimaging*. Raven Press, New York 1990.
- Toni A., Baruffaldi F., Viceconti M., Sudanese A., Bueno Lozano A., Giunti A.: Computer aided densitometric image analysis (CADIA) of X-ray films related bone remodeling with total hip arthroplasty. In: MA Barbosa, A Campilho (eds), *Imaging techniques in biomaterials*. Elsevier Science, Amsterdam 1994.
- Ubelaker D.H.: Positive identification from the radiographic comparison of frontal sinus patterns. In: TA Rathbun, JE Buikstra (eds). *Human identification*. Charles C. Thomas Publisher., Springfield, Illinois 1980.
- Ubelaker D.H, O'Donnel G.: Computer-assisted facial reproduction. *J Forensic Sci*, 1992; 37:155-62.
- VanderMeulen D., Suetens P., Marchal G.: Visualization techniques for 3-D Medical Images. In: MA Barbosa, A Campilho (eds), *Image Techniques in Biomaterials*. Elsevier Science, Amsterdam 1994.
- Vanezis P., Blowes R.W., Linney A.D., Tan A.C., Richards R., Neave R.: Application of 3D computer graphics for facial reconstruction and comparison with sculpting techniques. *Forensic Sci Int*, 1989; 42:69-84.
- Vanezis P.: Facial Reconstruction using 3-D computer graphics. "Forensic Anthropology and Archaeology Course. Glasgow, 7 August-1 September 1995".
- Vignal J.N., Schuliar Y., VanderMeersch B.: Facial Reconstruction and Warping. *J Forensic Sci* (in corso di stampa).
- Wood R.E., Tai C.C.E., Blenkisop B., Johnston D.: Digitized slice interposition in forensic dental radiographic identification. *Am. J Forensic Med Pathol*, 1994; 15(1):70-8.
- Wood R.E., Blenkisop B., Nortje C.J., MacLean D.: Limitations of digital dental radiographic forensic identification. "Proceedings of the 49th AAFS Meeting, February 17-22, 1997.

