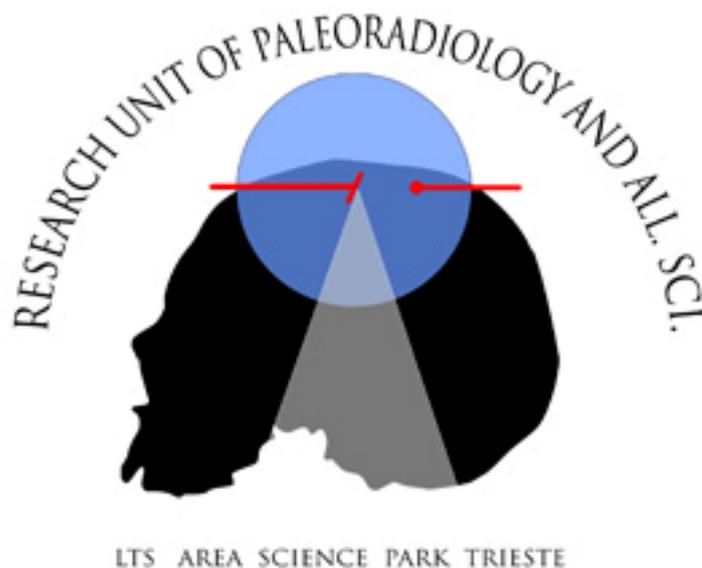


Azienda Ospedaliera Universitaria “Ospedali Riuniti” di Trieste
Laboratorio di Telematica Sanitaria – Area Science Park

PROGETTO ISTITUTIVO

Unità di Ricerca “Imaging Radiologico”



PROGETTO ISTITUTIVO

Unità di Ricerca “Imaging Radiologico”

1. Premessa

Quando Wilhelm Conrad Röntgen ricevette il premio Nobel per la fisica, nel 1901, la sua scoperta (che risale al 1895) aveva già aperto nuovi orizzonti alla medicina: grazie ai raggi X, infatti, per la prima volta l'uomo poteva esplorare l'interno del corpo senza doverlo sezionare. Ma già nel 1896, ad un anno cioè dalla scoperta di Röntgen, veniva eseguita una radiografia ad uno speciale corpo inanimato: una mummia egizia.

La radiologia applicata all'uomo, quindi, possiede dalla sua nascita, due “anime”. L'anima principale è quella che si occupa del corpo vivente, cercando di stabilire i segni della malattia o della salute, mentre l'altra anima è quella che si occupa dei corpi inanimati ed in particolare dei resti umani sia a scopo di giustizia, come nel caso della radiologia forense, o per interessi più generalmente scientifici come nel caso della radiologia applicata alla paleontologia, all'antropologia fisica e alla paleopatologia, cioè allo studio delle malattie del passato. Tra l'altro le stesse metodiche possono avere interessanti applicazioni su strutture non biologiche ma legate comunque al mondo della storia e della cultura, come resti di manufatti antichi, strumenti musicali ecc.

Con l'avvento della Tomografia Computerizzata, alla fine degli anni '70, gli studi di radiologia non clinica hanno avuto un nuovo impulso: la Tomografia Computerizzata infatti permette di ottenere sezioni assiali del corpo visualizzando con grande precisione le strutture anatomiche ed inoltre, con le attuali apparecchiature ad alta definizione, è possibile ottenere sezioni multiplanari e sorprendenti ricostruzioni tridimensionali con la possibilità di “navigare” in maniera virtuale attraverso le eventuali cavità dell'oggetto in studio.

E' nata così, in ambito forense, l'autopsia virtuale, detta anche “virtuopsia”, con lo scopo di stabilire la causa di morte e la morfologia delle eventuali lesioni (in maniera *non distruttiva*) ma anche di valutare alcune particolari condizioni dello scheletro senza dover eliminare i tessuti molli o sezionare l'osso, oppure di eseguire misure antropometriche sullo scheletro di un corpo decomposto o mummificato per stabilire sesso, età ed appartenenza etnica.

Le stesse tecniche possono venire applicate anche in ambito bioarcheologico, sia su corpi imbalsamati o mummificati.

Una applicazione molto interessante delle tecniche di imaging radiologico è la ricostruzione della morfologia facciale allo scopo di stabilire l'identità del soggetto nel caso di un cadavere scheletrizzato o in avanzato stato di decomposizione oppure per eseguire studi sulle caratteristiche fisiche di gruppi familiari o etnici del passato.

2. Scopi dell'UR "Imaging Radiologico"

L'Unità di Ricerca "Imaging Radiologico" dell'LST si propone di realizzare un modello di ricerca sulla elaborazione, classificazione e trasmissione delle immagini radiologiche digitali di ambito non-clinico ma che possano avere ricadute scientifiche a livello delle scienze umane e della medicina stessa, attraverso lo studio delle popolazioni del passato. Le stesse tecnologie e modelli potranno inoltre essere utilizzati per lo studio di resti umani recenti, a scopo medico-legale, con particolare riguardo alla criminologia oppure in particolari casi di chirurgia ricostruttiva dopo lesioni ossee gravi dello splancnocranio.

L'Unità di Ricerca si propone di continuare e approfondire, attraverso una serie di Progetti e Laboratori interdisciplinari l'esperienza ormai quinquennale realizzatasi a livello della Struttura Complessa di Radiodiagnostica dell'Ospedale Maggiore con una serie di risultati scientificamente apprezzabili in collaborazione con la Soprintendenza per i Beni Archeologici del Friuli Venezia Giulia, I Civici Musei di Storia ed Arte di Trieste e l'Accademia Jaufré Rudel di studi medievali di Gradisca d'Isonzo, anche attraverso uno sforzo sinergico con la Clinica Odontostomatologica e l'Istituto di Medicina Legale dell'Università di Trieste, nonché di perseguire dei programmi di didattica rivolti sia all'interno dell'Unità di Ricerca e, dove possibile, all'interno dell'Azienda Ospedaliera Universitaria di Trieste, sia all'esterno per la formazione di professionisti che possano supportare, attraverso un *know-how* tecnico e scientifico nell'ambito della paleoradiologia, l'attività e lo studio bioarcheologico in Italia e all'estero.

L'attività dell'Unità di Ricerca, data la sua vocazione interdisciplinare, si dovrebbe avvalere di collaboratori esterni, specialmente per la realizzazione di progetti finalizzati e specialmente dall'attività di *workclass* dedicata a studenti e neolaureati in discipline affini. Inoltre, per la fattibilità dei progetti di network, sarà opportuno pianificare convenzioni con Istituzioni nazionali ed internazionali da finanziare attraverso progetti a valenza europea o transfrontaliera.

3. Progetti / Laboratori

Sono stati individuati due aree principali di ricerca nell'ambito dell'imaging radiologico non clinico:

- Laboratorio Integrato di Paleoradiologia, dedicato alle applicazioni dell'imaging radiologico ai resti biologici antichi e ai manufatti artistici e non del passato, che si porrebbe come il primo Istituto strutturato di Paleoradiologia italiano e uno dei pochi in Europa (Zurigo, Kaposvar).
- Applicazioni della MSTC in ambito non clinico o per applicazioni particolari, quali la ricostruzione facciale, l'autopsia virtuale, ecc. E' da segnalare che presso la SC Radiodiagnostica dell'Ospedale Maggiore è stata eseguita la prima autopsia virtuale "ufficiale" nella nostra Regione.

3.1. Laboratorio Integrato di Paleoradiologia

Il Laboratorio coordina l'attività di paleoradiologia (CR, DR, MSTC ecc.) definendo i protocolli di indagine, le tecniche di acquisizione e le metodiche di postprocessing secondo i campi di applicazione (mummiologia, resti scheletrici, manufatti).

Si confronta con altri laboratori simili e con specialità affini per la definizione di protocolli comuni di studio.

All'interno del Laboratorio integrato si individuano quattro progetti di ricerca, in parte già avviati autonomamente ma che vengono fatti propri dall'UR "Imaging radiologico":

3.1.1. Progetto Euranthronet – per una rete integrata europea per la paleoradiologia

Il problema delle relazioni tra i gruppi umani è uno degli argomenti che hanno avuto un grande impatto nello studio antropologico del passato e che ancora gioca un ruolo importante, seppure con intenti talora diversi dalle impostazioni originarie. Lo studio, generalmente appiccato alle società umane arcaiche, una volta tramontato il concetto di "razza", si è orientato alla cosiddetta "biodistanza", cioè alla misura e all'interpretazione delle affinità o divergenze tra sottogruppi di popolazioni basata sull'analisi di tratti scheletrici e dentari geneticamente correlati.

L'analisi della biodistanza è una operazione complessa, specialmente per quanto riguarda l'identificazione dei modelli significativi che possano servire per distinguere le popolazioni, sia dal punto di vista temporale che di distribuzione geografica.

D'altronde, dal punto di vista della realtà storica, se si analizzano società relativamente poco distanti da noi in ordine di tempo, l'analisi della biodistanza può essere meno importante dell'analisi della diversità dei modelli culturali e della loro osmosi in situazioni di confine, conflitto o colonizzazione. Per questo tipo di analisi è però indispensabile la correlazione tra i dati antropometrici "classici" ed una gamma possibilmente ampia di dati desumibili dal contesto funerario / antropologico (archeotomatologia, paleopatologia, paleonutrizione, contesto archeologico, analisi e contestualizzazione dei corredi e delle fonti storiche dirette ed indirette).

Un periodo-tipo del genere, adatto non solo a testare un modello di studio ma anche ad ottenere dei risultati utili per l'analisi delle dinamiche di integrazione dei popoli europei, potrebbe essere identificato con il medioevo europeo ed in particolare dei secoli V-VIII e XI-XV dove si assiste dapprima ad una migrazione interna dei popoli europei al collasso amministrativo dell'Impero Romano (V-VIII) o al mutare di situazioni climatico-ecologiche e successivamente alla nascita di situazioni di colonizzazione politico-amministrativa e culturale (come ad esempio nel caso dell'influenza di Venezia nel Mediterraneo orientale).

Un'analisi di questo genere impone un impegno di studio multi- ed interdisciplinare piuttosto intenso oltretutto la necessità di analizzare dati (antropometrici, paleopatologici, paleonutrizionali, archeologici, documentari, etnografici) dispersi in un'area geografica che può essere vasta (o necessita di essere vasta) come l'Europa stessa.

Appare quindi indispensabile l'elaborazione di strategie di studio ma soprattutto di strumenti applicativi che consentano uno studio di per sé efficace ma anche ottimizzato nel senso delle risorse economiche e umane.

In un campo di ricerca e applicazione abbastanza distante quale quello della pratica clinico-ospedaliera si sono recentemente sviluppate nuove tecnologie di imaging (principalmente a livello di radiologia e scienze affini) capaci di produrre immagini in formato digitale, immagini che possiedono il grande vantaggio di poter essere facilmente archiviate e trasmesse, attraverso procedure e protocolli standardizzati. Inoltre negli ultimi dieci anni sono stati sviluppati nuovi e potenti sistemi di archiviazione e trasmissione in rete di immagini in formato digitale (PACS) integrati con sistemi di archiviazione di dati testuali o numerici di ambito clinico-amministrativo, con una benefica ricaduta sull'organizzazione, l'economia e la efficacia delle Istituzioni sanitarie.

Prendendo a modello l'esperienza sopradescritta, che appare matura sia come

sviluppo tecnologico sia come utilizzazione clinica quotidiana, abbiamo individuato la sua possibile applicazione, con opportuni ed ovvi adattamenti, semplificazioni e modifiche, nel campo della ricerca antropologica e storica, con il progetto di creazione di una rete europea dedicata dove i dati testuali e numerici relativi alle evidenze antropologiche possano essere facilmente correlati a immagini provenienti sia da contesti di scavo (fotografie e filmati in formato digitale) che, e soprattutto, di immagini strumentali (radiogrammi digitali, MSTC, microscopia ottica ed elettronica, rugosimetria laser etc.).

In questo modo si possono ricevere numerosi vantaggi che possono essere sintetizzati in questi punti:

- Possibilità di correlazione di serie di dati, anche cospicue, a prescindere dalla provenienza geografica
- Ottimizzazione delle risorse umane, specie di quelle specialistiche dedicate all'analisi di aspetti particolari dei dati
- Facilità di collaborazione tra studiosi e stimolo alla formazione di gruppi di studio interdisciplinari a prescindere dalla collocazione geografica, con possibilità di interazione in tempo reale con oneri economici minimi
- Stimolo a livello di società scientifiche nazionali ed internazionali alla definizione di standard comuni anche attraverso la loro sperimentazione in rete
- Stimolare l'utilizzazione di metodiche di imaging clinico (radiodiagnostica etc.) al servizio della bioarcheologia con formazione di personale tecnico e scientifico adeguato
- Stimolare lo sviluppo di software applicativo dedicato ai problemi della bioarcheologia
- Stimolare lo sviluppo di piattaforme dedicate all'insegnamento a distanza (e-learning) e all'aggiornamento professionale

La ricaduta a breve termine del progetto, che rappresenta al momento lo scopo principale di questo sforzo iniziale economico e tecnologico è quella di chiarire alcuni modelli di integrazione / conflitto tra popolazioni europee specie in aree di confine (Mediterraneo, Europa centro-orientale, bacino di influenza germanico-scandinavo) dove questi fenomeni hanno avuto maggiore possibilità di evidenza, con lo scopo di aiutare a chiarire od ipotizzare dinamiche di integrazione europee attuali.

3.1.2. Progetto Neuranthronet – uso delle reti neurali per il riconoscimento automatico delle forme in antropologia fisica (e forense)

Il progetto vuole esplorare le possibili applicazioni del riconoscimento delle forme attraverso l'uso delle reti neurali per risolvere in maniera automatica alcuni problemi legati alla diagnostica del sesso, dell'età e dell'appartenenza etnica sui resti scheletrici di ambito archeologico o forense, diagnostica che si basa sull'analisi della morfologia di alcune parti dello scheletro che presentano un dimorfismo sessuale più o meno spiccato (cranio, bacino) oppure che presentano modificazioni proporzionali all'età *fisica* del soggetto (coste, rachide, usura dentaria, suture craniche) oppure caratteristiche peculiari di appartenenza etnica (orbite, arcate dentarie, ossa lunghe ecc.).

La *rete neurale* è una rete di neuroni artificiali che cerca di simulare il funzionamento dei neuroni *biologici* all'interno di un sistema informatico, permettendo così l'uso di un calcolatore per riprodurre attività umane quali appunto il riconoscimento di forme. Una rete neurale ben progettata possiede una pressoché completa analogia con il cervello umano, dove ogni singolo neurone riceve segnali di ingresso da altri neuroni, trasformando tali informazioni in funzione del suo stato interno e trasmettendo a sua volta questa elaborazione ad altri neuroni. La comunicazione avviene tramite le sinapsi il cui compito è quello di mediare l'intensità con cui il segnale passa da un neurone all'altro.

L'elaborazione totale non è regolata da istruzioni come succede invece nei calcolatori, ma dalla struttura della rete di connessioni tra i neuroni.

Utilizzando una rete di questo genere, è possibile *addestrare* un calcolatore (modificando attraverso l'*esperienza* i pesi delle connessioni sinaptiche tra unità di elaborazione "neuronal") a riconoscere una serie di forme.

Il primo esperimento sull'applicabilità del sistema sarà quello di addestrarlo per il riconoscimento del sesso a partire dal profilo laterale del cranio, dalla glabella al bregma, noto dalla letteratura per essere particolarmente dimorfico, a partire da immagini ottenute tramite *scout view* nelle indagini routinarie per la TC cranica.

Le immagini, anonime, e divise per sesso, verranno raccolte da PACS e inviate al sistema neurale. Dopo circa un migliaio di immagini per categoria, verrà validato il sistema anche partendo da una ricostruzione TC, o da una fotografia. Sarà quindi creata un'interfaccia server/client per l'invio delle immagini, l'analisi e la risposta.

Questa fase di progetto, dovrà essere espletata nell'arco di 12 mesi. Le fasi

successive verteranno sul riconoscimento di forme più complesse o di immagini tridimensionali.

3.1.3 . Gruppo di lavoro per gli standard in Paleoradiologia

L'avvento della radiologia digitale e dei sistemi di archiviazione e trasmissione delle immagini digitali (PACS) ha portato alla necessità di una standardizzazione internazionale per quanto riguarda i protocolli di formattazione dell'immagine, della sua trasmissione e del suo riconoscimento in ambito medico (es. standard DICOM). La paleoradiologia, quale disciplina inserita nell'ambito delle scienze radiologiche, deve essere conforme agli standard radiologici che però non prevedono alcune peculiarità della disciplina stessa. Per esempio, mentre l'identità del Paziente è di fatto un campo chiave per la corretta gestione dell'immagine radiologica o dell'intero archivio, in paleoradiologia l'identità biologica del reperto è generalmente ignota mentre hanno fondamentale importanza il luogo di rinvenimento, il contesto e l'epoca storica di appartenenza.

Il Gruppo di lavoro dovrebbe mettere a punto le modifiche necessarie agli standard correnti in radiologia rendendoli funzionali alla paleoradiologia, interessandosi anche dei possibili protocolli di interscambio delle immagini antropologiche non radiologiche, allo scopo di integrare in un unico standard l'intera "eidologia antropologica".

I risultati del Gruppo di lavoro, che deve essere allargato a specialisti internazionali dovrà proporre i nuovi standard alla comunità internazionale.

3.1.4. Progetto Anthro.py – Software open Source per la paleoradiologia e la bioarcheologia

La denominazione del progetto deriva dall'aggiunta dell'estensione .py al termine *anthro*(pology), per significare che il suo ambito di ricerca consiste nello sviluppare e applicare software *open source* per le discipline che ruotano attorno all'antropologia fisica: .py infatti è l'estensione dei sorgenti in linguaggio Python, potente linguaggio *open source* di script creato nel 1989 da Guido Van Rossum e che nei suoi dieci anni di vita, si è diffuso in tutto il mondo.

Il progetto è da considerarsi un corollario dei progetti precedenti e la vocazione dell'Unità di ricerca per il software libero e per la collaborazione fra studiosi.

Nel progetto confluiranno i materiali di programmazione dei progetti precedenti (EURANTHRONET / BAGS, NEURANTHRONET) ma con riguardo particolare alle

interfacce utente e all'usabilità: per quest'ultima dovrà essere prevista, in sinergia con altre Istituzioni, anche per la ricaduta che può avere in sede Aziendale per la valutazione dell'usabilità dei software, lo studio di conformità a ISO/TR 16982:2002 e ISO 9241 (parti 11-19).

Il progetto ha scopi generali ed è permanente.

3.2. OTC – MSCT (Tc multistrato non clinico e particolari applicazioni)

Le applicazioni della tomografia computerizzata multistrato (e della micro-TC) in ambito non strettamente clinico sono molteplici ed in gran parte esulano gli scopi di questa UR. Alcune di esse però appaiono di grande interesse, in sinergia con gli altri progetti presentati, e di cui esiste una esperienza diretta presso la UC Radiodiagnostica dell'Azienda.

in medicina forense sono rappresentate principalmente dall'autopsia virtuale, detta anche "virtuopsia", con lo scopo di stabilire la causa di morte e la morfologia delle lesioni, in maniera non distruttiva e dalle tecniche di ricostruzione della morfologia facciale, allo scopo ristabilire l'identità del soggetto, sia nel caso che siamo di fronte ad un cadavere scheletrizzato o in avanzato stato di decomposizione. Ambedue i campi d'indagine hanno stretta affinità con la paleoradiologia, condividendone quindi tecniche, standard ed esperienze. Un campo particolare di cui il laboratorio si dovrebbe occupare con particolare attenzione, è quello della ricostruzione virtuale dello scheletro facciale e dei tratti del volto a scopo di chirurgia ricostruttiva dopo gravi traumatismi.

3.2.1. FaceScan

Il progetto si inserisce nell'ambito delle ricerche sulla possibilità di ricostruzione di probabili tratti fisionomici di una persona attraverso la morfologia cranica desunta per via radiografica o TC sulla base della teoria, ormai largamente condivisa, che vi sia significativa interconnessione tra la morfologia individuale del cranio (geneticamente determinata e regolata) e quella del volto. Tale assunto è basato sulla verifica sperimentale che, con variazioni legate in particolare all'età, sesso, razza e costituzione, esistono in corrispondenza di determinati punti cranici oscillazioni circoscritte dello spessore dei tessuti molli. Pertanto la conoscenza di detti spessori può rappresentare un elemento fondamentale per la ricostruzione della probabile immagine del volto in riferimento ad un determinato cranio.

I metodi in passato più impiegati per la determinazione degli spessori possono ricondursi essenzialmente a quello della specillazione e al metodo ecografico e

radiografico.

L'introduzione di apparecchiature TC sempre più accurate e tecnologicamente avanzate ha permesso, dai primi anni '90, l'impiego di queste in ambito forense a fini identificativi con miglioramento oltre che buone prospettive di analisi e descrizione dei reperti, in modo non distruttivo e non intrusivo.

Sono state studiate già dal 1989 procedure tridimensionali di ricostruzione facciale tramite metodi computerizzati. Le immagini del cranio sono acquisite mediante TC, successivamente, tenendo anche conto delle caratteristiche antropologiche del cadavere da identificare (etnia, sesso, età, corporatura) viene generata una rappresentazione del volto (mask) che è posizionata sull'immagine digitalizzata del cranio e ad essa viene adattata secondo precise corrispondenze delle relative proporzioni. Questa procedura, indicata 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. L'utilità della TC è stata evidenziata finanche nella visualizzazione e misurazione dello spessore dei tessuti molli facciali e quindi allo scopo di creare una "banca dati" per la ricostruzione di questi ultimi. E' possibile altresì perfezionare la conoscenza degli esatti rapporti esistenti tra punti cefalometrici e craniometrici, tuttavia l'assenza di dati precisi e standardizzati sullo spessore dei tessuti molli e sui rapporti di questi con i punti di riferimento scheletrici, rende queste ricostruzioni ancora approssimative.

Scopo del progetto FaceScan è quello di perfezionare questi sistemi grafici di analisi e ricostruzione di tratti somatici a partire da TC ad alta definizione eseguita su soggetti viventi o su resti scheletrizzati o mummificati sia per scopi medico-legali che bioarcheologici che, nel campo della chirurgia, per guidare la ricostruzione delle strutture ossee dello splancocranio e i tratti somatici facciali nel caso di gravi traumatismi.

3.2.2. CrimeScan

Le circostanze in cui la radiologia forense trova applicazioni per risolvere questioni medico-legali sono le più varie. E' pratica comune riuscire ad effettuare radiografie, che vengono ritenute come integrative dell'esame post-mortem, allo scopo di identificare cadaveri sconosciuti, documentare fratture o altre lesioni. La collocazione temporale della radiologia forense nell'ambito di un'autopsia varia a seconda delle circostanze, ma in genere si tende ad effettuare gli esami radiografici del caso dopo l'ispezione esterna e prima dell'inizio della dissezione.

Negli ultimi anni, proprio in questo campo di studio, si è inserito l'innovativo progetto definito sotto il termine "Virtopsy" (coniato dal team di ricerca di Berna che ha sviluppato questa ricerca). Tale metodologia di studio prevede appunto l'introduzione dell'autopsia virtuale (virtual autopsy, da cui *virtopsy*) come reperto integrativo del tradizionale esame autoptico. Questo gruppo di lavoro multidisciplinare ha creato un fondamento per una vasta gamma di innovazioni da applicare in molte aree dell'antropologia forense. Il progetto coinvolge molte branche delle scienze mediche come la medicina legale, la diagnostica per immagini, l'informatica e la biomeccanica. I risultati che ci si aspetta non sono solo in termini di conclusioni scientifiche, ma anche un riscontro economico e pratico attuando dei modelli sperimentali che vadano a modificare il tradizionale esame autoptico. Ci sono stati importanti progressi tecnologici nell'ambito della TC multistrato e della risonanza magnetica, migliorando sia il contrasto che la risoluzione dell'immagine; l'obiettivo di questo progetto di ricerca è quello appunto di creare un osservatore indipendente, oggettivo, non influenzabile e far sì che la perizia forense sia riproducibile, il tutto utilizzando l'autopsia virtuale e le tecniche di ricostruzione dell'immagine bi o tridimensionali.

Scopo del progetto CrimeScan è quello di perfezionare la tecnica ed i sistemi grafici di analisi legati all'autopsia virtuale di soggetti di interesse medico-legale penale e la loro applicazione a scopo di giustizia.

Il progetto vuole migliorare un'esperienza già acquisita ricordando che presso la SC di Radiodiagnostica sono già state eseguite con successo alcune autopsie virtuali medico-legali che rappresentano tuttora una assoluta novità perlomeno in ambito regionale.

4. Documentazione e Didattica

Deve essere previsto, sin dalle prime fasi di sviluppo del Laboratorio di Paleoradiologia, un programma interno di didattica multidisciplinare al fine di perfezionare la preparazione dei partecipanti, sia mediante incontri regolari presso la sede dell'LST, sia attraverso le tecniche di *e-teaching*: la possibilità di accesso alla piattaforma di e-teaching dell'LST potrà permettere lo sviluppo di programmi di insegnamento a distanza a riguardo dei fondamenti della Paleoradiologia sia attraverso pagine statiche o a bassa interattività sia creando *workclasses* virtuali per la presentazione online di casistica attraverso una

interattività diretta docente/discente.

Potranno essere organizzati, in un secondo tempo, anche corsi residenziali sia per TSRM che per radiologi, antropologi e archeologi che vogliono approfondire la disciplina, corsi che potranno essere tenuti presso la sede dell'LST, presso la SC Radiodiagnostica aziendale e presso altre sedi convenzionate.

Nel prosieguo, potrà essere presa in considerazione l'organizzazione di un Corso Internazionale di specializzazione in Paleoradiologia.

5. Risorse umane ed economiche

L'UR nasce come struttura di ricerca e didattica dell'AOUTS ed è quindi legata, per finanziamenti e personale aziendale, alle direttive aziendali, tenendo conto che l'UR vuole essere una risorsa per l'Azienda stessa oltreché un luogo di scienza e cultura. Per perseguire questo scopo, peraltro non secondario, verranno messi in atto e concordati con l'Azienda meccanismi virtuosi che vedano l'utilizzo di apparecchiature e personale tecnico dedicati all'assistenza secondo piani temporali che non interferiscano in maniera assoluta con l'assistenza stessa, acquisendo e/o producendo software e hardware potenzialmente riutilizzabile in senso clinico (ma prevalentemente *open source*) e utilizzando, attraverso convenzioni e finanziamenti terzi personale esterno qualificato o in formazione.

Verranno stabiliti per ogni singolo progetto piani di finanziamento da realizzare anche e soprattutto attraverso supporti economici e materiali sia pubblici che privati anche in compartecipazione con Enti ed Istituti convenzionati. Dovrà comunque essere prevista, con modalità da determinare con le Direzioni aziendali, una attività a pagamento per terzi quale fonte di finanziamento per i progetti dell'UR.

6. Convenzioni

L'UR dovrà essere in grado di stipulare convenzioni con Istituzioni pubbliche e private aventi scopi affini di ricerca. In particolare dovrebbe essere possibile arrivare in tempi rapidi ad un piano di accordo di collaborazione con successiva convenzione tra l'UR e le Istituzioni regionali e nazionali che hanno sinora collaborato attivamente o con cui esistono già progetti di ricerca in corso (Soprintendenza per i Beni Archeologici del Friuli Venezia Giulia, Civici Musei di Storia ed Arte di Trieste, Gruppo di studio di Bioarcheologia dell'Accademia Jaufré Rudel di studi medievali, Laboratorio di Antropologia della Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana, Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Parma).

7. Strumenti di valutazione e monitoraggio

L'UR dovrà fornire, per ogni singolo progetto di ricerca, le indicazioni a riguardo della composizione del team di ricerca, l'entità delle collaborazioni esterne necessarie, il budget annuale previsto, le previsioni di finanziamento oltreché le varie fasi di realizzazione del progetto stesso con indicazione dei tempi, delle modalità di realizzazione e degli strumenti di controllo della qualità e di valutazione di ogni singola fase.

La verifica dovrà avere cadenza annuale, con una valutazione semestrale interna per ogni singolo progetto a scopo di monitoraggio. I dati di verifica verranno pubblicati nell'area web riservata dell'UR e in un documento riassuntivo a disposizione della Direzione di Dipartimento e della Direzione Generale Aziendale.