

ELABORATO 1 – SEGMENTAZIONE TRATTO VERTEBRALE T12-L1

Andrea Rachele Aparo

Beatrice Martin

Anna Pegreffì

Lorenzo Sterzi

Introduzione

In questo elaborato viene proposta la segmentazione del distretto anatomico composto dalla vertebra toracica T12 e dalla vertebra lombare L1. La giunzione toraco-lombare è di particolare interesse in quanto, a livello vertebrale, costituisce un sito comune di lesioni traumatiche: si stima che esse contribuiscano al 30-60% di tutte le lesioni spinali. [1]

Si sono volute, inoltre, indagare le differenze che intercorrono tra vertebra toracica e vertebra lombare, ponendo maggior attenzione sulla caratterizzazione del corpo vertebrale.

Infine, sulla scelta della zona di studio ha influito il fatto che uno dei modelli segmentati verrà utilizzato per l'analisi FEM che verrà eseguita in Abaqus.

Segmentazione

I file utilizzati per la segmentazione in 3D Slicer sono stati scelti dall'archivio Cancer Imaging al seguente link: <https://www.cancerimagingarchive.net/nbia-search/> e scaricati in formato DICOM attraverso il software NBIA da ognuno dei componenti del gruppo.

I quattro soggetti, uno di sesso femminile (sogg. 1) e tre di sesso maschile (sogg. 2, 3, 4), appartengono allo studio “Abdomen^14_SUPINE_COLON (Adult)”, nel quale sono presenti immagini CT relative a investigazioni del colon; sono quindi ben visibili l'addome e il distretto anatomico di nostro interesse (T12-L1).

Sono state considerate immagini CT perché ci si è voluti soffermare maggiormente sulle strutture ossee e la scelta dei soggetti è avvenuta sulla base della valutazione visiva delle immagini, individuando quelli in cui la zona di interesse presentava maggior risoluzione e nitidezza.

Una volta caricati i file *.dcm* all'interno dell'ambiente 3D Slicer, si è proceduto in prima istanza all'identificazione della regione di interesse (ROI). Essendo le immagini relative soltanto alla zona inferiore della colonna vertebrale, si è potuto distinguere il segmento T12-L1 tramite il conteggio delle vertebre a partire da L5, non in continuità col sacro, e l'analisi della morfologica con l'aiuto della visualizzazione 3D del volume. In particolare, la regione toracica e quella lombare si differenziano per i processi trasversi e la presenza o meno delle faccette costali (*Figura 1*).

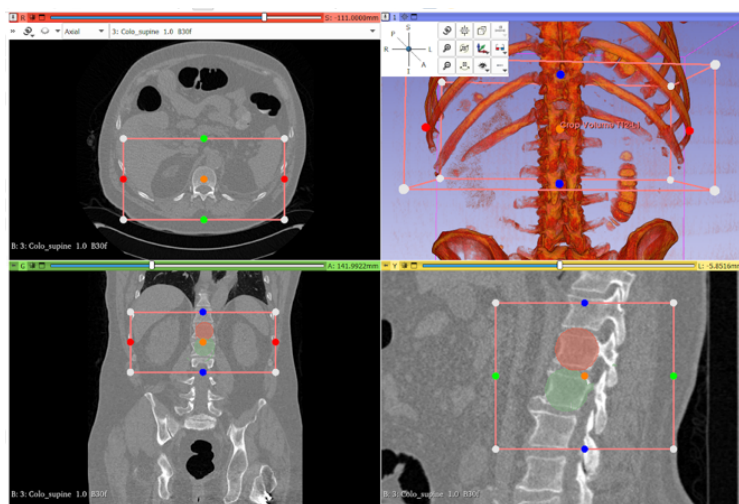


Figura 1 - Identificazione T12 ed L1 e Cutting della ROI

Una volta creata la ROI si è fatto uso della funzione *Crop Volume* per selezionare il volume d'interesse. Al fine di una migliore segmentazione si è deciso di modificare i livelli di grigio (LDG) dell'immagine in modo da aumentare il contrasto tra l'osso corticale e lo sfondo ed evidenziare pertanto il contorno delle vertebre. Il range di LDG utilizzato nella funzione *Manual W/L* è stato scelto in base all'immagine specifica. Ciò ci ha permesso di eseguire una prima segmentazione automatica delle strutture ossee tramite *Thresholding* col *Metodo di Otsu*. Anche in questo caso il *Threshold range* è dipeso dalle singole immagini, in *Figura 2* riportiamo la procedura per il soggetto 1.

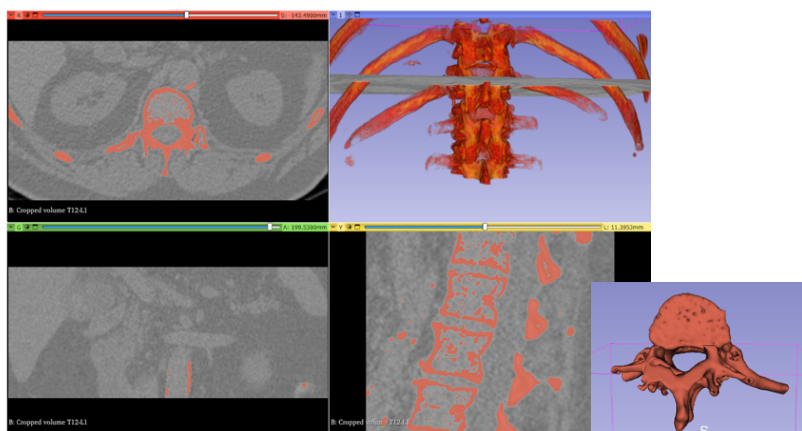


Figura 2 – Thresholding e Scissor su L1

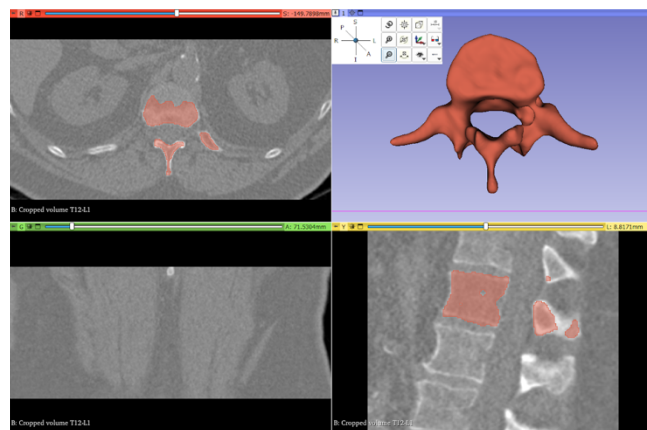


Figura 3 - L1 dopo aver effettuato: fill holes (3 mm), grow seguito da shrink (3mm), gaussian (2 mm) seguito da shrink (1 mm)

Dal risultato ottenuto, usando lo strumento *Scissor* nella visione 3D si è fatta una prima selezione grezza delle vertebre, ciascuna definita all'interno di un diverso segmento. Si è proceduto, quindi, all'interno di ogni segmento con gli strumenti *Paint*, *Erase*, *Level Tracing*, *Margin* a seconda della procedura ritenuta migliore per il singolo soggetto. Una volta ottenuto un risultato sufficientemente soddisfacente, si sono eliminate eventuali estrusioni e riempiti i voxels mancanti con le procedure di *Closing (Fill Holes)* e *Opening (Remove Extrusions)*. La procedura di smoothing è stata portata a termine con l'omonimo strumento usando le funzioni *Gaussian* e *Fill Holes* con deviazioni standard nel range $0.60 \div 2.00$ mm, assicurandosi di non eseguire una semplificazione eccessiva del volume reale (*Figura 3*). Per sincerarsi del risultato, alla luce di queste ultime modifiche automatiche, si è controllato ciascun segmento slice per slice modificando manualmente i voxel che risultassero non congrui alle vertebre segmentate. I file ottenuti sono poi stati esportati con estensione *.stl* e convertiti in *.igs*.

Il risultato finale delle segmentazioni è riportato in *Figura 4*.

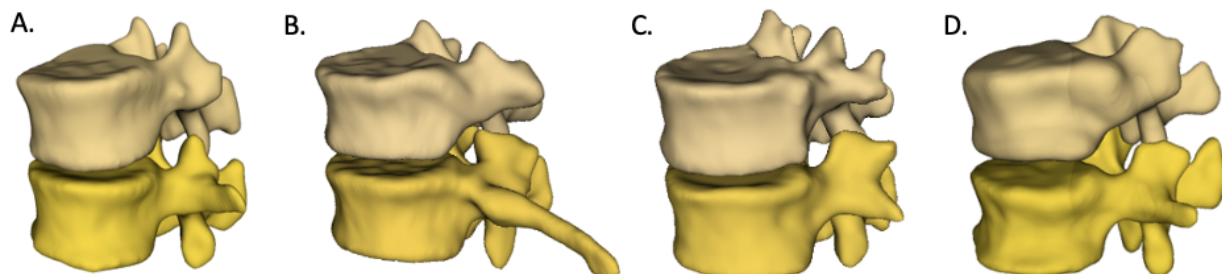


Figura 4 - Segmentazione vertebre soggetto 1 (A), soggetto 2 (B), soggetto 3 (C), soggetto 4 (D)

Parametri e misurazioni

Una descrizione accurata delle caratteristiche morfometriche ed antropometriche delle vertebre è di fondamentale importanza, non solo per lo sviluppo e la progettazione di dispositivi medico-chirurgici, ma anche per l'analisi mediante il metodo degli elementi finiti (FEM), i cui risultati sono relazionati all'accuratezza dei dati forniti, ed inoltre per una migliore comprensione dei tratti distintivi che caratterizzano specifici distretti della colonna vertebrale.

Si è scelto di caratterizzare la geometria delle vertebre T12 ed L1 attraverso l'acquisizione di cinque parametri per ciascuna delle due vertebre di ogni soggetto, utilizzando la segmentazione ottenuta precedentemente.

Ci si è posti, inoltre, lo scopo di confrontare tra loro il distretto vertebrale toracico e quello lombare.

I parametri di misura scelti sono (Figura 7):

- Parametro A: *Diametro trasversale del corpo vertebrale*. Il parametro è stato misurato come la distanza trasversale di ciascun corpo vertebrale, presa dalla visione superiore del piano trasversale, in corrispondenza dell'asse assiale mediano del corpo vertebrale. (asse R) [2] [3]
- Parametro D: *Diametro antero-posteriore del corpo vertebrale*. Il parametro è stato misurato come la distanza antero-posteriore di ciascun corpo vertebrale, presa dalla visione superiore del piano trasversale, in corrispondenza dell'asse sagittale mediano della vertebra. (asse R) [2] [3]
- Parametro P: *Altezza del corpo vertebrale anteriore*. Il parametro è stato misurato come l'altezza anteriore del corpo vertebrale, dalla vista sagittale lungo il piano sagittale mediano della vertebra (asse A). [2] [3]
- Parametro Q: *Altezza del corpo vertebrale posteriore*. Il parametro è stato misurato come l'altezza posteriore del corpo vertebrale, dalla vista sagittale lungo il piano sagittale mediano della vertebra (asse A). [2] [3]
- Parametro T: *Angolo di declinazione del processo spinoso*. Il parametro è stato misurato rispetto al piano parallelo alla superficie inferiore del corpo vertebrale, dalla vista sagittale lungo il piano sagittale mediano della vertebra (asse A). [2]

Prima di procedere con le misurazioni (Figura 6), è stato definito il sistema di riferimento delle vertebre con gli assi disposti come in Figura 5.

Per ottenere le misure desiderate sono stati utilizzati gli strumenti *Line* e *Angle* disponibili nella sezione *Markups* di 3D Slicer.

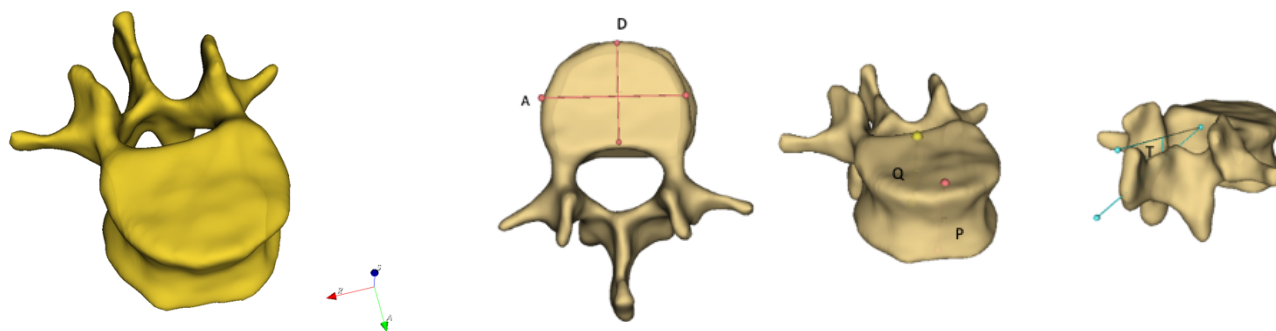


Figura 5 – Vertebra L1 con sistema di riferimento

Figura 6 - Esempio di misurazioni effettuate sulla vertebra T12

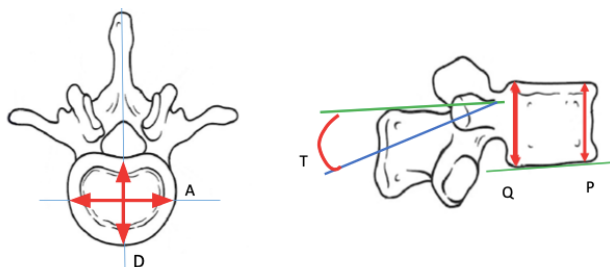


Figura 7 - Parametri A, D, P, Q, T

Risultati

Nelle tabelle seguenti sono riportate le misure (in mm) ottenute per entrambe le vertebre di ogni singolo soggetto. Per aumentarne l'affidabilità sono state effettuate tre misurazioni per ogni parametro e ne è stata presa la media aritmetica, corretta per la relativa deviazione standard.

Sono state poi calcolate la media totale (sul valore dei quattro singoli soggetti) del determinato parametro e la deviazione standard, in maniera tale da poter andare ad effettuare una caratterizzazione generale delle vertebre T12 ed L1 grazie all'esaminazione di più soggetti.

I valori ottenuti sono equiparabili a quelli riportati in letteratura [2] e non si evidenziano grandi differenze inter-soggetto o tra sessi differenti.

T12	SOGG. 1	SOGG. 2	SOGG. 3	SOGG. 4	INTER SOGG.
P	24,913 ± 0,040	25,727 ± 0,253	25,073 ± 0,352	24,603 ± 0,065	25,08 ± 0,47
Q	27,763 ± 0,085	29,173 ± 0,205	26,810 ± 0,118	25,477 ± 0,081	27,31 ± 1,56
A	41,233 ± 0,716	44,957 ± 0,523	43,810 ± 0,526	42,957 ± 0,951	43,24 ± 1,57
D	31,913 ± 0,243	35,903 ± 0,563	33,723 ± 0,883	31,743 ± 0,418	33,32 ± 1,94
T	26,233 ± 0,473	20,933 ± 0,814	21,433 ± 1,250	19,667 ± 0,971	22,07 ± 2,88

L1	SOGG. 1	SOGG. 2	SOGG. 3	SOGG. 4	INTER SOGG.
P	25,553 ± 0,358	27,540 ± 0,060	27,747 ± 0,240	26,717 ± 0,421	26,89 ± 1,00
Q	29,507 ± 0,300	29,550 ± 0,347	27,160 ± 0,759	28,743 ± 0,032	28,74 ± 1,12
A	42,073 ± 0,724	45,707 ± 0,947	45,873 ± 0,137	44,213 ± 0,412	44,47 ± 1,76
D	33,150 ± 0,248	34,997 ± 0,120	32,243 ± 0,397	32,583 ± 0,610	33,24 ± 1,23
T	22,267 ± 0,404	21,200 ± 0,458	20,333 ± 1,124	22,400 ± 0,300	21,55 ± 0,97

Tab. 1 e 2 – Parametri in mm ottenuti per le vertebre T12 e L1 per i singoli soggetti e media totale per ogni singolo parametro ('inter sogg.')

Per quanto riguarda il confronto tra le due vertebre, si possono notare dei valori leggermente superiori per i parametri A, P e Q di L1 rispetto a T12, mentre le altre due misurazioni effettuate risultano equiparabili.

Bibliografia

- [1] T.-X. Qui, K.-W. Tan, V.-S. Lee, E.-C. Teo, *Investigation of thoracolumbar T12–L1 burst fracture mechanism using finite element method*, Medical Engineering & Physics 28 (2006) 656–664
- [2] Berry JL, Moran JM, Berg WS, Steffee AD. A morphometric study of human lumbar and selected thoracic vertebrae. Spine (Phila Pa 1976). 1987 May;12(4):362-7. doi: 10.1097/00007632-198705000-00010. PMID: 3616751.
- [3] Tan SH, Teo EC, Chua HC. Quantitative three-dimensional anatomy of cervical, thoracic and lumbar vertebrae of Chinese Singaporeans. Eur Spine J. 2004 Mar;13(2):137-46. doi: 10.1007/s00586-003-0586-z. Epub 2003 Dec 12. PMID: 14673715; PMCID: PMC3476578.