

- 1) Scrivere su ciascun foglio protocollo consegnato dal docente: data, nome, cognome e numero di matricola. Riconsegnare tutti i fogli consegnati dal docente indicando quali sono i fogli di bella che saranno gli unici a essere valutati. Non sarà valutato quanto sarà scritto su questo foglio.
- 2) E' consentito l'utilizzo solo di: fogli forniti, penna, righello, calcolatrice (che non offra la possibilità di memorizzare formule). A chi fosse trovato altro materiale sarà annullata la prova automaticamente e inderogabilmente.
- 3) La prova sarà istantaneamente e inderogabilmente annullata anche a chi fosse colto a parlare con gli altri candidati. E' consentito parlare solo col docente.
- 4) Tutte le misure sono in mm.

## TESTO DELLA PROVA

Un intervento alla colonna è eseguito con un navigatore dotato di localizzatore ottico  $L$  e scanner 3D (tipo C-Arm 3D)  $S3D$ , non vincolati tra loro. Direttamente in sala operatoria, sulle vertebre del paziente è applicata una pinza  $P$  dotata di sensori ottici e radiopachi che permette di determinarne la posa nei sistemi di riferimento del localizzatore e della dello scanner 3D ottenendo rispettivamente le matrici  ${}^L T_P$  e  ${}^{S3D} T_P$ .

### Quesito 1 (Punti 6)

Se il planning è eseguito direttamente nel sistema di riferimento dello scanner 3D intraoperatorio, qual è la matrice di trasformazione  ${}^L T_{planning}$  che permette di riferire il planning coerentemente rispetto al localizzatore? Corredare la formula algebrica con il disegno della catena cinematica con le frecce orientate.

### Quesito 2 (Punti 6)

I calcoli hanno fornito la seguente matrice:

$${}^L T_{planning} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & -300 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Per verificare il corretto funzionamento del sistema si acquisiscono 3 punti target con il puntatore nel sistema di riferimento del localizzatore identificabili anche nel planning

$$t_{1L} = \begin{bmatrix} 0 \\ -300 \\ 0 \end{bmatrix}; t_{2L} = \begin{bmatrix} 0 \\ -300 \\ 29 \end{bmatrix}; t_{3L} = \begin{bmatrix} 0 \\ -320 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$t_{1planning} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}; t_{2planning} = \begin{bmatrix} 0 \\ 30 \\ 0 \end{bmatrix}; t_{3planning} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 20 \end{bmatrix}$$

Determinare lo scarto quadratico medio nel registrare detti marker.

### Quesito 3 (Punti 6)

Supponendo che il planning venga eseguito con uno scanner CT preoperatorio e che sia ancora disponibile lo scanner 3D intraoperatorio S3D, quale sarebbe in questo caso la procedura più efficace per ottenere la  ${}^L T_{planning}$ ? Corredare la formula algebrica con il disegno della catena cinematica con le frecce orientate.

Quesito 4 (Punti 6)

Durante la procedura chirurgica, è possibile spostare il paziente continuando a lavorare sulla vertebra sulla quale è ancorata la pinza? Rispondere con SI o NO e PERCHÉ. Corredare la risposta con le opportune formule.

Quesito 5 (Punti 6)

Con l'approccio utilizzato, vertebra e pinza sono da trattare come un corpo rigido, mentre le vertebre adiacenti potrebbero spostarsi durante la procedura rispetto alla vertebra sulla quale è applicata la pinza, a causa dell'azione delle manovre chirurgiche. Per questo motivo, se la pinza fosse applicata sulla vertebra N la registrazione per le vertebre adiacenti N+1 e N-1 potrebbe non essere valida. Al fine di evitare di acquisire una nuova immagine 3D volumetrica (che comporterebbe rx per il paziente), quale potrebbe essere una procedura per ottenere le matrici di registrazione sulle vertebre adiacenti utilizzando solo il puntatore del localizzatore? Si consideri che le vertebre non hanno punti univocamente identificabili con accuratezza millimetrica (ci sono delle zone ma non punti).