

NOTE:

- 1) Scrivere su ciascun foglio protocollo consegnato dal docente: 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.

TESTO DELLA PROVA

Ad un paziente che deve essere sottoposto ad intervento per la rimozione di una metastasi alla base del cranio (nella parte inferiore del cervello) è stata acquisita un'immagine CT nella quale è visibile la metastasi da rimuovere. La stessa immagine è stata utilizzata per progettare un supporto paziente specifico (realizzato con stampante 3D) che dovrà essere incastrato sull'arcata dentale superiore (una sorta di bite). Su detto supporto sono stati realizzati 3 alloggiamenti nei quali sono stati inseriti 3 sensori compatibili con un localizzatore elettromagnetico. Le posizioni dei baricentri di detti sensori sono note nel sistema di riferimento dell'immagine CT e durante la procedura chirurgica possono essere acquisite nel riferimento del localizzatore elettromagnetico LM.

Dopo aver fissato la testa del paziente al letto (che a sua volta è solidale al localizzatore), ed aver applicato il supporto paziente specifico all'arcata dentale superiore, è acquisita la posizione dei baricentri dei sensori e con questi dati è determinata col metodo ai minimi quadrati la seguente matrice di registrazione:

$${}^{LM}T_{CT} = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 & 10 \\ 0 & 0 & 1 & 0.5 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

e l'errore FRE in termini di scarto quadratico medio calcolato su detti baricentri dei sensori vale 0.8 mm.

Quesito 1 (Punti 6)

Prima di procedere con l'intervento, il chirurgo esegue un controllo di ragionevolezza selezionando come target fittizio la punta di un piercing dentale identificabile anche nell'immagine CT. Le coordinate di tale target fittizio valgono (in mm) nei due sistemi di riferimento:

$$t_{CT} = \begin{bmatrix} 4 \\ 20 \\ 0 \end{bmatrix}; t_{LM} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0.5 \\ 14 \end{bmatrix}$$

determinare quanto vale l'errore di registrazione su tale punto target (in modulo).

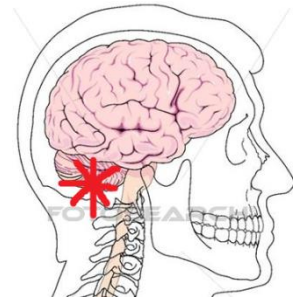
Quesito 2 (Punti 6)

Motivare quale possa essere stato il motivo di un così grande errore di registrazione su detto target considerando: 1) l'FRE ottenuto; 2) che il chirurgo ha provato varie volte a riacquisire la posizione del target fittizio t_{LM} ottenendo sempre errori analoghi; 3) che il chirurgo ha successivamente deciso di procedere con l'intervento poiché è riuscito, acquisendo nuovamente la posizione dei baricentri dei sensori in LM (e

facendo qualcos'altro con il supporto, ma senza ristamparlo), ad ottenere un errore di registrazione sul medesimo target fittizio di 1.2 mm.

Quesito 3 (Punti 6)

Sapendo che la metastasi nella parte inferiore del cranio è posizionata posteriormente, al fine di ridurre l'errore di registrazione sulla metastasi, con la metodica descritta, sarebbe meglio posizionare i sensori sul supporto paziente specifico in posizione frontale oppure in posizione posteriore? Rispondere e motivare.



Quesito 4 (Punti 6)

La procedura è eseguita per via trans-nasale utilizzando un endoscopio. L'endoscopio è dotato di un sensore elettromagnetico S a 6 gradi di libertà e sono state eseguite le opportune calibrazioni per poter guidare il chirurgo mediante realtà aumentata (mostrando la proiezione della metastasi e delle strutture d'interesse per l'intervento, ricostruite sull'immagine CT, coerentemente sovrapposte in trasparenza a quelle riprese dall'endoscopio). Il sensore S fornisce in tempo reale la trasformazione ${}^{LM}T_S$ e per rendere coerente la vista reale con quella virtuale basta impostare la matrice ${}^S T_{CT}$. Ad un certo istante la matrice ${}^{LM}T_S$ vale:

$${}^{LM}T_S = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 10 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

Determinare numericamente i valori da impostare a quell'istante alla matrice ${}^S T_{CT}$

Quesito 5 (Punti 6)

Sulla base di quanto è stato fin ora descritto, è possibile procedere con l'intervento continuando ad usufruire della funzionalità di navigazione con realtà aumentata svincolando la testa del paziente dal letto (che a sua volta è solidale al localizzatore)? Rispondere e motivare, fornendo eventuali formule algebriche utili a supportare la risposta.