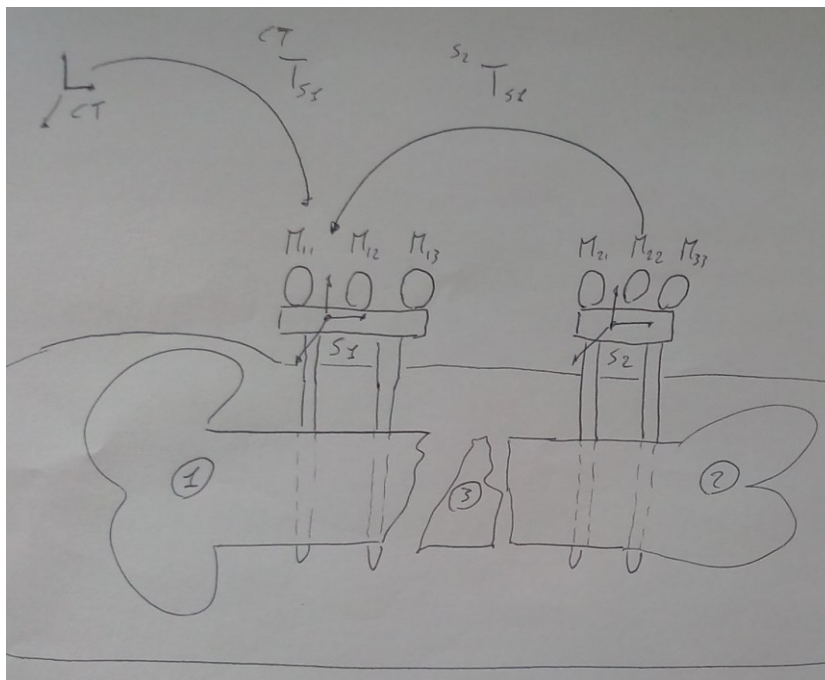


- 1) Scrivere su ciascun foglio protocollo consegnato dal docente: data, nome, cognome e numero di matricola. Riconsegnare tutti i fogli consegnati dal docente indicando quali sono i fogli di bella che saranno gli unici a essere valutati. Non sarà valutato quanto sarà scritto su questo foglio.
- 2) E' 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.

Per una frattura multipla scomposta di un femore, il chirurgo vuol tentare di eseguire una procedura mininvasa. A tal fine, sotto la guida di immagini RX, inserisce dei perni per via percutanea nei due frammenti di dimensioni maggiori e su detti perni applica esternamente dei supporti S1 ed S2 per applicarvi 3 marker ottici passivi compatibili con un localizzatore. I marker sono vincolati meccanicamente in posizione nota rispetto ai supporti stessi.

Dopodiché, è acquisita un'immagine CT del paziente dalla quale, per mezzo di una procedura di segmentazione, sono ottenuti i modelli 3D dei 3 frammenti di dimensioni maggiori, compresi i due citati in precedenza. Il chirurgo pianifica l'intervento ricomponendo in un ambiente virtuale i suddetti 3 frammenti di dimensioni maggiori, il tutto nel sistema di riferimento CT:



Il disegno riporta i 3 frammenti già riallineati dopo la procedura di pianificazione.

Durante l'intervento, agendo manualmente sulle strutture esterne ed usando le informazioni del sistema di navigazione, il chirurgo può riallineare i due frammenti sensorizzati. Successivamente, usando l'arco a C tradizionale 2D, può verificare se il posizionamento ottenuto del terzo frammento sia compatibile con quanto pianificato. In caso positivo il chirurgo procederà con l'inserimento di un chiodo per via endomidollare, altrimenti dovrà optare per un intervento aperto tradizionale.

Quesito 1 (Punti 6)

Prima di iniziare l'intervento, al fine di verificare il corretto funzionamento del localizzatore e dell'intero sistema di navigazione, si acquisiscono istantaneamente con il localizzatore L le posizioni dei primi 3 marker sulla struttura S1:

$$M11_L = \begin{bmatrix} 100 \\ 100 \\ 100 \end{bmatrix}; M12_L = \begin{bmatrix} 129 \\ 100 \\ 100 \end{bmatrix}; M13_L = \begin{bmatrix} 100 \\ 59 \\ 100 \end{bmatrix};$$

Da progetto le coordinate di detti marker rispetto a un sistema di riferimento solidale a S1 valgono:

$$M11_S = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}; M12_S = \begin{bmatrix} 30 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}; M13_S = \begin{bmatrix} 0 \\ 40 \\ 0 \end{bmatrix};$$

Confrontare le distanze dei 3 marker ($d1_2$; $d1_3$; $d2_3$) nei due sistemi di riferimento L ed S e fornire sia lo scarto massimo che in termini di scarto quadratico medio.

Quesito 2 (Punti 6)

Considerando che nell'immagine CT sono visibili anche i marker ottici, descrivere una procedura ottimale per determinare la matrice di registrazione ${}^L T_{CT1}$ che lega (coerentemente con l'anatomia) il modello 3D del frammento n°1 al sistema di riferimento del localizzatore L (in un dato intervallo di tempo nel quale il frammento n°1 possa essere considerato immobile rispetto ad L).

Quesito 3 (Punti 6)

Il sistema di navigazione, ad ogni ciclo di acquisizione del localizzatore, fornisce le matrici di trasformazione ${}^L T_{S1}$ e ${}^L T_{S2}$ relative alle due strutture S1 ed S2. Dalla pianificazione è nota la relazione ottimale tra i due frammenti sensorizzati ${}^{S2} T_{S1}$. Qual è, istante per istante, la matrice di trasformazione che rappresenta l'errore tra il posizionamento attuale e quello ottimale per i due frammenti più grandi sensorizzati?

Quesito 4 (Punti 6)

A partire dalla matrice d'errore del punto precedente, descrivere una modalità quanto più efficace possibile per indicare sull'interfaccia del sistema di navigazione i movimenti da far compiere alla struttura S2 rispetto alla struttura S1 per raggiungere il posizionamento ottimale.

Quesito 5 (Punti 6)

A conclusione del posizionamento dei due frammenti più grandi, al fine di verificare quale sia il posizionamento del terzo frammento non sensorizzato rispetto a quanto pianificato, il chirurgo può usare le immagini dell'arco a C in una visualizzazione in realtà aumentata. Nel navigatore è a disposizione una funzione per localizzare la struttura S1 a partire da un'immagine dell'arco a C che fornisce la matrice ${}^C T_{S1}$. Dalla pianificazione è possibile determinare inoltre ${}^C T_{S1}$. E' già stato determinato il modello proiettivo dell'arco a C e parametrizzata coerentemente la camera virtuale posta nell'origine dello scenario virtuale e orientata ortogonalmente all'immagine reale posta sullo sfondo. Qual è la matrice di registrazione da applicare al modello 3D del terzo frammento (rappresentato in CT) affinché l'immagine in realtà aumentata dia al chirurgo un'informazione coerente dell'allineamento ottenuto rispetto a quanto pianificato?