



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE  
MARCHE  
FACOLTÀ DI MEDICINA E CHIRURGIA

---

Corso di Laurea in Tecniche di Radiologia Medica,  
per Immagini e Radioterapia

**L'UTILIZZO DEL BRA NEL TRATTAMENTO  
RADIOTERAPICO DEL CARCINOMA  
MAMMARIO OPERATO: ANALISI BENEFICI  
E CRITICITÀ**

Relatore: Chiar.mo

**DOTT. FRANCESCO**

**FENU**

Tesi di Laurea di:

**ELISA**

**ORLANDONI**

Correlatore: Chiar.ma

**DOTT.SSA LILANA BALARDI**

A.A. 2020/2021

*A mio Nonno, esempio di vita*

## INDICE

INDICE .....	ii
1 INTRODUZIONE.....	1
1.1 Indicazioni alla radioterapia mammaria post operatoria.....	1
1.2 Sistemi di immobilizzazione per la mammella .....	4
1.3 Problematiche relative all'irradiazione della mammella .....	8
1.4 Il Bra: descrizione, regolazioni, benefici attesi e criticità.....	26
2 MATERIALI E METODI.....	41
2.1 Casistica e metodo statistico .....	44
3 CONCLUSIONI.....	47
4 BIBLIOGRAFIA .....	48
5 RINGRAZIAMENTI.....	50

## **1 INTRODUZIONE**

La cura della patologia neoplastica mammaria ha fatto miglioramenti sostanziali negli ultimi 20 anni, sia nell'ambito delle tecniche chirurgiche che radioterapiche.

Infatti, per quest'ultimo aspetto, nuovi Acceleratori Lineari in grado di erogare trattamenti sempre più precisi in tecnica ad intensità modulata ( IMRT) e il controllo con le immagini nella somministrazione giornaliera della dose ( IGRT), hanno portato ad un impatto positivo sugli indici terapeutici e sugli effetti collaterali attesi.

Persistono tutt'oggi, per le mammelle voluminose e pendule, delle problematiche aperte sulla riproducibilità e tossicità del trattamento radioterapico, per cui vengono attenzionate nel processo di planning.

In questa tesi abbiamo voluto analizzare un sistema di immobilizzazione per seni voluminosi e penduli, chiamato “ Chabner XRT® Radiation Bra ”, ed è stata valutata la riproducibilità con questo dispositivo nella pratica clinica.

### **1.1 Indicazioni alla radioterapia mammaria post operatoria**

Il cancro al seno è il tumore femminile più comune nelle popolazioni occidentali, colpendo il 12,5% delle donne, con 1,38 milioni di pazienti all'anno.

La chirurgia conservativa del seno seguita dalla radioterapia postoperatoria ha sostituito le procedure radicali di Halsted e Patey come standard di cura per il carcinoma mammario in fase iniziale, una volta che i tassi di sopravvivenza globale della chirurgia conservativa sono stati dimostrati equivalenti a quelli della mastectomia. <sup>[1]</sup>

La radioterapia (RT) dopo la chirurgia conservativa del seno per la malattia in fase iniziale è diventata parte integrante del trattamento del cancro al seno.

Studi randomizzati hanno dimostrato un beneficio significativo nel controllo del tumore nella mammella trattata dopo RT al seno intero che, nel complesso, ha portato a un vantaggio di sopravvivenza globale rispetto alla sola chirurgia conservativa del seno.

Studi recenti hanno ulteriormente valutato l'impatto dell'irradiazione linfonodale regionale nelle donne con malattia linfonodale ad alto rischio o linfonodo positivo e suggeriscono un beneficio significativo nel controllo regionale e nella recidiva del cancro al seno, ma non nella sopravvivenza globale. [2]

Gli effetti tossici, incluso il linfedema, sono stati aumentati nei gruppi che hanno ricevuto RT nodale completa. I benefici della RT regionale dovrebbero essere valutati rispetto ai potenziali effetti tossici associati alle radiazioni. Studi randomizzati hanno anche dimostrato uguale efficacia ed effetti tossici tra RT ipofrazionata e convenzionalmente frazionata in pazienti opportunamente selezionati. Inoltre, sono in corso gli sforzi attuali che incorporano caratteristiche cliniche, patologiche e molecolari per identificare i pazienti per i quali la RT al seno può essere omessa in sicurezza.

La RT adiuvante nel carcinoma mammario in fase iniziale riduce significativamente la recidiva del tumore al seno e migliora la sopravvivenza globale. Sebbene le riduzioni del rischio osservate negli studi randomizzati siano state relativamente coerenti tra le serie, il beneficio assoluto della RT non è uguale per tutte le donne.

Sono in corso sforzi per identificare quali pazienti beneficiano maggiormente della RT locale o locoregionale rispetto a quelli a rischio

molto basso di recidiva in cui la RT può essere omessa. Per i pazienti che trarranno beneficio dalla RT e sono candidati appropriati, la RT ipofrazionata dovrebbe essere fortemente considerata. <sup>[2]</sup>

Sebbene il ruolo della radioterapia nel cancro al seno sia controverso, esistono indicazioni chiaramente definite per il suo utilizzo.

La probabilità di recidiva locale può essere determinata da un'attenta valutazione delle caratteristiche istologiche del tumore primitivo, del numero assoluto di linfonodi ascellari coinvolti e del tipo ed estensione dell'intervento chirurgico eseguito.

Utilizzando questi dati, i pazienti possono essere suddivisi in un gruppo a rischio relativamente basso che probabilmente non necessita di radioterapia e un gruppo a rischio significativo di recidiva che, anche con terapia sistemica adiuvante, è probabile che tragga beneficio dalla radioterapia postoperatoria. <sup>[3]</sup>

Nonostante l'opinione contraria, spesso ripetuta, la radioterapia è più efficace nel controllo locoregionale del carcinoma mammario se somministrata dopo l'intervento, piuttosto che se sospesa fino alla recidiva del tumore.

La radioterapia al momento della recidiva fornisce un controllo a lungo termine solo nel 40-55% dei pazienti. Ciò si traduce in una significativa morbilità da malattia locale incontrollata in un terzo dei pazienti che sopravvivono a 5 anni e in un quarto dei pazienti che sopravvivono a 10 anni dal momento della recidiva locale.

Questo documento delinea le indicazioni per l'uso della radioterapia nel migliorare il controllo locoregionale nel cancro al seno. <sup>[3]</sup>

## 1.2 Sistemi di immobilizzazione per la mammella

In radioterapia il giusto posizionamento del paziente è fondamentale per riprodurre giornalmente la posizione scelta per quel determinato paziente ed eseguire il piano dosimetrico, questo è possibile grazie all'utilizzo dei sistemi di immobilizzazione.

I sistemi di immobilizzazioni sono fatti di materiali in fibra di carbonio e radiotrasparenti, poi ci sono alcuni tipi in fibra di vetro per esami RM compatibili. <sup>[4]</sup>

Per il trattamento della mammella si utilizza il sistema Omniboard, un sistema modulare “all-in-one” molto flessibile e accurato.

La base del sistema è agganciata al lettino della TC di centraggio e dei Linac durante i normali trattamenti, assicurando un posizionamento del paziente preciso per ogni area trattata. <sup>[4]</sup>

Nello specifico, per il trattamento della mammella i dispositivi usati sono: il piano inclinato, il cui scopo è quello di evitare che il seno risalga verso la parte alta del torace; il poggiatesta; il poggia braccia; il ponte supporto per le mani; lo spessore poggia gambe su cui viene posto il poggia gambe.

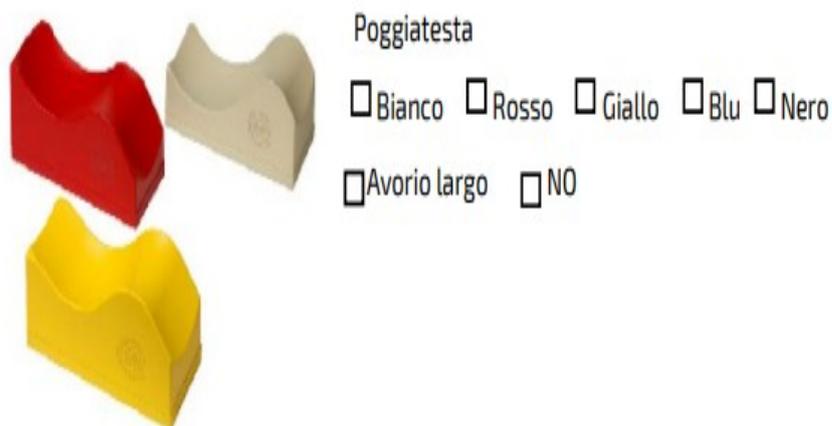


Figura 1. Sistemi di immobilizzazione <sup>[4]</sup>

Il poggiatesta (fig.1) è costituito da schiuma a bassa densità ricoperta da un rivestimento facile da pulire. [4]

Ad ogni colore (bianco, rosso, giallo, blu, nero, avorio largo) corrisponde un determinato angolo di inclinazione del collo, per meglio adeguarsi alle diverse esigenze di trattamento.

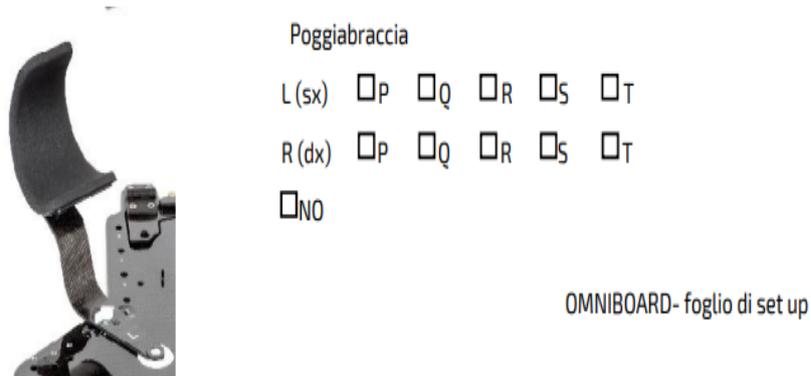


Figura 2. Sistemi di immobilizzazione [4]

Le braccia dei pazienti devono essere portate sopra la testa e poggiano sui sistemi di immobilizzazione appositi, che sono uno per il lato sinistro e uno per il lato destro, presentano una convessità il cui scopo è quello di sostenere l'arto. [4]

Esistono diversi tipi di agganci del poggia braccia (fig.2) all'Omniboard, ciascuno segnalato da una lettera dell'alfabeto (P, Q, R, S, T), il sistema del lato destro può avere regolazione indipendente e differente dal sistema del lato sinistro.

Altro sistema di supporto per gli arti superiori è il “ponte supporto mani”.



Figura 3. Sistemi di immobilizzazione <sup>[4]</sup>

Entrambe le mani poggiano su questo sistema (fig.3), presenta diverse collocazioni (V, W, X, Y, Z) per ottenere un posizionamento più distale o più prossimale delle mani sull'asse testa-piedi.

Per quanto riguarda gli arti inferiori è utilizzato il poggia gambe e l'apposito spessore poggiamambe di circa 5 cm (fig.4), questi hanno due regolazioni, una che va dalla A alla G per quanto riguarda il posizionamento sulla barra indicizzata dell'Omniboard, e l'altra che va dall'1 al 4 per la posizione del supporto. <sup>[4]</sup>



Figura 4. Sistemi di immobilizzazione <sup>[4]</sup>

Per una stabilizzazione ancora più efficiente, si utilizza un sistema definito “poggiapiedi” (fig.5), anche questo regolabile sia

sull'inclinazione del piede con 5 postazioni diverse (dalla A alla E) sia sulla distanza scelta attraverso l'aggancio su barra indicizzata dell'Omniboard ( dal 15 al 30).<sup>[4]</sup>

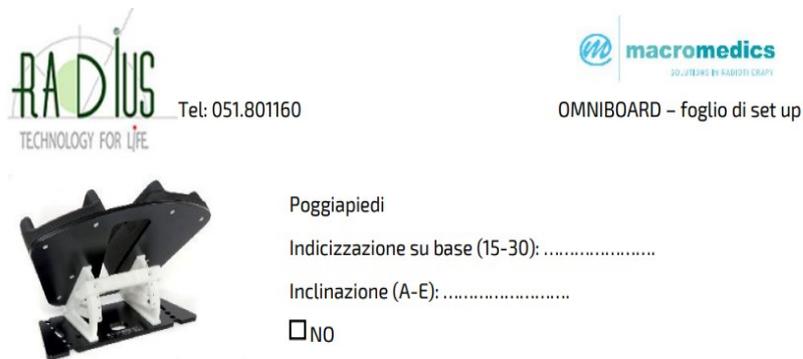


Figura 5. Sistemi di immobilizzazione<sup>[4]</sup>

Si può scegliere di usare anche un piano inclinato (fig.6) per evitare che il seno risalga verso la parte alta del torace, sono possibili tre diverse angolature ( 5°, 10°, 15°).<sup>[4]</sup>



Figura 6. Sistemi di immobilizzazione<sup>[4]</sup>

Se si sceglie di utilizzare il piano inclinato nel trattamento è necessario adottare il sistema di “stop antiscivolo” (fig.7) con posizioni differenti segnalate da un determinato numero (1-15).<sup>[4]</sup>



Stop antiscivolo

Posizione (1-15): .....

NO

Figura 7. Sistemi di immobilizzazione <sup>[4]</sup>

### 1.3 Problematiche relative all'irradiazione della mammella

Un seno grande e pendulo spesso ha la tendenza a dislocarsi lateralmente o in sovra-claveare quando la paziente è posizionata supina, questo incrementa una dose accidentale, che colpisce polmone e cuore.

Le mammelle particolarmente voluminose o pendule presentano delle problematiche durante l'irradiazione, incluso un incremento di tossicità cutanea, dovuta all'eterogeneità della dose e agli effetti della sovrapposizione della mammella pendula sui solchi sottomammari. <sup>[5]</sup>

Si è visto nello studio condotto da Lanea Keller et al. <sup>[5]</sup> che nel 30-50% delle donne trattate con radiazione e più comunemente nelle donne con seno di grossa taglia, si manifesta una dermatite acuta e una desquamazione umida della pelle durante o entro sei settimane di irradiazione.

Così hanno utilizzato un bra o corsetto per la simulazione e trattamento di seni grandi, ovviamente customizzati sulle pazienti in base alla loro misura del petto e alle dimensioni della coppa. Inizialmente, il bra è stato utilizzato nell'era della simulazione fluoroscopica, con lo scopo di ridurre la distanza centrale del polmone minimizzando lo spostamento laterale dei seni grandi o penduli. Il sollevamento e la riduzione della piega sottomammaria hanno

contribuito a ridurre la tossicità cutanea da sovrapposizione dei tessuti.  
[5]

Nell'era della simulazione TC, gli effetti del bra potrebbero essere misurati per la riduzione del cuore o del polmone nel campo del trattamento durante la pianificazione 3D. Il fine di questo studio è riferire le esperienze nell'uso di un reggiseno in posizione supina per donne dal seno grande e presentare dati sul suo effetto sulla tossicità acuta e sulla dosimetria, inclusa la separazione della parete toracica dei campi tangenziali, la dose polmonare e cardiaca.

Dal 2001 al 2006 246 donne consecutive con seno grande (taglia reggiseno  $\geq 38$  e/o  $\geq$  coppa D) sono state trattate con chirurgia conservativa del seno e radioterapia, utilizzando la radioterapia conformazionale tridimensionale (3DCRT) o radioterapia a intensità modulata (IMRT). In 58 casi, presso la discrezione dei medici, durante la simulazione e il trattamento è stato utilizzato un reggiseno su misura. Gli endpoint sono stati dermatite acuta da radiazioni, e confronto dosimetrico dei volumi cardiaci e polmonari in un sottogruppo di 12 pazienti con carcinoma mammario sinistro, pianificate con e senza reggiseno. [5] I risultati di questo studio dicono che la maggior parte delle tossicità cutanee acute sono state di grado 2 e sono state riscontrate dal 90% di pazienti in reggiseno, rispetto al 70% dei pazienti senza reggiseno ( $P = 0.003$ ). Sull'analisi multivariata predittori significativi di tossicità cutanea di grado 2 o 3 includono l'uso di 3DCRT, invece di IMRT (rapporto di probabilità = 3,9; 95% intervallo di confidenza: 1,8-8,5) e l'uso di un reggiseno (rapporto di probabilità = 5,5; 95% intervallo di confidenza: 1,6-18,8). Per i pazienti del lato sinistro un volume del cuore nei campi di trattamento è diminuito del 63,4% ( $P = 0.002$ ), un volume del polmone sinistro è diminuito di 18,5% ( $P = 0.25$ ) e la separazione della parete toracica è diminuita in media di 1 cm ( $P =$

0.03). In conclusione l'uso di un reggiseno per regolare la forma e la posizione del seno nelle donne con un seno grande, è un'alternativa al posizionamento prono e associa una ridotta separazione della parete toracica e ridotto volume cardiaco all'interno del campo di trattamento. [5]



Figura 8. Posizione di trattamento del paziente, simulata e trattata con il bra [5]

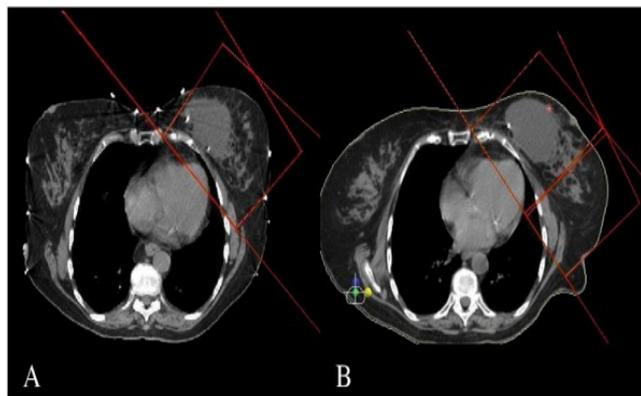


Figura 9. Campi di trattamento per un paziente simulato con (A) e senza (B) il bra, dimostrando una ridotta separazione della parete toracica e un ridotto volume di cuore e polmone all'interno dei campi tangenziali. In particolare, l'uso del reggiseno ha eliminato la variabilità posizionale di un grande rigonfiamento laterale dei tessuti molli, portando a una migliore riproducibilità del setup quotidiano. [5]

Un'altra problematica riguarda la probabilità di tossicità cardiaca, in uno studio di Marc D. Piroth et al. [6] si è ricercato se la radioterapia del carcinoma alla mammella sinistra può portare a rilevante tossicità

cardiaca. Lo scopo è quello di analizzare l'utilità di un reggiseno termoplastico per ridurre le dosi polmonari e cardiache.

Un totale di 29 pazienti con carcinoma mammario del lato sinistro e 16 pazienti con carcinoma mammario destro sono stati trattati con chirurgia conservativa del seno e WBI, tra il 2012 e il 2013 sono stati inclusi in uno studio prospettico che analizza l'efficacia di un reggiseno termoplastico. WBI è stato eseguito utilizzando campi tangenziali 3D fino a 50,4 Gy. La pianificazione del trattamento è stata eseguita con e senza reggiseno. Diversi parametri dosimetrici sono stati analizzati comparativamente concentrandosi su cuore e polmone omolaterale. Per i confronti della dose cardiaca, sono stati definiti sottovolumi come l'arteria discendente anteriore sinistra (LAD) e una regione apicale definita, il cosiddetto “territorio miocardio apicale” (AMT).<sup>[6]</sup>

Usando il reggiseno, la dose polmonare media è stata ridotta del 30,6% (cancro del lato sinistro) e del 29,5% (del lato destro;  $p < 0,001$ ). Il V20Gy per il polmone sinistro è stato ridotto del 39,5% (4,9 contro 8,1% del volume;  $p < 0,001$ ). Le dosi cardiache medie e massime sono significativamente inferiori (1,6 contro 2,1 Gy e 30,7 contro 39,3 Gy;  $p = 0,01$  e  $p < 0,001$ ), che anche si applica alla dose media e massima per l'AMT (2,5 contro 4,4 Gy e 31,0 contro 47,2 Gy;  $p < 0,01$  e  $p < 0,001$ ). La dose media e massima per LAD sono inferiori, senza raggiungere un valore significativo. Non è stata osservata nessuna tossicità cutanea acuta  $>$  grado 2. In conclusione, utilizzando un reggiseno termoplastico, le dosi di radiazioni al cuore e soprattutto a parti dell'apice del cuore e il polmone omolaterale, possono essere significativamente abbassati senza ulteriore tossicità cutanea.<sup>[6]</sup>

Dopo la chirurgia conservativa del seno (BCS), l'irradiazione del seno intero (WBI) con una dose totale di 50 Gy, riduce il tasso di recidiva del 70–88 %. Tuttavia, si sospetta che la radioterapia del carcinoma

mammario sinistro possa portare a tossicità cardiache rilevanti. Nelle prime prove, è stato osservato un aumento dei decessi cardiaci e la mortalità cardiaca è più alta nelle pazienti con carcinoma mammario sinistro che in lato destro. A causa dell'uso generale della pianificazione del trattamento radioterapico tridimensionale (3D), la morbilità cardiaca è stata ridotta a una misura che generalmente non è più un problema rilevante nelle analisi a più lungo termine.

Tuttavia, in alcuni pazienti con geometria toracica avversa o distanza ravvicinata tra cuore e costole, la pianificazione del trattamento standard 3D tangenziale risulta in intervalli di dosi polmonari e anche cardiaci che oggi sono considerati associabili allo sviluppo di forme tardive di reazioni gravi. In particolare, l'apice cardiaco e l'arteria discendente anteriore sinistra (LAD) riceveranno dosi di radiazioni più elevate in tali casi. In uno studio che esamina le stenosi coronariche di angiografia coronarica, Nilsson et al.<sup>[6]</sup> hanno mostrato un rapporto di probabilità di 7,22 per stenosi di alto grado del medio e del distale della LAD, compreso il ramo diagonale distale. Lo scopo di questa analisi è stato quello di analizzare l'utilità di un reggiseno a coppa unilaterale con materiale termoplastico (fig.10) per la radioterapia del cancro al seno per ridurre le dosi di uscita sia al cuore che al polmone.<sup>[6]</sup>

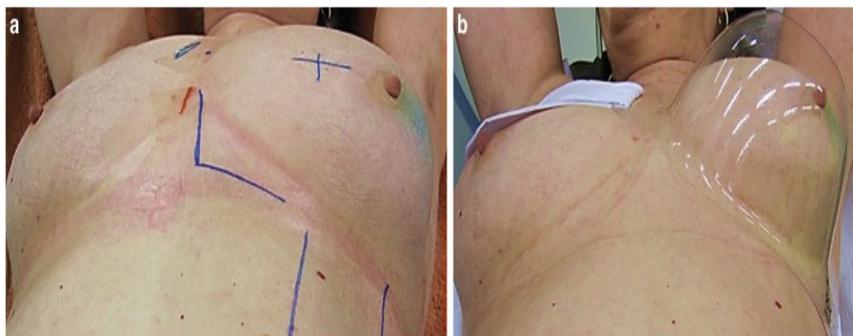


Figura 10. a.Posizionamento del paziente sul breast board, senza reggiseno, b. posizionamento del paziente sul breast board, con reggiseno in materiale termoplastico (notare la risalita del bordo laterale del seno). [6]

Dal 2012 al 2013, un totale di 45 pazienti con cancro al seno (stadio I/II, 29 donne con carcinoma mammario sinistro e 16 donne con carcinoma mammario destro) trattato con BCS seguito da WBI, sono state incluse nell'analisi prospettica. L'età media è di 67 anni (range 37-84 anni). La WBI adiuvante è iniziata 4-6 settimane dopo l'intervento ed è stata erogata con fasci di fotoni da 6 MV, utilizzando campi tangenziali incuneati, a dosi frazionate giornaliere di 1,8 Gy fino a un totale di 50,4 Gy (ICRU). Per ogni trattamento della paziente, sono state eseguite TC di pianificazione con e senza il reggiseno con fette di 5 mm. La pianificazione del trattamento è stata eseguita utilizzando il sistema di pianificazione del trattamento di irradiazione Philips Pinnacle3 (Versione 8.0 m, Philips Medical Systems, Eindhoven, The Olanda). È stata prescritta una distribuzione della dose con meno del 7% di disomogeneità nel piano centrale. La pianificazione del trattamento 3D è stata eseguita con e senza il reggiseno. [6]

In 30 pazienti, a seguito del WBI è stato eseguito un boost elettronico esterno frazionato con l'energia media di 12 MeV fino a 61,2 Gy . Questa dose di boost di elettroni non è stata inclusa nel piano di studio.

Gli effetti collaterali acuti sono stati registrati nell'ultimo giorno di trattamento e 6 settimane dopo. Le tossicità sono state registrate utilizzando il comune sistema di punteggio di tossicità 3.0. [6]

Diversi parametri dosimetrici sono stati analizzati comparativamente, concentrandosi sul cuore e sul polmone omolaterale. Nei 29 casi di cancro del lato sinistro, abbiamo analizzato comparativamente le dosi medie e massime di tutto il cuore, dell'arteria discendente anteriore sinistra (LAD) e del territorio miocardico anteriore (AMT). Sono stati analizzati diversi parametri alla ricerca di criteri di selezione, che identificassero i pazienti che traggono particolare profitto dall'uso del reggiseno. A questo proposito, hanno analizzato i coefficienti di correlazione tra i parametri correlati al CTV, che riflette le dimensioni del seno e l'indice di massa corporea (BMI) e le dosi di organi a rischio (OAR) Dmax del LAD, Dmax dell'AMT e V10 al polmone sinistro.

I reggiseni usati sono formati da materiale plastico semirigido trasparente polietilene tereftalato con glicole (PETG). Lo spessore del materiale plastico è 0,5-0,63 mm a seconda della taglia della coppa, con diverse taglie disponibili per tenere conto dei volumi del seno dell'individuo. [6]

Considerando tutti i pazienti (n = 45), il CTV medio con e senza reggiseno è 743 (261-1859) e 804 (261-1668) ml, rispettivamente (p < 0,001). Le medie, le massime e le dosi minime per il CTV (50,8 vs. 50,7 Gy, 54,5 vs. 54,6 Gy, 36,5 contro 35,2 Gy) e anche il planning target volume (PTV; 50,1 contro 50,1 Gy, 54,5 contro 54,6 Gy, 23,4 contro 25,0 Gy) non differiscono significativamente se il reggiseno viene usato o meno.

L'uso del reggiseno ha portato a un fascio meno profondo. Considerando il gruppo di pazienti con tumore al lato sinistro, gli angoli

del gantry dei fasci mediali sono 302° (range 288–315°) con il reggiseno e 310° (302–325°) senza reggiseno ( $p < 0,01$ ). [6]

Nei pazienti con cancro del lato sinistro ( $n = 29$ ), l'uso del reggiseno ha portato a una significativa riduzione della dose media al polmone omolaterale del 30,6% (3,4 vs 4,9 Gy;  $p < 0,001$ ), e il V20Gy è stato ridotto del 39,5 % (4,9 contro 8,1 % di volume polmonare sinistro;  $p < 0,001$ ). Allo stesso modo, le dosi cardiache medie e massime potrebbero essere significativamente ridotte (1,6 vs. 2,1 Gy,  $p < 0,001$  e 30,7 contro 39,3 Gy,  $p < 0,001$ ). Come ai sottovolumi, la dose media e massima sono state ridotte per il rispettivo AMT (2,5 vs. 4,4 Gy e 31,0 vs. 47,2 Gy).

Le dosi medie e massime per il LAD potrebbero essere ridotte rispettivamente del 20,6 e del 6,9 %, senza raggiungere la significatività ( $p = 0,2$  e  $p = 0,4$ ). Valori dettagliati sono mostrati nella Tabella 1. [6]

<i>N</i> = 29		Without bra (mean values)	With bra (mean values)	<i>p</i>
<i>Heart</i>	Dmean (Gy)	2.1 SD 1.32 range 0.98–8.3	1.6 SD 0.46 range 0.99–2.7	<0.001
	Dmax (Gy)	39.3 SD 13.1 range 7.0–52.2	30.7 SD 16.1 range 4.6–49.8	<0.001
	V5 (%)	4.2 SD 4.2 range 0.2–22.8	2.1 SD 1.88 range 0–6.3	<0.001
<i>AMT</i>	Mean	4.4 SD 3.7 range 1.7–20.3	2.5 SD 1.7 range 1.3–7.6	<0.001
	Max	47.2 SD 14.6 range 6.3–52.2	31.0 SD 16.2 range 3.9–49.5	<0.001
<i>LAD</i>	Mean	9.2 SD 9.3 range 2.1–46.2	7.3 SD 5.4 SD 1.9–19.1	0.2
	Max	24.6 SD 17.6 range 2.8–49.6	22.9 SD 17.2 range 2.7–48.6	0.4
<i>Lung left</i>	Mean	4.9 SD 1.9 range 1.3–8.9	3.4 SD 1.3 range 1.3–6.3	<0.001
	Max	49.7 SD 3.3 range 34.9–53.1	47.0 SD 4.3 range 31.9–50.1	<0.001
	V10 (%)	11.7 SD 5.2 range 1.0–20.8	7.9 SD 3.8 range 0.9–16.3	<0.001
	V20 (%)	8.1 SD 4.1 range 2.2–16.3	4.9 SD 2.9 range 1.2–11.6	<0.001

Tabella 1. Valori medi, deviazione standard, e intervallo della massima e dose media del cuore, della parete anteriore miocardica (AMT), dell'arteria discendente anteriore sinistra (LAD) e del polmone sinistro e diversi rapporti dose-volume (Vx%) di cuore, AMT, LAD e polmone sinistro (valori per malati di cancro alla mammella sinistra; n = 29) con e senza reggiseno al seno. [6]

Allo stesso modo, nei pazienti con cancro al lato destro (n = 16) la dose media del polmone omolaterale potrebbe ridursi sensibilmente del 29,5% a favore del reggiseno (3,1 vs. 4.4 Gy; p = 0,001). Per il cancro del lato sinistro, tutti i parametri comparativamente analizzati sono mostrati in dettaglio nella Tabella 2, corrispondenti distribuzioni di dose e istogrammi dose-volume (DVH) calcolato senza vs. con reggiseno comparativamente. [6]

N = 45		Without bra	With bra	p
CTV	Volume	804	743	<0.001
		SD 349	SD 305	
		range 189-1689	range 176-1582	
	Dmean	50.7	50.8	0.1
		SD 0.2	SD 0.2	
		range 50.5-51.3	range 50.4-51.2	
	Dmax	54.6	54.5	0.7
		SD 0.7	SD 0.7	
		range 53.4-56.6	range 53.6-56.1	
	Dmin	35.2	36.5	0.01
		SD 2.9	SD 2.2	
		range 27.3-40.4	range 30.2-39.9	
PTV	Volume	1020	923	<0.001
		SD 399	SD 346	
		range 49.8-50.6	range 50.0-50.4	
	Dmean	50.1	50.1	0.1
		SD 0.1	SD 0.1	
		range 49.8-50.6	range 50.0-50.4	
	Dmax	54.6	54.5	0.4
		SD 0.8	SD 0.7	
		range 53.4-56.6	range 53.6-56.1	
	Dmin	25.0	23.4	0.1
		SD 4.9	SD 5.0	
		range 9.3-34.2	range 9.6-31.4	

Tabella 2. Valori medi, deviazione standard e range CTV, PTV e dosi medie, massime e minime di CTV e PTV con e senza reggiseno. [6]

Non sono state osservate tossicità cutanee acute > grado 2. Alla fine del trattamento, 14 pazienti sono stati valutati come grado 2 e 30 pazienti come reazione di grado 1. Sei settimane dopo la fine della

radioterapia, 9 pazienti si sono presentati con eritema di grado 1, mentre tutti gli altri sono risultati grado 0. [6]

Non è stato possibile trovare criteri di selezione per identificare i pazienti particolarmente indicati per l'utilizzo del reggiseno. Considerando il cancro del lato sinistro, non sono state trovate correlazioni significative tra il CTV, riflettendo le dimensioni del seno o BMI e i valori di OAR come Dmax per AMT, Dmax per LAD o V10.

I coefficienti di correlazione e i corrispondenti p-value tra CTV e LAD Dmax, CTV e AMT Dmax, e anche CTV e V10 polmone sinistro sono 0,18 (p = 0,4), 0,15 (p = 0,5) e 0,1 (p = 0,7). I valori sono riportati in dettaglio in Tabella 3. [6]

Patient no.	CTV	Dmax LAD	Dmax AMT	V10 left lung
1	283.1	26.9	6.4	5.1
2	347.8	3.8	11.8	1.1
3	375.2	17.9	25.7	12.5
4	451.8	3.4	4.8	9.1
5	461.9	43.5	32.6	5.7
6	487.0	43.9	48.8	5.9
7	489.6	2.7	29.7	8.1
8	512.0	5.0	28.1	9.3
9	514.7	46.4	49.5	11.8
10	515.6	18.4	43.6	6.9
11	574.3	39.0	40.9	8.6
12	608.6	11.4	25.6	8.6
13	616.8	39.0	41.1	1.5
14	644.1	28.1	47.9	7.9
15	654.1	46.8	48.2	13.3
16	662.3	4.6	13.4	4.4
17	678.5	4.3	6.2	9.0
18	707.8	10.1	32.1	12.5
19	723.2	6.8	13.9	6.3
20	749.2	45.0	45.8	7.9
21	787.8	3.6	6.9	8.6
22	911.7	5.4	3.9	5.4
23	949.3	22.7	14.4	0.9
24	971.4	48.6	49.2	9.6
25	1014.8	5.3	12.7	13.2
26	1046.5	25.3	44.1	7.2
27	1112.4	45.0	41.6	16.3
28	1329.1	19.9	44.5	3.0
29	1581.6	42.4	31.0	8.3

Tabella 3. Valori CTV del seno sinistro con reggiseno e corrispondenti valori per Dmax in LAD, Dmax in AMT, Dmean in AMT, e V10 al polmone sinistro [6]

Inoltre, nessun valore limite per la dimensione del seno potrebbe essere trovato. I pazienti con un seno più piccolo di 1000 ml hanno avuto benefici significativi paragonabili ai pazienti con un seno più grande (>1000ml). Complessivamente, per quanto riguarda le dosi degli

OAR analizzate, tutte le pazienti potrebbero trarre beneficio dall'uso del reggiseno, indipendentemente dalla taglia del seno o dal BMI. <sup>[6]</sup>

La radioterapia del cancro al seno nel contesto del trattamento conservativo del seno (BCT) riduce il rischio di recidiva locoregionale di oltre due terzi. Inoltre, potrebbe essere mostrata una riduzione del 5,3% della mortalità complessiva dopo 15 anni a favore della radioterapia adiuvante. <sup>[6]</sup>

Nonostante questi vantaggi prognostici è noto che la radioterapia del carcinoma mammario può aumentare il rischio di malattie cardiovascolari (CAD). Negli ultimi decenni, importanti progressi nelle tecniche di radioterapia, come la pianificazione del trattamento 3D, hanno portato a una riduzione continua della dose di radiazioni al cuore. Taylor et al. <sup>[6]</sup> hanno analizzato comparativamente le dosi medie cardiache da radioterapia tangenziale sinistra alle strutture cardiache in diversi decenni e hanno visto la riduzione della dose media cardiaca da 13,3 Gy negli anni '70, a 4,7 Gy negli anni '90 e a 2,3 Gy nel 2006.

Dosi medie cardiache così basse sembrano portare a basso rischio di decessi causati da malattie cardiache indotte da radiazioni, almeno per le donne senza fattori di rischio cardiaco. Però, a volte si sospetta che anche piccole dosi cardiache aumentino il rischio di malattie cardiache. Su uno studio basato su una popolazione caso-controllo, Darby et al. <sup>[6]</sup> hanno riscontrato un'incidenza lineare di eventi coronarici maggiori del 7,4% per Gy senza soglia. Per una donna di 50 anni senza fattori di rischio cardiaco, una dose media al cuore di 3 Gy porterebbe ad un aumento del rischio di un evento cardiaco ischemico letale dall'1,9 al 2,4 % prima di raggiungere gli 80 anni. Stuart et al. <sup>[6]</sup> hanno dichiarato, in una rassegna che valuta l'epidemiologia e l'evidenza clinica di malattie cardiovascolari indotte da radiazioni, che dosi di radiazioni <2 Gy

inducono un danno micro vascolare che può portare a deficit di perfusione, ischemia e fibrosi miocardica. [6]

Per valutare completamente il rischio di CAD nel contesto dell'irradiazione mammaria, il fattore tempo è molto importante. Darby et al. [6] hanno dimostrato in modo impressionante che il rischio di CAD aumenta continuamente con il tempo, anche dopo aver terminato l'irradiazione del seno. Harris et al. [6] hanno fatto notare che potrebbe esserci un aumento del rischio di morte cardiaca nella seconda decade dopo il trattamento. Per le radiazioni sul lato sinistro il rapporto di rischio (HR) è aumentato da 1,9 dieci anni dopo la radiazione a 6,4 dopo 20 anni. In confronto, per la radiazione sul lato destro il rapporto di rischio (HR) aumenta solo da 1,5 a 3,6 in questo lasso di tempo.

Un ulteriore problema è l'uso diffuso di agenti sistemici come antracicline e trastuzumab in pazienti con cancro al seno, che hanno un proprio potenziale cardiotossico. Interazioni tra questi nuovi agenti e le bassi dosi al cuore potrebbero dare attendibilmente una risposta riguardante la tossicità tardiva solo nei decenni futuri. [6]

In generale, con le moderne tecniche sono realizzabili bassi dosi medie cardiache. Tuttavia, deve essere considerato che, nonostante le basse dosi medie cardiache, potrebbero essere esposte rilevanti aree del cuore a dosi comprese tra 40 e 50 Gy. La dose media cardiaca, come unico parametro riportato in studi precedenti, non riflette realmente il rischio cardiaco in molti casi.

In un ampio studio sui risultati dell'angiografia coronarica, Nilsson et al. [6] hanno riscontrato un aumento delle stenosi dell'arteria coronaria clinicamente significative in aree predefinite per le radiazioni in pazienti ricoverati sottoposti a WBI del lato sinistro, rispetto ai pazienti che non hanno ricevuto radioterapia in queste aree predefinite. [6]

In questa analisi di un gruppo svedese, è stato mostrato un aumento del rischio di stenosi significative da 4 a 7 volte per il medio e distale dell'arteria discendente anteriore sinistra(LAD) nelle aree predefinite di RT. In modo impressionante, Marks et al. <sup>[6]</sup> hanno dimostrato difetti di perfusione nell'apice cardiaco già 6-24 mesi dopo la radioterapia dopo aver esposto queste aree a >50 % della dose prescritta.

Un'analisi di Magee et al. <sup>[6]</sup> ha rivelato che nel 9 % dei pazienti trattati con fasci tangenziali l'apice cardiaco è all'interno del campo di radiazione. Considerando i diversi aspetti dose-volume del cuore, sembra ragionevole definire diverse parti del cuore organi a rischio, soprattutto la parte anteriore. Ad esempio, in uno studio dosimetrico comparativo Tan et al. <sup>[6]</sup> hanno dimostrato che, utilizzando il "territorio miocardico anteriore" (AMT) come organo a rischio negli IMRT del seno sinistro, la dose di radiazioni al cuore potrebbe essere ridotta. Sono attualmente in studio diverse opzioni tecniche per ottimizzare le dosi cardiache e polmonari nella radioterapia del cancro al seno, senza compromettere la dose e il volume del target. Tali tecniche sono, l'inspirazione profonda trattenendo il respiro (DIBH), radioterapia in posizione prona, o la radioterapia ad intensità modulata (IMRT). Il DIBH porta ad uno spostamento del cuore lontano dalla parete toracica, per cui l'apice cardiaco si sposta verso il basso. Consecutivamente, una significativa riduzione del cuore e soprattutto dei sottovolumi apicali come l'arteria discendente anteriore sinistra (LAD) può essere dimostrata da diversi autori. <sup>[6]</sup>

Hepp et al. <sup>[6]</sup> potrebbero dimostrare una riduzione della dose media cardiaca da 3,6 Gy (respirazione libera) a 1,9 Gy utilizzando la tecnica DIBH. Anche una riduzione del volume del cuore ricevendo dosi elevate potrebbe essere realizzato in questo studio. La dose massima applicata a un volume cardiaco di 2 cm<sup>3</sup> potrebbe essere ridotto da 41,7 a 21,5 Gy

[6]. Sebbene sottovolumi del cuore come il ventricolo sinistro, AMT o LAD non sono stati analizzati separatamente, la riduzione della dose può interessare principalmente l'apice del cuore, a causa della tecnica di trattamento che utilizza fasci tangenziali non divergenti. [6]

Allo stesso modo, Stranzl et al. [6] hanno mostrato una riduzione significativa della dose cardiaca media e massima, utilizzando la tecnica DIBH rispetto alla normale tecnica di respirazione (1,3 Gy contro 2,3 Gy e 27 Gy contro 40,9 Gy).

Per il trattamento in posizione prona, sono stati pubblicati diversi risultati. L'irradiazione del seno in posizione prona può portare a una riduzione della dose cardiaca in pazienti con seno grande. Ma in pazienti con seno più piccolo è stato visto un aumento delle dosi cardiache [6]. Inoltre, l'IMRT ha pro e contro. In generale, non sono stati chiariti completamente effetti collaterali a lungo termine su maggiori volumi di tessuto sano esposti a basse dosi e anche l'aumento della dose diffusa al corpo [6]. Soprattutto nei pazienti più giovani trattati con intento curativo, questi aspetti sono di grande importanza. Per la tecnica IMRT eseguita per il trattamento del seno sinistro in pazienti con sfavorevole anatomia toracica, Lohr et al. [6] hanno mostrato una riduzione della dose massima e media al ventricolo sinistro del 30 e del 10,7% rispetto alla pianificazione 3D conformazionale. Ma questo vantaggio è stato contrastato da un aumento della dose media cardiaca da 6,85 a 8,52 Gy e nella dose media del seno destro da 1,15 a 5,4 Gy. Nel presente studio [6], è stata analizzata l'efficacia di riduzioni della dose a diversi organi a rischio grazie a un strumento semplice, il reggiseno termoplastico. Usando questo reggiseno la posizione del seno, specialmente le parti che giacciono lateralmente, possono essere spostate in direzione ventrale. Come conseguenza, i fasci tangenziali potrebbero essere disposti con più bassi angoli, abbassando così notevolmente la dose media cardiaca

del 23,8% (1,6 vs 2,1 Gy;  $p < 0,001$ ). Inoltre, la dose in uscita alla parte anteriore del cuore, definita come AMT, e al polmone omolaterale potrebbe essere ridotta in modo significativo. Questo range nella riduzione della dose media cardiaca e massima è simile ai dati riportati da Stranzl et al. <sup>[6]</sup> o Hepp et al. <sup>[6]</sup>, che hanno utilizzato entrambi la tecnica DIHB.

Considerando il materiale termoplastico sulla pelle del seno si è stati cauti riguardo alle potenziali reazioni cutanee, che sono rientrate nell'intervallo normale e non è stata osservata nessuna tossicità cutanea > grado 2. Il CTV che riflette la dimensione del seno è di 804 ml (senza reggiseno) con un ampio intervallo tra 189 e 1689 ml. In tutti i casi inclusi non sono stati visti vantaggi per quanto riguarda la dose agli organi a rischio usando il reggiseno, a volte di più, a volte di meno. Non sono state trovate correlazioni significative tra il CTV, riflettendo la dimensione del seno e i valori degli OAR come Dmax per AMT, Dmax per LAD o V10 per polmone sinistro usando il reggiseno. Inoltre, non è stato possibile identificare l'indice di massa corporea o la definizione di valore soglia e il valore relativo alla dimensione del seno per selezionare il paziente che necessita maggiormente del reggiseno. <sup>[6]</sup>

A partire da un punto di vista pratico, il vantaggio può essere grande se il seno sta cadendo e se il reggiseno riesce ad alzare il seno in avanti.

Utilizzando un reggiseno termoplastico, dosi di radiazioni al cuore e in particolare a parti dell'apice del cuore e del polmone ipsilaterale possono essere significativamente abbassati, senza ulteriore tossicità cutanea. Le misure delle riduzioni della dose sono paragonabili a quelle raggiunte con le tecniche caratterizzate da un'inspirazione profonda trattenendo il respiro. <sup>[6]</sup>

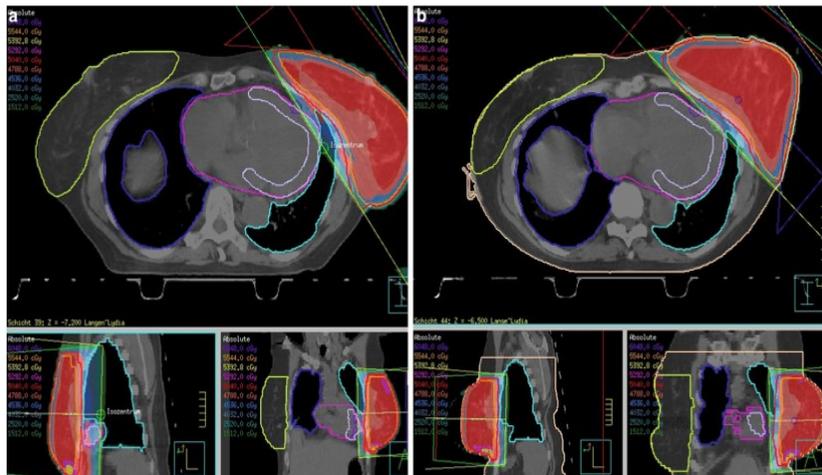


Figura 11. Immagini di dose dai piani di trattamento 3D nei piani trasversali, sagittale e coronarico senza reggisenno (a) e con reggisenno (b) [6]

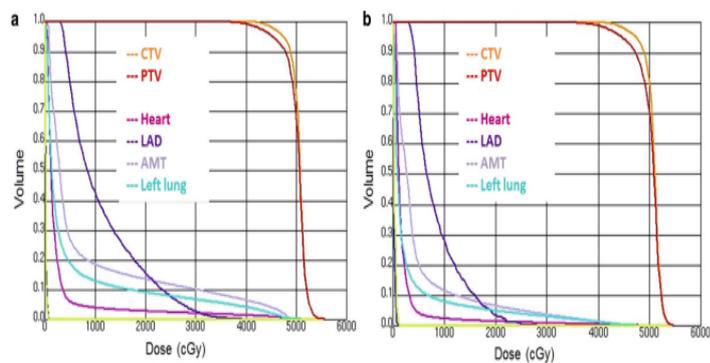


Figura 12. Istogrammi dose-volume dai piani di trattamento 3D senza reggisenno (a) e con reggisenno (b) [6]

Kurian Joseph MD. et al. [7] hanno riscontrato nel loro studio che pazienti con carcinoma mammario sinistro (LSBC) sono a maggior rischio di morbilità cardiaca da radioterapia adiuvante del seno (ABRT). Le tecniche di apnea (BH) riducono sostanzialmente la radiazione ricevuta a memoria durante la radioterapia per LSBC. Tuttavia, un sottogruppo di pazienti con LSBC non hanno possibilità di sottoporsi a tecniche BH a causa dell'incapacità di trattenere il respiro o a causa di altre comorbilità. Per ridurre le radiazioni al cuore, usiamo abitualmente

maschere termoplastiche su misura del seno per il trattamento di pazienti con LSBC non idonei alle tecniche BH. [7]



Figura 13. Paziente con maschere termoplastiche di posizionamento del seno destro. Viene praticato un foro nella posizione del capezzolo e la posizione del capezzolo è allineata con il laser e segni di campo sull'involucro. [7]

Questo studio valuta l'impatto dosimetrico dell'utilizzo delle maschere termoplastiche del seno per i pazienti con LSBC sottoposti a ABRT. Sono state identificate dal 2014 al 2016 sedici pazienti consecutive con LSBC che hanno fallito con BH e sono state sottoposte a ABRT, che hanno utilizzato maschere termoplastiche sul seno. Il trattamento è stato pianificato utilizzando campi tangenti con una dose prescritta di 42,5 Gy in 16 frazioni. [7]

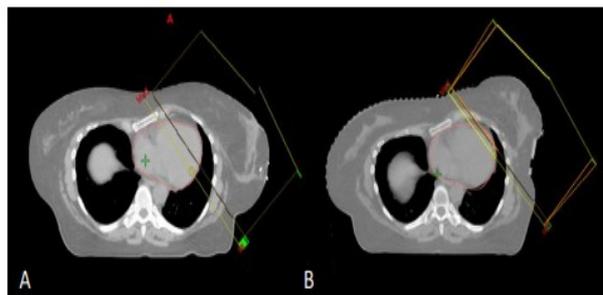


Figura 14. A&B. Disposizioni rappresentative del campo di trattamento per un paziente senza (A) e con maschera di posizionamento del seno (B). Le immagini mostrano un miglioramento del risparmio cardiaco quando si utilizza la maschera di posizionamento. [7]

I confronti tra i piani con e senza maschera termoplastica sono stati effettuati per ciascun paziente, utilizzando un test accoppiato per

quantificare il risparmio di organi a rischio (OAR) e copertura target. Dai risultati si è visto che non c'è alcuna differenza statisticamente significativa nel PTV. È stato osservato un miglioramento statisticamente significativo nel risparmiare il cuore, il ventricolo sinistro (LV) e polmone omolaterale (P-value < .001). [7]

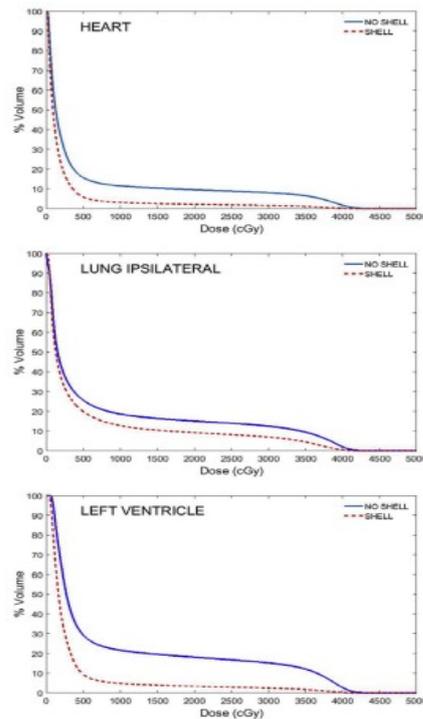


Figura 15. istogrammi dose-volume medi per polmone omolaterale, cuore e ventricolo sinistro (LV) per piani con e senza maschera del seno. [7]

I piani con la maschera risparmiano più OAR dei piani senza quest'ultima, con una dose media di 2,15 Gy contro 5,15 Gy (riduzione del 58,2%) al cuore, 3,27 Gy rispetto a 9,00 Gy (riduzione del 63,7%) al LV e 5,16 Gy rispetto a 7,95 Gy (riduzione del 35%) al polmone omolaterale. I volumi irradiati degli OAR per i piani con e senza maschera sono 13,3 cc contro 59,5 cc (riduzione del 77,6%) per il cuore, 6,2 cc contro 33,2 cc (riduzione dell'81,2%) per il VS, e 92,8 cc contro 162,5 cc (riduzione del 42,9%) per il polmone omolaterale. [7]

Quindi un posizionamento della maschera del seno offre un vantaggio significativo in termini di risparmio del cuore per pazienti con LSBC non idonei alle tecniche BH. Può anche essere utilizzato come semplice alternativa per il risparmio cardiaco nei centri senza capacità di BH. [7]

#### 1.4 Il Bra: descrizione, regolazioni, benefici attesi e criticità

In uno studio condotto da F. Castaño et al. [8] hanno investigato il possibile beneficio dosimetrico di un nuovo reggiseno (Chabner XRT® Radiation Bra CIVCO) per irradiazione del seno intero grande o pendulo (WBI), nonché valutarne l'impatto sulla riproducibilità e la tossicità. [8]



Figura 16. Paziente con Chabner XRT® Radiation Bra [9]

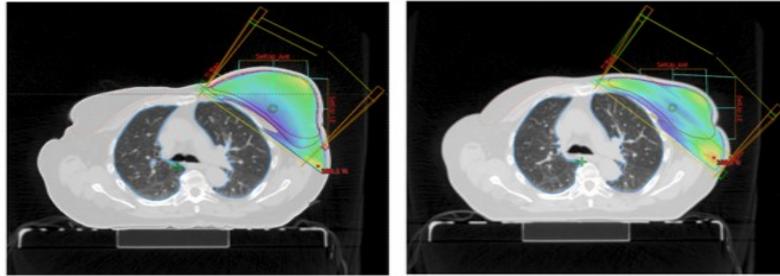


Figura 17. Dosimetria con e senza reggiseno <sup>[8]</sup>



Figura 18. Paziente durante la simulazione TC <sup>[8]</sup>

Progettato da un'oncologa radioterapista, Dr. Elizabeth Chabner <sup>[9]</sup> Thompson, il reggiseno può essere utilizzato per supporto del seno durante altre procedure radiologiche come TC, RM e radiografie diagnostiche. <sup>[9]</sup> Il reggiseno Chabner XRT Radiation è:

- Facile da usare per paziente, terapeuta e medico
- Realizzato con materiali leggeri e avanzati che offrono prestazioni migliorate, un supporto ideale per posizionare il seno e assicurare al paziente comfort senza irritazioni o sensibilizzazione

Material Name	Composition	Thickness (mm)
Cotton	100% cotton	0.64
Tricot	85% nylon, 15% spandex	0.56
TPU	100% elastomeric compound	1.01
Elastic	90% nylon, 10% spandex	1.40
Velcro	100% nylon	2.54
Mesh	70% nylon, 30% spandex	0.38
Nylon/spandex	92% nylon, 8% spandex	1.09

Tabella 4. Nome e composizione dei campioni di materiale per le prove di trasmissione<sup>[10]</sup>

- Composto da finestre in poliuretano termoplastico (TPU) posizionate strategicamente per consentire la visibilità della pelle e dei punti di riferimento ossei essenziali per una posizione ripetibile del paziente<sup>[9]</sup>
- Testato a 6 MeV e 6 MV per dimostrare che il fascio di radiazione può passare attraverso le aree di trattamento del reggiseno senza attenuazione<sup>[9]</sup>
- Destinato all'uso da parte di un singolo paziente durante il trattamento, l'indumento è rimborsabile dall'assicurazione: tutti i punti di attacco in Velcro sono indicizzabili, in modo che il paziente possa avere un reggiseno personalizzato in quel momento di simulazione e durante il trattamento
- Disponibile in 9 taglie; più un extender offerto per ulteriori opzioni di dimensionamento. Gli attacchi in velcro, situati al di fuori dell'area di trattamento, hanno provocato una leggera attenuazione a 6 MeV.<sup>[9]</sup>

Size	Band	Cup	Qty 1	Qty 5	Starter Pack	
1	34"-36"	86-91.5 cm	B/C	CRTBRA01	CRTBRA01PK5	Sizes 1, 2 and 9 (Qty 1 each) CRTBRASPCK
2	34"-36"	86-91.5 cm	D/DD	CRTBRA02	CRTBRA02PK5	Sizes 3, 4, 7 and 8 (Qty 2 each)
3	38"-40"	96.5-101.5 cm	B/C	CRTBRA03	CRTBRA03PK5	Sizes 5, 6 and Extenders (Qty 3 each)
4	38"-40"	96.5-101.5 cm	D/DD	CRTBRA04	CRTBRA04PK5	Measuring Tape (Qty 50)
5	38"-40"	96.5-101.5 cm	F/G	CRTBRA05	CRTBRA05PK5	<b>Starter Pack Lite</b>
6	42"-44"	106.5-112 cm	D/DD	CRTBRA06	CRTBRA06PK5	Sizes 1-9 & Extender (Qty 1 each) CRTBRASPCKLT
7	42"-44"	106.5-112 cm	F/G	CRTBRA07	CRTBRA07PK5	Measuring Tape (Qty 50)
8	46"-48"	117-122 cm	D/DD	CRTBRA08	CRTBRA08PK5	
9	46"-48"	117-122 cm	F/G	CRTBRA09	CRTBRA09PK5	
Bra Extender				-	CRTEXT01PK5	
Measuring Tape (Qty 50)					CRTTMPK50	

**Order your starter pack today!**

Contact your sales representative  
for more information.

Global Sales Office  
Orange City, Iowa, USA  
800.842.8688 | +1 712.737.8688

info@CivcoRT.com  
www.CivcoRT.com

COPYRIGHT © 2018. CHABNER XRT AND CIVCO RADIOTHERAPY ARE REGISTERED TRADEMARKS OF CIVCO MEDICAL SOLUTIONS. ALL OTHER TRADEMARKS ARE PROPERTY OF THEIR RESPECTIVE OWNERS. ALL PRODUCTS MAY NOT BE LICENSED IN ACCORDANCE WITH CANADIAN LAW. 2017P1316 REV D



Figura 19. Dimensioni e taglie del reggiseno<sup>[9]</sup>

Questo sistema è MR Safe secondo gli attuali alti standard della American Society for Testing and Materials (ASTM) approvati dall'FDA. In particolare, per ottenere la designazione MR Safe, il sistema è risultato essere completamente privo di qualsiasi componente metallica, non è conduttivo e non è reattivo alla radiofrequenza. Inoltre, esso è ugualmente sicuro a tutte le intensità di campo (1.5 T e 3.0 T), gradienti e sequenze. La designazione MR Safe è inoltre garanzia di fabbricazione secondo i massimi standard di qualità con materiali non conduttivi quali gomma, plastica, ceramica, polimeri selezionati, legno e fibra di vetro.<sup>[9]</sup>

Il sistema consente di avere:

- Maggiore riproducibilità nel posizionamento della mammella nel corso della terapia;
- Un incremento nel risparmio della dose al cuore, in quanto la mammella si distanzia maggiormente dall'organo interno

Inoltre, grazie al sistema si ha un maggiore rispetto del senso del pudore della paziente, che potrà svolgere la terapia con il seno coperto.

Per individuare la taglia del reggiseno Chabner XRT® per radioterapia si devono effettuare delle misure sulla paziente, per questo scopo sono necessari un pennarello indelebile, il metro fornito all'interno di ciascuna confezione, il foglio di setup del sistema Chabner XRT®. [9]

Bisogna chiedere alla paziente la taglia del reggiseno per avere un'idea iniziale di quale taglia del Reggiseno per Radioterapia Chabner XRT® Radiation Bra scegliere per il trattamento. Poi si determinano le dimensioni della coppa come differenza fra la misura del busto attorno alla linea del capezzolo e la misura del torace presa direttamente sotto il seno. [9]

CIVCO Set-up Sheet  
Chabner XRT® Radiation Bra

Patient Name:  Date:   
Patient ID:   
Notes:

1 Bra Size:   
2 Bra Extender Used:   
3 Top Closure:   
4 Bottom Closure:   
5 Adjustment made to side Velcro:   
6 Right Shoulder Strap:   
7 Left Shoulder Strap:

Global Sales Office  
Chicago, IL, USA  
800.842.9668 | +1 712.737.6608  
info@civcoRT.com  
www.civcoRT.com

CIVCO  
Radiotherapy

Figura 20. Foglio di setup del sistema Chabner XRT® . [9]

Per motivi di comfort e vestibilità, le cuciture sono progettate per essere all'esterno del reggiseno. Una volta che la paziente è entrata nella stanza per la simulazione, si regola il reggiseno usando gli agganci in velcro. È possibile allentare o stringere la larghezza del reggiseno ed allentare o stringere le spalline. Per la regolazione delle spalline chiedere alla paziente di sollevare il braccio dal lato interessato e stringere di conseguenza la spallina del reggiseno. Se le coppe del reggiseno calzano bene, ma la dimensione della fascia intorno alla circonferenza non è sufficiente, è disponibile un'estensione del reggiseno. [9]



Figura 21. Regolazione del reggiseno

Quando si chiede alla paziente di sdraiarsi nella posizione di trattamento, è necessario regolare di nuovo il reggiseno per assicurarsi che la parte in plastica trasparente sia a contatto con la pelle. Anche la coppa deve essere a contatto con la pelle, ma ciò potrebbe non accadere sempre. Se la paziente è in grado di farlo, potrebbe essere necessario che si sistemi da sola la coppa e si sieda un paio di volte per assicurarsi che il reggiseno si adatti correttamente. Un'ulteriore verifica consiste nell'accertarsi che tutto il tessuto mammario ipsilaterale si adatti perfettamente alla coppa ed ad eventuali pieghe della pelle. Se il seno fuoriesce dalla coppa, è necessario far indossare alla paziente un reggiseno di dimensioni maggiori. È possibile scegliere di allentare

l'aggancio in velcro, per consentire al seno controlaterale di cadere lateralmente, allontanandolo dalla zona di trattamento. [9]

Una volta completati gli aggiustamenti del posizionamento, si contrassegna il reggiseno con un pennarello indelebile. Per prendere i riferimenti sotto il reggiseno, si solleva il reggiseno lateralmente da sopra o da sotto. Contrassegnata la pelle con il pennarello, si trasferisce il riferimento sul reggiseno per impressione. [9]



Figura 22. Riferimenti con pennarello indelebile [9]

Una volta rimosso il reggiseno, è possibile tatuare la paziente in corrispondenza dei riferimenti presi. Questi riferimenti possono essere usati in combinazione alle cuciture colorate dell'indicizzazione. E' fortemente raccomandato marcare il reggiseno per una migliore riproducibilità. Si contrassegnano l'areola, il capezzolo o le altre caratteristiche distintive della paziente nell'area corrispondente del reggiseno. [9]



Figura 23. Riferimenti con pennarello indelebile <sup>[9]</sup>

Si procede a registrare tutte le indicizzazioni del reggiseno ed eventuali note aggiuntive sul foglio di setup del Reggiseno per Radiazioni Chabner XRT® . Una volta completata la simulazione, vengono staccati i due agganci in velcro orizzontali posteriori, lasciando in posizione il resto dell'indicizzazione del reggiseno. <sup>[9]</sup> Viene scritto il numero identificativo della paziente sull'etichetta e il reggiseno è conservato nella confezione originale. <sup>[9]</sup>

Quello di F. Castaño et al. <sup>[8]</sup> è uno studio prospettico su pazienti con seno grande o pendulo trattati con chirurgia conservativa e biopsia del linfonodo sentinella candidati alla WBI. La Ptosi mammaria viene classificata secondo Scala di Regnaul: GI: lieve, GII: moderato e GIII: grave. Sono stati condotti due studi TC in 14 pazienti, uno dei due utilizzando il bra. I piani di radiazione sono stati prodotti con reggiseno e senza e sono stati confrontati i seguenti parametri: Dmean lung dose (omolaterale) e V16Gy, Ddose cardiaca media e V10Gy e Ddose epatica media. La verifica giornaliera del posizionamento del paziente è stata eseguita utilizzando la Cone Beam CT. La tossicità è stata valutata settimanalmente secondo la scala RTOG. <sup>[8]</sup>

L'uso del reggiseno ha provocato una significativa riduzione della dose nel polmone (Dmean e V16Gy ridotti di 7% e 11%, rispettivamente), nel cuore (V10Gy ridotto del 9%) e nel fegato

(riduzione del 60% in Dmean). Per quanto riguarda il volume del seno e il grado di ptosi, i maggiori benefici sono stati osservati in grandi seni > 2000 ml e nel sottogruppo di ptosi GIII. La riproducibilità è eccellente, con piccoli spostamenti di posizionamento durante trattamento. Nessuna tossicità cutanea acuta > G2 e nessuna differenza è stata osservata rispetto ai pazienti trattati senza reggiseno. I risultati mostrano che l'uso di Chabner XRT® Radiation Bra durante WBI per i pazienti con seno grande o pendulo migliorano tutti i principali fattori dosimetrici valutati<sup>[8]</sup>.

Sono state eseguite misurazioni di accumulo e attenuazione per i materiali utilizzati negli articoli Chabner XRRTM, che sono stati eseguiti dalla University of Wisconsin Medical Radiation Centro di ricerca (UWMRRC)<sup>[10]</sup>.

Sette campioni di tessuto sono stati forniti per il test delle radiazioni. Il nome e la composizione di ogni materiale, come forniti dal cliente, sono riportati nella Tabella 4. Lo spessore di ciascun materiale, che è stato misurato utilizzando un paio di calibri digitali, è anche mostrato in questa tabella.<sup>[10]</sup>

Material Name	Composition	Thickness (mm)
Cotton	100% cotton	0.64
Tricot	85% nylon, 15% spandex	0.56
TPU	100% elastomeric compound	1.01
Elastic	90% nylon, 10% spandex	1.40
Velcro	100% nylon	2.54
Mesh	70% nylon, 30% spandex	0.38
Nylon/spandex	92% nylon, 8% spandex	1.09

Tabella 4. Nome e composizione dei campioni di materiale per le prove di trasmissione<sup>[10]</sup>

Le misurazioni sono state eseguite utilizzando un pezzo rettangolare (circa 10 cm x 15 cm), che è stato ritagliato da ogni campione grande

che è stato fornito. Per i materiali che non possono rispettare queste dimensioni, è stato tagliato un campione che è il più vicino possibile alle dimensioni desiderate. Nello specifico, il campione elastico è di 5 cm x 15 cm e il campione di velcro è 2,5 cm x 7 cm. Le misurazioni della trasmissione sono state eseguite attraverso un singolo strato di ogni materiale, ad eccezione del velcro che è stato testato con i due strati attaccati. <sup>[10]</sup>

Le misurazioni sono state eseguite per ciascuno dei campioni di materiale utilizzando cinque diverse qualità di radiazione. Vedere la tabella 5 per i dettagli sui fasci di radiazioni utilizzati.

Beam Quality	Tube potential (kVp)	Average energy (keV)	Photons (P) or Electrons (E)
UW-M30	30	19.5	P
UW-M100	100	52.8	P
Cobalt-60	—	1250*	P
6 MV	—	—	P
6 MeV	—	—	E

Tabella 5. L'energia media di questo raggio <sup>60</sup>Co a livello di terapia è in realtà di 1050 keV a causa della dispersione interna nella sorgente e nel trattamento della testa; tuttavia, è elencato come 1250 keV come si presume comunemente. <sup>[10]</sup>

Questi raggi sono stati selezionati perché coprono la gamma delle qualità di radiazione osservate nelle applicazioni cliniche. L'UW-M30 e le qualità UW-M100 sono state selezionate perché rappresentative dei fasci utilizzati nelle applicazioni diagnostiche. Nello specifico, il raggio UW-M30 è rappresentativo di un raggio mammografico e UW-M100 è rappresentativo di un raggio diagnostico generale. Il cobalto-60 è stato selezionato perché è lo standard di qualità del raggio per radiazioni a megavoltaggio. I fasci di acceleratori lineari specifici che sono stati utilizzati, sono stati scelti perché rappresentativi dei fasci utilizzati nelle applicazioni terapeutiche. <sup>[10]</sup> Il fascio di 6 MV è il fascio di fotoni più comunemente usato nei trattamenti Linac e, di tutti fasci di elettroni, il

fascio da 6 MeV dovrebbe mostrare il massimo effetto con gli studi sulla trasmissione e sul build-up. Si noti che, gli unici fasci in cui il build-up avrebbe un effetto sulle misurazioni, sono i fasci a megavoltaggio (cobalto-60, fotoni da 6 MV ed elettroni da 6 MeV). Le misurazioni del raggio di cobalto-60 sono state eseguite solo alla profondità della dose massima perché a profondità inferiori non sono realizzabili. Le misurazioni dei fasci di Linac sono state eseguite a una profondità inferiore e superiore alla profondità della dose massima per le misurazioni di build-up e trasmissione, rispettivamente. <sup>[10]</sup>

Ogni apparato di misurazione consiste in un'unità di radiazione, una camera di ionizzazione e un elettrometro. Sono state utilizzate tre unità di irradiazione per creare le varie energie del fascio. La camera di ionizzazione e l'elettrometro, utilizzati per ciascuna misurazione, dipendono dalla qualità della radiazione utilizzata.

Per le misurazioni della trasmissione dei raggi X a bassa energia e del cobalto (tabella 6), i campioni sono stati fissati all'interno di un supporto acrilico, che è stato posizionato tra la sorgente e la camera di ionizzazione. La posizione esatta del campione di materiale varia con ciascuna unità di irradiazione. Il campione è stato posizionato direttamente sul fantoccio che contiene il supporto della camera di ionizzazione per le misure di trasmissione di fotoni ed elettroni, effettuate con l'acceleratore lineare. Una misurazione di riferimento è stata eseguita anche per la qualità di ciascun fascio. Questa misura è stata utilizzata per normalizzare le misure di trasmissione. Nessun campione di materiale è stato posizionato nel supporto in acrilico o sul fantoccio per le misurazioni di riferimento. In tutti i casi la distanza tra la sorgente e la camera è di 100 cm. Sono state eseguite tre misurazioni a ciascuna qualità di radiazione, per ciascun campione di materiale e per ogni caso di riferimento. In tutti i casi, la deviazione standard di queste

tre misurazioni è inferiore a 0,15%. La media delle tre misurazioni di trasmissione è stata divisa per la misura del riferimento medio per determinare il rapporto di trasmissione. <sup>[10]</sup>

UW Beam Code	Added Filtration (mm Al)	HVL (mm Al)	HC
UW30-M	0.36	0.356	65
UW100-M	4.63	4.98	72

Tabella 6. Proprietà dei fasci di raggi X a bassa energia utilizzati per studi di misurazione della trasmissione <sup>[10]</sup>

I risultati delle misurazioni di trasmissione sono riportati nella Tabella 7<sup>[10]</sup>.

Material	Radiation Quality					
	UWM-30		UWM-100	Cobalt	6 MV photons	6 MeV electrons
	Ratio	% Atten. per mm				
cotton	<b>0.969</b>	4.88	0.996	0.999	1.000	1.000
tricot	<b>0.969</b>	5.55	0.996	0.998	1.000	1.001
TPU	<b>0.986</b>	1.38	0.998	0.999	1.000	1.000
elastic	<b>0.933</b>	4.80	<b>0.988</b>	0.996	1.001	0.999
velcro	<b>0.925</b>	2.95	<b>0.986</b>	0.996	1.000	<b>0.993</b>
mesh	<b>0.987</b>	3.41	0.998	0.999	1.000	1.001
nylon/spandex	<b>0.970</b>	2.75	<b>0.995</b>	0.998	1.000	1.000

Tabella 7. Rapporti di trasmissione dei materiali per indumenti di radiazione per cinque qualità del fascio di radiazione. I valori in grassetto rappresentano rapporti di trasmissione che si discostano dall'unità di oltre lo 0,5%. Per il fascio UWM 30, i risultati sono forniti sia come rapporto che in termini di attenuazione per unità di spessore. <sup>[10]</sup>

Delle qualità di radiazione che sono state testate, solo i fasci di elettroni UWM-30, UWM-100 e 6 MeV sono stati significativamente

colpiti dalla presenza dei materiali. Per il fascio UWM-30, l'elastico e il velcro sono i più attenuanti; tuttavia, tutti i materiali hanno portato a un rapporto di trasmissione diverso dall'unità di più dell'1%. Per il fascio UWM-100, solo l'elastico e il velcro hanno causato un'attenuazione significativa. Il fascio non è stato influenzato da altri materiali. I fasci di Cobalto e del Linac non sono stati influenzati dai materiali, ad eccezione del fascio di elettroni da 6 MeV testato con velcro. <sup>[10]</sup>

I risultati delle misurazioni di build-up per i fasci del Linac a megavoltaggio sono riportati nella tabella 8. <sup>[10]</sup>

Radiation Quality		
Material	6 MV photons	6 MeV electrons
cotton	1.005	1.005
tricot	1.006	1.005
TPU	1.003	1.003
elastico	1.013	1.017
velcro	1.008	1.009
mesh	1.003	1.005
nylon/spandex	1.006	1.009

Tabella 8. Rapporti di build-up dei materiali dell'indumento per radiazioni per due qualità di fascio a megavoltaggio. Queste misurazioni sono state eseguite con una ionizzazione posta all'interno di un fantoccio d'acqua solido che ha fornito 5 mm di build-up. <sup>[10]</sup>

I fasci che non sono elencati in questa tabella non hanno avuto un effetto di build up (vedere la tabella IV per dati di trasmissione). Per entrambe le qualità di radiazione, è stato riscontrato che i campioni di materiale hanno agito come build-up. A basse profondità la presenza dei materiali tende ad aumentare la lettura della camera di ionizzazione. Ciò indica che la dose cutanea e la dose a basse profondità possono aumentare con la presenza degli articoli Chabner XRTTM. <sup>[10]</sup>

Nello studio di S.T Chiu et al. <sup>[11]</sup> si analizzano le caratteristiche del Chabner XRT® Radiation Bra. Il reggiseno ha 13 taglie ed è compatibile con tutte le procedure radiologiche, ad es. TC e risonanza magnetica. Si mira a valutare la riproducibilità del seno del reggiseno mediante risonanza magnetica. Un totale di 10 soggetti di sesso femminile, con tessuti mammari sani, sono stati reclutati in questo studio. Tutti i soggetti sono stati prima sottoposti a una prova di reggiseno<sup>[11]</sup>. È stato selezionato un reggiseno aderente in base alla misurazione del torace superiore, busto e fascia. Gli spallacci e la fascia sono stati regolati per sostenere come un normale reggiseno. La posizione delle cinghie e la chiusura della fascia sono state segnate sul reggiseno. Tutti i soggetti sono stati sottoposti a scansioni MRI TSE 3D T2W su Philips 1.5T Ingenia con il reggiseno. Tutti i soggetti sono stati inizialmente scansionati in posizione supina, posizione con entrambe le braccia supportate dal pettorale per imitare il posizionamento di trattamento. Si ripete una seconda scansione dopo aver ricollocato il bra. Tutte le immagini sono state inviate al software MIM® per analisi. Il tessuto mammario sinistro, con riferimento al RTOG Breast Cancer Atlas, è stato delineato per ogni volontario. Le due serie di immagini MRI erano sovrapposte manualmente mediante rotazione e traslazione per adattarsi al meglio al tessuto mammario. Sono stati registrati gli spostamenti traslazionali e rotazionali. <sup>[11]</sup>

La sovrapposizione volumetrica è stata valutata utilizzando DSC con l'equazione  $1 - \frac{|V1 - V2|}{V1 + V2}$ , dove V1 è il tessuto mammario sinistro nella risonanza magnetica iniziale e V2 è il volume della risonanza magnetica dopo ricollocamento del bra. Un valore DSC di 1 rappresenta una perfetta sovrapposizione del tessuto mammario sinistro tra le immagini MRI, quindi una perfetta riproducibilità. Il coefficiente di

correlazione di Pearson ( $\rho$ ) è stato calcolato per analizzare la correlazione tra il volume del seno e il relativo spostamento. <sup>[11]</sup>

In questo studio preliminare, il reggiseno offre una promettente riproducibilità, con uno spostamento medio traslazionale e rotazionale di solo circa 1mm e 1° per tutte le direzioni. Tutti i valori DSC sono stati superiori a 0.9. Sembra che sia stata trovata una maggiore deviazione su dimensioni del seno più grandi, soprattutto in direzione laterale e longitudinale, tuttavia non è stata trovata una differenza statistica. Un futuro studio sul confronto tra la riproducibilità con e senza reggiseno con dimensioni del campione più grandi sono necessarie per dare un'idea più concreta valutazione<sup>[11]</sup>.

## 2 MATERIALI E METODI

Abbiamo preso in considerazione nel nostro studio 5 pazienti, 3 delle quali hanno avuto diagnosi di carcinoma mammario destro e 2 di carcinoma mammario sinistro, che si sono sottoposte al trattamento radioterapico con il Chabner XRT® Radiation Bra presso la S.O.D di Radioterapia dell'Azienda Ospedali Riuniti di Ancona.

L'età media delle pazienti è di 60 anni, gli stadi del carcinoma mammario di queste pazienti sono: YpTis ypN0, PT1 B, PT1b pN0, PT1c N0 (i+) e PT2 N0, come mostrato nella tabella 9.

PAZIENTI	ETÀ	LOCALIZZAZIONE	STADIO
1	63	SINISTRA	PT1c N0 (i+)
2	60	DESTRA	PT2 N0
3	52	DESTRA	YpTis ypN0
4	66	DESTRA	PT1b N0
5	60	SINISTRA	PT1 B

Tabella 9. Caratteristiche pazienti con carcinoma mammario

Sono stati effettuati i trattamenti radioterapici sulle pazienti dell'Azienda Ospedali Riuniti di Ancona sulla macchina True Beam Verde, attraverso le tecniche 3D CRT e VMAT, le sedute con il Chabner XRT® Radiation Bra sono iniziate a dicembre 2020 e si sono concluse a settembre 2021. Per una paziente è stata adottata la tecnica 3D CRT a respiro trattenuto (BH), mentre un'altra paziente è stata sottoposta all'irradiazione parziale della mammella ( PBI).

La dose media per queste 5 pazienti è stata 5049 cGy in un frazionamento medio di 20.

Nella tabella 10 vengono elencate le varie tecniche e le dosi prescritte nel piano di cura delle pazienti.

PZ.	TECNICA	DOSE	FRAZIONI	MACCHINA	PERIODO
1	3D CRT BH	4005+ boost 1068 cGy	15+4	True Beam Verde	30 agosto- 23 settembre
2	3D CRT	4005+ boost 1068 cGy	15+4	True Beam Verde	23 dicembre- 22 gennaio
3	VMAT	5000 + boost fino a 6020 cGy (SBI)	28	True Beam Verde	28 giugno- 11 agosto
4	VMAT PBI	4005 cGy	15	True Beam Verde	25 giugno- 16 luglio
5	3D CRT	4005+ boost 1068 cGy	15+4	True Beam Verde	20 agosto- 28 settembre

Tabella 10. Dosimetria e tecniche di trattamento delle pazienti

Tutte le pazienti hanno preso le misure del Chabner XRT® Radiation Bra in ambulatorio come da indicazioni, e hanno fatto le regolazioni in TC

pre- centraggio. Alla prima seduta di trattamento, la paziente entra in bunker e si spoglia, indossa il Bra customizzato con le regolazioni precedentemente settate. I TSRM della radioterapia aiutano la paziente ad indossare il Bra, assicurandosi che avvenga il corretto posizionamento.



Figura 24. Posizionamento bra



Figura 25. Posizionamento bra



Figura 26. Paziente che indossa  
Chabner XRT® Radiation Bra



Figura 27. Punti di attacco in velcro  
regolabili del reggiseno

Una volta indossato il reggiseno, la paziente è pronta per salire sul lettino dell'acceleratore lineare, ancora una volta si osserva se sono presenti pieghe e che il reggiseno sia correttamente posizionato.

## 2.1 Casistica e metodo statistico

Si è provveduto a registrare su foglio Excel gli spostamenti rilevati dal matching delle immagini 2D acquisite nelle singole sedute, per tutti e tre gli assi dello spazio (verticale, longitudinale e laterale), espressi in cm.

DATA	VERTICALE CM	LONGITUDINALE CM	LATERALE CM
02-lug	-0,41	-0,27	-0,74
05-lug	-0,1	-0,28	1,19
06-lug	0,54	2,15	1,16
07-lug	0,12	1,6	-0,15
08-lug	0	0,05	0,29
09-lug	0,12	1,8	1,03
12-lug	-0,13	0,94	0,83
13-lug	0,07	0,14	-0,67
15-lug	-0,03	-0,7	-0,52
16-lug	0,74	0,65	-0,22
19-lug	0,32	0,34	-0,21
20-lug	-0,69	0,94	-0,67
21-lug	-0,82	-0,54	-0,57
22-lug	0,98	0,37	-1,05
23-lug	0,63	1,21	0,21
26-lug	0,38	0,38	-0,72
27-lug	0,84	0,12	0,34
28-lug	0,59	0,74	-0,1
29-lug	0,94	0,4	0,08
30-lug	0,81	0,9	0,26
02-ago	0,98	-0,17	-0,26
03-ago	1,05	0,59	0,22
04-ago	0,79	0,41	-0,9
05-ago	0,79	0,64	0,09
06-ago	0,69	0,34	-0,04
09-ago	0,67	0,79	0,07
10-ago	0,46	0,14	0,69

11-ago	0,29	1,19	0,68
--------	------	------	------

Tabella 11: esempio di raccolta dati riferiti ad un singolo paziente (paziente n. 3), per tutte le sedute effettuate.

Di tutti gli spostamenti per ogni singolo paziente si è calcolato la Media per ogni singolo asse dello spazio. Tali dati sono stati tradotti in grafici al fine di rendere più facile l'interpretazione degli stessi per le valutazioni di ogni caso clinico.

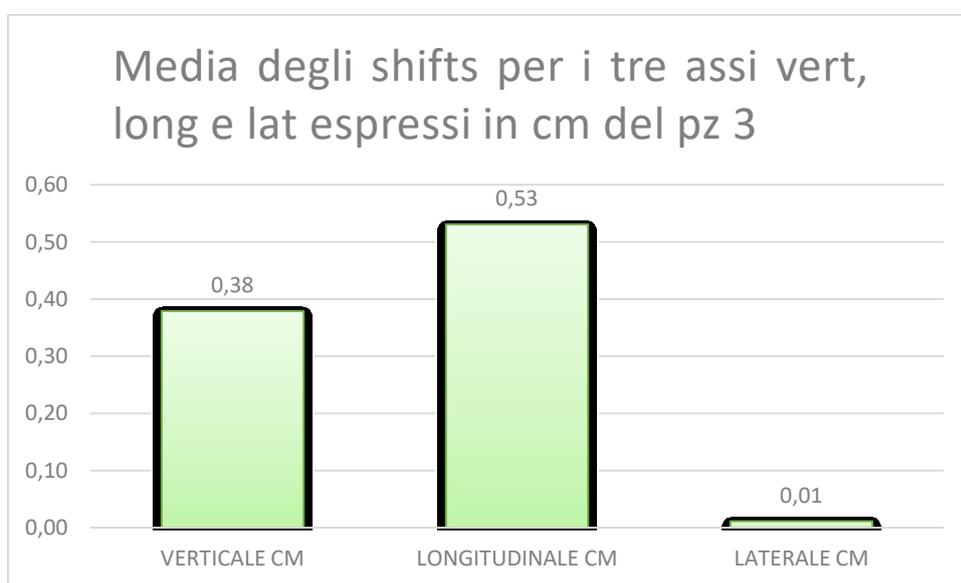


Tabella 12.: esempio di grafico rappresentante gli spostamenti del paziente n.3 per tutti gli assi dello spazio, espressi in cm

Successivamente si sono raggruppati in tabella tutti i dati delle medie dei singoli pazienti e calcolato la media degli spostamenti così ottenuti dalla popolazione presa in esame, per tutti gli assi dello spazio e tradotti poi in grafico.

Si sono ottenuti i seguenti risultati medi per la popolazione esaminata:

VERTICALE CM	LONGITUDINALE CM	LATERALE CM
0,00	0,35	0,18

Tabella 13. : risultati medi per la popolazione esaminata

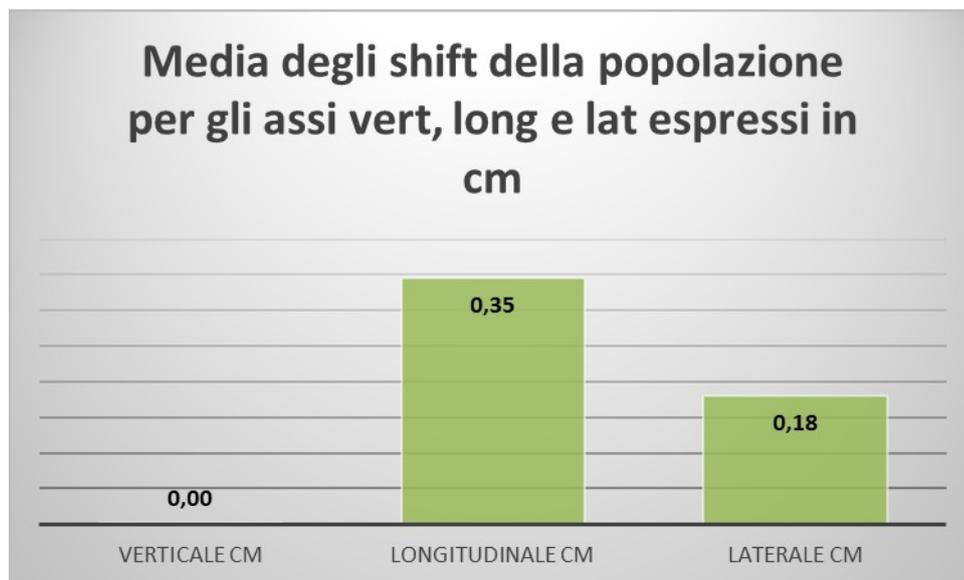


Tabella 14.: rappresentazione grafica dei risultati sulla popolazione dello studio

### 3 CONCLUSIONI

Il corretto posizionamento delle pazienti con seno grande e pendulo è tra i più problematici in Radioterapia, poiché l'estrema variabilità del target rende difficile la riproducibilità del trattamento stesso. Sicuramente l'utilizzo di sistemi di immobilizzazione customizzabili sulla paziente, come nel caso del Chabner XRT® Radiation Bra, rappresenta un valido ausilio per la riduzione di tale variabilità.

Dall'analisi dei risultati ottenuti dall'imaging pre trattamento sia dei singoli pazienti che dalla popolazione intera presi in esame per questo studio, l'asse spaziale per il quale si è registrato il maggior scostamento, ma comunque entro i range di tolleranza, è il longitudinale.

Lo spostamento lungo tale asse è da correlare, oltre all'errore di set up, anche da uno scostamento derivante dal movimento respiratorio, tipico dei trattamenti a respiro libero della mammella. Per tale motivo lo studio risulta propedeutico ad un'ulteriore implementazione in cui valutare una popolazione sottoposta a trattamenti con tecniche Breath-hold da confrontare con quella presa in esame finora.

Inoltre, considerando che il sistema Chabner XRT® Radiation Bra è stato utilizzato in una casistica ancora poco numerosa, ci si aspetta un miglioramento dell'andamento dei dati, anche grazie all'acquisizione sempre maggiore da parte del TSRM dell'expertise necessaria ad essere più confidente nell'utilizzo del sistema. È risaputo infatti che, qualsiasi sistema di immobilizzazione customizzabile, richiede maggiore esperienza da parte dell'operatore che lo confeziona.

#### 4 BIBLIOGRAFIA

[1] N Bertozzi, M Pesce, P L Santi, E Raposio, Oncoplastic breast surgery: comprehensive review, PMID: 28678328

[2] Corey Speers , Lori J Pierce, Postoperative Radiotherapy After Breast-Conserving Surgery for Early-Stage Breast Cancer: A Review, PMID: 27243924 DOI: 10.1001/jamaoncol.2015.5805

[3] G Morgan, D Berg, Breast cancer: the role of postoperative radiotherapy, PMID: 2645861 DOI: 10.1111/j.1445-2197.1989.tb01478.x

[4] <https://www.macromedics.com/contact>

[5] Lanea M. M. Keller MD, MSA,\*, Randi Cohen MD, MSb , Dennis M. Sopka MDa, et al., Effect of bra use during radiation therapy for large-breasted women: Acute toxicity and treated heart and lung volumes, 2012

[6] Marc D. Piroth<sup>1,2</sup> · Dalma Petz<sup>1</sup> · Michael Pinkawa<sup>1</sup> · Richard Holy<sup>1,2</sup> · Michael J. Eble<sup>1</sup>, Usefulness of a thermoplastic breast bra for breast cancer radiotherapy, 2016

[7] Kurian Joseph MD, FRCPC a, \*, Heather Warkentin MSc b , Sunita Ghosh PhD c , Lee-Anne Polkosnik CMD d , Kent Powell CMD d , et al., Cardiac-sparing radiation therapy using positioning breast shell for patients with left-sided breast cancer who are ineligible for breath-hold techniques, 2017

[8] F. Castaño a, J. Gómez a, V. Hernández c, M. Áquez a , et al., Preliminar evaluation of a new bra for lange or pendular breasts irradiation

[9] <https://www.temasinerjie.it/product/chabner-xrt-radiaton-bra/>

[10] Laura J. Bartol, Keith A. Kunugi, and Larry A. DeWerd, Radiation Test Report for Chabner XRRTM Garment Materials

[11]S.T. Chiu, S.Y. Man, G. Chiu. et al., A pilot study on evaluating the breast reproducibility of Chabner® XRT Radiation Bra using MRI, 2020

## 5 RINGRAZIAMENTI

*Vorrei ringraziare tutti coloro che mi sono stati vicini in questo percorso di crescita personale e professionale.*

*Un ringraziamento speciale al mio relatore Dott. Fenu Francesco e alla mia correlatrice Dott.ssa Balardi Liliana, per la loro immensa pazienza, per avermi fornito ogni materiale utile alla stesura dell'elaborato e per avermi aiutato a realizzare questa tesi.*