



ORIGINAL ARTICLE

Benefits of surface-guided respiratory gating radiotherapy in the treatment of left breast cancer: a study of 32 patients.

Lilia NAOUN^{1,2}, Hadjar GOSSA¹, Karima MELAIS¹, Amina AMIRECHE¹, Billel BACHA¹, Nacereddine SANAH¹, Abdesselem BRIHMAT¹

ABSTRACT

Adjuvant radiotherapy is a fundamental component of the multidisciplinary management of breast cancer, significantly contributing to improved local control and overall survival. However, irradiation of the left breast remains a major challenge due to the risk of late toxicities, particularly cardiovascular and pulmonary complications, related to the close anatomical proximity of critical organs. Technological advances in radiotherapy have led to the development of techniques aimed at optimizing the benefit–risk ratio. Deep inspiration breath-hold (DIBH), by increasing the distance between the heart and the irradiation field, allows a significant reduction in cardiac dose. The integration of surface-guided radiotherapy (SGRT) enhances the accuracy and reproducibility of respiratory control without additional radiation exposure. In this context, we conducted a retrospective study in the radiotherapy department of Annaba University Hospital, including 32 patients treated for left-sided breast cancer. To our knowledge, this is the first study reporting the clinical use of surface-guided deep inspiration breath-hold (SGRT-guided DIBH) in Algeria. The primary objective of this study was to evaluate the dosimetric benefits of SGRT-guided DIBH by comparing cardiac and pulmonary dosimetric parameters obtained with this technique to those achieved during free-breathing irradiation.

Keywords: Left-sided breast cancer, Cardiac dose, Surface-guided radiotherapy, Respiratory control, Deep inspiration breath hold.

1- Service de radiothérapie – CHU Annaba. 2- Université Badji-Mokhtar Annaba – Algérie.

Received: 04 Jan 2026
Accepted: 16 Feb 2026

Correspondance to: Lilia NAOUN
E-mail : lilia.naoun@univ-annaba.dz

1. INTRODUCTION

Le cancer du sein est le cancer le plus fréquent chez la femme, et la radiothérapie adjuvante post-chirurgicale constitue une étape essentielle pour réduire les risques de récurrence locale. Cependant, dans les localisations gauches, la proximité du cœur soulève des préoccupations importantes liées à la cardiotoxicité induite par les radiations (1, 2). Des études ont montré que même de faibles doses au cœur peuvent augmenter significativement le risque de pathologies coronariennes (3).

L'asservissement respiratoire par blocage inspiratoire profond (Deep Inspiration Breath Hold - DIBH) a été développé pour atténuer cette toxicité en augmentant la distance entre le cœur et le sein traité (4). Combinée à la Surface Guided Radiation Therapy (SGRT), cette technique permet un positionnement précis, non invasif et en temps réel (5).

L'objectif principal de cette étude était d'évaluer les bénéfices dosimétriques du blocage inspiratoire profond guidé par la surface (DIBH-SGRT), en comparant les paramètres dosimétriques cardiaques et pulmonaires entre la respiration libre et le DIBH, sans évaluation clinique associée.)

Bien que cette technique soit largement décrite dans la littérature internationale (5-7), son implémentation reste limitée dans les pays à ressources intermédiaires. En Algérie, aucune série clinique publiée n'a, à ce jour, évalué l'apport du DIBH guidé par SGRT dans le traitement du cancer du sein gauche. Cette étude vise donc à combler cette lacune en rapportant la première expérience nationale.

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

Type d'étude et population

Il s'agit d'une étude rétrospective incluant 32 patientes traitées pour un cancer du sein gauche entre janvier et juin 2023 au sein du service de radiothérapie du Centre Hospitalo-Universitaire d'Annaba. L'âge moyen des patientes était de 46,7 ans (extrêmes : 32–61 ans). La majorité des patientes présentaient un carcinome infiltrant de type non spécifique de grade II, avec une surexpression de HER2 observée dans 67 % des cas.

Toutes les patientes ont bénéficié d'une radiothérapie adjuvante après chirurgie conservatrice ou mastectomie. Une irradiation des aires ganglionnaires a été réalisée chez 18 patientes. Un fractionnement classique a été utilisé dans 67 % des cas.

Critères d'inclusion et d'exclusion

Ont été incluses dans cette étude rétrospective les patientes répondant à l'ensemble des critères suivants : cancer du sein gauche histologiquement confirmé ; radiothérapie adjuvante réalisée après chirurgie conservatrice ou mastectomie ; planification dosimétrique effectuée en respiration libre (Free Breathing, FB) et en blocage inspiratoire profond (Deep Inspiration Breath Hold, DIBH) ; utilisation d'un système de radiothérapie guidée par la surface (Surface-Guided Radiotherapy, SGRT) pour le monitoring respiratoire ; capacité à maintenir une apnée inspiratoire, profonde, stable et reproductible pendant au moins 20 secondes ; dossiers cliniques et dosimétriques complets et exploitables.

Ont été exclues de l'analyse les patientes présentant : une incapacité à réaliser ou maintenir une apnée inspiratoire stable et reproductible ; des troubles respiratoires sévères (bronchopneumopathie chronique obstructive sévère ou dyspnée invalidante) ; des comorbidités cardiaques ou pulmonaires décompensées limitant la réalisation de l'apnée ; une impossibilité d'assurer un monitoring respiratoire fiable par SGRT ; des données cliniques ou dosimétriques incomplètes ou non exploitables.

Planification dosimétrique et analyse

Pour chaque patiente, deux planifications dosimétriques ont été réalisées : l'une en respiration libre (FB) et l'autre en blocage inspiratoire profond (DIBH). Le positionnement et le contrôle respiratoire ont été assurés en continu à l'aide de la radiothérapie guidée par la surface (SGRT), permettant l'interruption automatique du faisceau en cas de déplacement dépassant les seuils de tolérance prédéfinis.

Les paramètres dosimétriques analysés comprenaient : paramètres cardiaques : dose moyenne au cœur et volume cardiaque recevant 40 Gy (V40) ; paramètres pulmonaires : volumes du poumon homolatéral recevant 16 Gy (V16) et 32 Gy (V32) ; sein controlatéral : dose moyenne reçue ; volume cible planifié (PTV) : couverture de la paroi thoracique et des aires ganglionnaires.

La comparaison des plans en respiration libre et en blocage inspiratoire profond a permis d'évaluer les bénéfices dosimétriques du DIBH guidé par SGRT, en particulier en termes de réduction des doses cardiaques et pulmonaires. (Cette étude étant de nature strictement dosimétrique, aucun critère clinique d'évaluation (toxicité aiguë ou tardive, suivi cardiologique ou pulmonaire) n'a été analysé.)

Analyse statistique

L'analyse statistique a été réalisée à l'aide du logiciel SPSS®. Les comparaisons des paramètres dosimétriques entre la respiration libre (Free Breathing, FB) et le blocage inspiratoire profond (Deep Inspiration Breath Hold, DIBH) ont été effectuées selon une analyse appariée, chaque patiente servant de son propre contrôle. Une valeur de $p < 0,05$ a été considérée comme statistiquement significative.

Considérations éthiques

Compte tenu du caractère rétrospectif de l'étude, les données ont été recueillies à partir des dossiers médicaux et dosimétriques existants, dans le strict respect de l'anonymat des patientes. L'étude a été conduite conformément aux principes éthiques et aux réglementations institutionnelles en vigueur. Dans ce cadre institutionnel, aucun consentement écrit spécifique n'a été requis.

3. RÉSULTATS

Dosimétrie cardiaque

Le DIBH a permis une réduction significative de la dose moyenne au cœur (3,7 Gy en DIBH vs 4,9 Gy en FB ; $p = 0,002$) et du volume recevant 40 Gy (597,3 cc vs 660,3 cc).

Tableau 1. Bénéfice de l'asservissement respiratoire sur le cœur.

	Moyenne (cm ³)	Déviati on Standard
Volume cardiaque sans DIBH	660,269	119,505
Volume cardiaque avec DIBH	597,290	114,843
Dose moyenne cœur sans DIBH	4,899	1,285
Dose moyenne cœur avec DIBH	3,692	1,071

Dosimétrie pulmonaire

Le volume pulmonaire homolatéral (HL) recevant 16 Gy et 32 Gy était significativement réduit avec DIBH ($p = 0,006$ et $p = 0,025$ respectivement).

Tableau 2. Test apparié (t test) de corrélation.

	Corrélation	p
Dose moyenne cœur sans DIBH & avec DIBH	0,605	0,002
Poumon HL V16 sans DIBH & avec DIBH	0,793	0,006
Poumon HL V32 sans DIBH & avec DIBH	0,696	0,025

Dose au sein controlatéral (CL)

Le DIBH a permis une réduction significative de la dose moyenne reçue par le sein controlatéral ($p = 0,014$).

Tableau 3. Test apparié (t test) de corrélation.

	Corrélation	p
Dose moyenne sein CL sans DIBH & avec DIBH	0,516	0,014

Couverture du PTV

La couverture du volume cible (PTV) de la paroi thoracique était significativement meilleure avec DIBH ($p = 0,02$), sans différence notable pour les aires ganglionnaires.

Tableau 4. Test apparié (t test) de corrélation.

	Corrélation	p
Couverture du PTV sans DIBH & avec DIBH	0,607	0,002

Monitoring SGRT

Grâce à la SGRT, le traitement a pu être effectué avec un repositionnement précis. Le nombre moyen d'interruptions de faisceau était de 1,8 par patiente (0 à 4).

4. DISCUSSION

Il convient de souligner que la présente étude est de nature strictement dosimétrique et ne comporte pas de critères cliniques de jugement. Les résultats rapportés reposent exclusivement sur une analyse comparative des paramètres dosimétriques entre la respiration libre (FB) et le blocage inspiratoire profond (DIBH) guidé par la surface (SGRT). De ce fait, toute extrapolation directe vers un bénéfice clinique, notamment en termes de réduction des toxicités cardiaques ou pulmonaires, doit être interprétée avec prudence.

La taille de l'échantillon reflète l'ensemble des patientes consécutivement traitées par DIBH guidé par SGRT durant la période considérée, correspondant à la phase initiale d'implémentation de cette technique dans notre institution. Cette étude s'inscrit ainsi dans une démarche exploratoire de première expérience institutionnelle, ce qui explique un effectif volontairement limité. L'absence de calcul de puissance statistique a priori et le caractère monocentrique et rétrospectif de l'analyse constituent des limites méthodologiques susceptibles de restreindre la généralisation des résultats.

Malgré ces limites, nos résultats montrent de manière robuste un bénéfice dosimétrique significatif du DIBH guidé par SGRT, tant au niveau cardiaque que pulmonaire. La réduction significative de la dose moyenne au cœur ainsi que du volume cardiaque recevant des doses élevées observée dans notre étude est en accord avec les données de la littérature, qui démontrent que le DIBH augmente la distance entre le cœur et la paroi thoracique, entraînant une diminution substantielle de l'irradiation cardiaque (8-10). Ces réductions dosimétriques sont cliniquement pertinentes au regard de la relation dose-effet bien établie entre l'irradiation cardiaque et le risque de morbidité cardiovasculaire à long terme.

Sur le plan pulmonaire, la diminution significative des volumes pulmonaires homolatéraux recevant 16 Gy et 32 Gy confirme également l'intérêt du DIBH dans la limitation de l'exposition pulmonaire. Ces résultats sont concordants avec des études récentes montrant une réduction significative des paramètres V16, V20 ou V30 pulmonaires avec l'utilisation du DIBH, particulièrement lorsqu'il est associé à un système de guidage surfacique permettant une meilleure reproductibilité respiratoire (5, 11-13).

L'utilisation de la SGRT a par ailleurs permis un repositionnement précis et reproductible, avec un nombre limité d'interruptions de faisceau, traduisant une bonne stabilité de l'apnée inspiratoire chez les patientes sélectionnées. Ces données confirment que la SGRT constitue une alternative non invasive fiable aux méthodes traditionnelles de contrôle respiratoire, sans recours à des dispositifs contraignants tels que les marqueurs fiduciels ou les systèmes spirométriques, comme rapporté dans plusieurs séries contemporaines (5, 13, 14).

Concernant la couverture du volume cible, l'amélioration significative de la couverture du PTV de la paroi thoracique observée sous DIBH, sans dégradation de la couverture ganglionnaire, confirme que l'optimisation dosimétrique obtenue ne se fait pas au détriment du contrôle tumoral. Ces résultats sont cohérents avec les publications récentes montrant que le DIBH, lorsqu'il est correctement maîtrisé, permet à la fois une meilleure épargne des organes à risque et une excellente conformité dosimétrique du volume cible (12, 15). Néanmoins, la mise en œuvre du DIBH guidé par SGRT nécessite une sélection rigoureuse des patientes, en particulier sur leur capacité à maintenir une apnée inspiratoire stable et reproductible, ainsi qu'une formation spécifique de l'ensemble de l'équipe soignante. Un allongement modéré du temps de traitement peut également être observé, notamment durant la phase d'apprentissage, élément déjà décrit dans la littérature (12).

À notre connaissance, ce travail constitue la première série algérienne évaluant les bénéfices dosimétriques du DIBH guidé par SGRT dans le traitement du cancer du sein gauche. Nos résultats montrent que cette technologie peut être implémentée de manière fiable et reproductible dans un contexte clinique algérien, avec des bénéfices dosimétriques comparables à ceux rapportés dans les séries internationales (5, 8, 9, 11, 12).

Enfin, les bénéfices dosimétriques observés dans cette étude constituent une base rationnelle solide pour la poursuite d'investigations cliniques. Des études prospectives multicentriques, intégrant des critères cliniques tels que la toxicité aiguë et tardive, ainsi qu'un suivi cardiologique et pulmonaire à long terme, seront nécessaires afin de confirmer le bénéfice clinique réel du DIBH guidé par SGRT et d'en préciser l'impact sur la morbidité à long terme.

5. CONCLUSION

Cette étude, première expérience algérienne rapportée, confirme l'intérêt du blocage inspiratoire profond guidé par la surface (DIBH-SGRT) dans le traitement du cancer du sein gauche. Cette technique permet une réduction significative des doses cardiaques et pulmonaires, tout en assurant une excellente couverture du volume cible. Son intégration progressive dans la pratique clinique en Algérie apparaît faisable et justifiée, notamment chez les patientes à risque cardiovasculaire.

Competing interests: The authors declare that they have no competing interest.

Funding: This research received no external funding.

REFERENCES

1. Darby SC, Ewertz M, McGale P, Bennet AM, Blom-Goldman U, Bronnum D, et al. Risk of ischemic heart disease in women after radiotherapy for breast cancer. *N Engl J Med*. 2013;368(11):987–98. doi:10.1056/NEJMoa1209825
2. Struikmans H, Petoukhova A, Schreur JHM, Mast ME, Poortmans PM. Is the risk of ischemic heart disease in women after radiotherapy for breast cancer nowadays still (linearly) associated with the mean heart dose? *Acta Oncol*. 2024;63:175–8. doi:10.1080/0284186X.2023.2294759
3. Pistevoú-Gompaki K, Hatzitolios A, Eleftheriadis N, Bouloukas E, Ntaios G, Andronikidis I, et al. Evaluation of cardiotoxicity five years after 2D planned, non-simulated radiation therapy for left breast cancer. *Ther Clin Risk Manag*. 2008;4(6):1359–62. doi:10.2147/TCRM.S3961
4. Yeh HL, Lin JF. The impact of deep inspiration breath hold (DIBH) implementation on the hybrid technique in left-sided whole breast irradiation: a dosimetric characteristic study of 3D-CRT hybrid VMAT in DIBH and free breathing conditions, and VMAT in free breathing conditions. *Breast Cancer (Dove Med Press)*. 2023;15:683–93. doi:10.2147/BCTT.S430052
5. Penninkhof J, Fremeijer K, Offereins-van Harten K, van Wanrooij C, Quint S, Kunnen B, et al. Evaluation of image-guided and surface-guided radiotherapy for breast cancer patients treated in deep inspiration breath-hold: a single institution experience. *Tech Innov Patient Support Radiat Oncol*. 2022;21:51–7. doi:10.1016/j.tipsro.2022.02.002
6. Vuong W, Garg R, Bourgeois DJ, Yu S, Sehgal V, Daroui P. Dosimetric comparison of deep-inspiration breath-hold and free-breathing treatment delivery techniques for left-sided breast cancer using 3D surface tracking. *Med Dosim*. 2019;44(3):193–8. doi:10.1016/j.meddos.2018.07.005
7. Bellala R, Kuppusamy A, Bellala VM, Tyagi T, Manoharan S, Gangarapu G, et al. Review of clinical applications and challenges with surface-guided radiation therapy. *J Cancer Res Ther*. 2023;19(5):1160–9. doi:10.4103/jcrt.jcrt_1391_21
8. Vikström J, Hjelstuen MH, Mjaaland I, Dybvik KI. Cardiac and pulmonary dose reduction for tangentially irradiated breast cancer, utilizing deep inspiration breath-hold with audio-visual guidance, without compromising target coverage. *Acta Oncol*. 2011;50(1):42–50. doi:10.3109/0284186X.2010.512644
9. Latty D, Stuart KE, Wang W, Ahern V. Review of deep inspiration breath-hold techniques for the treatment of breast cancer. *J Med Radiat Sci*. 2015;62(1):74–81. doi:10.1002/jmrs.96
10. Swanson T, Grills IS, Ye H, Entwistle A, Teahan M, Letts N, et al. Six-year experience routinely using moderate deep inspiration breath-hold for the reduction of cardiac dose in left-sided breast irradiation for patients with early-stage or locally advanced breast cancer. *Am J Clin Oncol*. 2013;36(1):24–30. doi:10.1097/COC.0b013e31823fe731
11. Hamming VC, Visser C, Batin E, McDermott LN, Busz DM, Both S, et al. Evaluation of a 3D surface imaging system for deep inspiration breath-hold patient positioning and intra-fraction monitoring. *Radiat Oncol*. 2019;14(1):125. doi:10.1186/s13014-019-1329-6
12. Abdollahi S, Yazdi MHH, Mowlavi AA, Ceberg S, Aznar MC, Tabrizi FV, et al. Surface guided 3DCRT in deep-inspiration breath-hold for left sided breast cancer radiotherapy: implementation and first clinical experience in Iran. *Rep Pract Oncol Radiother*. 2022;27(5):881–96. doi:10.5603/RPOR.a2022.0090
13. Boero JJ, Paravati AJ, Triplett DP, Hwang L, Matsuno RK, Gillespie EF, et al. Modern radiation therapy and cardiac outcomes in breast cancer. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*. 2016;94(4):700–8. doi:10.1016/j.ijrobp.2015.11.056
14. Cravo Sá A, Fermento A, Neves D, Ferreira S, Silva T, Marques Coelho C, et al. Radiotherapy setup displacements in breast cancer patients: 3D surface imaging experience. *Rep Pract Oncol Radiother*. 2018;23(1):61–7. doi:10.1016/j.rpor.2017.10.003
15. Kügele M, Mannerberg A, Nørring Bekke S, Alkner S, Berg L, Mahmood F, et al. Surface guided radiotherapy (SGRT) improves breast cancer patient setup accuracy. *J Appl Clin Med Phys*. 2019;20(9):61–8. doi:10.1002/acm2.12672