

Using radiomics and deep learning-based imaging biomarkers to predict radiotherapy outcomes and toxicity

Citation for published version (APA):

Zhang, Z. (2023). *Using radiomics and deep learning-based imaging biomarkers to predict radiotherapy outcomes and toxicity*. [Doctoral Thesis, Maastricht University]. Maastricht University. <https://doi.org/10.26481/dis.20230704zz>

Document status and date:

Published: 01/01/2023

DOI:

[10.26481/dis.20230704zz](https://doi.org/10.26481/dis.20230704zz)

Document Version:

Publisher's PDF, also known as Version of record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.umlib.nl/taverne-license

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

repository@maastrichtuniversity.nl

providing details and we will investigate your claim.

Summary

A large number of medical images are acquired during the management of radiotherapy patients, including in pre-radiotherapy diagnosis, during the treatment of radiotherapy, monitoring of side effects and efficacy. In recent years, many studies have demonstrated that quantitatively extracted features from such images can be used as biomarkers to assist in clinical decision making. One of the widely studied approaches is radiomics, where features are quantitatively extracted from images non-invasively, and biomarkers based on these features are screened and modeled by machine learning approaches. However, there are still methodological and clinical application challenges, and accordingly, this thesis investigated the following three aspects: a) methodological quality assessment of radiomics studies. B) prognostic value of image-extracted biomarkers in lung cancer patients undergoing radiotherapy. C) prediction of a radiotherapy side effect, radiation pneumonitis, by image-based machine learning models.

In this thesis, an objective methodological quality assessment of current radiomics research was presented, based on which a methodological assessment checklist was proposed (Chapter 2). Difficulties faced in research such as insufficient sample size may be alleviated by methods such as deep learning (Chapter 3). This thesis also demonstrated the prognostic (Chapters 4 and 5) and toxicity prediction (Chapters 6 and 7) capabilities of image-derived biomarkers and compared them to benchmark models commonly used in clinical settings. The results demonstrated that image-derived biomarkers have the potential for clinical application and that combining multi-modality images and multi-dimensional information can improve the power of the models (Chapters 4 and 6). Selection of regions of interest (Chapter 5) and model building algorithms (Chapter 8) based on clinical needs is critical.

Overall, this thesis demonstrated the potential for future applications of image-derived biomarkers for the management of radiotherapy patients and to support clinical decision making.

Samenvatting

Een aanzienlijke hoeveelheid medische beelden worden gemaakt tijdens de radiotherapeutische behandeling van patiënten, zoals gedurende de diagnose voor de radiotherapie, tijdens de behandeling met radiotherapie, en gedurende monitoring van bijwerkingen en effectiviteit na de behandeling. De laatste jaren hebben vele studies aangetoond dat kwantitatief uit beelden geëxtraheerde kenmerken kunnen worden gebruikt als biomarkers ter ondersteuning van de klinische besluitvorming. Deze benadering heet Radiomics waarbij “machine learning” wordt gebruikt om kenmerken te screenen en te combineren in modellen.. Voor de toepassing van Radiomics zijn er echter nog enkele methodologische en klinische uitdagingen, en daarom werden in dit proefschrift de volgende drie aspecten onderzocht: a) methodologische kwaliteitsbeoordeling van radiomics-studies. b) prognostische waarde van uit beelden geëxtraheerde biomarkers bij longkankerpatiënten die radiotherapie ondergaan. c) voorspelling van bijwerkingen van radiotherapie, stralingspneumonitis, door beeldgebaseerde machine-learning modellen.

In dit proefschrift wordt een objectieve methodologische kwaliteitsbeoordeling van het huidige radiomics-onderzoek gepresenteerd, op basis waarvan een methodologische beoordelingschecklist is voorgesteld (hoofdstuk 2). Uitdagingen voor dergelijk onderzoek, zoals onvoldoende steekproefgrootte, kunnen worden verlicht door methoden als deep learning (hoofdstuk 3). In dit proefschrift werden ook de prognostische (hoofdstukken 4 en 5) en toxiciteit-voorspellende waarde (hoofdstukken 6 en 7) van uit beelden afgeleide biomarkers aangetoond en vergeleken met de benchmarkmodellen die gewoonlijk in klinische settings worden gebruikt. De resultaten toonden aan dat van beelden afgeleide biomarkers potentieel hebben voor klinische toepassing en dat het combineren van multimodale beelden en multidimensionale informatie de kracht van de modellen kan verbeteren (hoofdstukken 4 en 6). Selectie van de interessante gebieden op een beeld (hoofdstuk 5) en van model-algoritmen (hoofdstuk 8) op basis van klinische behoeften is van cruciaal belang.

In het algemeen toonde dit proefschrift het potentieel aan voor toekomstige toepassingen van uit beelden afgeleide biomarkers voor de radiotherapeutische behandeling van patiënten en ter ondersteuning van klinische besluitvorming.