

Reproduzierbarkeit der Volumenmessung von Lungenrundherden in Mehrschicht-CT

Erste Ergebnisse eines neuen ellipsoiden Ansatzes

Christophe Della-Monta, Stefan Großkopf und Frank Trappe

Siemens AG, Medical Solutions
Computed Tomography, 91301 Forchheim
Email: {christophe.della-monta, stefan.grosskopf, frank.trappe}@siemens.com

Zusammenfassung. Wichtige Voraussetzung zur frühen Erkennung maligner Lungenrundherde ist die reproduzierbare Volumenmessung bei Niedrigdosis-Mehrschicht-CT-Untersuchungen (Siemens Somatom Sensation 16). Dieser Beitrag stellt einen neuen Algorithmus vor, der in die syngo[®] Postprocessing-Application LungCARE[®] integriert wurde und anhand beispielhafter Patientendatensätze mit dem zuvor verwendeten Algorithmus verglichen wurde. Der neue ellipsoide Ansatz weist eine höhere Reproduzierbarkeit der Ergebnisse auf, insbesondere für Rundherde deren Oberflächen nicht klar definiert sind, die irregulär geformt oder an Gefäße angewachsen sind.

1 Einleitung

Lungenkrebs stand in den USA im Jahr 2001 auf Platz zwei der am häufigsten auftretenden Krebsarten mit 157.400 Toten und 169.500 neuen Fällen. Die Überlebensrate fünf Jahre nach der ersten Diagnose betrug lediglich 14%.

Eine deutliche Verbesserung der Chancen auf eine Heilung (ca. 72%) ist bei früher Erkennung kleiner Lungenrundherde mit einem Durchmesser $\geq 2\text{mm}$ gegeben. Mittels Niedrigdosis-Mehrschicht-CT (Siemens Somatom Sensation 16, 10 mAs) kann für Risikopatienten ein Screening im mehrmonatigen Abstand durchgeführt werden. Die Bildakquisition erzielt in kurzer Zeit (*single-breath-hold*) eine hohe Auflösung, die zur Rekonstruktion eines Datensatzes mit 1mm Schichtabstand und $0,56 \times 0,56\text{mm}^2$ *in-plane* Auflösung geeignet ist. Sie bietet somit eine gute Grundlage für die sichere Erkennung kleiner Rundherde.

Zur Unterstützung der Diagnose wird die syngo[®] Postprocessing-Application LungCARE[®] eingesetzt, die es ermöglicht einen oder – für eine *follow-up* Untersuchung – zwei Datensätze eines Patienten zu analysieren und miteinander zu vergleichen. Mit Hilfe eines MPR/MIP/VRT-Slab-Renderers können die Schichten visualisiert, systematisch durchsucht, Rundherde markiert und vermessen werden. Durch die Beobachtung einzelner Rundherde über einen Zeitraum von mehreren Monaten kann deren Wachstum quantifiziert werden, aus dem auf maligne Rundherde geschlossen werden kann. Eine hohe Reproduzierbarkeit der

Volumenmessung ermöglicht die genaue Bestimmung des Wachstums und ist daher wichtige Voraussetzung für eine sichere Diagnose.

Gegenstand unseres Beitrages ist ein neuer, verbesserter Segmentierungsansatz, dessen Reproduzierbarkeit anhand von beispielhaften Patientendatensätzen verifiziert und mit den Ergebnissen des zuvor verwendeten Ansatzes [1] verglichen wird.

2 Material und Methoden

2.1 Patientendaten

Vier Patientendatensätze wurden für diese Studie ausgewählt, die für den Ansatz in [1] problematisch waren, da die Oberflächen der Rundherde nur unzureichend klar definiert waren, eine irreguläre Form aufwiesen oder an Gefäßen angewachsen waren.

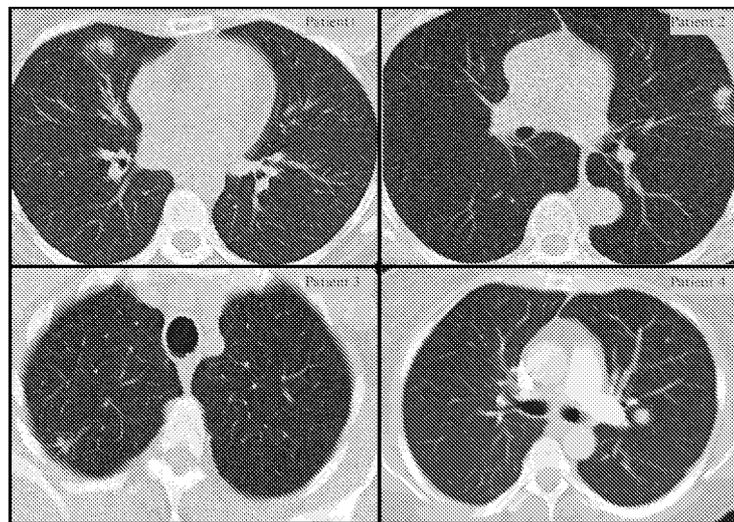


Abb. 1. Visualisierung von vier Patientendatensätzen mit Hilfe eines MIP-Slabs. Die Positionen der Rundherde sind durch rote Quadrate markiert.

2.2 Template-Basierte Segmentierung

Singuläre Rundherde werden aufgrund ihrer relativ hohen Dichte gegenüber dem Lungengewebe kontrastreich in CT abgebildet, so daß ein Schwellwertverfahren mit konstantem Schwellwert (ca. -400HU) nur geringfügig durch Bildrauschen beeinträchtigt wird. Die unter 2.1 gezeigten Problemfälle lassen sich jedoch nicht angemessen – auch nicht durch ein Regionenwachstumsverfahren mit adaptiven

Tabelle 1. Ergebnisse der Segmentierung mit Hilfe des ellipsoiden Templates unter Verwendung der Distanztransformation als Energiedefinition (DC)

	Patient 1		Patient 2		Patient 3		Patient 4		Average
	mm³	%	mm³	%	mm³	%	mm³	%	%
[1]	157	17.1	766	69.2	67	12.0	162	7.9	26.6
BC	73	8.5	6	0.5	109	27.4	16	1.0	9.4
NC	36	2.1	20	1.1	31	3.6	122	3.5	2.6
DC	10	0.9	22	1.7	1	0.2	60	3.4	1.5

Schwellwert – segmentieren, so daß eine formbasierte Methode zur Bestimmung der Konturen gewählt wurde.

Beim vorgestellten Ansatz wird ein ellipsoides Template (Abb. 2a) an den Rundherd angepaßt. Zunächst werden hierzu die neun Ellipsoiden-Parameter, Lage des Mittelpunktes, Ausrichtung und Länge der Halbachsen durch einen einfachen heuristischen Ansatz geschätzt. Im zweiten Schritt werden diese Parameter durch den Powell-Algorithmus [2] optimiert. Zur Bewertung der Lage des Templates wurden unterschiedliche Energiedefinitionen angewendet:

- Binärcodierung von potentiellen Rundherd- und Hintergrund-Voxels (Trennung durch konstanten Schwellwert) (BC)
- Anzahl der Nachbarn eines Voxel oberhalb des Schwellwertes (NC)
- Distanztransformation der Binärcodierung (siehe Abb. 2b) (DC)

Durch die letzten beiden Energiedefinitionen werden Oberflächen-Voxel und Voxel dünner Gefäße geringer gewichtet als Voxels im Zentrum des Rundherdes.

2.3 Auswertung

Für jeden der Rundherde wurden zunächst drei unterschiedliche Subvolumina (VOIs) durch Supersampling mit leicht variierten Parametern generiert. Anschließend wurde für jedes der Volumina die Segmentierung durchgeführt.

3 Ergebnisse

Tab. 1 faßt die Ergebnisse der Auswertung mit Hilfe der unterschiedlichen Energiedefinitionen zusammen. Während die Volumendifferenzen beim Ansatz nach [1] bis zu 69,2% betragen (Mittelwert 26,6%) zeigt der neue Ansatz (DC) maximale Differenzen von 3,4% (Mittelwert 1,5%). Wie zu erwarten war, können singuläre Rundherde mit klar definierten Oberflächen durch beide Ansätze in etwa mit der gleichen Genauigkeit segmentiert werden während der ellipsoide Ansatz das Volumen für Problemfälle Ergebnisse mit kleinerer Abweichung ermittelte. Abb. 3 zeigt die Ergebnisse der Segmentierung unter Verwendung der Distanztransformation für die Energiedefinition.

4 Diskussion und Ausblick

Es wurde ein verbesserter Segmentierungsansatz vorgestellt und anhand beispielhafter problematischer Patientendatensätze mit einem vorhergehenden Ansatz verglichen. Nach diesen ersten Auswertungen zeigt sich, daß der ellipsoide Ansatz für eine größere Varianz Eingabedaten Ergebnisse mit erheblich verbesserter Reproduzierbarkeit ermittelt. Diese Eigenschaft sollte in einer breiter angelegten Studie verifiziert werden.

Literaturverzeichnis

1. Baumert B, Fan L, Das M, Novak CL, Herzog P, Kohl G, Flohr T, Schaller S, Qian JZ, Schoepf UJ: Performance Evaluation of a Pulmonary Nodule Segmentation Method Across Different Radiation Doses in Multi-Slice CT Studies, Proc. Diagnostic Imaging an Analysis, ICDIA 2002, Aug. 18-20, Shanghai, PR China, pp. 342 - 347
2. Press WH, Teukolsky SA, Vetterling WT, Flannery BP: [10] Numerical Recipes in C++, the art of scientific computing, second edition, Cambridge University Press, 2002