

Klaus Wegmann

Dr. sc. hum.

Beurteilung der Streustrahlung bei einer Single-Photonen-Transmissions-Messung in der Positronen-Emissions-Tomographie durch Monte-Carlo-Simulationen

Geboren am 22.04.1969 in Büren

Reifeprüfung am 06.06.1988 in Detmold

Studiengang der Fachrichtung Geophysik vom WS 1989 bis SS 1996

Vordiplom am 22.10.1991 an der Universität Karlsruhe

Diplom am 16.07.1996 an der Universität Karlsruhe

Promotionsfach: Medizinische Physik

Doktorvater: Priv.-Doz. Dr. rer. nat. G. Brix

Die Positronen-Emissions-Tomographie ist eine Bildgebungstechnik der Nuklearmedizin, welche sich in zunehmendem Maße an klinischen Einrichtungen etabliert. Sie bietet die Möglichkeit, biochemische Vorgänge im menschlichen Körper in vivo zu beobachten. Bei der Untersuchung werden dem Patienten Pharmaka verabreicht, die zuvor mit Positronen-emittierenden Atomen markiert wurden. Unter Berücksichtigung einer Vielzahl von Korrekturen lassen sich anhand der gewonnenen Daten quantitative Aussagen über metabolische Umsatzraten im untersuchten Gewebe machen. Hierzu zählt unter anderem die Abschwächungskorrektur.

Die Single-Photonen-Transmissions-(SPT-)Messung ist ein neues Verfahren zur Bestimmung der Abschwächungskoeffizienten in der PET, welche zur Bestimmung von absoluten Aktivitätskonzentrationen benötigt werden. Gegenüber der herkömmlichen Transmissionsmessung mit Positronenstrahlern empfiehlt sich die SPT-Messung durch die Möglichkeit, mit sehr kurzen Aufnahmezeiten zu arbeiten. Nachteil der Methode ist ein hoher Streustrahlungsanteil in den gemessenen Daten, der zu einer Verfälschung der Ergebnisse führt.

Ziel der vorliegenden Arbeit war die Quantifizierung des Streustrahlenanteiles (SF) bei SPT-Messungen, und die Auswirkung der Verwendung von Schicht-kollimierenden Septen bei der SPT-Messung auf den SF .

Zur Untersuchung wurden Monte-Carlo-Verfahren als Methode der Wahl herangezogen. Sie ermöglichen es, beliebige Modellsituationen zu simulieren und durch die Speicherung der Teilchengeschichten zwischen gestreuten und ungestreuten Ereignissen zu unterscheiden. Die Simulationen wurden an Messungen validiert, die an einem 3D-Ganzkörperscanner (ECAT EXACT 3D, CTI/Siemens), der bereits mit einer SPT-Quelle ausgerüstet ist, aufgenommen wurden.

Die Simulationsrechnungen wurden daraufhin für einen 2D/3D-Ganzkörperscanner (ECAT EXACT HR⁺) durchgeführt. Als Meß- und Simulationsobjekte dienten zylindrische und körperähnliche Phantome.

Die MC-Simulationen der SPT-Messungen am EXACT 3D belegten den hohen SF , der bei diesem System durchaus bekannt ist.

Da es sich um einen reinen 3D-PET-Scanner mit unkollimierter SPT-Quelle handelt, erreicht man bei Ganzkörperaufnahmen im Bereich des Abdomen SF , die bei einem Standard-LLD-Wert von 500 keV oberhalb 50 % liegen. Bei Untersuchungen des Schädels, bei der die

Abschwächung mit dem des 20-cm-Wasserzylinders vergleichbar ist, liegen SFs in einer Höhe von ca. 20 % vor. Eine Erhöhung des LLD-Wertes um 100 keV auf 600 keV resultiert in einer Reduktion des Streustrahlenanteils um ca. 40 %. Diese Reduktion ist jedoch verbunden mit einer Zählrate, die um einen Faktor von 1,45 niedriger ist als bei einer Transmissionsmessung mit einem LLD-Wert von 500 keV.

Hier müssen Messungen am Gerät zeigen, wie hoch man mit der Quellenstärke gehen kann, um die Zählratenverluste durch die hohe untere Energieschwelle auszugleichen.

Die Simulationen für den ECAT EXACT HR⁺ zeigten eine deutliche Reduktion des SF um ca. 40% im 2D-Modus im Vergleich zum 3D-Modus. Trotzdem liegen die SF -Werte bei Transmissionsmessungen des Abdomens oberhalb 25 %, so daß hier weitere Maßnahmen zur Verbesserung der Daten ergriffen werden müssen. Als sehr effektiv ergab sich die zusätzliche Verwendung einer kollimierten Quelle in den Simulationen.

Die Daten der Monte-Carlo-Simulationen eignen sich zum Test von Streukorrekturalgorithmen, da komplexe Geometrien genau untersucht werden können.

Eine meßtechnische Reduktion des Streustrahlenanteiles ist immer mit einer erniedrigten Gesamt-zählrate verbunden.

Die durch die Verwendung der Septen erreichbare deutliche Reduktion des Streustrahlenanteiles sollte genutzt werden. Bei der Implementierung einer SPT-Quelle in einen Tomographen sollte auf jeden Fall die Möglichkeit einer Quellenkollimierung in Betracht gezogen werden. Experimentelle Messungen müssen hier klären, wie stark eine Transmissionsquelle gewählt werden kann, um mit kurzen Meßzeiten gute Ergebnisse zu erzielen.