

Aus der Klinik für Strahlenheilkunde Campus Virchow Klinikum  
der Medizinischen Fakultät der Charité -  
Universitätsmedizin Berlin

DISSERTATION

**Noninvasive Darstellung der  
Koronargefäße mit 16-  
Mehrzeilenspiralcomputertomografie**

Zur Erlangung des akademischen Grades

Doctor medicinae (Dr. med.)

vorgelegt der medizinischen Fakultät der Charité -  
Universitätsmedizin Berlin

von

Mirko Seidel

aus Strausberg

Dekan: Prof. Dr. Martin Paul

Gutachter: 1. Priv.-Doz. Dr. F. Knollmann

2. Prof. Dr. med. R. Erbel

3. Prof. Dr. med. Th. Vogl

Datum der Einreichung: 04. April 2005

Datum der Promotion: 05. Juni 2007

Datum der Zeugnisübergabe: 23. September 2007

## **Kurzfassung**

### **Zielsetzung**

Eine gute Bildqualität ist zur genauen Beurteilung der Koronargefäße entscheidend. Das Ziel dieser Untersuchung war die Einflussfaktoren auf die Bildqualität in der computertomografischen Angiografie (CTA) auf den neuen 16-Mehrzeilengeräten zu evaluieren und ein Ablaufdiagramm zu entwickeln, welches eine effiziente Darstellung der Koronarien in bester Bildqualität ermöglicht.

### **Material und Methoden**

Bei 32 Patienten beider Geschlechter, mittleres Alter 54 Jahre, wurden im Rahmen von CT-Untersuchungen des Thorax eine CTA der Herzkranzgefäße durchgeführt. Alle Untersuchungen wurden auf einem 16-Mehrzeilen-CT (LightSpeed16, GE Medical Systems) durchgeführt. Die Rohdaten wurden retrospektiv EKG-gebunden in den RR-Intervallen von 0-90% sowie in Einzel-, 2- und 4-Segmentalgorithmen rekonstruiert. Die Bildqualität der einzelnen Segmente der Koronarien (Einteilung nach AHA) wurde in den axialen Bildern, im Volume Rendering (VR) und in der Advanced Vessel Analysis (AVA) von zwei unabhängigen Betrachtern mit Noten von 1 (sehr gut) bis 6 (nicht darstellbar) bewertet. Zur Abschätzung der Interraterreabilität wurde der Wert  $\kappa$  bestimmt.

### **Ergebnisse**

Von insgesamt 41280 Segmenten konnten 32286 Segmente (total: 78,2%, Axial: 90%, VR: 85%, AVA: 60%) dargestellt werden. Die Interraterreabilität war gut ( $\kappa = 0,7$ ). Die Herzkranzgefäße wurden mit einer guten Bildqualität (RCA: 2,7; LMA: 1,7; LAD: 2,5; LCX: 3,1; in Noten von 1-6) in nahezu der gesamten Diastole (50-90% RR-Intervall) abgebildet. Die Mehrsektorprotokolle boten gegenüber dem Einsektoralgorithmus keine bessere

Bildqualität.

### **Schlussfolgerung**

Mit 16-Mehrzeilengeräten konnte die CTA weiter verbessert werden. Es empfiehlt sich eine Rekonstruktion der Rohdatensätze im Einzel-Segmentalgorithmus im RR-Intervall von 60-80% und. Zur Diagnose sollten zuerst die axialen Schichten beurteilt und stenotische Bereiche mit den Werkzeugen der AVA nachbearbeitet werden.

### **Schlagworte**

MSCT, CTA, Koronararterien, KHK

## **Abstract**

### **Purpose**

For an accurate evaluation of the coronary arteries a good image quality is crucial. Primary objective was to evaluate the influences on the image quality in the computer-tomographed angiography (CTA) and to develop a flow chart, which makes an efficient visualisation of the coronary arteries possible in optimum image quality.

### **Material and methods**

In 32 patients of both genders, with the average age of 54 years, a CTA of the coronary arteries was performed. All investigations were accomplished on a 16-Multi-Slice-CT (LightSpeed16, GE Medical Systems). The raw data sets were reconstructed retrospectively ECG-gated in the RR intervals of 0-90% as well as in Single -, 2 and 4-Segmented-Algorithms. The image quality of the specific segments of the coronary arteries (classification according to the AHA) was assessed of two blinded independent observers in axial slices, in the Volume Rendering (VR) and in the Advanced Vessel Analysis (AVA) with notes of 1 (very well) to 6 (not assessable). The interobserverreability was calculated by  $\kappa$ .

### **Results**

Of altogether 41280 segments, 32286 (78.2%, axial: 90%, VR: 85%, AVA: 60%) segments could be visualized. Within almost the entire diastole (50-90% of the RR-interval) the coronary arteries could be illustrated with good image quality (RCA: 2.7, LMA: 1.7, LAD: 2.5, LCX: 3.1). Multi-Segmented-Algorithms did not provide better image quality in relation to Single-Segmented-Algorithms. Concordance between both MSCT observers was reasonably good ( $\kappa$  value 0.7).

## **Conclusion**

A reconstruction of the raw data sets is recommended in 60-80% of the RR-interval and with Single-Segmented-Algorithms. For evaluation of the coronaries first the axial slices should be reviewed and suspect segments should be further analysed with the tools of the AVA.

## **Keywords**

MSCT, CTA, Coronary Arteries, CAD

## **Abkürzungsverzeichnis**

|      |                                   |
|------|-----------------------------------|
| ACS  | Acute Coronary Syndrome           |
| AHA  | American Heart Association        |
| AVA  | Advanced Vessel Analysis          |
| CAD  | Coronary Artery Disease           |
| CCS  | Canadian Cardiovascular Society   |
| CPS  | Cardiopulmonary Support           |
| CRP  | C-reaktives Protein               |
| CT   | Computertomografie                |
| CTA  | computertomografische Angiografie |
| DES  | Drug-eluting Stent                |
| DD   | Differentialdiagnose              |
| EBT  | Electron Beam Tomography          |
| EKG  | Elektrokardiogramm                |
| GE   | General Electric                  |
| Hf   | Herzfrequenz                      |
| IABP | Intraaortale Ballonpumpe          |
| i.v. | intravenös                        |
| KHK  | koronare Herzkrankheit            |
| kV   | Kilovolt                          |
| LAD  | Left Anterior Descending Artery   |

|        |  |
|--------|--|
| LCX    | Left Circumflex Artery                       |
| LDL    | Low Density Lipoprotein                      |
| LMCA   | Left Main Coronary Artery                    |
| mA     | Milliampere                                  |
| MIP    | Maximum-Intensität-Projektion                |
| MPR    | Multiplanare Reformatierung                  |
| MRT    | Magnetresonanztomografie                     |
| MSCT   | Multi-Slice-Computed-Tomography              |
| MSCTA  | Multi-Slice-Computed-Tomographed-Angiography |
| NaCl   | Natriumchlorid                               |
| NSTEMI | Nicht-ST-Streckenhebungsinfarkt              |
| PAI-1  | Plasminogen-Aktivator-Inhibitor              |
| PET    | Positronenemissionstomografie                |
| RCA    | Right Coronary Artery                        |
| SCD    | Sudden Cardiac Death                         |
| STEMI  | ST-Streckenhebungsinfarkt                    |
| SPECT  | Single-Photon-Emissionscomputertomografie    |
| t-PA   | Tissue-Plasminogen-Activator                 |
| VR     | Volume Rendering                             |



## **Inhaltsverzeichnis**

|              |  |           |
|--------------|--|-----------|
| <b>1</b>     | <b>Einleitung</b>  | <b>12</b> |
| <b>1.1</b>   | <b>Die koronare Herzerkrankung (KHK)</b>                       | <b>14</b> |
| <b>1.1.1</b> | <b>Definition</b>  | <b>14</b> |
| <b>1.1.2</b> | <b>Epidemiologie</b>   | <b>14</b> |
| <b>1.1.3</b> | <b>Ätiologie</b>   | <b>15</b> |
| <b>1.1.4</b> | <b>Pathogenese</b>   | <b>16</b> |
| <b>1.1.5</b> | <b>Diagnostik</b>  | <b>18</b> |
| <b>1.2</b>   | <b>Die Mehrzeilen-Computertomografie (MSCT) des Herzens</b>    | <b>20</b> |
| <b>1.3</b>   | <b>Die selektive Koronarangiografie</b>                        | <b>21</b> |
| <b>1.4</b>   | <b>Vergleich der MSCT mit der invasiven Koronarangiografie</b> | <b>26</b> |
| <b>1.5</b>   | <b>Grenzen der 16-Zeilentechnik</b>                            | <b>26</b> |
| <b>2</b>     | <b>Zielsetzung</b>   | <b>30</b> |
| <b>3</b>     | <b>Material und Methoden</b>                                   | <b>31</b> |
| <b>3.1</b>   | <b>Patientenkollektiv</b>                                      | <b>31</b> |
| <b>3.2</b>   | <b>Medikation</b>  | <b>32</b> |
| <b>3.3</b>   | <b>Geräte</b>  | <b>33</b> |
| <b>3.3.1</b> | <b>Funktionsweise des CT</b>                                   | <b>33</b> |
| <b>3.3.2</b> | <b>Pitch</b>   | <b>34</b> |
| <b>3.3.3</b> | <b>Scanprotokolle</b>  | <b>35</b> |
| <b>3.3.4</b> | <b>Mehrsektorprotokolle und Belichtungszeit</b>                | <b>36</b> |
| <b>3.3.5</b> | <b>Multiplanare Reformatierung</b>                             | <b>39</b> |
| <b>3.3.6</b> | <b>Maximum-Intensität-Projektion</b>                           | <b>39</b> |

|              |   |           |
|--------------|---|-----------|
| <b>3.3.7</b> | <b>Volume Rendering</b>   | <b>39</b> |
| <b>3.4</b>   | <b>Auswertung</b>   | <b>40</b> |
| <b>3.4.1</b> | <b>Einteilung der Koronararterien</b>   | <b>40</b> |
| <b>3.4.2</b> | <b>Beurteilungskriterien der Bildqualität</b>                                     | <b>42</b> |
| <b>3.4.3</b> | <b>Statistik</b>  | <b>43</b> |
| <b>4</b>     | <b>Ergebnisse</b>   | <b>45</b> |
| <b>4.1</b>   | <b>Patientenkollektiv</b>   | <b>46</b> |
| <b>4.1.1</b> | <b>Altersstruktur</b>   | <b>46</b> |
| <b>4.1.2</b> | <b>Herzfrequenz</b>   | <b>47</b> |
| <b>4.2</b>   | <b>Der Vergleich Untersucher 1 und Untersucher 2<br/>(Interraterrealibilität)</b> | <b>49</b> |
| <b>4.3</b>   | <b>Nichtdarstellbare Segmente pro Patient</b>                                     | <b>50</b> |
| <b>4.4</b>   | <b>Die Arteria coronaria dextra (RCA)</b>   | <b>52</b> |
| <b>4.5</b>   | <b>Die Arteria coronaria sinistra (LMCA)</b>                                      | <b>56</b> |
| <b>4.6</b>   | <b>Der Ramus interventricularis anterior (LAD)</b>                                | <b>59</b> |
| <b>4.7</b>   | <b>Der Ramus circumflexus (RCX)</b>   | <b>63</b> |
| <b>4.8</b>   | <b>Vergleich der Bildqualität in den<br/>Mehrsektorprotokollen</b>                | <b>67</b> |
| <b>4.9</b>   | <b>Einfluss der Belichtungszeit auf die Bildqualität</b>                          | <b>68</b> |
| <b>4.10</b>  | <b>Einfluss der Herzfrequenz auf die Bildqualität</b>                             | <b>70</b> |
| <b>4.11</b>  | <b>Einfluss der Herzfrequenzvariation auf die<br/>Bildqualität</b>                | <b>70</b> |
| <b>4.12</b>  | <b>Einfluss des Pitch auf die Bildqualität</b>                                    | <b>71</b> |
| <b>4.13</b>  | <b>Vergleich der Bildqualität in den<br/>Nachbearbeitungswerkzeugen</b>           | <b>72</b> |
| <b>5</b>     | <b>Diskussion</b>   | <b>73</b> |

|              |  |           |
|--------------|--|-----------|
| <b>5.1</b>   | <b>Verteilung der nicht darstellbaren Segmente</b>       | <b>73</b> |
| <b>5.2</b>   | <b>Die Interraterreabilität</b>                          | <b>75</b> |
| <b>5.3</b>   | <b>Bildqualität</b>                                      | <b>76</b> |
| <b>5.3.1</b> | <b>Bildqualität der einzelnen Koronarien</b>             | <b>76</b> |
| <b>5.3.2</b> | <b>Bildqualität in Abhängigkeit zum RR-Intervall</b>     | <b>78</b> |
| <b>5.3.3</b> | <b>Einfluss der Herzfrequenz auf die Bildqualität</b>    | <b>78</b> |
| <b>5.3.4</b> | <b>Einfluss des Pitches auf die Bildqualität</b>         | <b>80</b> |
| <b>5.3.5</b> | <b>Einfluss der Belichtungszeit auf die Bildqualität</b> | <b>80</b> |
| <b>5.4</b>   | <b>Vergleich der Nachbearbeitungswerkzeuge</b>           | <b>81</b> |
| <b>5.5</b>   | <b>Limitationen dieser Arbeit</b>                        | <b>82</b> |
| <b>6</b>     | <b>Zusammenfassung</b>                                   | <b>83</b> |
| <b>6.1</b>   | <b>Workflow</b>  | <b>86</b> |
| <b>7</b>     | <b>Ein interessanter Fall</b>                            | <b>87</b> |
|              | Literaturverzeichnis                                     | 91        |

## **Eidesstattliche Erklärung**

Hiermit erkläre ich an Eides statt, dass die vorliegende Arbeit von mir selbst und ohne die unzulässige Hilfe Dritter verfasst wurde. Sie stellt auch in Teilen keine Kopie anderer Arbeiten dar und die benutzten Hilfsmittel sowie die Literatur sind vollständig angegeben.

Berlin, den 09.07.2007

Mirko Seidel

## **Lebenslauf**

**Mein Lebenslauf wird aus Datenschutzgründen in der elektronischen Version meiner Arbeit nicht mit veröffentlicht.**

## **Danksagung**

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. med. Friedrich Knollmann für die Überlassung des Themas, für die gute Betreuung und für die stets hilfreiche Zusammenarbeit. Des Weiteren danke ich der Arbeitsgruppe um Herrn Prof. Dr. med. Friedrich Knollmann für die gute Zusammenarbeit, insbesondere danke ich in diesem Zusammenhang Herrn Dr. med. Christian Grieser. Ich danke allen, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben. Insbesondere gilt hier mein Dank meiner Freundin Anna Maria Emde, die mich stets voll unterstützt hat. Ich danke meiner Mutter, für Ihre Unterstützung während meiner gesamten Ausbildung und für die Revision dieser Arbeit.