

Herzbildgebung mit 16- und 64-Zeilen Multi Slice-CT:

Einleitung:

Die Computertomographie (CT) hat sich in den letzten 10 Jahren sehr rasant entwickelt, was zu einer Erweiterung des diagnostischen Spektrums führte.

Mit der Einführung der Multi-Slice Technologie (MSCT) ergaben sich entscheidende Vorteile, die vor allem in der hohen zeitlichen und räumlichen Auflösung liegen. Es kann damit innerhalb kürzester Zeit ein großer Bereich mit Schichtdicken im Submillimeterbereich gescannt werden. Dabei erhält man gleiche Auflösung in allen drei Raumebenen (isotrope Voxel), dies ist sehr entscheidend in der 2D- und 3D-Nachverarbeitung der Bilddaten.

Bei der CT-Bildgebung des Herzens kommen all diese Vorteile zum Tragen. Durch Synchronisation des Herzzyklus mit der CT-Untersuchung und spezieller Software ist es möglich das Herz sowohl in Ruhe als auch dynamisch (schlagend) darzustellen.

Anwendungsmöglichkeiten:

Vor allem die Einführung der 16- und 64-Zeilen MSCTs stellt eine besondere Möglichkeit in der Bildgebung des Herzens dar. Es ergeben sich dadurch folgende Anwendungsgebiete:

- Darstellung der Koronararterien
- Darstellung aortokoronarer Bypässe (ACBP)
- Darstellung und Funktion der Aorten- und Mitralklappe
- Darstellung von Anomalien am Herzen
- Ventrikelanalyse
- Calcium-Scoring (Ermittlung des Ausmaßes der Verkalkungen an den Herzkranzgefäßen)

Vorteile gegenüber der Koronarangiographie:

Die CT-Bildgebung des Herzens besitzt bei gewissen Indikationen entscheidende Vorteile gegenüber der Koronarangiographie.

- bessere Darstellungsmöglichkeit von Koronaraneomalien (2D, 3D-Darstellung)
- nicht invasiv, keine Hospitalisierung notwendig, kurze Untersuchungs- und Scanzeit
- weniger kostenintensiv, weniger Personalaufwand
- klare Darstellung von Kalkablagerungen sowie der Plaquemorphologie
- bessere Abgrenzung von Stenosen am Ursprung der rechten und linken Koronararterie
- 2D/3D sowie bewegte Darstellung (4D) möglich
- mit einer Untersuchung sowohl Koronararterien, Klappen, Ventrikelanalyse, Wandbewegung, Plaquemorphologie und Lungenparenchym beurteilbar

Nachteile gegenüber der Koronarangiographie:

- keine direkte Beurteilung des Flusses in den Koronararterien möglich
- starke Verkalkungen und Stents erzeugen Aufhärtungsartefakte, und können falsch positive Ergebnisse liefern
- problematisch bei erhöhten sowie unregelmässigen Herzfrequenzen (meist Beta-Blocker-Medikation notwendig)
- keine Interventionen möglich

Technische Voraussetzungen:

Sehr entscheidend für eine gute Darstellung des Herzens und der Herzkranzgefäße auf Grund der Eigenbewegung und der minimalen Größe der Koronargefäße, ist die zeitliche und räumliche Auflösung. Diese hängt von der Rotationsgeschwindigkeit des Scanners ab, sowie der Anzahl gleichzeitig genutzter Detektoren und deren Weite. Moderne Geräte ermöglichen heute eine Rotationsgeschwindigkeit von 0.33 sec/U, bei einer Kollimation von 16x0.75mm (16-Zeiler), bzw. 64x0.6mm (64-Zeiler). Daraus resultiert für die Darstellung des Herzens und der Herzkranzgefäße eine Scanzeit von ca. 20sec (16-Zeiler) bzw. 10-12sec (64-Zeiler). Durch diese kurze Scanzeit sind auch dyspnoeische Patienten für die Untersuchung gut geeignet.

Um das Herz in Ruhe aber auch bewegt (4D-Darstellung) darzustellen, wird die Untersuchung mit dem EKG synchronisiert (EKG-Triggerung). Dabei wird gleichzeitig mit dem EKG das Spiralvolumen des Herzens aufgezeichnet und retrospektiv die Schichten in der/den gewünschten Phasen des Herzzyklus berechnet.

Patientenaufklärung:

Der Patient wird zunächst über den Ablauf der Untersuchung, die Atemanhaltephase, sowie möglichen Nebenwirkungen und Kontraindikationen der Kontrastmittelgabe aufgeklärt. Nikotin, und Koffeinaufnahme unmittelbar vor der Untersuchung sollten unterbleiben, da sie zu einer höheren und labileren Herzfrequenz führen. Die Atemanhaltephase sollte so erfolgen, daß der Patient tief einatmet, ohne jedoch durch Pressen

den intrathorakalen Druck zu erhöhen, da hierdurch die gleichmässige Kontrastmittelverteilung im Gefässsystem verhindert wird. Bei Patienten die Schwierigkeiten mit dem Atem anhalten haben, sollte vor der Untersuchung die Apnoephase im Gerät nochmals geprobt werden.

Allgemeine Vorbereitungen:

Zur Untersuchung wird eine periphere Venenverweilkanüle (16-18G) in eine antekubitale Vene gelegt. Zugänge am Handrücken sind zu vermeiden, da sie einen zu starken Verdünnungseffekt erzeugen, was zu einem schlechteren Kontrast führt.

Die EKG-Elektroden werden entsprechend der Einthoven-Ableitung plaziert und mit dem CT-Gerät verbunden.

Medikamentöse Vorbereitung:

Entscheidend für ein gutes Ergebnis der Untersuchung ist die Herzfrequenz. Sie sollte möglichst regelmässig sein und nicht mehr als 65/min betragen. Bei Herzfrequenzen über 65/min empfiehlt sich die orale Gabe von Beta-Blockern ca. 1h vor der Untersuchung, oder alternativ direkt auf dem Untersuchungstisch 2-5min vor der Untersuchung i.v. unter EKG und Blutdruckkontrolle. Hierzu müssen jedoch die Kontraindikationen von Beta-Blockern beachtet werden. Bei sehr ängstlichen und unruhigen Patienten erreicht man mit Beta-Blockern alleine oft keine ausreichende Frequenzkontrolle. Hier empfiehlt sich die zusätzliche Gabe eines Benzoediazepin-Derivats oral 1h vor der Untersuchung oder mittels Nasenspray direkt vor der Untersuchung, ebenfalls mit Beachtung der Kontraindikationen.

Durchführung der CT-Untersuchung:

Zunächst erfolgt eine Lokalisation des Herzens mittels Topogramm zur Planung des Scanvolumens. Dieses umfasst für die alleinige Darstellung der Koronarien einen Bereich zwischen Trachealbifurkation und Diaphragma. Für die Beurteilung von arteriellen Bypässen muß dieser Bereich entsprechend bis in Höhe der Aa. subclaviae erweitert werden.

Um den richtigen Zeitpunkt des Kontrastmittelbolus zu erhalten wird die Untersuchung mittels Bolustracking durchgeführt. Dazu wird eine Einzelschicht in Höhe der Aorta ascendens aufgenommen und ein ROI in diese gelegt. Zur Aufnahme des Volumendatensatzes wird eine Menge von 100ml (16-Zeilen-CT) bzw. 80ml (64-Zeilen-CT) Kontrastmittel mit erhöhter Konzentration (320 oder 400mgJ/ml) und einem Flow von 5ml/sec injiziert, gefolgt von einem 30ml NaCl-Bolus. Die Ankunft des Kontrastmittels in der Aorta ascendens wird nach einer Verzögerung von 10s durch Einzelschichtaufnahmen protokolliert. Nach Erreichen der festgelegten Dichte (140HE) im definierten ROI, wird die Datenakquisition automatisch mit dem Atemkommando nach weiteren 5s gestartet.

Ziel der Untersuchung ist die gute Kontrastierung des linken Ventrikels und der Koronararterien, bei bereits entleertem rechten Ventrikel.

Die Scanrichtung ist grundsätzlich craniocaudal gewählt. Bei Fragestellungen nach ACBP wird die Scanrichtung auf caudocranial geändert, um einen guten Kontrast vor allem in den distalen Anastomosen der Bypässe zu erzielen.

Auswertung und Nachverarbeitung:

Die Datenrekonstruktion erfolgt mittels retrospektiver EKG-korrelierter Rekonstruktionsalgorithmen. In der Regel werden überlappende Schichten mit einer Schichtdicke von 1mm (16-Zeiler) und einem Schichtabstand (Inkrement) von 0.6mm erzeugt. Beim 64-Zeilen-CT ist eine Schichtdicke von 0.75mm mit einem Schichtabstand von 0.6mm ein guter Kompromiss zwischen hoher Ortsauflösung und akzeptablem Signal-Rausch-Verhältnis. Der Rekonstruktionszeitpunkt innerhalb des Herzzyklus wird mit dem RR-Intervall des aufgezeichneten EKGs bestimmt. Er wird so gewählt, daß die Bewegungsartefakte möglichst gering sind. Die geringste Bewegung zeigen die Koronararterien in der späten Systole (30-40% des RR-Intervalls) und in der Diastole (50-70% des RR-Intervalls).

Zur Ventrikelbeurteilung werden 5mm Schichten in 10%-Intervallschritten orthogonal zur Kurzachse des Herzens angefertigt, spezielle Software ermöglicht dann die Bestimmung der Auswurfleistung.

Zur Beurteilung der Klappenfunktion und der Herzbewegung müssen zusätzlich axiale Schichten 1/0.8mm in 5%-Intervallschritten angefertigt werden. Mit moderner Bildgebungssoftware kann das Herz in jeder beliebigen Schicht bzw. als 3D-Modell bewegt dargestellt werden und damit auch die Herzklappen sowie die Wandbewegung des Myokards beurteilt werden.

Zusammenfassung:

Die moderne CT-Bildgebung des Herzens ermöglicht heute eine detaillierte Darstellung und Beurteilung von Koronarien, Koronaranomalien, Klappen, Ventrikelanalyse, Wandbewegung, Plaquemorphologie und Lungenparenchym in nur einer Untersuchung und stellt damit bei bestimmten Indikationen eine wichtige Alternative zur Koronarangiographie dar.

Bildbeschreibung:

Titelbild:

Bild 1: 64-Zeilen MSCT (Siemens Sensation 64) am Institut für Diagnostische Radiologie des Universitätsspitals Zürich

Bild 2: 3D-Darstellung der Koronararterien mit einem 64-Zeilen MSCT

Bild 3: 3D-Bypassdarstellung (1...Venenbypass auf die distale rechte Koronararterie), (2...Mammariabypass auf den distalen Ramus interventricularis anterior)

Bild 4: Darstellung des linken Ventrikels mit 1...vorderes Mitralsegel, 2...Papillarmuskulatur, im Längsschnitt; 3...geöffnete Mitralklappe im Querschnitt

Bild 5: Darstellung der Aortenklappe in verschiedenen Herzphasen mit einem papillärem Fibroelastom (Pfeil)

Titelbild:

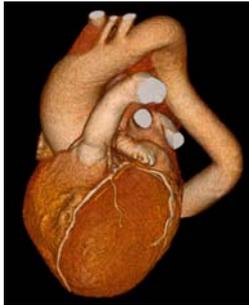


Bild 1:



Bild 2:



Bild 3:

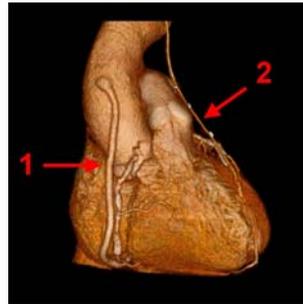


Bild 4:

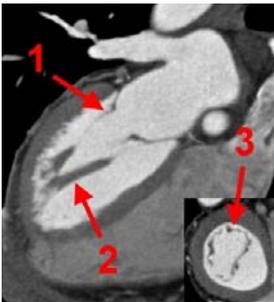


Bild 5:

