

Linksventrikuläre Funktionsbestimmung mittels Subtraktions-Angiographie bei Patienten in Ruhe und unter ergometrischer Belastung

Birchler, B. (Zürich), Niederer, P., Anllker, M.

Institut für Biomedizinische Technik der Universität und ETH Zürich,
Moussonstr. 18, CH-8044 Zürich

Die digitale Subtraktionsangiographie (DSA) bildet eine weniginvasive Alternative zur konventionellen linksventrikulären Angiokardiographie (LVA) zur Bestimmung der volumetrischen Funktion der linken Herzkammer. Durch intravenöse Injektion des Röntgenkontrastmittels kann das Risiko der Untersuchung auf ein Minimum gesenkt werden. Ausserdem kann sie ambulant durchgeführt werden.

Bisherige Studien bestätigen, dass die Bildqualität durch die Bildsubtraktion und digitale Kontrastverstärkung ein ähnlich hohes Niveau erreicht wie bei der konventionellen Angiokardiographie. Allerdings sind praktisch alle Studien mit Patienten in Ruhe durchgeführt worden /1..4/. Nur wenige Arbeiten beschäftigen sich mit Patienten unter körperlicher Belastung. Eine umfassende Validierungsstudie wurde für diese Patienten jedoch nicht gemacht. Bei Patienten mit koronarer Herzkrankheit ist es aber von Bedeutung, die Untersuchung auch unter ergometrischer Belastung durchführen zu können, weil Durchblutungsdefekte des Herzmuskels unter diesen Bedingungen als Wandbewegungsstörungen besonders gut sichtbar werden.

Methoden

Um trotz der erhöhten Herzfrequenz unter ergometrischer Belastung eine gute Bildqualität zu erreichen, wurden die Röntgenaufnahmen mit 50 Bildern/s auf 35 mm-Cinefilm aufgezeichnet, und anschliessend mittels eines hochauflösenden Bildzerlegers digitalisiert. Diese Methode gewährleistet eine genügend hohe zeitliche und räumliche Auflösung für kardiologische Untersuchungen. Diese wird mit konventionellem Röntgenfernsehen in vielen Fällen nicht erreicht. Insbesondere ist die zeitliche Auflösung bei 25 TV-Bildern/s für eine exakte Identifikation der einzelnen Herzzyklusphasen bei der belastungsbedingt höheren Pulsfrequenz ungenügend. Ausserdem kann das Nachleuchten der TV-Röhren zu einer erheblichen Kontrastschwächung bei schnell bewegten Objekten (z.B. Herzwand unter Belastung) führen /5/.

Beim üblichen DSA-Verfahren wird ein vor der Injektion des Kontrastmittels aufgenommenes Bild (Maske) vom Füllbild subtrahiert (MMS-Methode). Dies bedingt eine bis 15 Sekunden dauernde Atempause des Patienten, um Bildstörungen im Subtraktionsbild durch die Thoraxbewegung zu vermeiden. Bei Patienten unter Belastung kann die lange Atempause nicht von allen Patienten eingehalten werden, weshalb die MMS-Methode häufig eine ungenügende Bildqualität ergibt.

Bei einer zweiten Subtraktionsmethode (TID=time interval difference) werden zwei kurz aufeinanderfolgende Bilder subtrahiert. Dadurch werden nur schnell bewegte Objekte wie das Myokard sichtbar und die langsame Atembewegung stört kaum. Allerdings erzeugen die für die Untersuchung interessierenden hypokinetischen oder akinetischen Wandabschnitte keinen Kontrast, weshalb sich diese Methode für Patienten mit koronarer Herzkrankheit unter körperlicher Belastung kaum eignet.

Um die Vorteile beider Subtraktionsmethoden zu nutzen, wurde eine Prozedur entwickelt, welche die Information beider Methoden zur Konturbestimmung kombiniert. Mittels Lichtgriffel werden auf dem Bildschirm gut sichtbare Wandabschnitte zuerst im TID-Bild eingezeichnet, worauf diese in das MMS-Bild eingeblendet werden, wo die Kontur interaktiv vervollständig werden kann.

Untersuchung

Bei 20 Patienten in Ruhe und 10 Patienten unter ergometrischer Belastung wurde nach der konventionellen Angiokardiographie zusätzlich eine Untersuchung mit intravenöser Injektion des Kontrastmittels durchgeführt. Beide Bildsequenzen wurden in rechtsschräger Projektion mit 50 Bildern/s auf Cinefilm aufgezeichnet. Parallel dazu wurde das EKG mit Bildsynchronisationspulsen mitgeschrieben, um die einzelnen Herzphasen auf dem Film zu identifizieren. Nach der digitalen Verarbeitung wurden Herzkonturen von zwei Kardiologen bestimmt und das enddiastolische, das endsystolische Volumen (VED, VES) und die Auswurfraction (EF) für die globale Funktion, und die Flächenreduktion von 6 Sektoren (regionale Auswurfraction = REF) für die regionale Funktion bestimmt.

Resultate

Die berechneten Daten der linksventrikulären Funktion für die DSA wurden mit den Ergebnissen der konventionellen Angiographie mittels linearer Regression verglichen.

In Tab. 1 sind die Resultate eines Auswerters für die globale Funktion zusammengefasst. In Ruhe zeigen alle drei Methoden etwa gleich gute Resultate, unter Belastung zeigt die TID-Methode aber deutlich niedrigere Korrelationskoeffizienten und höhere Fehler als die MMS- und MMS + TID-Methode. Das gleiche gilt für die regionale Funktion (Tab. 2), wo die MMS + TID-Methode die besten Resultate zeigt.

Diskussion

Die globale Funktion kann mit der MMS-Methode sowohl in Ruhe als auch unter Belastung mit genügender Genauigkeit bestimmt werden. Die Fehler (SEE) liegen im Bereich von 10-15% und die Korrelationskoeffizienten sind durchwegs grösser als 0.9. Die TID-Methode zeigte die schlechtesten Ergebnisse unter Belastung, weil die meisten Patienten unter koronarer Herzkrankheit litten, was wegen akinetischen Regionen nur unvollständige Konturen zur Folge hatte. Für die globale Funktion ist die MMS + TID-Methode der MMS-Methode nicht überlegen, obwohl gemäss den Auswertern damit eine komfortablere und sicherere Konturbestimmung möglich war, besonders wenn das MMS-Bild durch Atemartefakte schwierig zu interpretieren war.

Bei der globalen Funktion wird jeweils die gesamte Kontur verarbeitet, weshalb sich Ungenauigkeiten bei deren Bestimmung ausgleichen können. Bei der regionalen Funktion, wo nur kurze Konturabschnitte für die Berechnung verwendet werden, wirken sich Ungenauigkeiten stärker aus und der Fehler bei der regionalen Auswurffraktion ist demgemäss grösser. Hier ist nun die MMS+TID-Methode den beiden anderen Verfahren überlegen, besonders unter Belastung.

Ruhe: (n=120)	MMS	TID	MMS+TID
r	.63	.58	.78
SEE	39	33	31
Last: (n=60)			
r	.57	.39	.71
SEE	53	59	35

Tab. 2: Resultate für die regionale Funktion (REF) beim Vergleich DSA/LVA mittels linearer Regression. Legende siehe Tab. 1.

Ruhe: (n=20)	MMS	TID	MMS+TID
VED r	.91	.90	.92
SEE	10	11	10
VES r	.98	.95	.98
SEE	13	20	11
EF r	.92	.91	.96
SEE	12	12	8
Last: (n=10)			
VED r	.92	.81	.93
SEE	9	13	8
VES r	.94	.86	.95
SEE	15	20	13
EF r	.93	.79	.92
SEE	11	20	13

- (1) Felix R, Eichstaed H, Kempfer H et al.
A comparison of conventional contrast ventriculography and digital subtraction ventriculography.
Clin Cardiol 1983; 6: 265-276
- (2) Kronenberg HW, Price RR, Smith CW et al.
Evaluation of left ventricular performance using digital subtraction angiography.
Am J Cardiol 1983; 51: 837-842
- (3) Lauber A, Fischbach T, Jehle J et al.
Digital subtraction angiocardiology: accuracy of determination of left ventricular volumes using intravenous injection of contrast medium.
Z. Kardiol. 1983; 72: 262-267
- (4) Nichols AB, Martin EC, Fles TP et al.
Validation of the angiographic accuracy of digital left ventriculography.
Am J Cardiol 1983; 51: 224-230
- (5) Kliegis U, Vanselow K, Schaefer J
Der Einfluss des Übertragungsverhaltens von Videoangiographiesystemen auf die Qualität der Befundung.
Biomed.Tech. 1981; 26: 69-70

Tab. 1: Resultate für die globale Funktion beim Vergleich DSA/LVA mittels linearer Regression.

r = Korrelationskoeffizient
SEE = mittlere Abweichung von der Regressionsgeraden in % des Datenmittelwertes