

# Resultados da utilização rotineira de catéteres 4F no cateterismo diagnóstico num laboratório de hemodinâmica [106]

CAROLINA LOURENÇO<sup>1</sup>, NATÁLIA ANTÓNIO<sup>1</sup>, LUÍS SANTOS<sup>2</sup>, ROGÉRIO TEIXEIRA<sup>1</sup>, SUSANA COSTA<sup>1</sup>, VÍTOR MATOS<sup>1</sup>, JOÃO CALISTO<sup>1</sup>, HENRIQUE FARIA<sup>1</sup>, LINO GONÇALVES<sup>1</sup>, LUÍS A. PROVIDÊNCIA\*

<sup>1</sup>Serviço de Cardiologia e Clínica Universitária de Cardiologia – Faculdade de Medicina e Hospitais da Universidade de Coimbra, E.P.E.; Coimbra, Portugal

<sup>2</sup>Hospital Infante D. Pedro, E.P.E., Aveiro, Portugal

**Rev Port Cardiol 2009; 28 (12): 1377-1392**

## RESUMO

*Introdução:* As complicações do local de acesso vascular constituem os efeitos adversos mais comuns associados à cateterização cardíaca. O uso de catéteres de pequeno diâmetro pode reduzir este risco e permitir deambulação mais precoce, sendo a sua principal limitação, segundo alguns autores, a qualidade inferior da imagem. O objectivo do nosso estudo foi o de avaliar a segurança e a qualidade de imagem dos catéteres de diagnóstico 4 French.

*Métodos:* Realizámos um estudo retrospectivo envolvendo 1656 doentes submetidos a cateterização cardíaca diagnóstica através do uso de catéteres 4F pela via femoral entre Janeiro de 2006 e Dezembro de 2007, nos quais analisámos as complicações ocorridas durante e imediatamente após o procedimento. Foi avaliada a qualidade de imagem dos filmes de um subgrupo de 125 doentes consecutivos, no qual também efectuámos um seguimento clínico em média um mês após a alta hospitalar. *Resultados:* A cateterização cardíaca através do uso de catéteres 4F foi tecnicamente possível em todos os casos. Os doentes iniciaram deambulação e tiveram alta hospitalar em média, respectivamente, quatro e seis horas após o cateterismo. Verificámos que a ocorrência

## ABSTRACT

### Results of the routine use of 4F catheters for diagnostic catheterization in a cath lab

*Introduction:* Complications at the site of vascular access are the most common adverse events in cardiac catheterization. The use of small gauge catheters may reduce this risk and allow earlier ambulation, the main disadvantage according to some authors being inferior image quality. The aim of our study was to evaluate the safety and image quality of 4 French diagnostic catheters.

*Methods:* We performed a retrospective study of 1656 patients who underwent diagnostic cardiac catheterization with 4F catheters via the femoral artery between January 2006 and December 2007, and analyzed the complications during and immediately after the procedure. The quality of the films was assessed in 125 consecutive patients from this group, who were also followed up on average one month after hospital discharge.

*Results:* Cardiac catheterization with 4F catheters was technically possible in all cases. Patients were able to ambulate and were discharged from hospital on average four and six hours respectively after the procedure. Complications during or immediately

de complicações durante ou logo após o procedimento foi de 5,8% na população total. No subgrupo no qual foi efectuado o seguimento clínico, registámos a ocorrência de hemorragias *minor* no local de acesso vascular em 16,4% e de hematoma em 14,4% dos casos, sendo que destes apenas um doente apresentou hematoma *major* com necessidade de medidas terapêuticas específicas. Não foram registadas outras complicações *major*, sendo que a retoma da actividade ocorreu em média 7 dias após a alta hospitalar. A análise da imagem revelou que a maioria dos filmes foi de boa qualidade.

**Conclusão:** O uso de catéteres 4F para cateterização cardíaca diagnóstica por via femoral possibilita uma rápida hemostase e deambulação precoce, com uma baixa taxa de complicações associadas ao local de acesso vascular. Este tipo de catéteres permitiu a obtenção de imagens de boa qualidade e não levantou problemas de manuseamento entre os operadores. Os catéteres 4F são uma boa opção a considerar para a realização de cateterismos cardíacos, especialmente quando não estão previstos procedimentos terapêuticos.

**Palavras chave:**

Cateterismo cardíaco; Catéteres 4F; Qualidade de imagem; Complicações

after the procedure occurred in 5.8% of cases. In the subgroup with clinical follow-up, there was minor bleeding at the access site in 16.4% and hematoma in 14.4%; in the latter group, only one patient had major hematoma requiring therapeutic intervention. No other major complications were recorded and the patients resumed their daily activities on average 7 days after discharge. Image analysis revealed that most of the films were of good quality.

**Conclusion:** The use of 4F catheters for diagnostic cardiac catheterization via the femoral approach enables rapid hemostasis and early ambulation, with a low incidence of complications at the access site. This type of catheter provides good quality images and there were no problems in their handling. 4F catheters are therefore a good option to consider for cardiac catheterization, especially when no therapeutic procedures are expected.

**Key words**

Cardiac catheterization; 4F catheters; Image quality; Complications

## INTRODUÇÃO

Após a primeira cateterização cardíaca realizada por Werner Forssmann em 1929<sup>(1)</sup>, este procedimento foi alvo de evolução crescente, sendo actualmente um método generalizado para o estudo de grande parte das patologias do foro cardiovascular. Trata-se de um meio diagnóstico e terapêutico que tem tido avanços notáveis, particularmente nos últimos anos. Com o envelhecimento da população, a incidência crescente de patologia cardiovascular e progressivos avanços técnicos neste campo, será de esperar que as indicações do mesmo se venham a expandir no

## INTRODUCTION

Following the first cardiac catheterization performed by Werner Forssmann in 1929<sup>(1)</sup>, the procedure has been progressively developed until it is now a widespread diagnostic and therapeutic method used in the study of most cardiovascular diseases. It has seen notable advances in recent years, for which the indications are expected to broaden in the future with ageing populations and hence an increasing incidence of cardiovascular disease. The technique's main limitations are its high cost and not insignificant morbidity. Patients may suffer discomfort and restricted

futuro. As principais limitações inerentes a este método são o seu elevado custo e a sua não negligenciável morbidade. O procedimento condiciona por vezes desconforto e limitação funcional no período subsequente, eminentemente por problemas relacionados com o local de acesso vascular. Complicações vasculares *minor* foram descritas numa percentagem que ronda os 5-15%, enquanto que as *major* surgem em 0,1-0,2% dos casos<sup>(2)</sup>, interferindo com a deambulação e alta precoces, custos e qualidade de vida pós-procedimento<sup>(3,4)</sup>.

A cateterização cardíaca tem sido efectuada por rotina e de forma regular em regime de ambulatório na maioria dos centros<sup>(5)</sup> e a evolução das técnicas tem incluído medidas no sentido do aumento da segurança e da minimização das taxas das complicações e desconforto associados, visando o encurtamento do tempo de hospitalização e diminuição da morbidade e custos<sup>(2,5-7)</sup>. Vários métodos têm vindo a ser desenvolvidos nesse sentido, tais como o uso de catéteres de menor calibre, protocolos de deambulação precoce e uso de sistemas de encerramento<sup>(2)</sup>.

Estudos iniciais com o uso de catéteres de pequeno calibre revelaram-se desencorajadores ao demonstrarem uma diminuição da qualidade de imagem angiográfica, bem como maior dificuldade na estabilização do catéter durante a injeção de contraste<sup>(2,4-6)</sup>. Foram também referidos uma maior dificuldade em atingir o *ostium* coronário e tempos de fluoroscopia mais prolongados<sup>(3)</sup>. Estudos subsequentes vieram entretanto desmistificar essa ideia, mostrando que o uso de catéteres 4F permite a obtenção de imagens de boa qualidade, com a vantagem adicional da deambulação mais precoce quando comparados com catéteres de maior calibre<sup>(3,5-12)</sup>. O uso de equipamento de imagem e de catéteres de melhor qualidade possibilitou a realização de procedimentos diagnósticos e terapêuticos de forma rotineira com catéteres de pequeno diâmetro<sup>(3,7,9)</sup>.

Dado que a controvérsia ainda persiste no que diz respeito aos aspectos referidos anteriormente e dado que os catéteres de pequeno calibre não são ainda usados em grande parte

function after the procedure, mainly due to problems related to the vascular access site. Minor vascular complications following the procedure have been reported in 5-15%, with major complications in 0.1-0.2% of cases<sup>(2)</sup> which hinder early ambulation and discharge, increase costs and affect patients' quality of life<sup>(3,4)</sup>.

Cardiac catheterization is routinely performed as a outpatient procedure in most centers (5). Technical advances have included measures to increase safety and minimize associated complications and discomfort, with a view to reducing length of hospital stay, morbidity and costs<sup>(2, 5-7)</sup>. Various methods have been developed, such as smaller gauge catheters, early ambulation protocols and vascular closure devices<sup>(2)</sup>.

Initial studies with small gauge catheters were disappointing since they resulted in reduced angiographic image quality, as well as greater difficulty in stabilizing the catheter during contrast injection<sup>(2, 4, 6)</sup>. Problems were also reported in reaching the coronary ostia, as well as longer fluoroscopy times<sup>(3)</sup>. However, subsequent studies shed more light on the subject, showing that 4 French catheters could provide good quality images, with the added advantage of earlier ambulation compared to larger gauge catheters<sup>(3, 5-12)</sup>. More advanced imaging equipment and higher quality catheters have enabled diagnostic and therapeutic procedures to be performed routinely with small gauge catheters<sup>(3, 7, 9)</sup>.

However, since the debate on the subject continues and small gauge catheters are still not used in most cath labs, we decided to analyze our center's experience of using 4F catheters via a femoral approach, focusing on the technique's practical usefulness and safety. Our study had two main aims: 1) to evaluate angiographic image quality; and 2) to assess the safety and complications associated with the procedure. We performed a retrospective analysis of complications, including those related to the puncture site, during and immediately after the procedure. Image quality was assessed in a subgroup of patients, who were also followed up to determine the occurrence of complications following hospital discharge.

dos laboratórios de hemodinâmica, procedemos a uma análise da experiência do nosso centro com o uso de catéteres 4F pela via femoral, focando os aspectos da utilidade prática e segurança da técnica. O nosso estudo teve dois principais objetivos: 1 – avaliação da qualidade de imagem angiográfica; 2 – avaliação da segurança e taxa de complicações associadas ao procedimento. Foi realizado um estudo retrospectivo com avaliação das complicações, incluindo as associadas ao local de punção, durante e logo após o procedimento. Foi avaliada a qualidade de imagem num subgrupo destes doentes e posteriormente efectuado um seguimento clínico no mesmo grupo no intuito da avaliação da ocorrência de complicações após a alta hospitalar.

### Material e métodos

Trata-se de um estudo observacional, longitudinal, retrospectivo incluindo 1656 doentes de um total de 2691 doentes de ambos os sexos, com idade superior a 18 anos, que consecutivamente realizaram cateterismo cardíaco através do uso de catéteres 4Fs num único laboratório de hemodinâmica, entre Janeiro de 2006 e Dezembro de 2007. Foram incluídos doentes que realizaram cateterismo diagnóstico, tendo sido excluídos os 1035 doentes (38,5%) que iniciaram o estudo com catéteres 4F e que necessitaram do uso de um segundo tipo de catéter para realização de intervenção coronária percutânea ou outro tipo de procedimento. Pelo facto dos catéteres 4F estarem já aprovados para uso clínico e serem usados por rotina no nosso laboratório de hemodinâmica, não foi necessário obter consentimento informado específico por parte dos doentes, para além do que se obtém para a realização do cateterismo. Os doentes que realizaram cateterismo programado foram internados na véspera do mesmo, tendo sido a anticoagulação oral previamente descontinuada. Todos os estudos angiográficos foram realizados por hemodinamistas treinados e experientes no procedimento e o sucesso do procedimento foi definido como a possibilidade de completar todos os componentes planeados para o local de acesso escolhido sem neces-

### METHODS

This was an observational, longitudinal, retrospective study of 1656 patients out of a total of 2691, of both sexes and aged over 18 years, who consecutively underwent cardiac catheterization using 4F catheters in a single cath lab, between January 2006 and December 2007. All patients undergoing diagnostic catheterization were included, with the exclusion of 1035 (38.5%) in whom the study was begun with 4F catheters but who required a second type of catheter for percutaneous coronary interventions or other procedures. Since 4F catheters are approved for clinical use and are routinely used in our laboratory, it was not necessary to obtain specific consent from the patients other than that required for catheterization. Patients scheduled for catheterization were admitted the evening before, oral anticoagulants having been previously discontinued. All angiographic studies were performed by trained staff experienced in the procedure, and success was defined as completion of all planned components of the exam via the chosen access site with no need to switch to a different approach.

A local anesthetic was administered and the Seldinger technique was used to puncture the right femoral artery with an 18 G needle and insert a 0.038 guidewire to introduce the hemostatic sheath. Procedure time was defined as the time between the administration of local anesthetic for arterial puncture and the removal of the introducer sheath. Images were recorded of the left coronary artery in five views: anteroposterior, right anterior oblique cranial, right anterior oblique caudal, left anterior oblique cranial and left anterior oblique caudal. The right coronary artery was acquired in the standard views: left anterior oblique, right anterior oblique and anterior cranial. Left ventriculography was also performed in most patients. Injection of contrast was carried out manually, using a low-osmolar contrast medium. The femoral introducer was removed immediately after angiography and hemostasis was achieved in

cidade de passar para outra estratégia de acesso.

Após anestesia local, foi usado o método de Seldinger para puncionar a artéria femoral direita com uma agulha de 18 G e um fio guia (0.038) para introduzir a bainha hemostática dos catéteres. O tempo de procedimento foi definido como o intervalo entre a administração de anestesia local para a punção arterial e a remoção do introdutor. Foram registadas imagens da artéria coronária esquerda em 5 planos: antero-posterior, oblíqua anterior direita cranial, oblíqua anterior direita caudal, oblíqua anterior esquerda cranial e oblíqua anterior esquerda caudal. A artéria coronária direita foi captada nos planos *standard*: oblíqua anterior esquerda, oblíqua anterior direita e anterior cranial. Foi também realizada ventriculografia esquerda na maioria dos doentes. A injeção de contraste foi efectuada manualmente e o meio de contraste usado foi de baixa osmolalidade. O introdutor femoral foi removido imediatamente após a realização da angiografia e a hemostase foi obtida na maioria dos doentes através de compressão externa manual. Após a remoção deste dispositivo, um penso compressivo foi colocado no local de punção durante 4 horas. Após esse período os doentes iniciaram deambulação e tiveram alta, após ter sido excluída a ocorrência e complicações *major*.

Procedeu-se à análise de uma base de dados com registos padronizados, efectuados previamente ao procedimento e que incluem: dados demográficos, presença de factores de risco cardiovascular, dados laboratoriais como hemograma e provas de coagulação, diagnóstico que motivou a realização do mesmo e tempos de procedimento, de fluoroscopia e de compressão. Foram igualmente registadas todas as complicações ocorridas durante o procedimento, imediatamente após e até ao momento da alta hospitalar. Foram pesquisadas, entre outras, as ocorrências de hemorragia *major* (definida como hemorragia requerendo transfusão sanguínea ou que causou instabilidade hemodinâmica) e hemorragia *minor* (hemorragia que requereu compressão mas que não preenche os critérios anterior-

most patients by means of external manual compression. Following removal of the device, a compression bandage was placed over the puncture site for four hours, after which patients were ambulated and then discharged if there were no major complications.

We then analyzed standardized data recorded prior to the procedure, which included demographic characteristics, presence of cardiovascular risk factors, laboratory results including hemoglobin and coagulation times, diagnosis indicating catheterization, and procedure, fluoroscopy and compression times. All complications occurring during and immediately after the procedure and up to hospital discharge were also recorded. These included major bleeding (defined as requiring blood transfusion or causing hemodynamic instability) and minor bleeding (requiring compression but not meeting the above criteria); hematoma (defined as measurable subcutaneous swelling at the vascular access site), in turn classified as minor (largest diameter <2.5 cm), moderate (largest diameter 2.5-5.0 cm) or major (largest diameter >5.0 cm)<sup>(13)</sup>; ecchymosis (defined as localized extravasation into superficial skin layers with no subcutaneous swelling); limb ischemia requiring revascularization; and formation of pseudoaneurysms or arteriovenous fistulas. Major vascular complications were defined as bleeding requiring blood transfusion, limb ischemia requiring revascularization and pseudoaneurysms requiring treatment.

A subgroup of 125 consecutive patients were followed up on average one month after hospital discharge, by telephone or in person. Complications (hematoma, ecchymosis or bleeding at the access site) and the date of occurrence were recorded, as was the time to resumption of the patient's normal activities or rehospitalization for cardiovascular cause.

### Statistical analysis

An analysis was performed of the total population of patients who underwent cardiac catheterization with 4F catheters. Continuous variables are expressed as means  $\pm$  standard deviation and categorical variables as relative

mente referidos); hematoma (definido como qualquer endurecimento subcutâneo mensurável no local de acesso vascular), sendo que a extensão do hematoma foi definida da seguinte forma: hematoma *minor* (maior diâmetro <2.5 cm), hematoma moderado (maior diâmetro entre 2.5-5.0 cm) e hematoma *major* (maior diâmetro >5,0 cm)<sup>(13)</sup>; formação de equimose (definida como infiltração hemática localizada aos tecidos cutâneos superficiais sem a presença do referido endurecimento subcutâneo); ocorrência de isquemia do membro com necessidade de revascularização, formação de pseudoaneurismas ou de fístulas arteriovenosas. Complicações vasculares *major* foram definidas pela presença de hemorragia requerendo transfusão sanguínea, ocorrência de isquemia do membro com necessidade de revascularização ou formação de pseudoaneurismas que requereram tratamento.

Um subgrupo de 125 doentes consecutivos foi alvo de um seguimento clínico realizado telefonicamente ou presencialmente em média 1 mês após a alta hospitalar. Foi avaliada e datada a ocorrência de complicações (hematoma, equimose ou hemorragia no local de acesso vascular), tempo decorrido até à retoma da actividade habitual e reinternamento por motivos de patologia cardiovascular.

### **Análise estatística**

Foi efectuada uma caracterização da população total de doentes que efectuaram cateterização cardíaca através de catéteres 4F. As variáveis contínuas são apresentadas como média  $\pm$  desvio padrão, sendo que as variáveis categóricas são expressas em frequências relativas. Foi usada análise multivariada para determinar preditores de complicações na população total. Nesta análise foram incluídas as seguintes variáveis: sexo, idade, tipo de admissão, tabagismo, hipertensão arterial, hipercolesterolemia, diabetes, *stress/sedentarismo*, obesidade, tipo de compressão, uso de heparina, duração de internamento, fracção de ejeção do ventrículo esquerdo, duração do procedimento, tempo de trombolítico parcial activado, INR e hemoglobina.

frequências. Multivariate analysis was used to determine predictors of complications in the overall population, including the following variables: gender, age, mode of admission, smoking, hypertension, hypercholesterolemia, diabetes, stress/sedentary lifestyle, obesity, type of compression, use of heparin, length of hospital stay, left ventricular ejection fraction, procedure time, activated partial thromboplastin time, INR and hemoglobin.

### **Analysis of image quality**

Image quality was analyzed by a single observer, who was unaware of the patients' characteristics and procedure details, based on observation of a digital recording of the coronary angiograms. The first three sequences of the left coronary artery, and the first two of the right coronary artery, were used for qualitative assessment.

Angiographic quality was classified as follows<sup>(6)</sup>: Grade 1 – poor (non-diagnostic), with incomplete systolic-diastolic filling of the coronaries, poor definition of outlines, inability to estimate stenosis; Grade 2 – acceptable, with adequate filling of the coronary tree, although more than one image required for complete visualization; Grade 3 – optimal, with complete filling in a single image in diastole.

Left ventricular angiograms were classified in a similar manner. Excellent quality was defined as the ability to calculate ejection fraction and identify the ventricular walls in both diastole and systole.

## **RESULTS**

### **Study population**

After exclusion of those in whom other types of catheter were used, the total number of patients who underwent catheterization with 4F catheters during the period under analysis was 1656, of whom 1120 (67.6%) were male and mean age was 63.9 $\pm$ 10.9 years. The procedure was scheduled in 1232 (74.4%) and performed urgently in 424 (25.6%), all of whom underwent diagnostic

## Análise da qualidade de imagem e do procedimento

A qualidade de imagem foi analisada por um único observador que desconhecia os dados dos doentes envolvidos, bem como os detalhes do procedimento e que procedeu à observação de coronariografias *a posteriori*, gravadas em sistema digital. As primeiras três sequências da artéria coronária esquerda e as duas primeiras da direita, foram usadas para a classificação qualitativa.

A qualidade da angiografia foi avaliada de acordo com a seguinte classificação<sup>(6)</sup>: Grau 1 – Má qualidade (equivalente a não-diagnóstico) - preenchimento sisto-diastólico incompleto das coronárias; má definição dos contornos; incapacidade de estimar estenose; Grau 2 – qualidade regular, com enchimento suficiente da árvore coronária, apesar de ser necessário mais de um fotograma para a visualização completa; Grau 3 – ótima qualidade, na qual o enchimento foi completo num único fotograma em diástole.

Os angiogramas ventriculares esquerdos foram classificados de forma semelhante. Ótima qualidade foi definida pela possibilidade de digitalização da fracção de ejeção do ventrículo esquerdo e de identificação das paredes ventriculares tanto na diástole como na sístole.

## RESULTADOS

### População em estudo

Do total dos doentes que efectuaram cateterismo neste período, e após exclusão dos doentes nos quais foram usados outro tipo de cateteres, 1656 doentes participaram no estudo, dos quais 1120 (67,6%) eram do sexo masculino, sendo a média etária de  $63,9 \pm 10,9$  anos. Do total, 1232 (74,4%) realizaram cateterismo programado e 424 (25,6%) efectuaram-no em contexto de urgência. Todos os doentes realizaram apenas cateterismo diagnóstico. A caracterização da população total no que diz respeito a dados demográficos, factores de risco cardiovascular, valores médios de hemoglobina e principais tempos de coagulação no dia do internamento e procedimen-

cateterization only. The characteristics of the total population, including demographic data, cardiovascular risk factors, mean hemoglobin values and main coagulation times on the day of hospitalization and the procedures performed, are shown in *Table I*, and diagnoses at discharge are listed in *Table II*.

*Table I.* General characteristics of the study population and procedures

<b>Total no. of patients</b>	1656
<b>Demographic data</b>	
Male (%)	67.6
Mean age (years) ( $\pm$ SD)	$63.9 \pm 10.9$
BMI ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ) ( $\pm$ SD)	$28.0 \pm 4.1$
<b>Cardiovascular risk factors (%)</b>	
Type 2 diabetes	22.1
Hypertension	57.8
Dyslipidemia	44.3
Smoking	19.7
Stress/sedentary lifestyle	7.7
<b>Coagulation times and hemoglobin</b>	
Hemoglobin (g/dl)	$13.6 \pm 1.5$
aPTT (sec)	$28.9 \pm 6.2$
INR	$1.1 \pm 0.2$
<b>Procedures (%)</b>	
Coronary angiography	98.8
Left catheterization	98.1
Left ventriculography	94.3
Aortography	23.6
Carotid angiography	26.2

aPTT: activated partial thromboplastin time; BMI: body mass index; INR: international normalized ratio; SD: standard deviation

*Table II.* Diagnostics at discharge

	(%) of total population
Stable coronary disease	28.6
Unstable angina	5.8
Non-ST elevation MI	5.7
ST-elevation MI	0.7
No coronary lesions	47.3
Valve disease	6.5
Cardiomyopathy	2.8
Aortic disease	1.9
Congenital heart disease	0.3
Other	0.4

MI: myocardial infarction

Mean procedure time was  $17.2 \pm 9.3$  minutes, with a mean fluoroscopy time of  $234.0 \pm 211.0$  seconds. Unfractionated heparin was used during the procedure in 772 patients (46.6%), at a median dose of 2500 U. Compression was effected using a percutaneous closure device in only 24 patients (1.6%), manual compression achieving hemostasis in the remainder. The median duration

tos efectuados, está descriminada na *tabela I*, estando os diagnósticos efectuados à data da alta enumerados na *tabela II*.

*Tabela I* - Características gerais da população em estudo e procedimentos realizados

<b>N.º total Doentes</b>	1656
<b>Dados Demográficos</b>	
Sexo Masculino (%)	67,6
Idade média (anos (DP))	63,9 ± 10,9
IMC (kg/m <sup>2</sup> (DP))	28,0 ± 4,1
<b>Factores Risco Cardiovascular (%)</b>	
Diabetes tipo 2	22,1
Hipertensão arterial	57,8
Dislipidémia	44,3
Tabagismo	19,7
Stress/Sedentarismo	7,7
<b>Tempos de coagulação e hemoglobina</b>	
Hemoglobina (g/dl)	13,6 ± 1,5
TTPA (seg.)	28,9 ± 6,2
INR	1,1 ± 0,2
<b>Procedimentos (%)</b>	
Coronariografia	98,8
Cateterismo esquerdo	98,1
Cateterismo direito	1,6
Ventriculografia esquerda	94,3
Aortografia	23,6
Angiografia carotídea	26,2

IMC - índice de massa corporal; TTPA - tempo de tromboplastina parcial activado; INR - relação normalizada internacional; DP - desvio padrão

*Tabela II* - Diagnósticos à data da alta

	População total (%)
Doença coronária estável	28,6
Angina instável	5,8
Enfarte sem supra de ST	5,7
Enfarte com supra de ST	0,7
Coronárias sem lesões	47,3
Valvulopatias	6,5
Miocardopatias	2,8
Doenças da aorta	1,9
Cardiopatias congénitas	0,3
Outros	0,4

A duração média do procedimento foi de 17,2 ± 9,3 minutos, sendo que o tempo médio de fluoroscopia foi de 234,0 ± 211,0 segundos. Setecentos e setenta e dois doentes (46,6%) efectuaram tratamento com heparina não fraccionada durante o procedimento, sendo que a dose mediana utilizada foi de 2500 U. O tipo de compressão utilizado foi por meio de sistema de encerramento percutâneo em apenas 24 doentes (1,6%), tendo os restantes obtido hemostase por meio de compressão manual. Quanto à duração do internamento, verifica-se que teve um valor mediano

de hospitalization was 1.1 (1.0-1.4) days. In the subgroup who were followed up, median procedure and compression times were respectively 18.0 (13.0-25.0) and 8.0 (6.0-10.0) minutes. The median time between the end of the procedure and hospital discharge was 6.0 (6.0-13.1) hours.

### Complications

Complications occurred during or immediately after the procedure in 96 patients of the total population (5.8%), as shown in *Table III*.

There was no episode of major bleeding, occlusion or dissection of the coronary arteries, stroke, myocardial infarction or cardiac tamponade.

*Table III*. Complications during or immediately after procedure (%)

Minor hematoma	3.1	Hypotension	0.7
Major hematoma	0.4	Bradycardia	0.8
Minor bleeding	0.1	Cardiac arrest	0.3
Allergic reaction	0.5	Respiratory arrest	0.1
Vagal reaction	0.2	Death	0.1

The complications that occurred during the one-month follow-up of 125 patients are shown in *Table IV*. Those related to the vascular access site resolved spontaneously with no need for intervention, with the exception of one case of major hematoma that required drainage during hospitalization. There were no cases of pseudoaneurysm, major bleeding or other complications. Most patients (76.4%) reported no symptoms. Symptoms suggestive of angina were reported in 7.2% and of heart failure in 4.5%. The remainder reported atypical chest pain (2.7%) and non-cardiovascular symptoms. No patient complained of pain at the access site. Eighty-four percent of patients had resumed their normal activities, the median time to resumption being 7.0 (3.0-10.0) days.

Bivariate analysis showed that the use of heparin and longer hospital stays were associated with complications, but that obesity was less common in patients with complications.

Multivariate analysis revealed that use of unfractionated heparin and hemoglobin <10



de 1,1 (1,0-1,4) dias. Na subpopulação em que foi efectuado seguimento clínico, foram registados tempos medianos de duração do procedimento e de compressão respectivamente de 18,0 (13,0- 25,0) e de 8,0 (6,0-10,0) minutos. A mediana do tempo que decorreu entre o final do procedimento e a alta hospitalar foi de 6,0 (6,0-13,1) horas.

### Análise das complicações

Ocorreram complicações durante ou imediatamente após a realização do procedimento em 96 doentes (5,8%) da população total, estando os diversos tipos de complicações descritos na *tabela III*.

*Tabela III* - Complicações ocorridas durante ou imediatamente após o procedimento (%)

Hematoma <i>minor</i>	3,1	Hipotensão	0,7
Hematoma <i>major</i>	0,4	Bradycardia	0,8
Hemorragia <i>minor</i>	0,1	Paragem cardíaca	0,3
Reacção alérgica	0,5	Paragem respiratória	0,3
Reacção vagal	0,2	Morte	0,1

Não se registou nenhum episódio de hemorragia *major*, oclusão ou dissecação de artérias coronárias, acidente vascular cerebral, enfarte agudo do miocárdio ou tamponamento cardíaco.

As complicações ocorridas durante o mês de seguimento no subgrupo de 125 doentes estão descritas na *tabela IV*. As complicações relacionadas com o acesso vascular tiveram resolução espontânea sem necessidade de intervenção, à excepção de um hematoma *major* que teve necessidade de drenagem durante o internamento. Não foi registada a ocorrência de pseudoaneurismas, de hemorra-

*Tabela IV* - Complicações ocorridas no subgrupo de seguimento

Hematoma	14,4
Hematoma <i>minor</i>	5,6
Hematoma moderado	4,8
Hematoma <i>major</i>	4,0
Hematoma com necessidade de drenagem	0,8
Equimose	54,5
Hemorragia <i>minor</i>	16,4
Reinternamento de causa cardiovascular	0,8
Morte de causa cardiovascular	0,8

*Table IV* - Complications during subgroup follow-up

Hematoma (%)	14.4
Minor (%)	5.6
Moderate (%)	4.8
Major (%)	4.0
Hematoma requiring drainage (%)	0.8
Ecchymosis (%)	54.5
Minor bleeding (%)	16.4
Rehospitalization for cardiovascular cause (%)	0.8
Death from cardiovascular cause (%)	0.8

g/dl were independent predictors of complications (*Table V*).

### Image quality

Good quality images were obtained in most of the 125 films analyzed, with only eight being classified as “acceptable”, and none being considered “poor” (*Table VI*). Figures 1 and 2 show images from left coronary angiography and left ventriculography respectively, from one of the films in the subgroup that was followed up.

## DISCUSSION

Advances in cardiac catheterization techniques in recent years have included ways of reducing complications at the vascular access site and the time to ambulation. The main developments have been in four areas: use of progressively smaller gauge catheters; protocols for earlier ambulation; use of the radial artery for vascular access; and use of vascular closure devices<sup>(2)</sup>. Use of the radial artery for access is associated with absence of a radial pulse in up to 3% of cases, which may limit repeat procedures<sup>(2, 14)</sup>, and technical difficulties have been reported in handling the equipment<sup>(9)</sup>. Vascular closure devices have been shown to significantly reduce the time needed to achieve hemostasis and to begin ambulation, but some studies have reported an increased risk of complications such as infection and arterial occlusion due to embolization of the anchor or deposition of collagen<sup>(2, 4)</sup>; there is also a risk of hematoma and pseudoaneurysm<sup>(2)</sup>. The use of small gauge catheters,

gia *major* ou outras complicações. A maioria dos doentes não referiu sintomas (76,4%). Queixas compatíveis com angor foram referidas em aproximadamente 7,2% dos doentes e com insuficiência cardíaca em 4,5%. Os restantes referiram toracalgia atípica (2,7%) e queixas não cardiovasculares. Não foram referidas queixas álgicas localizadas ao ponto de acesso vascular. Oitenta e quatro por cento dos doentes já havia retomado a sua actividade habitual, sendo a mediana de tempo que decorreu até à retoma dessa actividade de 7 (3,0-10,0) dias.

A análise bivariada mostrou que o uso de heparina e os internamentos mais prolongados foram as variáveis associadas à ocorrência de complicações e que, pelo contrário, a obesidade foi menos frequente em doentes com complicações.

A análise multivariada mostrou que os preditores independentes de complicações foram o uso de heparina não fraccionada e valores de hemoglobina <10 g/dl (*Tabela V*).

notably 4F, results in rapid hemostasis and so closure devices are rarely necessary<sup>(9)</sup>. Some authors consider that the most important risk factor for complications at the vascular access site is catheter size<sup>(15)</sup>. A subanalysis of the SYNERGY trial in patients with acute coronary syndromes revealed that sheath size was an independent predictor of complications<sup>(16)</sup>. There has been an overall reduction in access site complications following cardiac catheterization in recent years, mainly due to use of progressively smaller caliber catheters<sup>(3, 8, 15)</sup>.

The present study analyzes the results obtained with the systematic use of 4F catheters via the femoral artery and assessed angiographic quality. These catheters are not routinely used in most cath labs since many operators report problems in handling and in obtaining good quality images due to difficulties with contrast injection through such small gauge catheters<sup>(2, 6, 9, 17)</sup>. According to experienced users of this type of catheter, such limitations are also found with 6F catheters but

*Tabela V* - Análise Multivariada (*endpoint* - complicações na população total)

Variáveis	OR (LI-LS)	p-Valor
Uso de HNF	2.711 (1,672-4,296)	<0,001
Hb 10-12g/dl*	1.165 (0,584-2,323)	0,665
Hb < 10 g/dl*	3,45 (1,13 - 10,538)	0,030

Hb - hemoglobina; HNF - heparina não fraccionada.

\* Comparado com Hb > 12g/dl; *c*-statistic 0,63.

### Análise da qualidade de imagem

Verificámos que foi possível obter imagens de boa qualidade na maioria dos 125 filmes submetidos a análise e que apenas 8 foram classificados de qualidade apenas “regular” (*Tabela VI*). Nenhum filme foi considerado de “má qualidade”. As *Figuras 1 e 2*, mostram, respectivamente, imagens de uma coronariografia esquerda e de uma ventriculografia esquerda obtidas de um dos filmes do subgrupo que foi alvo de seguimento clínico.

## DISCUSSÃO

A evolução das técnicas de cateterização cardíaca nas últimas décadas compreende

can be overcome with greater experience<sup>(5, 6, 8)</sup>. This may explain why some consider the images obtained to be of poor quality, while others consider them to be of similar quality to those obtained with 6F catheters<sup>(5, 10, 11)</sup>.

As in other studies, the present analysis confirms that the image quality of coronary angiograms obtained with 4F catheters is adequate, ranging from acceptable to excellent<sup>(5, 6, 8, 10, 12)</sup>. A study by Sanmartin et al. comparing images obtained with 4F and 6F catheters, using recently developed software to assess angiographic image quality, showed similar accuracy with both types of catheter<sup>(10)</sup>. Our study did not compare results with those using larger gauge catheters, since this was considered unnecessary as the diagnostic

Table V - Multivariate analysis (endpoint: complications in total population)

Variables	OR (LL-UL)	p
Use of UFH	2.711 (1.672-4.296)	<0.001
Hb 10-12g/dl*	1.165 (0.584-2.323)	0.665
Hb <10g/dl*	3.450 (1.130-10.538)	0.030

CI: confidence interval; Hb; hemoglobin; UFH: unfractionated hepari. \*Compared to Hb>12 g/dl; c-statistic = 0.63.  
 LL-UL: lower limit - upper limit

Tabela VI - Qualidade de imagem (%)

Boa qualidade	89,6
Qualidade regular	6,4
Má qualidade	0,0
Filme inacessível	4,0

Table VI - Image quality (%)

Optimal	89.6
Acceptable	6.4
Poor	0.0
Film unavailable	4.0

métodos para reduzir complicações nos locais de acesso vascular e diminuição do tempo até à retoma da deambulação. Esta evolução deu-se essencialmente em quatro aspectos: uso de catéteres de tamanho progressivamente menor; protocolos de deambulação cada vez mais precoce; uso da artéria radial como local de acesso vascular e emprego de sistemas de encerramento vascular<sup>(2)</sup>. O uso da artéria radial como acesso vascular foi associado a ausência de pulso radial em até 3% dos casos, o que poderá limitar a repetição do procedimento<sup>(2,14)</sup>, tendo também havido referência a dificuldades técnicas na manipulação do material<sup>(9)</sup>. Os dispositivos de encerramento arterial têm demonstrado uma redução significativa do tempo necessário para obter hemostase e início de deambulação, no entanto alguns estudos mostraram que o seu uso acarreta risco de complicações, como infecções e oclusão arterial por embolização da âncora ou deposição de colagénio<sup>(2,4)</sup>; foi ainda descrito o potencial risco de formação de hematoma e pseudoaneurisma<sup>(2)</sup>. O uso de catéteres de pequeno diâmetro, nomeadamente 4F, permite uma rápida obtenção de hemostase, pelo que é desnecessária na maioria das vezes o uso dos referidos dispositivos<sup>(9)</sup>. Alguns estudos consideram que o factor de risco mais importante para a ocorrência de complicações no local de acesso vascular é o tamanho dos catéteres<sup>(15)</sup>. Uma sub-análise do estudo *Synergy* em doentes com síndromes coronárias agudas revelou que o tamanho dos catéteres



Figura 1. Coronariografia esquerda realizada com catéteres 4F - incidência oblíqua anterior direita

Figure 1. Left coronary angiography using 4F catheters - right anterior oblique view



Figura 2. Ventriculografia esquerda realizada com catéteres 4F - incidência oblíqua anterior direita

Figure 2. Left ventriculography using 4F catheters - right anterior oblique view

usados foi preditor independente de complicações<sup>(16)</sup>. Tem também sido demonstrado ao longo dos últimos anos uma redução global das complicações no local de acesso vascular após cateterização cardíaca, sendo a primeira causa apontada para tal a progressiva diminuição da secção dos catéteres usados<sup>(3,8,15)</sup>.

O presente estudo analisa os resultados obtidos com o uso sistemático de catéteres 4F por via femoral com vista à obtenção de angiografias de boa qualidade. Estes catéteres não são usados na rotina de muitos laboratórios de hemodinâmica, sendo que muitos operadores referem problemas no seu manuseamento e na obtenção de imagens de qualidade pela dificuldade na injeção de contraste através de catéteres de tão pequeno calibre<sup>(2,6,9,17)</sup>. De acordo com alguns autores experientes no uso deste tipo de catéteres, estas limitações como a menor estabilidade e maior resistência à injeção de contraste poderão ser também inerentes aos catéteres 6F, o que poderá, segundo os mesmos, ser contornado através de uma curva de aprendizagem<sup>(5,6,8)</sup>. Isto poderá explicar o motivo pelo qual alguns hemodinamistas consideram as imagens de qualidade inferior, enquanto outros as consideram qualitativamente semelhantes às obtidas com catéteres 6F<sup>(5,10,11)</sup>.

A presente análise confirma, à semelhança de outros estudos, que a qualidade da imagem das coronariografias obtidas através de catéteres 4F é adequada, podendo variar entre satisfatória e excelente<sup>(5,6,8,10,12)</sup>. Os nossos resultados comprovam estes achados. Um estudo comparativo de imagens obtidas através de catéteres 4F e 6F efectuado por Sanmartin M, que utilizou *software* recente para determinar a qualidade da imagem angiográfica revelou exactidão semelhante nos dois tipos de catéteres<sup>(10)</sup>. Apesar de, no nosso estudo, não ter sido efectuada uma análise comparativa com catéteres de maior calibre, consideramos este tipo de comparação dispensável uma vez que foi demonstrada a suficiência diagnóstica dos catéteres de pequeno tamanho.

Estudos comparativos com catéteres de

adequacy of small size catheters was demonstrated.

Comparative studies have also shown that fluoroscopy times are no longer with 4F catheters than with larger catheters<sup>(9)</sup>.

The rate of major vascular complications in our population was very low, and while that of minor complications was slightly higher, no interventions were required.

Although minor hematoma or bleeding do not have important clinical repercussions, there can be economic consequences from the need to delay hospital discharge or resort to primary care services. The prolonged bed rest associated with use of larger gauge catheters may result in increased morbidity, including joint pain, urinary retention, constipation and deep vein thrombosis, which are aggravated in elderly or obese patients and in those with osteoarticular disease<sup>(4)</sup>. Several investigators have demonstrated that early ambulation after use of 4F catheters is safe, which suggests that hospital stay can be reduced, as also shown in our study<sup>(3-6, 8, 13)</sup>. Ambulation protocols vary from institution to institution. In our center, patients begin ambulation on average four hours after the procedure. Most studies state that ambulation after 2 to 4 hours is safe<sup>(13, 19)</sup>, and another has shown promising results with ambulation after one hour<sup>(20)</sup>. Studies with a primary endpoint of quality of life, comparing patients with early ambulation after use of 4F catheters and those in whom closure devices were employed after use of 6F catheters, have shown no significant differences in terms of complications. However, patients in whom 4F catheters were used presented higher quality-of-life indices, which suggests that it is time to ambulation rather than the vascular access site that is the main determinant of quality of life post-procedure<sup>(4)</sup>.

Given that the use of unfractionated heparin was a predictor of complications in this population, our study also calls into question its use in this context.

The median time between the procedure and hospital discharge was six hours, which may be explained by the fact that some patients underwent the procedure in the context of an acute coronary syndrome.

maior diâmetro revelam ainda que o tempo de fluoroscopia não é superior com o uso de catéteres 4F<sup>(9)</sup>.

Na nossa população a taxa de complicações vascular *major* foi muito baixa, e a ocorrência de complicações *minor*, ainda que ligeiramente superior, não exigiu qualquer intervenção.

Apesar de ocorrências como pequenos hematomas ou hemorragias não terem implicações clínicas relevantes, consequências económicas poderão daí advir pela necessidade de protelar a alta hospitalar ou sobrecarregar os cuidados de saúde primários. O repouso prolongado no leito, associado ao uso de catéteres de maior diâmetro, pode ter reflexo no aumento da morbilidade causando queixas osteoarticulares, retenção urinária, obstrução ou trombose venosa profunda, problemas agravados nos idosos, obesos ou doentes com patologia osteoarticular<sup>(4)</sup>. Vários investigadores demonstraram que a deambulação precoce após o uso de catéteres 4F é segura, o que leva a crer, também de acordo com os nossos resultados, que o tempo de hospitalização poderá ser reduzido através do uso destes tipo de catéteres<sup>(3-6,8,13)</sup>. Os protocolos para início de deambulação variam entre as várias instituições. No nosso centro, os doentes iniciam deambulação em média 4 horas após a realização do procedimento. A maioria dos estudos refere haver segurança com deambulação precoce após 2 a 4 horas<sup>(18,19)</sup>, havendo mesmo um estudo que revela resultados promissores com início da deambulação 1 hora após o procedimento<sup>(20)</sup>. Alguns estudos comparativos cujo *endpoint* primário foi a qualidade de vida entre doentes que iniciaram deambulação precoce após uso de 4F e doentes que usaram dispositivos de encerramento após uso de catéteres 6F, mostraram não haver diferenças significativas em termos de complicações. No entanto, os doentes com 4F apresentaram índices de qualidade de vida superiores, o que sugere que será o tempo até ao início da deambulação, mais do que o local de acesso vascular, o principal determinante da qualidade de vida após o procedimento<sup>(4)</sup>.

Dado que o uso de heparina não fracciona-

The various operators in our study reported no difficulties in handling 4F catheters, particularly with regard to stabilizing the catheter, injecting contrast or reaching the coronary ostium. The distribution of the patients on different days of the month, and hence to different operators, was carried out by staff who were unaware of this study. All operators in our department participated in the procedures without knowing that the study would be performed retrospectively, which makes it as close as possible to real-life conditions and free of factors that can affect randomized trials.

### Limitations

The findings of this study cannot be generalized to patients undergoing percutaneous coronary intervention who receive more aggressive anticoagulant and antiplatelet therapy. In addition, the fact that the study included patients with normal coronary arteries would tend to produce good-quality images. Furthermore, the scoring system used to classify the quality of coronary angiograms was simplified into three levels in order to facilitate evaluation and to reduce the subjectivity of the assessment. Nevertheless, the classification took account of possible differences in the degree of contrast filling, which may be important in the assessment of some lesions. Thus, the images defined as optimal may include some in which there was complete filling in diastole but not throughout the cardiac cycle. Our analysis was descriptive and, as stated above, no comparisons were made with other types of catheter in terms of image quality or complications. In accordance with our standard practice, no ultrasound study was performed of the vascular access region except when a major complication was suspected, which may have resulted in a lower rate of complications. A further limitation is the small size of the patient sample that was followed up after hospital discharge. Finally, this was a retrospective observational study rather than a prospective randomized study, which explains the absence of certain data.

da foi um preditor de complicações nesta população, o nosso estudo questiona ainda a utilização deste fármaco neste contexto.

O facto de ter sido 6 horas a mediana de tempo que decorreu desde a realização do procedimento até à alta hospitalar pode explicar-se pelo facto de alguns doentes terem efectuado o procedimento no contexto de síndromes coronárias agudas.

No nosso estudo os vários operadores não revelaram dificuldades no manuseamento deste tipo de catéter, nomeadamente no que diz respeito à estabilização do mesmo, injeção de contraste e cateterização do ostium coronário. A distribuição dos vários doentes pelos vários dias do mês e consequentemente pelos vários hemodinamistas, foi efectuada por pessoas que desconheciam o decurso do estudo. Todos os hemodinamistas do nosso serviço participaram na realização dos procedimentos sem conhecimento de que o estudo se faria *a posteriori*, o que o tornou o mais próximo possível das condições da vida real e livre das condicionantes de alguns estudos aleatorizados.

### Limitações

Os achados deste estudo não se podem generalizar a doentes que realizam intervenção coronária percutânea e que recebem tratamento anticoagulante e antiagregante mais intenso. O facto de haver doentes com artérias coronárias normais tende a favorecer imagens de boa qualidade. Por outro lado, o *score* angiográfico usado para classificar a qualidade das coronariografias foi simplificado em três níveis para facilitar a avaliação e reduzir a subjectividade da análise. No entanto, esta classificação tem em consideração possíveis diferenças entre os graus de enchimento de contraste, o que pode ser relevante para a análise de algumas lesões. Neste sentido, a qualidade definida como óptima pode incluir angiografias nas quais existe enchimento completo na diástole, mas não durante todo o ciclo cardíaco. A análise foi descritiva e, como foi referido, não foram efectuadas comparações da qualidade de imagem ou das complicações com outros tipos de catéters.

### CONCLUSIONS

Our results support published data that 4F catheters enable good-quality diagnostic angiography and may be the preferred option in cath labs. Although their use may require a longer learning period, they reduce the morbidity and mortality associated with cardiac catheterization, as well as the costs involved in longer hospital stays and the use of closure devices. Since diagnostic efficacy is comparable, operators should choose the least aggressive material and technique. The use of 4F catheters is a good alternative for cardiac catheterization, especially when no percutaneous coronary intervention is expected.

De acordo com a nossa prática clínica não foi realizada por rotina ecografia da região de acesso vascular, mas apenas quando havia suspeita de complicação *major*. Este facto pode ter resultado num número inferior de complicações reportadas, mas o qual corresponde à nossa prática clínica real. Outra limitação que apontamos foi a amostra relativamente pequena de doentes nos quais efectuámos o seguimento clínico após alta hospitalar. Por fim, tratou-se de um estudo observacional retrospectivo e não de um estudo prospectivo aleatorizado, o que justifica a ausência de alguns dados.

## CONCLUSÕES

Os nossos resultados vêm reforçar dados publicados no sentido de que a utilização de catéteres 4F permite a realização de angiografias diagnósticas de boa qualidade e poderá constituir a opção preferencial nas unidades de hemodinâmica. Embora possa requerer uma curva de aprendizagem mais prolongada, o uso deste tipo de material possibilita baixos índices de morbidade e mor-

talidade associadas ao procedimento de cateterização cardíaca, bem como contenção de custos associados a internamentos mais prolongados e ao uso de dispositivos de encerramento. Verificando-se uma eficácia diagnóstica sobreponível, o operador deverá escolher o material e a técnica menos agressivos. O uso de catéteres 4F é uma boa alternativa para a realização de angiografias coronárias, especialmente quando não está prevista intervenção coronária percutânea.

Pedido de separatas para:  
Address of reprints:

Carolina Lourenço  
Serviço de Cardiologia  
Hospitais da Universidade de Coimbra  
Avenida Bissaya Barreto  
3000-076 Coimbra - Portugal  
Telephone +351 239 483 755  
Fax +351 239 780 552  
carolinanegrier@gmail.com

## BIBLIOGRAFIA / REFERENCES

- 1 - Forssmann W. Die Sondierung des rechten Herzens. *Klin Wochenschr* 1929; 8:2085.
- 2 - Doyle BJ, Konz BA, Lennon RJ, Bresnahan JF, Rihal CS, Ting HH. Ambulation 1 hour after diagnostic cardiac catheterization: a prospective study of 1009 procedures. *Mayo Clin Proc*. 2006 Dec;81(12):1537-40.
- 3 - Mehta H, Chatterjee T, Windecker S, et al. Four French catheters for diagnostic coronary angiography. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2003 Mar;58(3):275-80.
- 4 - Reddy BK, Brewster PS, Walsh T, Burket MW, Thomas WJ, Cooper CJ. Randomized comparison of rapid ambulation using radial, 4 French femoral access, or femoral access with AngioSeal closure. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2004 Jun; 62(2):143-9.
- 5 - Durst R, Lotan C, Nassar H, et al. Comparison of 4 and 6 French catheters for coronary angiography: real-world modeling. *Isr Med Assoc J*. 2007 Apr;9(4):290-3.
- 6 - Sanmartín M, Goicolea J, Meneses D, et al. Coronary angiography with 4 F catheters by the radial: minimally invasive catheterization. *Rev Esp Cardiol*. 2003 Feb;56(2):145-51.
- 7 - Dowling K, Todd D, Siskin G, et al. Early ambulation after diagnostic angiography using 4-F catheters and sheaths: a feasibility study. *J Endovasc Ther*. 2002 Oct; 9 (5):618-21.
- 8 - Meyer P, Gervais A, Touati C. Systematic use of 4 French catheters for left heart catheterization and coronary angiographies. *Arch Mal Coeur Vaiss*. 1997 Jan; 90(1):35-40.
- 9 - Danzi GB, Capuano C, Sesana M, et al. A randomised comparison of the use of 4 and 6 French diagnostic catheters: the limits of downsizing. *Int J Cardiol*. 2001 Jul; 79(2-3):113-8.
- 10 - Sanmartín M, Goicolea J, Castellanos R, et al. Validation of 4 French catheters for quantitative coronary analysis: in vivo variability assessment using 6 French guiding catheters as reference scaling devices. *J Invasive Cardiol*. 2004 Mar; 16(3):113-6.

- 11 - Todd DM, Hubner PJ, Hudson N, Sarma J, McCance AJ, Caplin J. Multicentre, prospective, randomized trial of 4 vs. 6 French catheters in 410 patients undergoing coronary angiography. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2001 Nov; 54(3):269-75.
- 12 - Lee C, Chow W, Kwok O, Fan KY, Chau EM, Yip AS. Experience with Four French Catheters for Outpatient Coronary Angiography. *Int J Angiol.* 2000 Mar;9(2):122-124.
- 13 - Berti S, Feres F, Castro D, et al. Coronary arteriography with a very low profile catheter: efficacy and safety of the procedure and of the 60 minute hospital discharge. *Arq Bras Cardiol.* 1998 Jan; 70(1):3-7.
- 14 - Gall S, Tarique A, Natarajan A, Zaman A. Rapid ambulation after coronary angiography via femoral artery access: a prospective study of 1,000 patients. *J Invasive Cardiol.* 2006 Mar;18(3):106-8.
- 15 - Ammann P, Brunner-La Rocca HP, Angehrn W, Roelli H, Sagmeister M, Rickli H. Procedural complications following diagnostic coronary angiography are related to the operator's experience and the catheter size. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2003 May; 59(1):13-8.
- 16 - Cantor WJ, Mahaffey KW, Huang Z, et al. Bleeding complications in patients with acute coronary syndrome undergoing early invasive management can be reduced with radial access, smaller sheath sizes, and timely sheath removal. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2007 Jan; 69(1):73-83.
- 17 - Saito T, Date H, Taniguchi I, et al. Evaluation of new 4 French catheters by comparison to 6 French coronary artery images. *J Invasive Cardiol.* 1999; 11:13-20.
- 18 - Conte L, Dutto M, Dutto S, et al. Heart catheterization via the femoral artery with a 4 French and mobilization at 2 hours. *G Ital Cardiol.* 1999;29:529-532.
- 19 - Thore V, Berder V, Houplon P, Preiss JP, Selton-Suty C, Juilliere Y. Role of manual compression time and bed rest duration on the occurrence of femoral bleeding complications after sheath retrieval following 4Fr left-sided cardiac catheterization. *J Interv Cardiol.* 2001;14:7-10.
- 20 - Reddy BK, Brewster PS, Walsh T, Burket MW, Thomas WJ, Cooper CJ. Randomized comparison of rapid ambulation using radial, 4 French femoral access, or femoral access with AngioSeal closure. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2004; 62:143-149.