

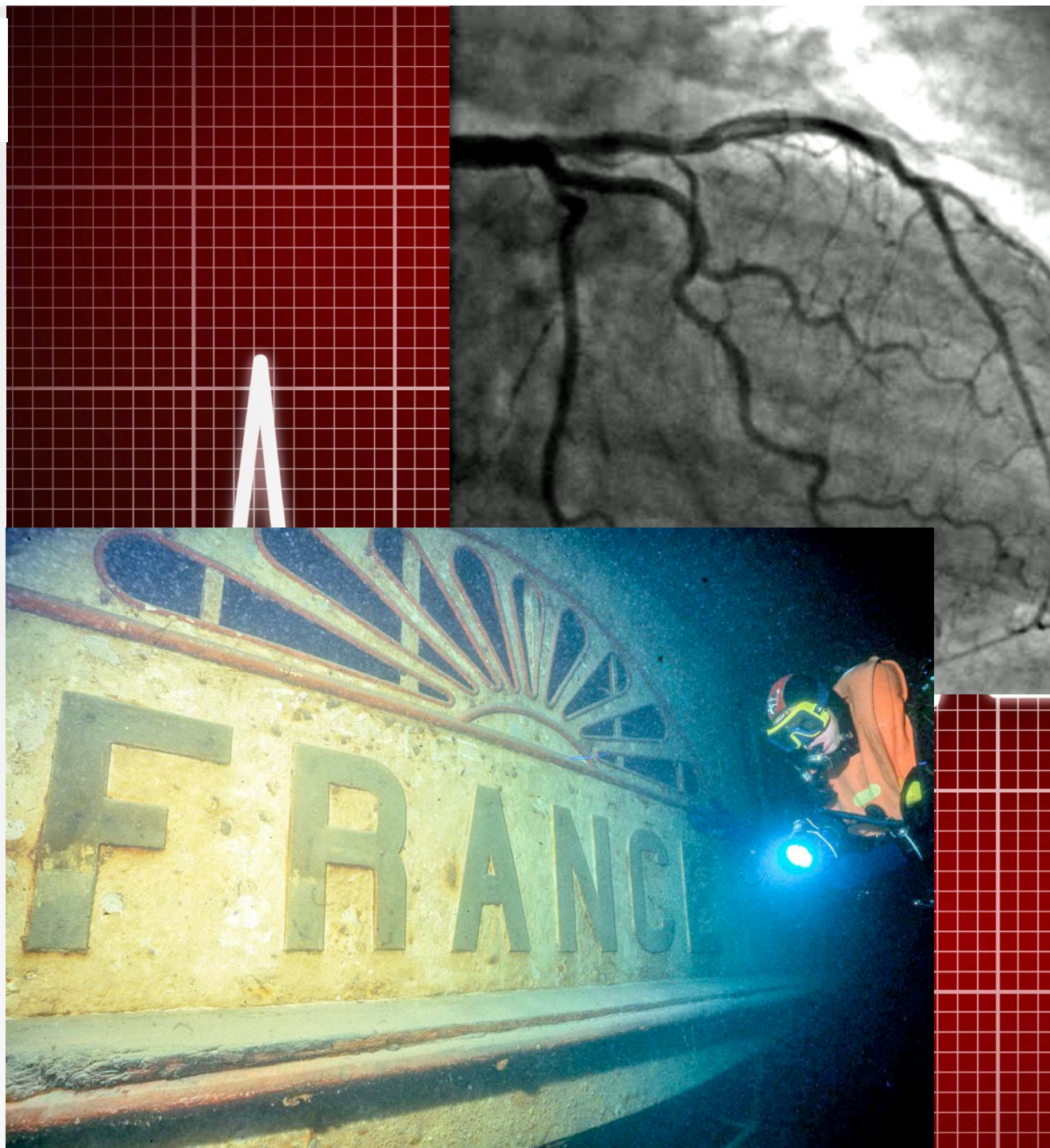
8^e Journée Régionale
du CLUB MONT-BLANC CŒUR ET SPORT



ANNECY 15 NOVEMBRE 2014

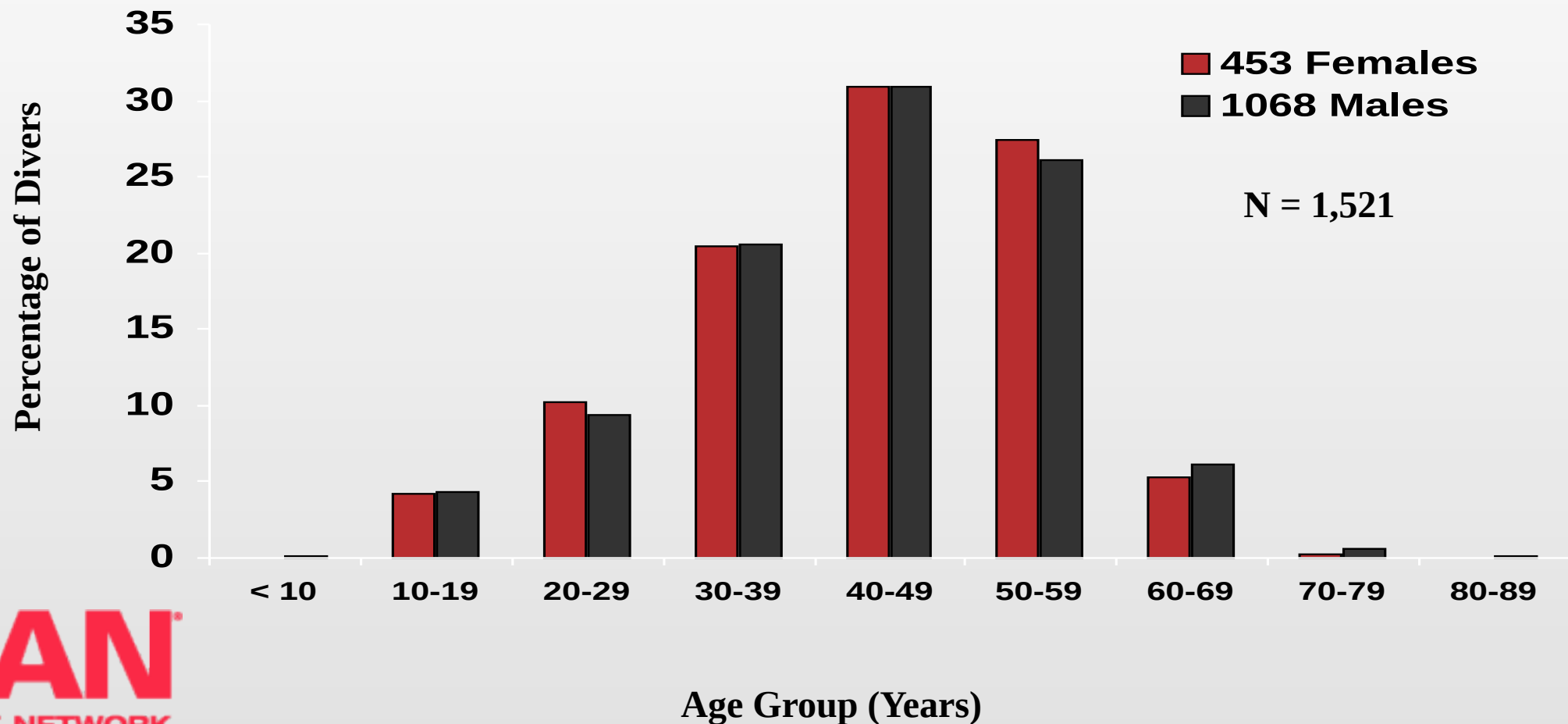
Coronaires et plongée

GÉRALD PHAN

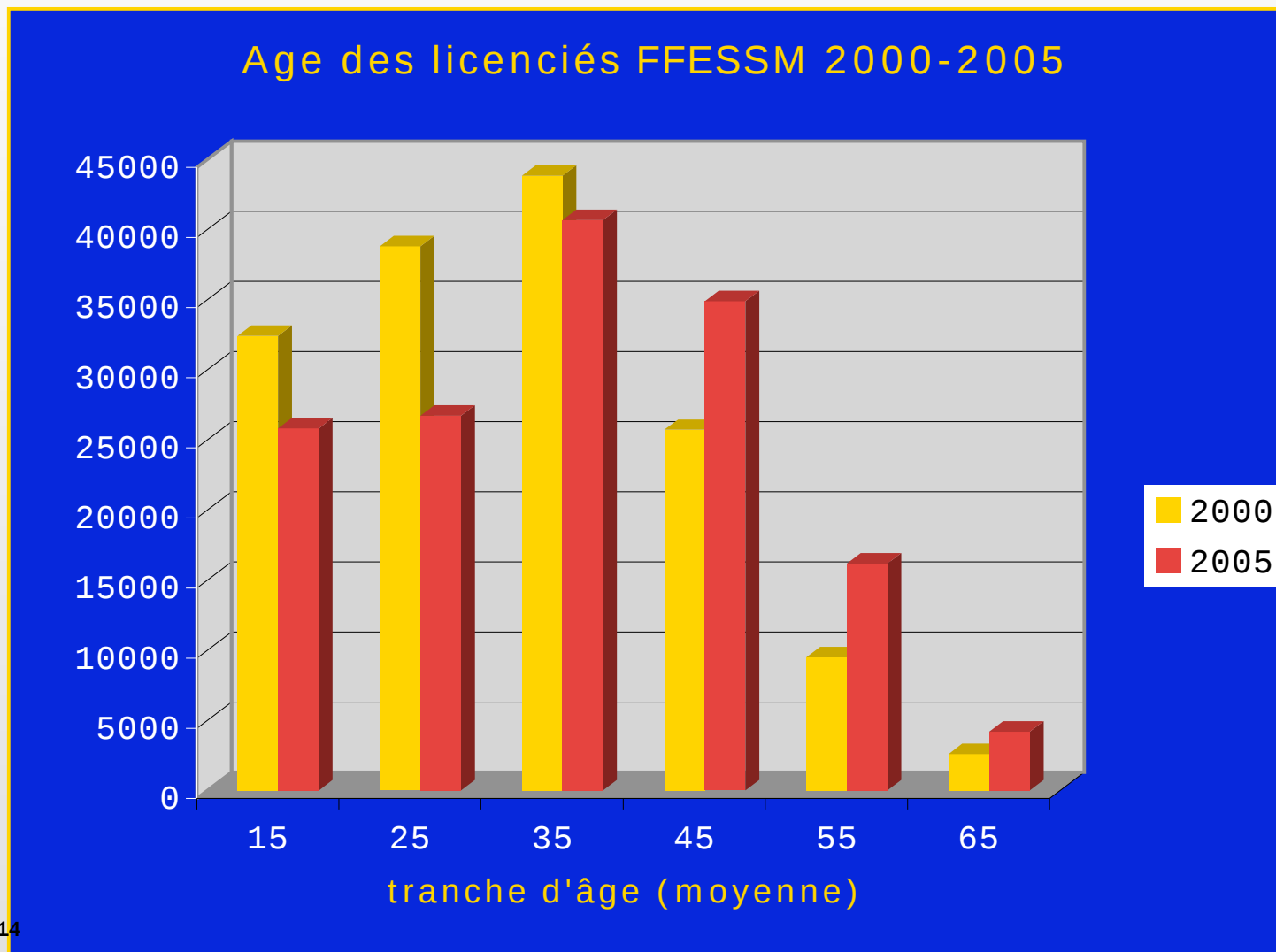


Age and Gender of Divers

DAN Annual Report 2006



Âge des plongeurs français



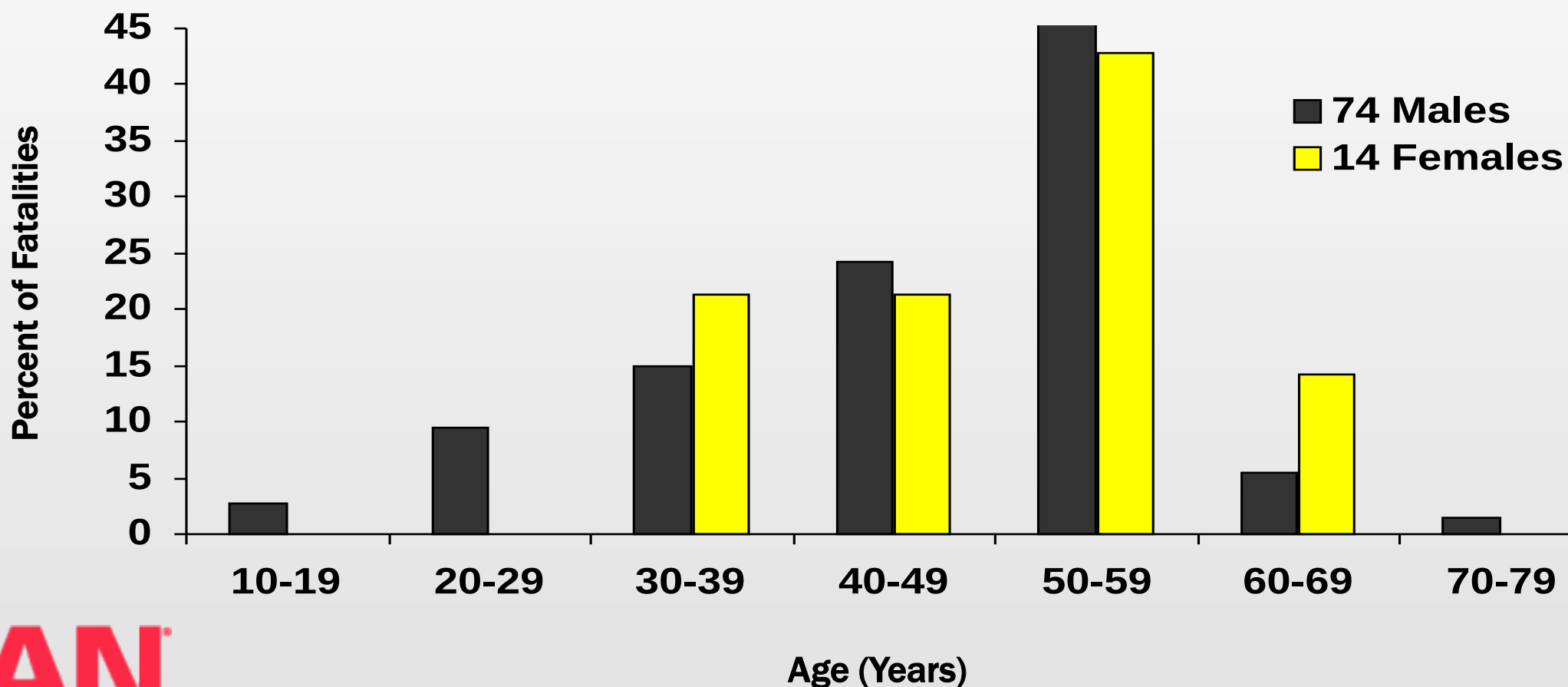
Annual Diving Death Incidence Rates/ 100,000 Divers for DAN and BSAC Members

DAN REPORT 2006

Fatalities per 100,000 Members



Distribution of Fatalities by Age and Gender



Cause du décès (2006 DAN report)



Coronaires et mortalité en plongée



- AUSTRALIE (autopsies systématiques)
- 2008 : 19 décès
 - 12 apnée (randonnée pmt sur GBC)
 - 7 plongée bouteille ou narghilé
 - 9 « incidents **cardiaques** » ou supposés tels
- 2009 : 21 décès
 - 12 en apnée (randonnée pmt sur GBC)
 - 9 plongée bouteille ou narghilé
 - 11 « incidents **cardiaques** » dont 5 en plongée bouteille
 - Les autres noyades



Décès plongée Australie 2009

Age	Sexe	BMI	Prof.	Cause	Autopsie/notes
47	M	28,1	?	Asphyxie	Épileptique traité, noyade
17	M	21,9	8	Asphyxie, barotrauma	Barotrauma pulmonaire, embolie gazeuse
20	F	?	3	?	? Autopsie non disponible (procès)
59	M	24,2	14	Cardiaque	Sténoses serrées TCCG, IVA 2, CD
50	M	26,3	2	Cardiaque	Possible IDM récent post-inf. Sténose serrée IVA, D1, CX
52	M	30,9	5	Cardiaque	HVG, dilat VG, bicuspidie aortique, athérome coronaire
53	M	23,0	25	Cardiaque, barotrauma ?	Sténose serrée IVA prox. Et CD prox. Possible barotrauma pulmonaire
33	M	19,7	17	Asphyxie	Noyade
36	M	25,9	8	Cardiaque, barotrauma, épilepsie ?	Probable noyade, cœur normal

Effets de la plongée



IMMERSION

Surcharge volumique

- volume sanguin thoracique
- Précharge
- DC

FROID

Vasoconstriction

- Résistances périph

HYPEROXIE

DÉCOMPRESSION

Bulles



Effet de l'hyperoxie



Table 2 Haemodynamic effects of oxygen

Trial and year	Number of subjects	Clinical scenario	Outcome
Bourassa et al. ³⁰ (1969)	50	Patients with CAD	Decrease in coronary blood flow
Sukumalchantra et al. ²⁹ (1969)	59	Normoxaemic patients with acute STEMI	Decrease in CO and SV, increased SVR
Mak et al. ³¹ (2001)	28	Healthy subjects	Increased SVR
Bodetoft et al. ³² (2010)	16	Healthy subjects	Decrease in CO and LV perfusion
Ganz et al. ³³ (1972)	15	Patients with CAD and healthy subjects	Decrease in coronary sinus blood flow
Momen et al. ³⁴ (2009)	11	Healthy subjects	Decreased coronary blood flow
McNulty et al. ³⁵ (2007)	12	Patients with CAD	Decreased coronary blood flow velocity and increased coronary resistance

Trials evaluating the effects of inhaled oxygen on various haemodynamic and vascular parameters in different clinical scenarios and in healthy subjects.
 CAD, coronary artery disease; CO, cardiac output; SV, stroke volume; SVR, systemic vascular resistance; STEMI, ST-elevation myocardial infarction; LV, left ventricle.

Shuvy et al : Eur Heart J. 2013 Jun;34(22):1630-5

Bulles et vaisseaux

Bulles générées lors de la décompression entraînent :
 activation de la **coagulation** et **agrégation plaquettaire** (Ponthier 2009)
 lésions **endothéliales** via microparticules (Barack 2005)
 diminution de la **vasodilatation** flux dépendante de l'artère humérale (Bruback 2005)

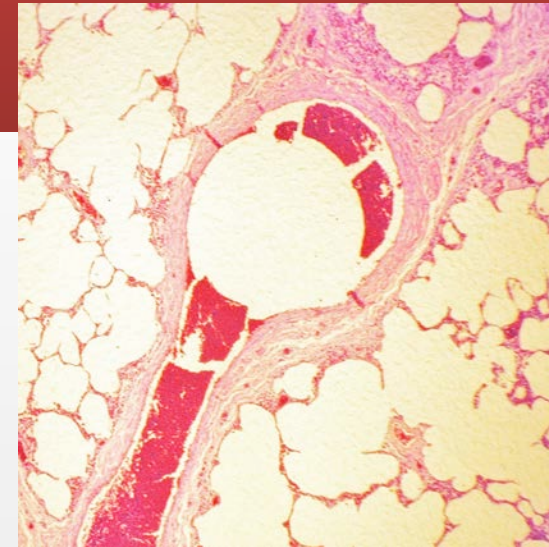


Table 1—*Mechanisms of Microbubble Tissue Damage*

Mechanical	Inflammatory Response	Complement	Clotting Activation
Compression against vessel wall	Neutrophils sequestration around bubble	Increased levels of C3a and C5a	Platelet aggregation
Gap formation	Increased permeability	Triggering PMNs	Thrombin production
Fluid leakage	Radical species production	Histamine release	Thrombus generation
Muscular hypertrophy	Clot deposition	Radical species production	
		Prostaglandin, leukotriene synthesis	

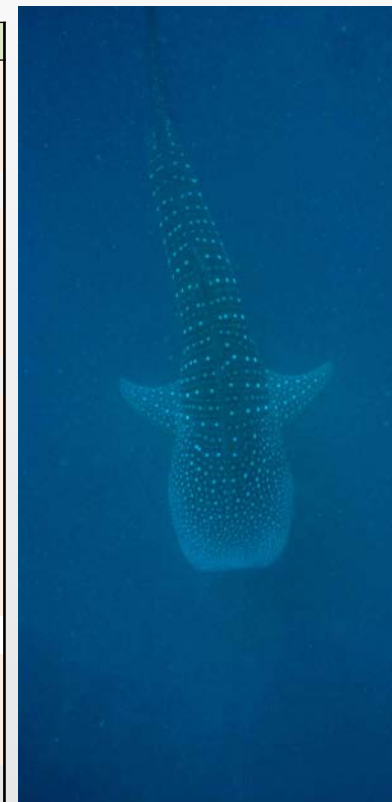
Barack M, Katz Y, *CHEST* 2005; 128:2918–2932

**Ca paraît bien dangereux !
Alors, que peut on conseiller ???**



Recommandations Européennes non spécifiques

Lesion	Evaluation	Criteria for eligibility	Recommendations	Follow-up
with definite diagnosis of IHD probability of cardiac events	History, ECG, ET, Echo, coronary- angiography		No competitive sports allowed	Yearly
with definite diagnosis of IHD probability of cardiac events	History, ECG, ET, Echo, coronary- angiography	No exercise induced ischaemia, no symptoms or major arrhythmias, not significant (<50%) coronary lesions, EF >50%	Only low-moderate dynamic and low static sports (I A,B)	Yearly
without evidence of IHD but with profile (.5% global SCORE)	History, ECG, ET	If positive provocative ECGs, further testing are needed (stress echo, scintigraphy, and/or coronary angiography) to confirm IHD. If positive, consider as athletes with diagnosis of IHD	Only low-moderate dynamic and low static sports (I A,B)	Yearly
		If negative provocative ECGs	Individual based decision; avoid high static sports (IIIA– C)	Yearly
without evidence of IHD and low ile	History, ECG, ET optional	Negative ECG	All competitive sports	Every 1–3 years



Recommendations for competitive sport participation in athletes with IHD

Pelliccia et al. Recommendations for competitive sports participation in athletes with cardiovascular disease ; European Heart Journal (2005) 26, 1422–1445

(>50% MVC)

(<20% MVC) (20-50% MVC)

Bobsledding/Luge*†, Field events (throwing), Gymnastics*†, Martial arts*, Sailing, Sport climbing, Water skiing*†, Weight lifting*†, Windsurfing*†	Body building*†, Downhill skiing*†, Skateboarding*†, Snowboarding*†, Wrestling
Archery, Auto racing*†, <u>Diving*†</u> , Equestrian*†, Motorcycling*†	American football*, Field events (jumping), Figure skating*, Rodeoing*†, Rugby*, Running (sprint), Surfing*†, Synchronized swimming†
Billiards, Bowling, Cricket, Curling, Golf, Riflery	Baseball/Softball*, Fencing, Table tennis, Volleyball

Boxing*



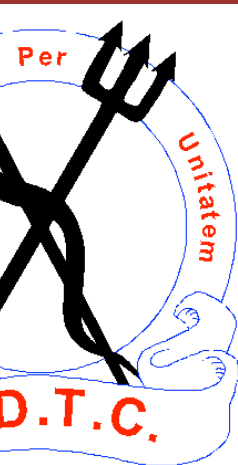
SCUBA DIVING

 Field
 Race
 Race
 Running
 Soccer

A. Low
 (<40% Max O₂)

B. Moderate
 (40-70% Max O₂)

Recommandations existantes (1)



EDTC (European Diving Technology Committee) plongeurs **professionnels** : (EDTC fitness to dive standards 2003)

- At the **preliminary examination** an individual found incidentally to have ischaemic heart disease should be declared **unfit**.
- Symptomatic ischaemic heart disease is incompatible with diving. The requirement for medication to control a cardiac condition is a contraindication as well.
- An individual who is **symptom free following coronary bypass surgery remains unfit** to dive.
- An individual who has had **percutaneous transluminal coronary angioplasty** might be considered fit if **6 months** after the procedure:
 - ✓ the procedure has been demonstrated to produce revascularisation;
 - ✓ he or she remains symptom free;
 - ✓ has a normal stress ECG test and can meet the physical requirements.



- Jusqu'en 2007 : Plongée CONTRE INDIQUÉE chez les coronariens
- 2007 : groupe de travail de la FFESSM propose des Recommandations pour permettre la plongée, dans certaines conditions, à des coronariens identifiés

Recommendations existantes (2)



- **BSAC (British Subaqua Club)** : Individuals **who have had myocardial revascularisation** may be permitted to resume diving if they satisfy the following criteria:
 1. They were an **established diver prior** to their coronary revascularisation.
 2. They have **no cardiac symptoms when off all cardiac medication** (although lipid lowering drugs and antiplatelet agents are permitted).
 3. They can perform satisfactorily a **treadmill exercise test**, achieving a **good workload** (for age, sex and build), with a normal heart rate and blood pressure response **without evidence of ischaemia** on a 12 lead ECG.
 4. There is little residual myocardial dysfunction (particularly a **preserved left ventricular ejection fraction**).
 5. If they have had open heart surgery, they should **not** have experienced significant **lung damage or neurological injury** as a result of the surgery.
 6. They **will not be permitted to dive with novice divers** in future, but must dive with experienced companions who can render assistance if required.
 7. Fitness to dive will be **reviewed annually** irrespective of the diver's age, but should symptoms recur between medical examinations, the diver must cease diving until reviewed.

RECOMMANDATIONS FFESSM

B. BROUANT, G. FINET, R. KRAFFT, V. LAFAY, F. ROCHE, B. GRANDJEAN. http://medical.ffessm.fr/?page_id=477



La plongée est à déconseiller chez le coronarien

Toutefois, chez un plongeur de longue date, il peut être préférable d'autoriser la plongée avec des **critères d'évaluation** et des **recommandations de pratique** pour éviter la plongée « sauvage »

De plus, il peut mal comprendre qu'on l'encourage à faire du sport mais qu'on lui interdise son sport favori.

On doit s'assurer :

- ✓ Que la plongée n'entraînera **pas d'aggravation ou de déstabilisation** de sa pathologie
 - Risque ischémique, rythmique, hémodynamique
 - > Noyade, mort subite

- ✓ Que la pathologie ou le traitement ne **majora pas le risque d'accident spécifique** de la plongée (barotraumatisme, ac. de désaturation)



RECOMMANDATIONS FFESSM



1. Absence d'ischémie

- Test d'effort démaquillé (Scinti ? Écho de stress ? IRM de stress ?)
- Angor spastique : imprévisible donc **CI**

2. Bonne fonction VG

- $FEVG \geq 50 \%$

3. Absence de troubles du rythme

- FA acceptable si bien tolérée effort
- AVK si objectif INR 2-3
- Pas de TPSV soutenue, pas de TV



RECOMMANDATIONS FFESSM



4. Étendue des lésions

- La charge athéromateuse (*plaque burden*) est liée au risque d'événement
- Atteinte du **Tronc Commun CG ou Tritronculaire** (même revascularisé) : **CI**

5. Après SCA

- Revascularisation **sans ischémie résiduelle**
- Délai minimum **6 mois**
- Asymptomatique
- **FEVG ≥ 50 %**
- Pas de trouble du rythme ventriculaire
- **FDR** contrôlés (tabac++)
- **Traitement** conforme aux Recommandations



Quelle Capacité physique ?



- Exercice physique régulier
- Évaluation par test d'effort sous traitement (bêta bloquants) limité par les symptômes
- Sans ischémie ni TDR, bonne cinétique tensionnelle
- ≥ 10 METs pour homme < 50 ans
- ≥ 8 METs pour homme > 50 ans ou femme < 50 ans
- ≥ 6 METs pour femme > 50 ans



Conditions de pratique



évaluation cardiaque au moins **annuelle** avec TE

accord du cardiologue traitant

Exercice physique régulier

Éviter plongées

- en eau froide
- Avec courant
- Mauvaises conditions de mer



Pas **d'encadrement** : plongée loisir d'exploration

Décision toujours individuelle **personnalisée**, éventuellement collégiale
à remettre en question régulièrement

▪ **Annexe 3-2-1d2 : Conditions autorisant la pratique de la plongée subaquatique de loisir pour les sujets présentant une coronaropathie**

Patient coronarien
désirant pratiquer la plongée subaquatique
avec l'accord de son cardiologue habituel.

Délai minimum de 6 mois
depuis le dernier événement coronarien
(épisode aigu ou revascularisation)
et asymptomatique depuis **(pas de douleur, ni dyspnée, ni malaise)**
sans consommation de dérivés nitrés
avec un suivi cardiologique spécialisé régulier.

- Pas d'atteintes du tronc coronaire gauche ou d'atteinte tritonculaire **(même revascularisées)**.
- Pas de spasme coronaire documenté.
- Fonction cardiaque conservée avec FEVG $\geq 50\%$ **(avec compte-rendu d'examen postérieur au dernier événement coronarien mais sans dater de plus d'1 an).**

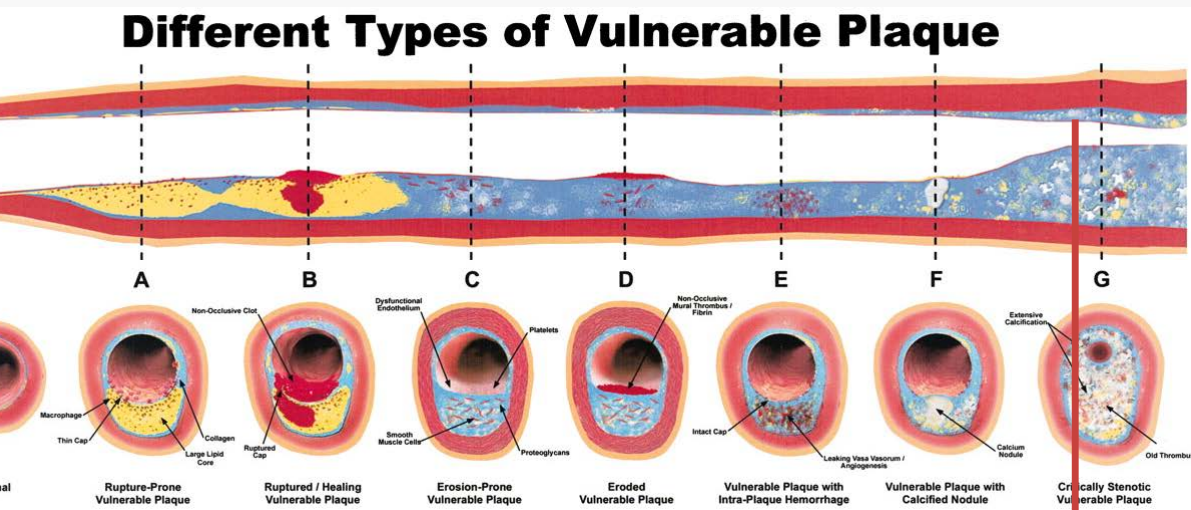
Traitement conforme aux recommandations des sociétés savantes
(y compris bêtabloquants selon les indications mais sans utilisation de médicaments hypoglycémiants).
Contrôle optimal des facteurs de risque, selon les objectifs préconisés par les sociétés savantes, avec sevrage définitif du tabac.

Test d'effort, sans ischémie ni trouble du rythme,
(sous traitement bêtabloquants s'il y a indication)
démontrant un entraînement physique régulier
avec une capacité physique supérieure à la normale théorique pour l'âge **et dans tous les cas :**
 ≥ 10 METs pour un homme de moins de 50 ans,
 ≥ 8 METs pour un homme de plus de 50 ans
ou une femme de moins de 50 ans,
 ≥ 6 METs pour une femme de plus de 50 ans.

Certificat médical, **délivré par un médecin fédéral**, de non contre-indication à la pratique de la plongée subaquatique
Enseignement limité à l'espace proche (0 à 6 m) sans réalisation de baptême.
Pas d'encadrement. Pas d'utilisation de mélanges potentiellement hypoxiques.
Renouvellement annuel sous réserve d'un suivi régulier attesté par au moins un ECG d'effort

Toute dérogation à ces conditions particulières de pratique devra être validée par le Président de la Commission Médicale et de Prévention Régionale.

Et les ... futurs coronariens ?

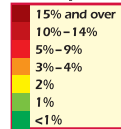


- 2 SCA sur 3 surviennent sur plaques $< 50\%$
 - 5/6 sur plaques $< 70\%$
- . Falk E, Shah PK, Fuster V. Coronary plaque disruption. Circulation 1995;92

?



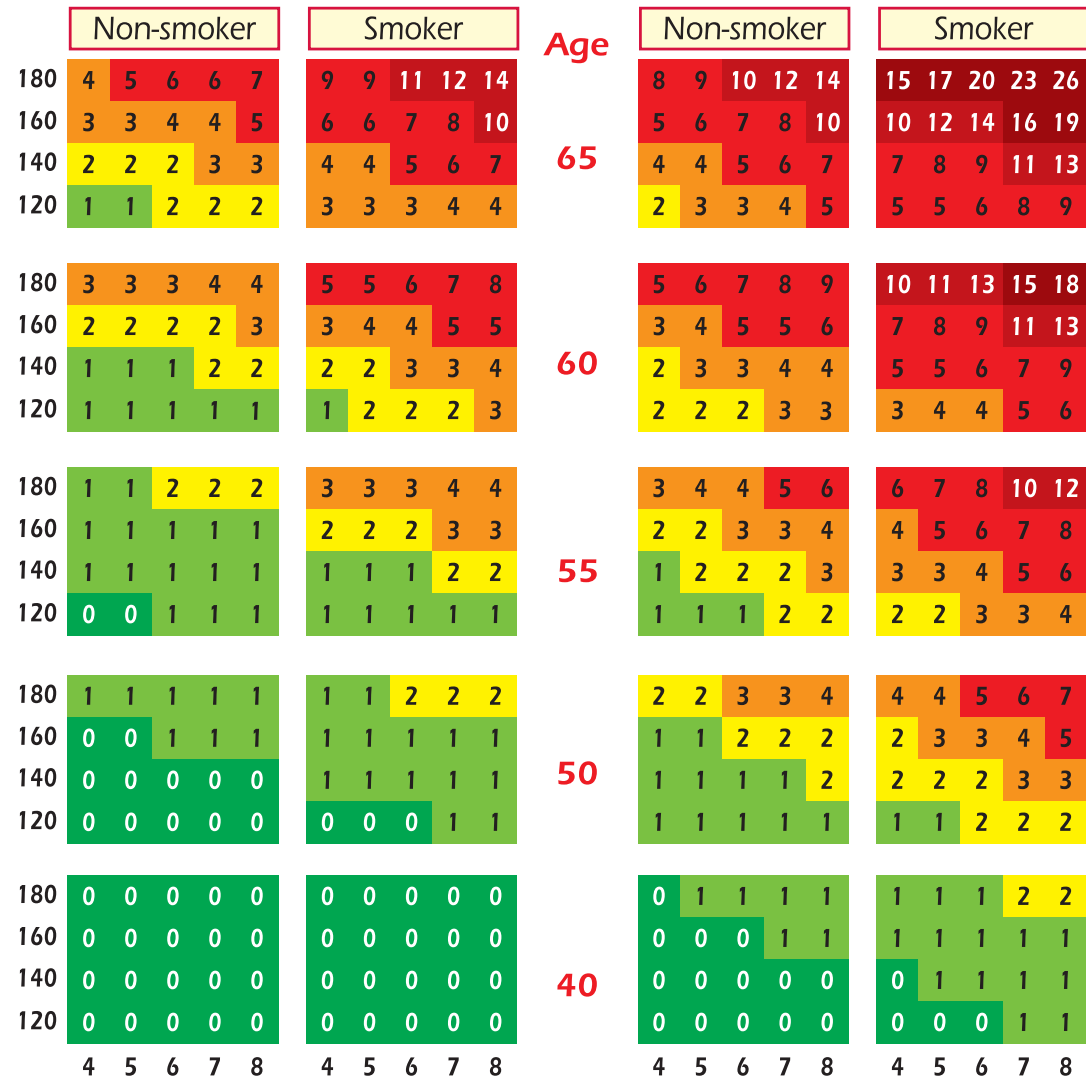
SCORE



10-year risk of fatal CVD in populations at low CVD risk

WOMEN

MEN



© 2007 ESC

Sujets à HAUT RISQUE

- Risque SCORE > 5 %
- OU Diabète

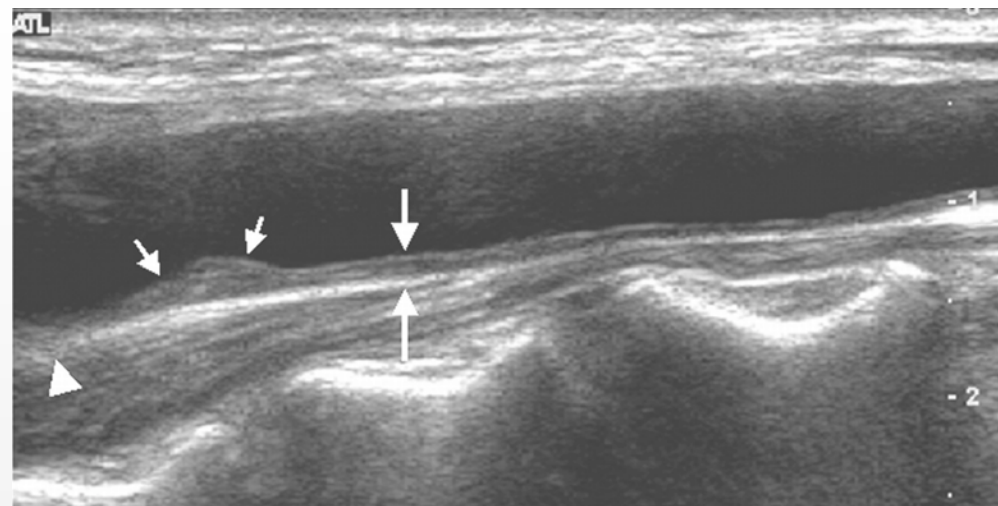
Sujets à Très HAUT RISQUE

- Risque SCORE > 10 %
- OU Diabète + autre FDR

Recommendations regarding imaging methods

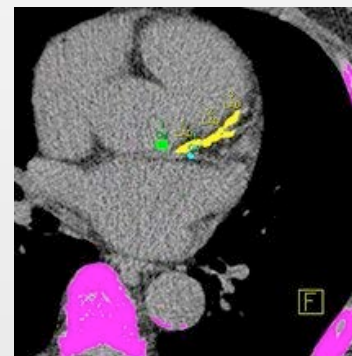
Recommendations	Class ^a	Level ^b	GRADE	Ref ^c
Measurement of carotid intima-media thickness and/or presence of atherosclerotic plaque in the carotid artery should be considered for cardiovascular risk stratification in asymptomatic adults at intermediate risk.	Ila	B	Strong	130–132
Measurement of ankle-brachial index should be considered for cardiovascular risk stratification in asymptomatic adults at intermediate risk.	Ila	B	Strong	133–135
Coronary CT angiography for calcium scoring should be considered for cardiovascular risk stratification in asymptomatic adults at intermediate risk.	Ila	B	Weak	136–138
Exercise electrocardiography should be considered for cardiovascular risk stratification in moderate-to-high risk asymptomatic adults considering starting exercise, particularly if a physician's attention is paid to the electrocardiogram and/or echocardiogram, such as exercise stress echocardiography.	Ilb	B	Strong	46, 139, 140

- Athérome carotidien (EIM) Ila

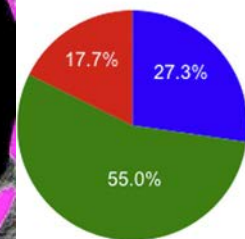


- AOMI /IPS Ila

- Score calcique

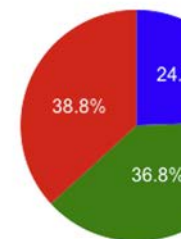


Without CAC Score



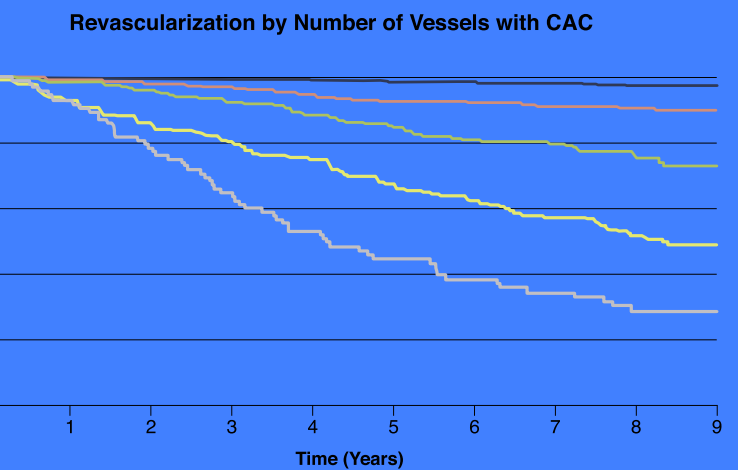
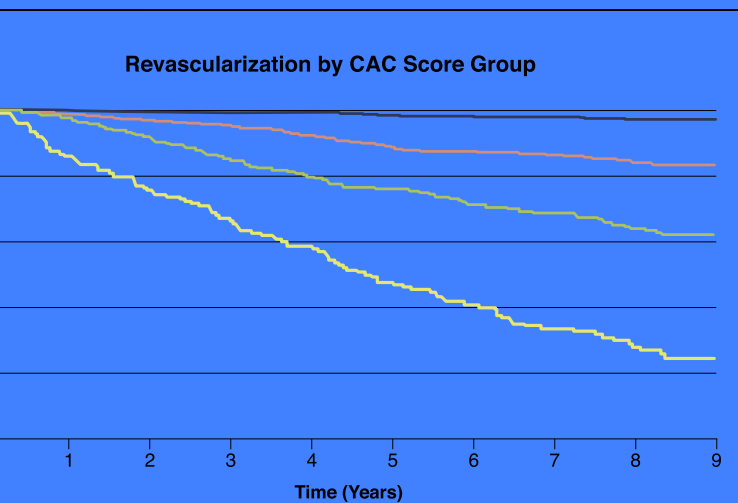
■ Low
■ Intermediate
■ High

With CAC Score



- Test d'effort (IIb)



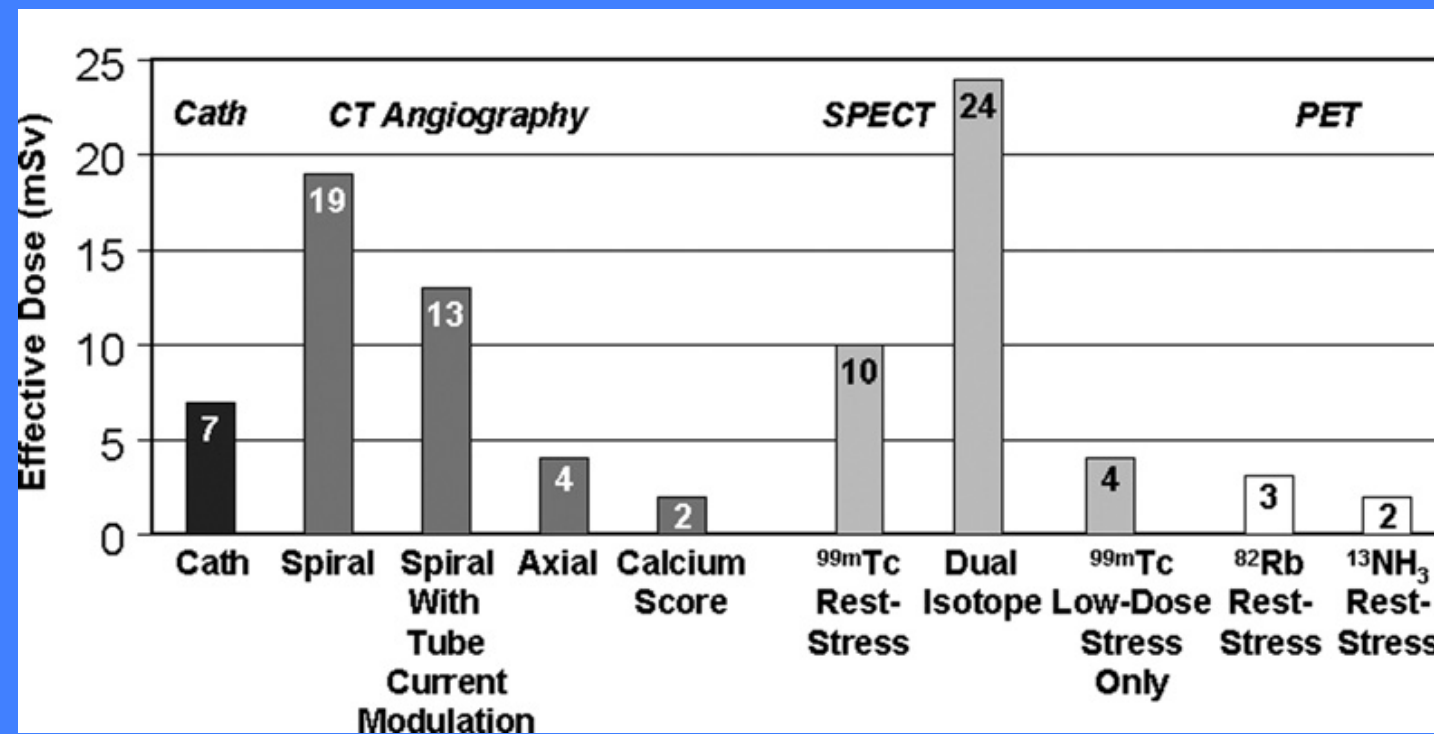


Kaplan-Meier Estimates of Revascularization-Free Survival

Kaplan-Meier estimates of revascularization-free survival by CAC burden (A) and by number of vessels with CAC (B). Log-rank $p < 0.001$ for both models. CAC = coronary artery calcium.

Intérêt du score calcique Étude MESA

Silverman M. et al. JACC 2014; 13, 476



Typical effective doses from cardiac imaging procedures
Einstein AJ, JACC 2012; 59 :553

Imagerie non invasive de la plaque

Etude Romicat II

Chen SB et al, J Am Coll Cardiol 2014; 64:684–92.

Confirme le risque relatif élevé associé à des calcifications micronodulaires (RR 37,2), et identifie d'autres éléments de risque au CT-scanner.

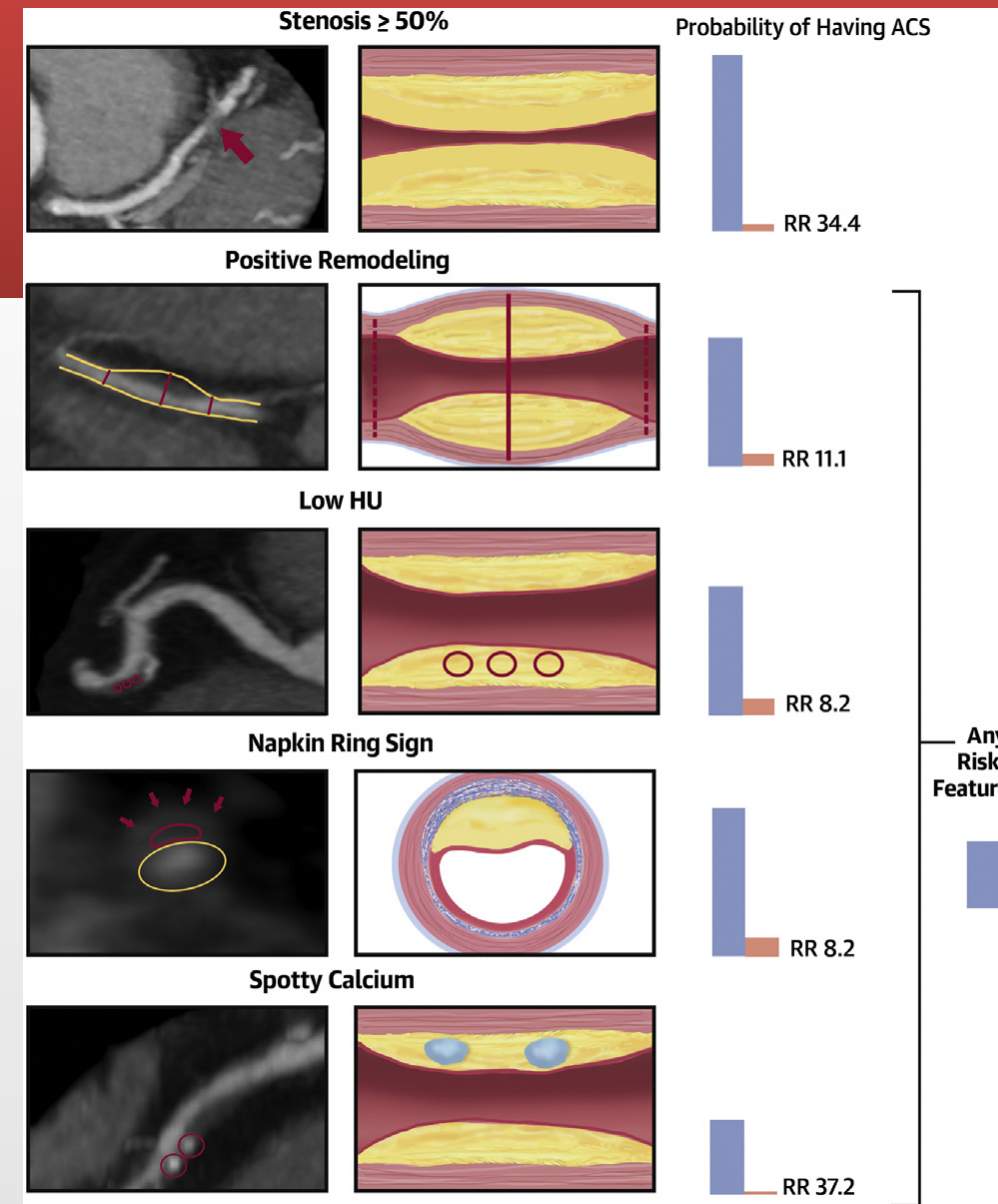
Etudes faites à la phase aigüe de DI thoracique

CT-scanner pour tous ?

Où pour patients à très haut risque ?

Les plaques évoluent...donc peuvent devenir instable à tout moment !

Mieux vaut prévention active ++



CENTRAL ILLUSTRATION Significant Stenosis and High-Risk Coronary Plaque Features and Their Association With the Probability of ACS During Index Hospitalization

Conclusion



Un coronarien stabilisé, asymptomatique, traité, sans ischémie résiduelle, avec une bonne fonction VG, et une bonne condition physique peut être autorisé à plonger dans certaines conditions et sous réserve d'une surveillance et d'une évaluation régulière.

La difficulté de prédire les futurs accidents coronaires reste entière.

Chez les sujets à haut risque (SCORE > 5 % ou diabète), il semble raisonnable d'affiner la prévision du risque.

L'examen de NCI peut être l'occasion de renforcer les messages de prévention et de motiver le plongeur pour la prévention cardiovasculaire.

