



Club Mont Blanc
Cœur et Sport

SOIRÉE MÉDICALE

LA VARIABILITÉ DE LA FRÉQUENCE CARDIAQUE

PROGRAMME

- **Quelles applications de la VFC pour le médecin ?**
C. Balayn (Annecy)



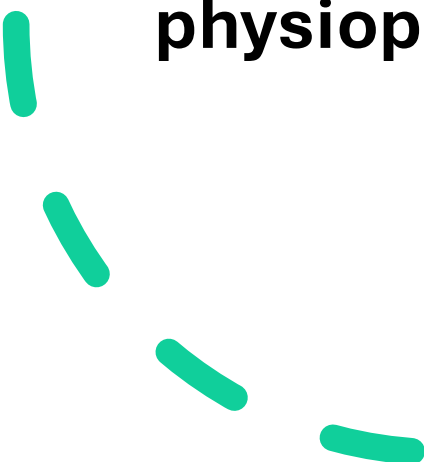
22/06/2026

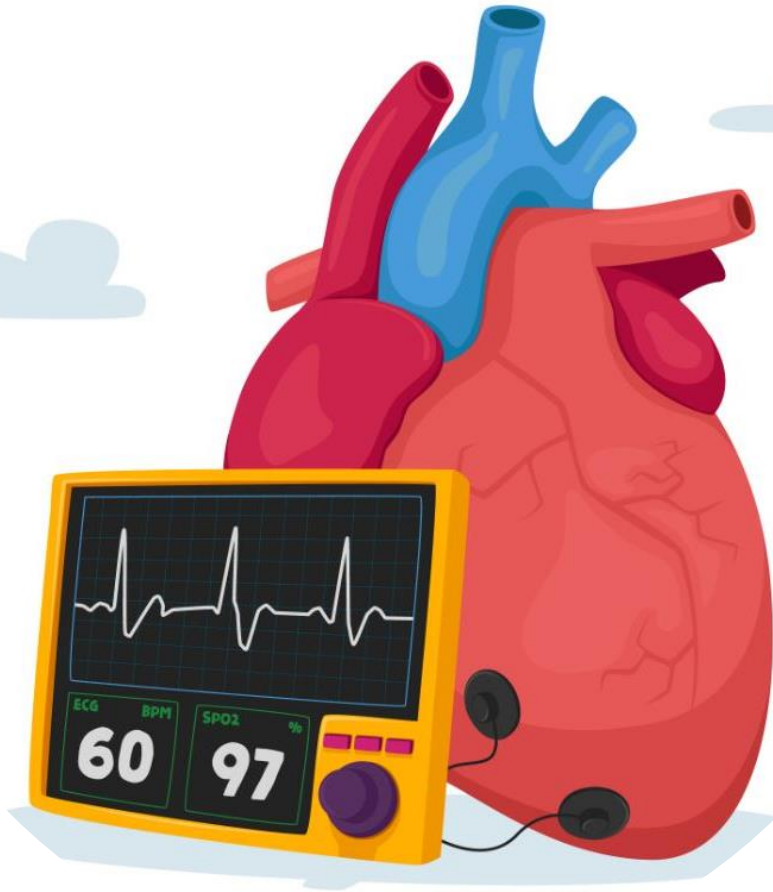




La VFC est un marqueur non invasif du **fonctionnement du système nerveux autonome**.

Elle renseigne sur **l'équilibre entre les systèmes sympathique et parasympathique, qui jouent un rôle majeur dans la physiopathologie cardiaque**.





Évaluation du risque cardiovasculaire

Stratification du risque après infarctus du myocarde

Relation Between Heart Rate Variability Early After Acute Myocardial Infarction and Long-Term Mortality

(Am J Cardiol 1994;73:653–657)

Sudhir Vaishnav, DM, Robert Stevenson, MRCP, Bradley Marchant, MRCP, K. Lagi, MB, BS, Kulasegaram Ranjadayalan, MRCP, and Adam D. Timmis, MD

226 patients admis pour SCA
VFC sur Holter ECG à J4
Suivi de 8mois

Association significative entre une **VFC faible** et **la mortalité** après un syndrome coronarien aigu

Reflète un déséquilibre de la régulation sympathovagale, indépendant de la fonction ventriculaire gauche.

TABLE III Comparison of RR Variability Between Survivors and Nonsurvivors in the Subgroup Not Taking Beta Blockers (n = 121)

	Survivors (n = 108)	Nonsurvivors (n = 13)	p Value
Time domain analysis			
Mean RR interval (ms)	773 ± 14	697 ± 30	0.02
SDRR (ms)	91 ± 4	63 ± 10	0.004
SDANN (ms)	76 ± 4	51 ± 7	0.007
SD (ms)	47 ± 3	32 ± 7	0.007
RMSSD (ms)	29 ± 2	29 ± 8	0.28
pNN50 (%)	8.8 ± 1.4	10.6 ± 5.4	0.44
Frequency domain analysis			
Low frequency (0.04–0.15 Hz) (ms ²)	612 ± 112	368 ± 253	0.008
High frequency (0.15–0.40 Hz) (ms ²)	211 ± 47	230 ± 174	0.11
Low-frequency/high-frequency ratio	4.29 ± 0.30	2.83 ± 0.78	0.02

Prognostic value of heart rate variability in patients with coronary artery disease in the current treatment era

Antti O. Vuoti, Mikko P. Tulppo, Olavi H. Ukkola, M. Juhani Junttila, Heikki V. Huikuri, Antti M. Kiviniemi, Juha S. Perkiömäki 

Published: July 2, 2021 • <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0254107>

1757 coronariens stables
suivi: 9ans

Mesure de la VFC sur Holter ECG :
SDNN, HF, LF, VLF, rapport LF/HF
DFA1, PL slope, ApEn

- ➔ Mort subite cardiaque
- ➔ Décès cardiaque non subit
- ➔ Décès de cause non cardiaque

Après ajustement (âge, sexe, FEVG, diabète, ATCD de SCA, NYHA, BBloq...) seuls **DFA1** et **LF** restaient associés au risque de MSC.

✗ Cependant, aucun de ces paramètres n'était spécifique de ce mode de décès
= marqueurs généraux de mortalité plus qu'un facteur causal

- utilité de la VFC pour la stratification du risque chez les patients coronariens
- mais elle ne peut justifier une intensification du traitement médical à elle seule

Donc

Une VFC basse chez un coronarien suggère :	Une VFC basse ne permet pas à elle seule de conclure :
- risque cardiovasculaire plus élevé - maladie plus sévère -dysfonction autonome plus importante -mortalité toute cause plus élevée à long terme	-qu'une mort subite cardiaque va survenir -qu'un défibrillateur est indiqué -qu'un traitement particulier doit être instauré

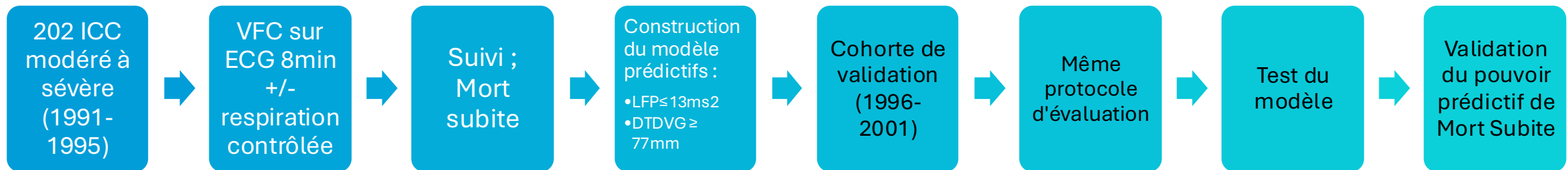
Stratification du risque chez l'insuffisant cardiaque

Insuffisance cardiaque et VFC

- **L'insuffisance cardiaque chronique (ICC)** est associée à d'importantes anomalies du contrôle autonome cardiovasculaire.
- **L'activation du système nerveux sympathique** joue un rôle majeur dans le développement et la progression de la maladie

Short-Term Heart Rate Variability Strongly Predicts Sudden Cardiac Death in Chronic Heart Failure Patients

Maria Teresa La Rovere, MD; Gian Domenico Pinna, MS; Roberto Maestri, MS; Andrea Mortara, MD; Soccorso Capomolla, MD; Oreste Febo, MD; Roberto Ferrari, MD; Mariella Franchini, MD; Marco Gnemmi, MD; Cristina Opasich, MD; Pier Giorgio Riccardi, MD; Egidio Traversi, MD; Franco Cobelli, MD (*Circulation*. 2003;107:565-570.)



Low Frequency **très basse pendant la respiration contrôlée ($\leq 11 \text{ m/s}^2$)** =
=> risque multiplié par 4 de mort subite.

Indépendamment de l'âge ; la FEVG , la classe NYHA ; le traitement, dimensions ventriculaires, des autres paramètres VFC

Heart Rate Variability as a Predictor of Mortality in Heart Failure: A Systematic Review and Meta-Analysis

Yadav I, Waqas R, Mohammad A, et al. (December 13, 2025) Heart Rate Variability as a Predictor of Mortality in Heart Failure: A Systematic Review and Meta-Analysis. Cureus 17(12): e99120. DOI 10.7759/cureus.99120

Objectif : VFC permet t'elle de prédire la mortalité chez l'ICC

10 études soit 10 544 patients ICC

Paramètres de VFC étudiés : SDNN, RMSSD, LF, HF, LF/HF

Critère principal : mortalité toutes causes et mortalité cardiovasculaire

Résultats =

- Le **SDNN** : marqueur le plus constamment associé à la mortalité
 - LF et HF : également associée à une augmentation du risque de décès
 - Valeur pronostic indépendante de la FEVG, NYHA
- MAIS absence de seuil universel de VFC applicable en pratique clinique

Plus la VFC est basse, plus la maladie est souvent sévère

- La diminution de la VFC traduit :
 - une hyperactivité sympathique,
 - une réduction du tonus parasympathique,
 - une moindre capacité d'adaptation cardiovasculaire.
- Cette dysautonomie favoriserait :
 - les arythmies ventriculaires,
 - la progression de l'insuffisance cardiaque,
 - la mortalité cardiovasculaire

Prédire la décompensation cardiaque ?

Review

Non-Invasive Wearable Technology to Predict Heart Failure Decompensation

Jack Devin ^{1,†}, Eden Powell ^{1,2,†} , Dylan McGagh ³, Tyler Jones ¹ , Brian Wang ¹ , Pierre Le Page ¹, Andrew J. M. Lewis ⁴, Oliver J. Rider ⁴, Andrew R. J. Mitchell ¹  and John A. Henry ^{1,4,*} 

Physiological Parameter	Wearable Modality	Physiological Rationale
Physical activity and exercise tolerance	Accelerometer, actigraphy, IMU	Reduced activity, increased sedentary time, disrupted circadian rhythm often precede HF decompensation
Heart rate/HRV	PPG, ECG	Circadian rhythm disruption, reduced HRV and rising resting HR indicate autonomic imbalance and impending deterioration
Cardiac electrical activity	ECG (patches, watches, vests)	Abnormal QRS, PR intervals, arrhythmia burden, and reduced QRS amplitude correlate with worsening HF
Cardiac mechanics	Mechanocardiography (MCG), phonocardiography (PCG)	Altered vibrations (S3, reduced stability of S1), reduced reserve detectable via seismocardiography
Pulmonary congestion	Thoracic bioimpedance, remote dielectric sensing	Falling impedance or rising dielectric coefficient reflects lung fluid accumulation

Limites ; artéfacts, algorithmes différents, pas de seuils standardisé, influence de l'âge/traitement

1. Diminution de la VFC précède souvent la décompensation (SDNN, RMSSD, LF, HF)

2. La HRV est plus informative lorsqu'elle est suivie en continu : traquer la baisse progressive plutôt que « < seuil »

3. Mais non suffisante seule : associer FC, activité physique, saturation O2, FR, congestion pulmonaire ... et l'IA ?

Conclusion chez l'ICC

Affirmation	Niveau de confiance
Les patients insuffisants cardiaques ont souvent une VFC basse	Très élevé
Une VFC basse est associée à une mortalité plus élevée	Très élevé
Le SDNN est un marqueur pronostique robuste	Très élevé
La VFC reflète l'activation sympathique chronique	Élevé
La VFC aide à stratifier le risque en insuffisance cardiaque	Élevé
La VFC seule prédit une décompensation plusieurs jours avant les symptômes	Modéré à faible
La VFC seule est utilisée en routine pour surveiller les insuffisants cardiaques	Faible

Prédire la mort subite chez le
sujet « sain » ?



Prediction of Sudden Cardiac Death With Ultra-Short-Term Heart Rate Fluctuations

Jussi A. Hernesniemi, MD, PhD,^{a,b,c} Teemu Pukkila, MSc,^d Matti Molkkari, MSc,^d Kjell Nikus, MD, PhD,^{a,b}
Leo-Pekka Lyytikäinen, MD,^{a,b,c} Terho Lehtimäki, MD, PhD,^{a,b,e} Jari Viik, DSc,^{a,b} Mika Kähönen, MD, PhD,^{a,b,f}
Esa Räsänen, DSc^d

- 2 794 participants adressé pour épreuve d'effort=
- 57ans, 60% d'homme, facteurs de risque cardiovasculaires
- ECG ultra-court (1min) (repos et effort)
- Suivi : 8ans
- Critère principal ; survenue d'une mort subite cardiaque

Cette association persistait même après ajustement sur l'âge, les maladies cardiovasculaires, la fraction d'éjection ventriculaire gauche, la condition physique, d'autres facteurs de risque majeurs.

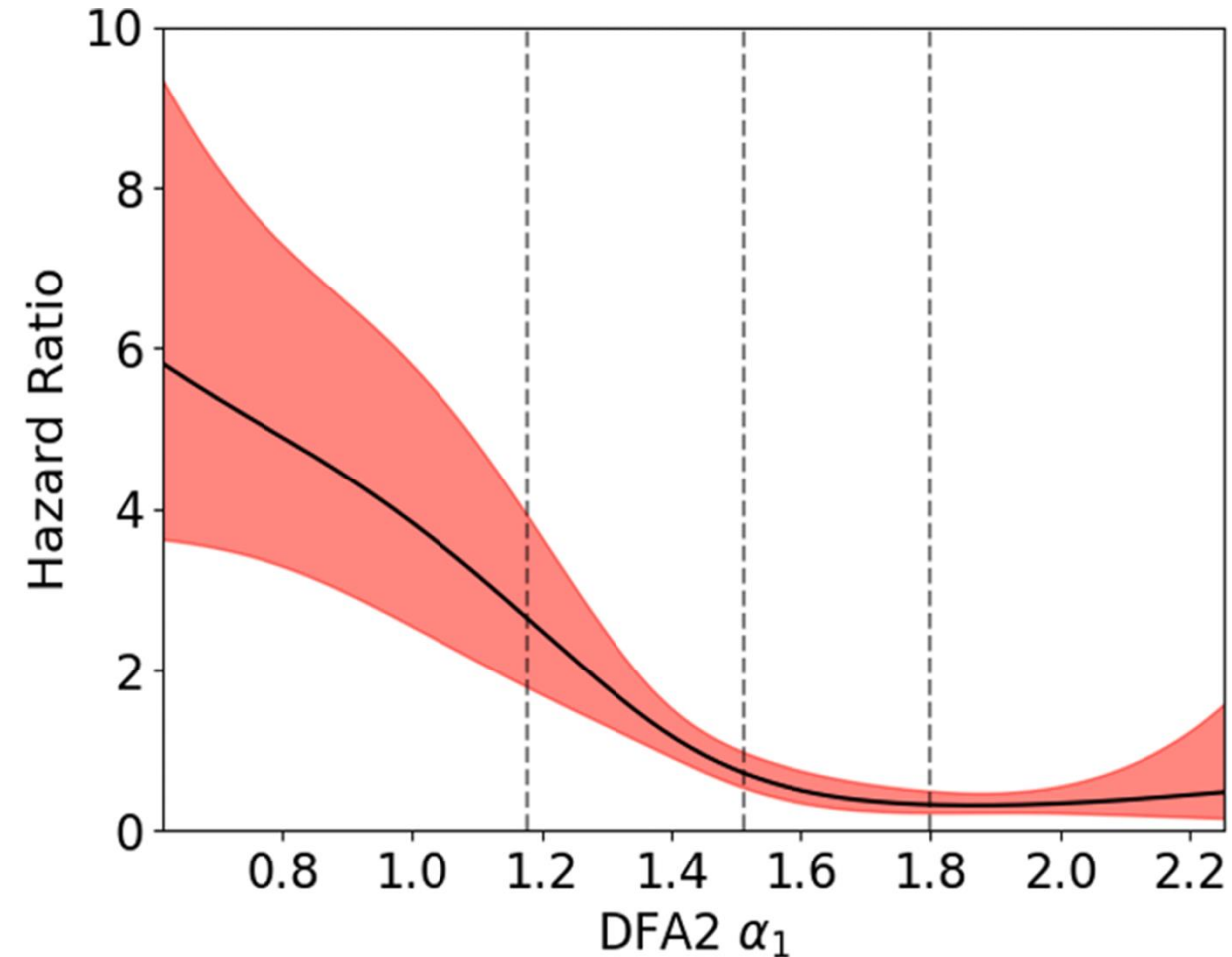
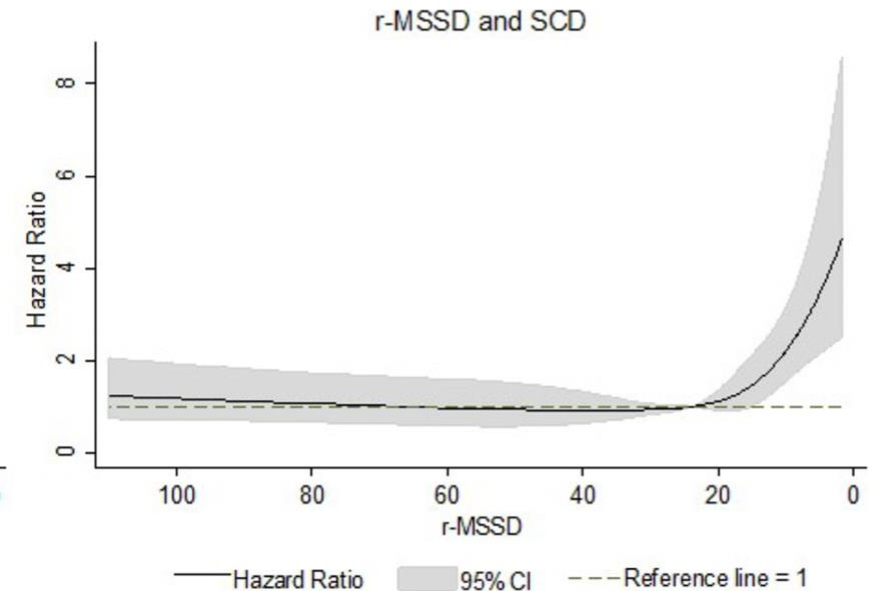
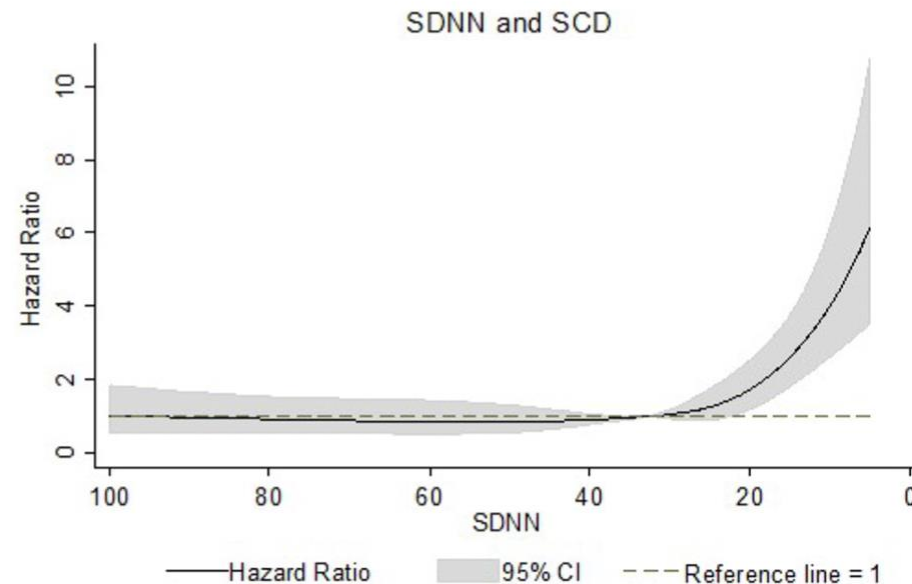


Figure 2 Association Curve for SCD Risk by Short-Term HRV

Low Heart Rate Variability in a 2-Minute Electrocardiogram and Risk of Sudden Cardiac Death

12 543 adultes de la population générale américaine (≈ 54ans)
VFC (SDNN, RMSSD) sur ECG court de 2min
Cohorte prospective
Mort subite cardiaque durant les 13ans de suivi
Ajustement sur ; âge, sexe, ethnie, tabac, HTA, DT, coronarien

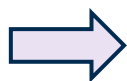


(ARIC Study, Maheshwari et al., 2016)

**Prédire le risque de
fibrillation atriale ?**

Les paramètres de VFC peuvent-ils prédire l'apparition future de la fibrillation atriale chez les patients hypertendus ?

-782 patients hypertendus
-Holter ECG 24h à l'inclusion
-Suivi 8ans



44 ont développée une FA :
➤ **RMSSD, pNN50, HF (indice paraS)**
Persiste après ajustement (âge, sexe, TA, ATCD CV...)

Activation vagale peut :
-raccourcir la période réfractaire auriculaire
-augmenter l'hétérogénéité électrique des oreillettes
-faciliter le déclenchement de la FA

= « **FA vagale** » chez le sportif, lors du sommeil, post prandial...

Paramètres de HRV analysés



Domaines temporels

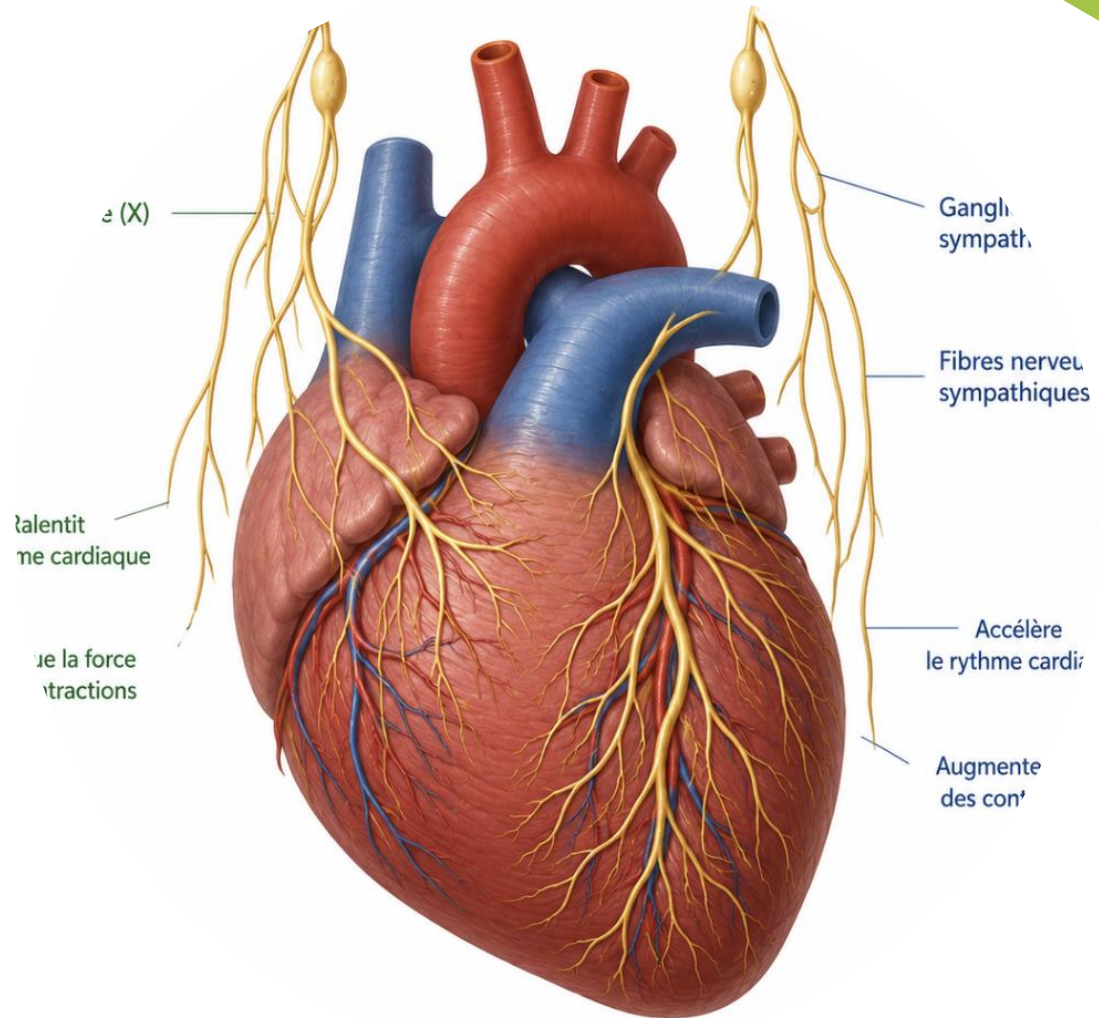
- SDNN
- RMSSD
- pNN50, etc.



Domaines fréquentiels

- LF (basses fréquences)
- HF (hautes fréquences)
- Ratio LF/HF

Kim, S. H., Lim, K. R., Seo, J. H., Ryu, D. R., Lee, B. K., Cho, B. R., et al. (2022). *Higher heart rate variability as a predictor of atrial fibrillation in patients with hypertension. Scientific Reports, 12, 3702*

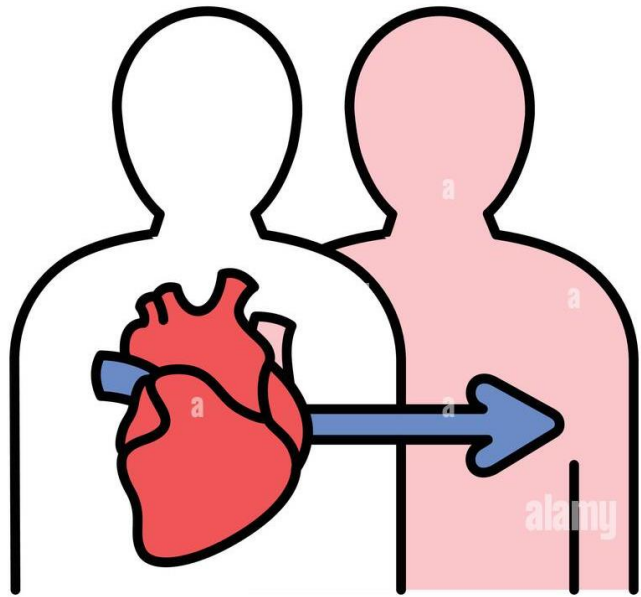


Diabète et neuropathie autonome cardiaque

- Probablement l'une des applications les plus robustes hors la cardiologie pure.
- Chez les patients diabétiques :
 - atteinte des fibres autonomes cardiaques
 - la diminution de la VFC peut apparaître avant les symptômes (*tachycardie de repos, insuffisance chronotrope, hypoTO, arythmie ..*)
 - **C**ardiovascular **A**utonomic **N**europathy = mortalité augmentée

The American Diabetes Association (ADA) “Standards of Care in Diabetes”

CAN is associated with mortality independent of other cardiovascular risk factors (68,69). In its early stages, CAN may be completely asymptomatic and detected only by decreased heart rate variability with deep breathing. Advanced disease may be associated with resting tachycardia (>100 bpm) and orthostatic hypotension (a fall in systolic or diastolic blood pressure by >20 mmHg or >10 mmHg, respectively, upon standing without an appropriate increase in heart rate).



Transplanté cardiaque et VFC

Les nerfs sympathiques et parasympathiques sont sectionnés et le cœur ne reçoit donc plus les influences directes du système nerveux autonome.



Initialement :

la VFC chute fortement

FC de repos élevée, fixe
(90-110bpm)

Réinnervation?

- Controversée
- A priori pas de réinnervation anatomique
- 40 à 70% des transplantés cardiaques
- Phénomène tardif
 - 5-6mois post greffe pour le sympathique
 - 1 à 3ans (jusqu'à 15ans) pour la parasympathique
- Pas de réinnervation parasympathique sans sympathique
- Réinnervation sympathique seule est possible

14 greffés
Suivi : 13mois
Réévalué à 141mois

↗ de la variabilité cardiaque totale

↗ des composantes LF et HF
lorsqu'elles étaient exprimées
en valeurs absolues.

→ La VFC peut donc être utilisée
comme marqueur indirect de la
récupération nerveuse du greffon

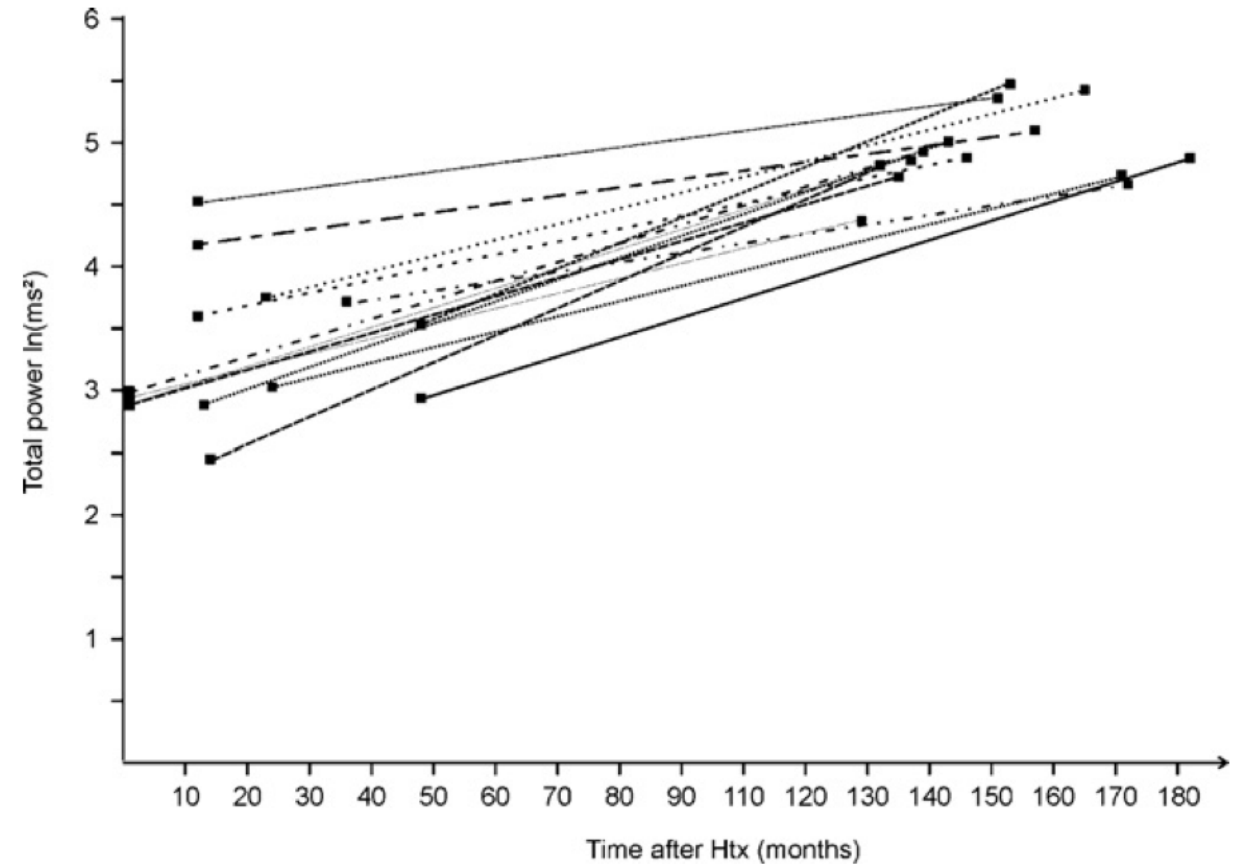
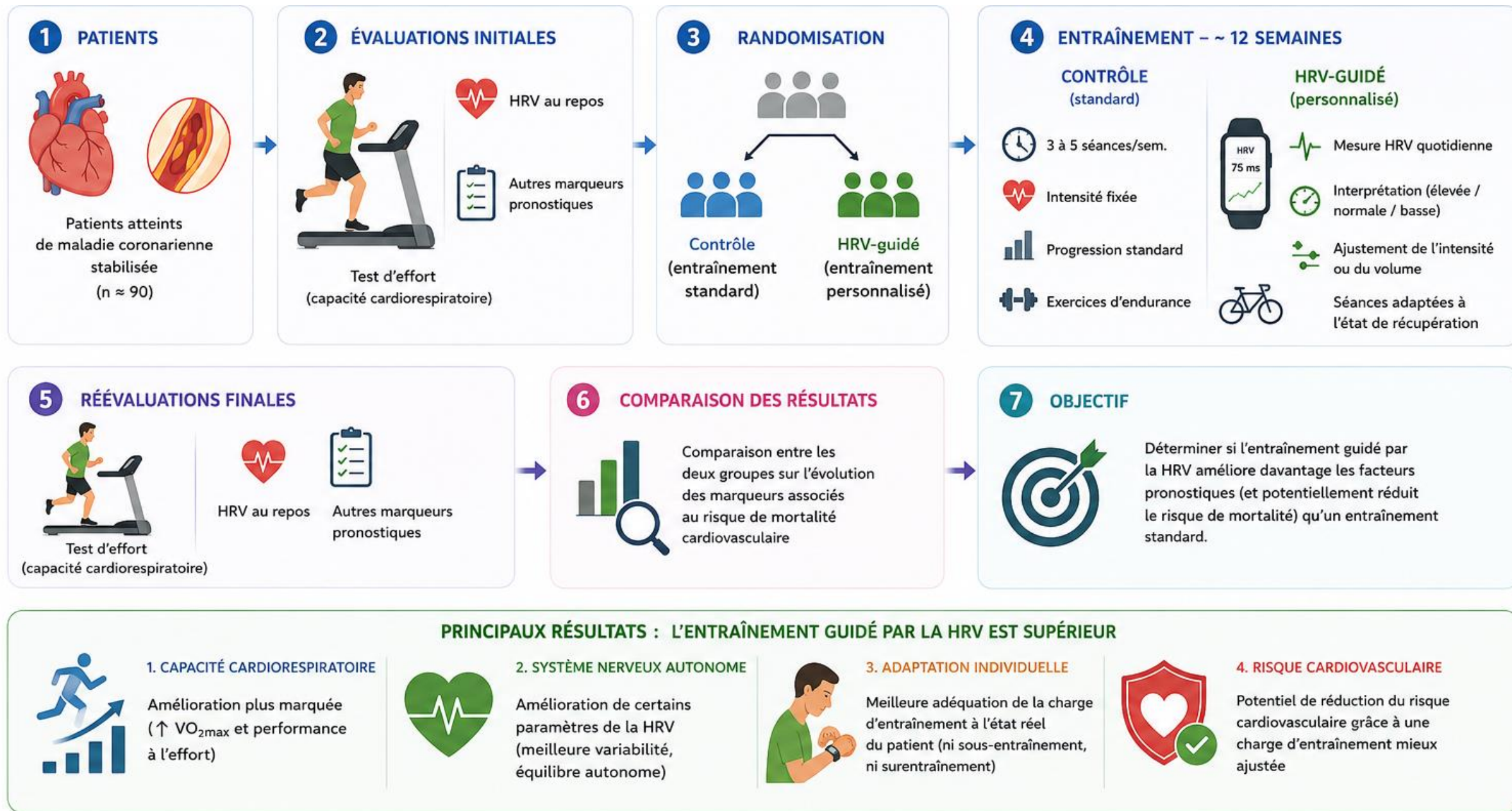


Fig. 1 Total power [$\ln(\text{ms}^2)$] at baseline and follow-up for each of the individual patients. Htx, heart transplantation.



Réadaptation cardiaque et VFC





Très bien établi



- ✓ Pronostic après infarctus
- ✓ Pronostic dans l'insuffisance cardiaque
- ✓ Neuropathie autonome diabétique
- ✓ Marqueur global de mortalité cardiovasculaire



Partiellement établi



- Fibrillation atriale
- Détection précoce des décompensations cardiaques
- Évaluation du risque rythmique



Encore expérimental



- Guidage des traitements
- Choix des patients pour défibrillateur implantable
- Utilisation seule comme outil diagnostique

Pour conclure

- La VFC est un outil prometteur mais ses applications doivent être interprétées selon le contexte clinique.
- La VFC est utile pour l'évaluation pronostique, mais rarement suffisant à lui seul pour prendre une décision thérapeutique.
- Autrement dit, une VFC basse attire l'attention sur un patient potentiellement plus fragile, mais elle est généralement interprétée en combinaison avec :
 - La fraction d'éjection ventriculaire gauche (FEVG),
 - L'imagerie cardiaque,
 - Les arythmies (Holter ECG)
 - les biomarqueurs (BNP, troponine),

Merci pour votre
attention

