

Binacor LLC

Body Health Analyzer

Test d'évaluation de la santé

Guide d'utilisation pratique

© 2019-2024 Binacor LLC. All rights reserved.

Binacor ou ses sociétés affiliées déclarent que ce produit n'est pas destiné à diagnostiquer, traiter, guérir ou prévenir une maladie. Il est strictement conçu pour mesurer et suivre les variables physiologiques. Toute utilisation supplémentaire de ce produit en dehors de l'usage prévu et conçu de cet appareil n'est pas sanctionnée par le fabricant ou les distributeurs et se fait aux propres risques de l'utilisateur. Les professionnels de la santé doivent travailler dans le cadre de leurs licences et certifications lors de l'interprétation ou de l'application des données dérivées de l'utilisation de ce produit. Ce produit est destiné à être utilisé uniquement à des fins de recherche et d'éducation.

1. Objectif du test d'évaluation de la santé

L'analyse HRV (Heart Rate Variability ou Variabilité de la Fréquence Cardiaque en Français) à court terme au repos constitue un outil précieux pour évaluer le fonctionnement du système nerveux autonome (SNA), en particulier l'équilibre entre les activités sympathiques et parasympathiques, lorsqu'un individu est dans un état détendu. L'objectif principal de l'analyse de la VFC au repos à court terme est le suivant.

1.1. Évaluation de la fonction autonome

La VFC reflète les modifications de la fréquence cardiaque, battement par battement, qui sont principalement régulées par le système nerveux autonome. En analysant la VFC au repos, les professionnels de la santé peuvent mieux comprendre l'équilibre entre les activités du système nerveux sympathique (réponse de combat ou de fuite) et parasympathique (réponse de repos et de digestion). Cette évaluation peut fournir des informations précieuses sur la fonction autonome globale d'un individu et les risques pour la santé associés au dysfonctionnement autonome.

1.2. Observation du stress et de la relaxation

L'analyse de la VFC à court terme au repos peut aider à évaluer le niveau de stress d'un individu et sa capacité à se détendre. Une VFC plus élevée indique généralement une plus grande adaptabilité du système nerveux autonome et une meilleure capacité à gérer le stress, tandis qu'une VFC plus faible peut suggérer un stress chronique ou un dysfonctionnement autonome. En surveillant la VFC au repos, les professionnels de la santé peuvent identifier les personnes susceptibles de bénéficier d'interventions de gestion du stress et de techniques de relaxation.

1.3. Marqueur de santé prédictif

Les modifications de la VFC au repos ont été associées à divers problèmes de santé tels que les maladies cardiovasculaires, le diabète et les troubles de santé mentale. L'analyse de la VFC au fil du temps peut servir de marqueur prédictif pour identifier les personnes à risque de développer ces conditions, permettant ainsi une intervention précoce et des stratégies de prévention.

1.4. Suivi de la performance

Dans le cadre du sport et du fitness, l'analyse de la VFC au repos à court terme peut être utilisée pour surveiller l'état de préparation des athlètes à l'entraînement ou à la compétition. Les fluctuations du VRC peuvent indiquer de la fatigue, un surentraînement ou une récupération inadéquate, aidant ainsi les entraîneurs et les athlètes à optimiser leurs programmes d'entraînement et à prévenir les blessures.

1.5. Biofeedback et techniques de relaxation

Le biofeedback de la VFC, une technique thérapeutique qui consiste à entraîner les individus à réguler l'activité de leur système nerveux autonome grâce à la surveillance en temps réel de la VFC, peut être facilité par une analyse à court terme de la VFC au repos. En fournissant aux individus des informations sur leurs niveaux de VFC pendant les exercices de relaxation, le biofeedback peut aider à améliorer les compétences de gestion du stress et à promouvoir le bien-être général.

Dans l'ensemble, l'analyse de la VFC au repos à court terme offre des informations précieuses sur le fonctionnement du système nerveux autonome, les niveaux de stress et les risques potentiels pour la santé, ce qui en fait un outil utile dans les contextes cliniques et non cliniques pour promouvoir la santé et le bien-être.

2. Protocole de test d'évaluation de la santé

Le meilleur protocole pour l'enregistrement de la VFC à court terme au repos peut varier en fonction des objectifs spécifiques de l'analyse, de l'équipement disponible et des préférences du chercheur ou du prestataire de soins de santé. Cependant, certaines lignes directrices courantes peuvent être suivies pour un enregistrement efficace de la VFC à court terme au repos.

2.1. Préparation du participant

Demandez au participant de s'abstenir de consommer des stimulants tels que la caféine ou de s'engager dans une activité physique vigoureuse pendant au moins 24 heures avant la séance d'enregistrement. Assurez-vous que le participant est dans une position assise confortable dans un environnement calme.

Pour garantir des résultats précis des tests VFC, veuillez respecter les directives suivantes :

- Abstenez-vous de consommer des substances stimulantes telles que la caféine ou des boissons énergisantes et de faire de l'exercice vigoureux pendant au moins 2 heures (idéalement pendant 24 heures) avant le test.
- Asseyez-vous calmement sur une chaise confortable légèrement inclinée quelques minutes avant le test.
- Avant de fixer le capteur, massez doucement le doigt pour améliorer la circulation sanguine.
- Maintenez le silence pendant le test afin de minimiser les influences extérieures.
- Tousser ou éternuer pendant le test peut avoir un impact sur les résultats ; si cela se produit, il est conseillé de subir un nouveau test.
- Essayez de minimiser la déglutition pendant le test pour éviter toute interférence avec les mesures.

2.2. Durée d'enregistrement du test

Les enregistrements de la VFC à court terme durent généralement entre 5 et 10 minutes. Cette durée est suffisante pour capturer suffisamment de données pour une analyse plus complète tout en minimisant l'inconfort ou la fatigue des participants. Notre test dure 5 minutes par défaut.

Il existe la possibilité de faire une version plus courte (2 minutes) du test. Les preuves étayant la viabilité de l'analyse de la VFC en 2 minutes proviennent de diverses études et recherches menées dans différentes populations et contextes. Alors que l'analyse traditionnelle de la VFC implique souvent des durées d'enregistrement plus longues (par exemple, 5 à 10 minutes), plusieurs études ont démontré que des durées d'enregistrement plus courtes, telles que 2 minutes, peuvent toujours fournir des informations précieuses sur la fonction autonome et les résultats pour la santé. Voici quelques points clés soutenant la viabilité de l'analyse de la VFC en 2 minutes :

2.2.1. Corrélation avec des enregistrements plus longs

Plusieurs études ont montré de fortes corrélations entre les paramètres de la VFC dérivés d'enregistrements de 2 minutes et ceux issus de durées d'enregistrement plus longues (par exemple 5 à 10 minutes). Par exemple, les recherches de Tarvainen et al. (2014) [1] ont trouvé des corrélations élevées ($r > 0,90$) entre les mesures de la VFC à court terme (2 minutes) et à long terme (20 minutes) chez des sujets sains.

2.2.2. Faisabilité et praticité

Des durées d'enregistrement plus courtes sont plus réalisables et plus pratiques, en particulier dans les milieux cliniques où le temps et les ressources peuvent être limités. Un enregistrement de 2 minutes est moins fastidieux pour les participants et peut être facilement intégré aux évaluations cliniques ou aux dépistages de routine.

2.2.3. Sensibilité aux changements

Des études ont démontré qu'une analyse de la VFC de 2 minutes est sensible aux changements aigus de la fonction autonome induits par divers stimuli, tels que le stress mental, l'effort physique ou les interventions pharmacologiques. Par exemple, les recherches de Laborde et al. (2017) [2] ont montré des changements significatifs dans les paramètres de la VFC après une tâche de calcul mental de 2 minutes, indiquant la réactivité de l'analyse de la VFC à court terme au stress aigu.

2.2.4. Utilité Clinique

Il a été démontré que l'analyse de la VFC à court terme a une utilité clinique dans diverses populations et conditions, notamment les maladies cardiovasculaires, le diabète et les troubles de santé mentale. Par exemple, les recherches d'Almeida-Santos et al. (2016) [3] ont démontré la valeur pronostique de l'analyse de la VFC en 2 minutes pour prédire le risque de mortalité chez les patients souffrant d'insuffisance cardiaque.

2.2.5. Études de validation

Plusieurs études de validation ont été menées pour évaluer la fiabilité et la validité de l'analyse de la VFC en 2 minutes dans différents groupes d'âge et états de santé. Ces études ont constamment montré que l'analyse de la VFC à court terme fournit des mesures fiables de la fonction autonome et convient à des fins cliniques et de recherche.

Bien que des durées d'enregistrement plus longues puissent offrir des informations plus complètes sur la dynamique de la VFC, l'analyse de la VFC en 2 minutes s'est révélée être une solution viable en raison de son caractère pratique, de sa faisabilité et de sa capacité à capturer des informations significatives sur la fonction autonome et les résultats pour la santé. Cependant, les chercheurs et les cliniciens doivent tenir compte du contexte et des objectifs spécifiques de leurs études ou évaluations lors de la sélection de la durée d'enregistrement appropriée pour l'analyse de la VFC.

2.3. Équipement d'enregistrement

Utilisez un moniteur de fréquence cardiaque ou un électrocardiogramme (ECG) de haute qualité pour mesurer avec précision la variabilité de la fréquence cardiaque. L'appareil doit avoir une fréquence d'échantillonnage d'au moins 250 Hz pour une analyse précise de la VFC.

L'enregistrement du signal PPG s'est avéré suffisant pour obtenir une analyse précise de la variabilité de la fréquence cardiaque (VFC) dans diverses études [4, 5, 6, 7]. Le PPG mesure les modifications du volume sanguin dans les vaisseaux sanguins périphériques, généralement à l'aide d'une source de lumière et d'un photodétecteur. Bien que l'ECG soit considéré comme la référence en matière d'analyse de la VFC, le PPG est de plus en plus utilisé en raison de sa nature non invasive et de sa facilité d'utilisation.

Ces études démontrent que les signaux dérivés du PPG peuvent fournir une analyse de la VFC précise et fiable, même dans des conditions non stationnaires et pendant un stress mental. Cependant, il est important de noter que la qualité des méthodes d'acquisition et de traitement du signal PPG peut affecter la précision de l'analyse de la VFC. Par conséquent, des techniques appropriées de traitement du signal et une validation par rapport aux enregistrements ECG sont essentielles pour garantir la fiabilité des mesures VFC obtenues à partir des signaux PPG.

Notre système utilise un oxymètre de pouls à pince digitale, qui enregistre le signal de photopléthysmographie (PPG) avec une fréquence d'échantillonnage interne de 400 Hz. L'appareil dispose de l'autorisation de la FDA confirmant l'exactitude et la validité des données qu'il génère.

2.4. Collection de données

Enregistrez la fréquence cardiaque du participant en continu tout au long de la session d'enregistrement. Assurez-vous que le participant reste aussi immobile et détendu que possible pendant l'enregistrement afin de minimiser les artefacts de mouvement.

2.5. Traitement de l'information

Après la session d'enregistrement, le système effectue automatiquement l'analyse standard : il extrait les données d'intervalle de battement de coeur (le temps entre les battements de coeur successifs) du signal PPG enregistré. Des filtres appropriés et des techniques de correction des artefacts sont appliqués pour garantir la qualité des données.

2.6. Analyse de la VFC

Le système calcule tous les paramètres VFC standard dans les domaines temporel et fréquentiel pour évaluer la modulation globale VFC, sympathique et parasympathique de la fréquence cardiaque.

2.7. Interprétation et rapport

Le système interprète les résultats de la VFC dans le contexte de l'évaluation globale de l'état de santé et fournit des rapports clairs et concis sur les résultats de la VFC, y compris toute implication sur la fonction autonome ou les résultats de santé.

3. Indicateurs clés de santé

3.1. Indice VFC

L'indice de la VFC est un nom plus convivial de la métrique VFC bien connue appelée SDNN.

SDNN signifie Écart type des intervalles NN. C'est une mesure utilisée dans l'analyse de la variabilité de la fréquence cardiaque (VFC). La VFC fait référence à la variation de l'intervalle de temps entre des battements cardiaques consécutifs, qui est influencée par le système nerveux autonome. SDNN quantifie spécifiquement la variabilité de ces intervalles, fournissant ainsi un aperçu de l'équilibre global et du fonctionnement du système nerveux autonome. Des valeurs SDNN plus élevées indiquent généralement une plus grande variabilité de la fréquence cardiaque, qui est souvent associée à une meilleure santé cardiovasculaire et à une meilleure adaptabilité au stress.

La formule de calcul du SDNN comporte plusieurs étapes :

- Enregistrez les intervalles NN, qui sont les intervalles de temps entre des battements cardiaques normaux consécutifs (intervalles R-R) en millisecondes.
- Calculez la moyenne (moyenne) des intervalles NN.
- Calculez les carrés des différences entre chaque intervalle NN et la moyenne.

- Trouvez la moyenne de ces carrés des différences.
- Prenez la racine carrée du résultat obtenu à l'étape 4.

En termes mathématiques, la formule du SDNN peut être exprimée comme suit :

$$SDNN = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (NN_i - \overline{NN})^2}$$

Où:

1. SDNN est l'écart type des intervalles NN.
2. N est le nombre total d'intervalles NN.
3. NN_i représente le ième intervalle NN.
4. \overline{NN} est la moyenne de tous les intervalles NN.

Le SDNN est calculé selon les normes énoncées dans cette publication [8.]

3.2. Index Vagal

L'indice Vagal est un nom plus convivial de la métrique VFC bien connue appelée RMSSD.

RMSSD signifie Moyenne quadratique des différences successives (Root Mean Square of Successive Differences). Il s'agit d'une mesure utilisée dans l'analyse de la variabilité de la fréquence cardiaque (VFC), se concentrant spécifiquement sur la variabilité entre les intervalles NN successifs (les intervalles de temps entre des battements cardiaques normaux consécutifs).

RMSSD quantifie l'ampleur des différences entre les intervalles NN adjacents, fournissant ainsi un aperçu de l'influence du système nerveux parasympathique (vagal) sur la régulation de la fréquence cardiaque. Des valeurs RMSSD plus élevées sont généralement associées à une activité parasympathique accrue, indiquant une plus grande variabilité de la fréquence cardiaque et une meilleure santé cardiovasculaire.

La formule du RMSSD comporte plusieurs étapes :

1. Enregistrez les intervalles NN.
2. Calculez les différences entre les intervalles NN successifs.
3. Mettez au carré chaque différence.
4. Calculez la moyenne (moyenne) des carrés des différences.
5. Prenez la racine carrée de la moyenne.

En termes mathématiques, la formule du RMSSD peut être exprimée comme suit:

$$RMSSD = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^{N-1} (NN_{i+1} - NN_i)^2}$$

- Où:

- RMSSD est la racine carrée moyenne des différences successives.
- N est le nombre total d'intervalles NN.
- NN_i représente le ième intervalle NN.
- NN_{i+1} représente l'intervalle NN suivant immédiatement NN.

Le RMSSD fournit un indice précieux pour évaluer la variabilité à court terme de la fréquence cardiaque, particulièrement influencée par le tonus vagal.

Le SDNN est calculé selon les normes énoncées dans cette publication [8.]

3.3. Index de Stress

L'indice de stress (SI), également connu sous le nom d'indice de stress Baevsky ou simplement indice Baevsky, est une valeur numérique utilisée pour évaluer le niveau de stress d'une personne sur la base de l'analyse de la variabilité de la fréquence cardiaque (VRC). Il a été développé par le scientifique biomédical russe, le professeur Roman Baevsky [10].

La formule du SI comporte plusieurs étapes :

1. Enregistrez les intervalles NN.
2. Calculez le nombre d'intervalles NN.
3. Calculez la plage de tous les intervalles NN (différence entre les intervalles NN les plus longs et les plus courts).
4. Calculez le mode de tous les intervalles NN (l'intervalle NN le plus fréquent dans l'échantillon enregistré).
5. Calculez le nombre d'intervalles NN égaux au mode.
6. Calculez l'amplitude du mode (rapport en pourcentage du nombre d'intervalles NN égal au mode au nombre total d'intervalles NN).
7. Calculez le SI comme le rapport de l'amplitude du mode à la plage des intervalles NN multiplié par le mode par deux.

En termes mathématiques, la formule de SI peut être exprimée comme suit :

$$SI = \frac{Amo}{2 * Mo * R}$$

OÙ :

- *SI est l'indice de stress.*
- *R est la plage de tous les intervalles NN.*
- *Mo est le mode de tous les intervalles NN.*
- *Amo est l'amplitude de mode des intervalles NN.*

Les valeurs SI augmentent lorsque l'influence parasympathique sur le rythme cardiaque diminue et/ou l'influence sympathique sur le rythme cardiaque augmente. Cela conduit à une réduction des variations NN (plage réduite des valeurs NN) et à une réduction de la valeur modale des intervalles NN.

3.4. Équilibre autonome

L'équilibre autonome est une métrique synthétique créée en fonction de la valeur moyenne des intervalles NN. Selon l'étude de J. Goldberger [9], les intervalles RR présentent la plus forte corrélation avec l'équilibre sympathovagal (SVB).

Une métrique synthétique a été créée sur la base de ce concept pour fournir une échelle linéaire d'AB reflétant les changements de SVB vers une dominance sympathique ou parasympathique.

La formule du SI comporte plusieurs étapes :

1. Enregistrez les intervalles NN.
2. Calculez la moyenne NN.
3. Convertissez le NN moyen en HR moyen.
4. Calculez l'AB à l'aide d'une formule de conversion d'échelle.

En termes mathématiques, la formule du SDNN peut être exprimée comme suit :

$$AB = (\overline{HR} - 65) * 2.8$$

Où:

1. AB est l'indice d'équilibre autonome.
2. (\overline{HR}) est la FC moyenne.

3.5. Fréquence cardiaque au repos

La fréquence cardiaque au repos (FCR) est le nombre de battements cardiaques par minute lorsque le corps est au repos, généralement mesuré le matin au réveil ou après une période de repos. Il fournit des informations précieuses sur la santé cardiovasculaire et la condition physique globale.

Une fréquence cardiaque normale au repos pour les adultes se situe généralement entre 60 et 85 battements par minute (bpm), bien qu'elle puisse varier en fonction de facteurs tels que l'âge, la forme physique et la physiologie individuelle. En général, une fréquence cardiaque au repos plus faible est souvent associée à une meilleure santé cardiovasculaire et à des niveaux de forme physique plus élevés, tandis qu'une fréquence cardiaque au repos plus élevée peut indiquer des problèmes de santé potentiels ou une condition physique inférieure.

La formule du RHR comporte plusieurs étapes :

1. Enregistrez les intervalles NN.
2. Calculez la moyenne NN.

Voici quelques points clés concernant la fréquence cardiaque au repos et sa valeur pour l'évaluation de la santé :

3.5.1. Santé Cardiovasculaire

La fréquence cardiaque au repos est influencée par l'efficacité du système cardiovasculaire. Une fréquence cardiaque au repos plus faible indique généralement que le cœur fonctionne plus efficacement, pompant le sang plus efficacement à chaque battement. Cela peut être le signe d'une bonne santé cardiovasculaire et d'un risque moindre de maladies cardiovasculaires telles que l'hypertension, les crises cardiaques et les accidents vasculaires cérébraux.

3.5.2. Niveau de forme physique

La fréquence cardiaque au repos est également influencée par le niveau de forme physique. L'activité physique et l'exercice réguliers peuvent entraîner des adaptations du système cardiovasculaire, notamment une diminution de la

fréquence cardiaque au repos. Les athlètes et les individus ayant un niveau de forme physique plus élevé ont tendance à avoir une fréquence cardiaque au repos plus faible que les individus sédentaires.

3.5.3. Stress et récupération

La fréquence cardiaque au repos peut refléter les niveaux de stress du corps et sa capacité à récupérer. Un stress chronique ou une récupération inadéquate après une activité physique peuvent augmenter la fréquence cardiaque au repos, tandis que la relaxation et un repos suffisant peuvent contribuer à la réduire. La surveillance des changements dans la fréquence cardiaque au repos au fil du temps peut fournir des informations sur les stratégies de gestion du stress et de récupération.

3.5.4. Surveillance de la santé

Le suivi de la fréquence cardiaque au repos au fil du temps peut constituer un moyen simple et non invasif de surveiller la santé cardiovasculaire et les niveaux de forme physique. Des changements soudains ou persistants dans la fréquence cardiaque au repos peuvent justifier une évaluation plus approfondie et des soins médicaux, car ils pourraient indiquer des problèmes de santé sous-jacents ou des changements dans l'état de forme physique.

3.5.5. L'évaluation des risques

Une fréquence cardiaque au repos élevée a été associée à un risque accru de mortalité et d'événements cardiovasculaires dans diverses études de population. Par conséquent, l'évaluation de la fréquence cardiaque au repos dans le cadre des examens médicaux de routine peut aider à identifier les personnes présentant un risque plus élevé et à orienter les mesures et interventions préventives.

En résumé, la fréquence cardiaque au repos est une mesure précieuse pour évaluer la santé cardiovasculaire, la forme physique, le stress et la récupération. Une surveillance régulière de la fréquence cardiaque au repos, ainsi que d'autres indicateurs de santé, peuvent fournir des informations précieuses sur la santé et le bien-être en général.

3.6. Saturation en oxygène du sang

La SpO₂, ou saturation capillaire périphérique en oxygène, est une mesure du pourcentage d'hémoglobine oxygénée dans le sang par rapport à la quantité totale d'hémoglobine présente. Elle est généralement mesurée à l'aide d'un oxymètre de pouls, un dispositif médical non invasif qui se fixe à un doigt, un orteil ou un lobe d'oreille.

L'intérêt de la SpO₂ pour l'évaluation de la santé réside dans sa capacité à fournir des informations sur l'état d'oxygénation du sang, crucial pour diverses fonctions physiologiques. Voici quelques points clés concernant la SpO₂ et sa valeur pour l'évaluation de la santé :

3.6.1. Statut d'oxygénation :

La SpO₂ reflète la qualité du transport de l'oxygène des poumons vers les tissus du corps via la circulation sanguine. Une lecture normale de SpO₂ chez les individus en bonne santé se situe généralement entre 95 % et 100 %. Les valeurs inférieures à cette plage peuvent indiquer une hypoxémie ou un faible taux d'oxygène dans le sang, ce qui peut altérer le fonctionnement des organes et entraîner des symptômes tels qu'un essoufflement, une confusion et une cyanose (décoloration bleuâtre de la peau ou des muqueuses).

3.6.2. Santé respiratoire et cardiovasculaire

La SpO₂ est un indicateur important de la santé respiratoire et cardiovasculaire. Il est souvent surveillé lors d'évaluations médicales, en particulier chez les personnes souffrant de maladies respiratoires telles que la maladie pulmonaire obstructive chronique (MPOC), l'asthme ou la pneumonie, ainsi que de maladies cardiovasculaires telles que l'insuffisance cardiaque ou l'hypertension pulmonaire. Les modifications des niveaux de SpO₂ peuvent fournir des informations précieuses sur l'efficacité des traitements respiratoires, la gravité de la détresse respiratoire ou la présence d'une atteinte cardiovasculaire.

3.6.3. Exercice et Altitude

La SpO₂ peut fluctuer pendant l'exercice ou l'exposition à des altitudes élevées. Pendant l'exercice, les muscles ont besoin de plus d'oxygène, ce qui entraîne une augmentation du flux sanguin et de l'apport d'oxygène. Cependant, à haute altitude, où la pression partielle d'oxygène est plus faible, les niveaux de SpO₂ peuvent diminuer en raison de la disponibilité réduite d'oxygène dans l'atmosphère. La surveillance de la SpO₂ pendant l'exercice ou l'exposition en altitude peut aider à évaluer l'apport d'oxygène et l'adaptabilité aux conditions environnementales changeantes.

3.6.4. Surveillance de l'oxygénothérapie

La SpO₂ est couramment utilisée pour surveiller l'efficacité de l'oxygénothérapie chez les personnes souffrant de problèmes respiratoires ou cardiovasculaires. L'oxygénothérapie vise à augmenter les niveaux de SpO₂ pour améliorer l'oxygénation des tissus et atténuer les symptômes de l'hypoxémie. Une surveillance régulière de la SpO₂ permet aux prestataires de soins d'ajuster les paramètres d'oxygénothérapie selon les besoins et d'assurer un apport optimal d'oxygène.

3.6.5. Médecine d'urgence

En médecine d'urgence, la SpO₂ est un paramètre essentiel pour évaluer la gravité de la détresse respiratoire ou du choc. Des changements rapides des niveaux de SpO₂ peuvent indiquer une insuffisance respiratoire aiguë, une embolie pulmonaire ou d'autres conditions potentiellement mortelles, nécessitant une intervention médicale immédiate.

Dans l'ensemble, la SpO₂ est un paramètre essentiel pour évaluer l'état d'oxygénation et la santé respiratoire/cardiovasculaire en milieu clinique. La surveillance continue de la SpO₂ peut aider les prestataires de soins de santé à identifier précocement les anomalies, à orienter les décisions de traitement et à optimiser les résultats pour les patients.

3.7. Fonction d'adaptation

Les résultats de l'analyse HRV à court terme sont largement utilisés pour l'évaluation globale de l'état de santé. Cependant, la présence d'un large éventail de mesures différentes de la VFC rend difficile leur interprétation claire en ce qui concerne les tendances générales des changements en matière de santé.

R.M. Baevski et coll. a développé un modèle mathématique unique visant à mieux interpréter les résultats de l'analyse standard de la VFC à court terme afin d'évaluer la fonction d'adaptation physiologique du corps [11, 12]. Il prend plusieurs métriques VFC standard comme entrées et produit les métriques de sortie orthogonales suivantes : contrainte d'adaptation et ressource d'adaptation.

3.7.1. Contraintes d'adaptation

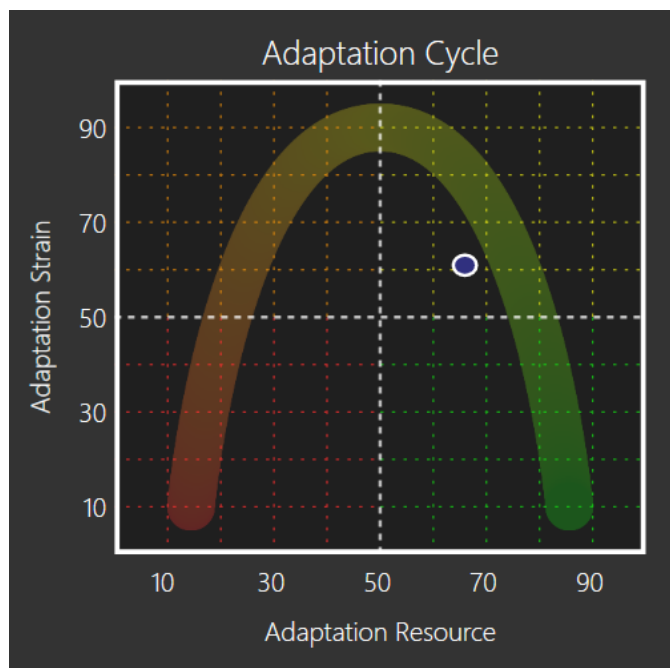
LA CONTRAINTE D'ADAPTATION (également connue sous le nom d'efforts d'adaptation, niveau de tension, degré de tension) propose une évaluation de la vigueur avec laquelle les mécanismes de régulation s'engagent pour s'adapter aux changements internes et externes défavorables, préservant ainsi l'homéostasie corporelle. Les maladies chroniques proviennent souvent d'un stress prolongé, élément central de leur développement. Un stress persistant perturbe l'homéostasie, ce qui incite les mécanismes d'autorégulation du corps à déployer des efforts continus pour rétablir l'équilibre. Un stress chronique accru exige des efforts d'adaptation accrus de la part du corps.

3.7.2. Ressource d'adaptation

RESSOURCE D'ADAPTATION (également connue sous le nom de réserve d'adaptation ou réserve fonctionnelle) offre une évaluation des ressources disponibles du corps utilisées pour restaurer l'homéostasie. Un corps robuste et sain possède de vastes réserves internes propices à une adaptation efficace. Cependant, le stress chronique épuise ces réserves alors que le corps s'efforce constamment de s'adapter et de retrouver son équilibre.

3.7.3. États d'adaptation

La souche d'adaptation et la ressource d'adaptation sont représentées sur des échelles orthogonales, créant un diagramme spatial bidimensionnel divisé en quatre quadrants.



Ces quatre quadrants définissent quatre états d'adaptation différents, qui pourraient être associés à quatre états de santé différents :

1. Adaptation normale – ressources d'adaptation élevées et faibles contraintes d'adaptation démontrées.
2. Adaptation limite – ressource d'adaptation élevée démontrée et contrainte d'adaptation élevée.
3. Diminution de l'adaptation – démonstration d'une faible ressource d'adaptation et d'une forte contrainte d'adaptation.

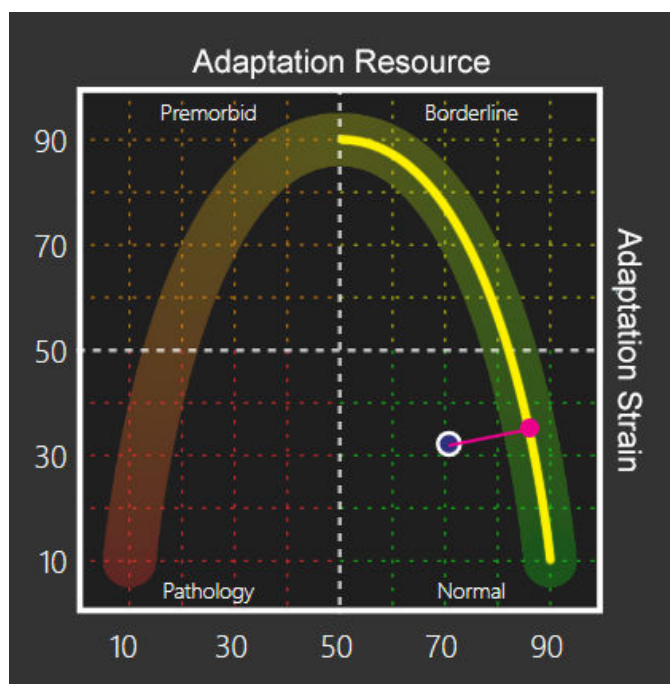
4. Échec de l'adaptation – démonstration d'une faible ressource d'adaptation et d'une faible contrainte d'adaptation.

3.7.4. Paternes de changement d'adaptation

Des observations approfondies menées sur des individus présentant des conditions physiologiques et des pathologies documentées sur des durées prolongées ont systématiquement révélé que les résultats des tests, lorsqu'ils sont analysés à l'aide de ce modèle mathématique et tracés sur le diagramme d'adaptation, ont tendance à former des groupes ressemblant à une courbe en forme de cloche. Cette courbe est postulée pour représenter un chemin de changement d'adaptation, décrivant la trajectoire typique de la fonction d'adaptation à mesure qu'elle évolue dans le temps en conjonction avec la progression ou la régression de conditions physiologiques ou pathologiques.

3.7.5. Index d'adaptation

Pour améliorer l'évaluation des résultats des tests, il est crucial de disposer d'une seule métrique qui indique la position du résultat de test actuel le long du chemin de changement d'adaptation. En réponse, une nouvelle mesure a été intégrée au modèle mathématique, appelée indice d'adaptation. Cet indice utilise l'ensemble du processus de changement d'adaptation à grande échelle. La valeur actuelle de l'indice d'adaptation indique la distance la plus courte entre le point de résultat du test tracé sur le diagramme et le chemin, fournissant une mesure complète de sa position par rapport à la trajectoire d'adaptation.



4. Plages et interprétations

Le tableau suivant vous aidera à interpréter les mesures de sortie standard du résumé de stress :

Métrique de sortie	Unités	Gamme complète	Sous-gammes interprétatives	Niveau	Interpretation
Index de stress	unités arbitraires	0 – 1000	0 ... 150	Bas	De faibles niveaux de stress signifient un état de tranquillité, des répercussions minimales sur la santé et une adaptabilité optimale au fonctionnement quotidien, soutenue par un solide réservoir de ressources d'adaptation.
			150 ... 300	Modéré	Un stress modéré accompagne souvent des tâches mentales, des expériences émotionnelles ou suit un effort physique léger. Ce type de stress est considéré comme fonctionnel car le corps utilise activement ses réserves pour s'adapter à divers facteurs de stress, facteurs environnementaux ou même maladies.
			300 ... 600	Haut	Un stress élevé se manifeste généralement après une activité physique intense ou pendant des périodes de bouleversements émotionnels intenses. Lorsqu'elle persiste, elle peut servir d'indicateur de problèmes de santé sous-jacents, nécessitant des interventions supplémentaires pour réduire le stress. À des niveaux de stress élevés, les systèmes nerveux cardiovasculaire, endocrinien et autonome subissent des tensions importantes, épuisant les réserves fonctionnelles de l'organisme nécessaires au maintien des fonctions corporelles globales. Une exposition prolongée à de telles conditions peut potentiellement catalyser le développement de maladies chroniques.
			600 ... 1000	Very High	Des niveaux de stress très élevés indiquent une détresse physique ou mentale grave, justifiant une attention immédiate aux stratégies de réduction du stress. Une exposition prolongée à un stress aussi extrême peut conduire à l'épuisement des réserves fonctionnelles de l'organisme et à la rupture des mécanismes responsables de l'adaptation fonctionnelle, notamment des systèmes cardiovasculaire, endocrinien et nerveux autonome. Cela augmente considérablement le risque de développer des maladies cardiovasculaires aiguës. Il est donc crucial de donner la priorité aux activités qui réduisent le stress et favorisent le bien-être général.

Métrique de sortie	Unités	Gamme complète	Sous-gammes interprétatives	Niveau	Interpretation
Équilibre autonome	unités arbitraires	-100 ... +100	-100 ... -25	Calme	L'état de calme ou de relaxation se produit lorsque l'activité régulatrice parasympathique prédomine sur l'activité sympathique, ce qui signifie que le corps est dans un mode de repos et prêt à gérer efficacement les facteurs de stress.
			-25 ... +25	Balancé	L'état d'équilibre indique que le corps maintient un équilibre sain entre activité et repos, caractérisé par l'équilibre dynamique des activités de régulation sympathiques et parasympathiques.
			+25 ... +100	Agité	L'état d'agitation désigne la réponse du corps au stress physique ou mental, facilitant les mécanismes d'adaptation et les instincts de survie. Cet état se produit lorsque l'activité régulatrice sympathique prédomine sur l'activité parasympathique
FC au repos	BPM	30 – 130	30 ... 40	Très bas	Une bradycardie importante, ou une fréquence cardiaque au repos très faible, peut indiquer une relaxation profonde chez les individus en bonne santé. Cependant, s'il s'accompagne de symptômes cardiaques, cela peut signaler des problèmes de santé sous-jacents nécessitant des soins médicaux.
			40 ... 50	Bas	Une légère bradycardie, caractérisée par une faible fréquence cardiaque au repos, est souvent observée chez les individus en bonne santé et n'est généralement pas préoccupante à moins qu'elle ne soit accompagnée de symptômes tels qu'une faiblesse ou des étourdissements.
			50 ... 80	Normale	Un rythme normal avec une fréquence cardiaque au repos normale indique généralement l'absence de fatigue, d'effort physique ou de problèmes de santé immédiats.
			80 ... 90	Élevé	Une légère tachycardie, marquée par une fréquence cardiaque au repos élevée, peut suggérer une fatigue, un effort physique ou des problèmes de santé potentiels si elle persiste.

Métrique de sortie	Unités	Gamme complète	Sous-gammes interprétatives	Niveau	Interpretation
			90 ... 130	Haut	Une tachycardie importante, caractérisée par une fréquence cardiaque au repos élevée, peut indiquer un effort physique important ou des problèmes de santé sous-jacents, en particulier si elle persiste ou s'accompagne d'autres symptômes cardiaques.
Index VFC	unités arbitraires	0 ... 100	0 ... 20	Très bas	Un indice VFC très faible suggère une diminution notable de la fonction autonome, souvent associée à un vieillissement accéléré ou à la présence de maladies chroniques.
			20 ... 30	Bas	Un faible indice VFC indique une fonction autonome diminuée, généralement liée à des niveaux élevés de stress aigu ou chronique. Des niveaux de VFC constamment faibles peuvent soulever des inquiétudes concernant la santé et le bien-être en général.
			30 ... 40	Moyen	Un indice VFC moyen suggère une légère diminution de la fonction autonome, souvent associée à des niveaux de stress modérés.
			40 ... 100	Haut	Un indice VFC élevé indique une fonction autonome robuste et saine, sans problèmes de santé ni stress évidents.
Index Vagal	unités arbitraires	0 ... 100	0 ... 10	Très bas	Un indice vagal très faible suggère une diminution notable de la fonction parasympathique, souvent associée à un vieillissement accéléré ou à la présence de maladies chroniques.
			10 ... 20	Bas	Un faible indice vagal indique une fonction parasympathique diminuée, généralement associée à des niveaux élevés de stress aigu ou chronique. Des niveaux constamment faibles peuvent soulever des inquiétudes concernant la santé et le bien-être en général.
			20 ... 30	Moyen	Un indice vagal moyen suggère une légère diminution de la fonction parasympathique, souvent associée à des niveaux de stress modérés.
			30 ... 100	Haut	Un indice vagal élevé indique une fonction parasympathique robuste et saine, sans problèmes de santé ni stress évidents.

Métrique de sortie	Unités	Gamme complète	Sous-gammes interprétatives	Niveau	Interpretation
SpO2	%	0 ... 99	0 ... 90	Très bas	Avoir un niveau de SpO2 (Saturation Périphérique en Oxygène) très faible est un indicateur significatif d'un dysfonctionnement grave du système cardiorespiratoire, entraînant un grave déficit d'oxygène dans les tissus corporels. Une attention médicale immédiate est fortement conseillée.
			90 ... 95	bas	Avoir une faible SpO2 (saturation périphérique en oxygène) pourrait être le signe d'un léger déficit d'oxygène dans les tissus corporels, potentiellement résultant d'un dysfonctionnement du système cardiorespiratoire. Il peut être recommandé de demander l'avis d'un professionnel pour évaluer et résoudre tout problème sous-jacent.
			95 ... 99	Vert	Avoir un niveau de SpO2 (saturation périphérique en oxygène) normal indique que le système cardiorespiratoire fonctionne correctement, fournissant suffisamment d'oxygène aux tissus du corps.
Contraintes d'adaptation	unités arbitraires	0 ... 100	0 ... 25	Bas	Une faible contrainte d'adaptation suggère que le système nerveux autonome n'exerce pas d'efforts de régulation significatifs pour atteindre l'état optimal d'adaptation du corps. Couplé à un niveau élevé ou très élevé de Ressources d'Adaptation, cela indique que le corps est dans un état d'adaptation optimal. À l'inverse, lorsqu'il est combiné à un niveau faible ou très faible de ressources d'adaptation, cela suggère que les mécanismes d'adaptation de l'organisme sont défailants.

Métrique de sortie	Unités	Gamme complète	Sous-gammes interprétatives	Niveau	Interpretation
			25 ... 50	Moyen	Une contrainte d'adaptation moyenne indique que le système nerveux autonome nécessite un effort de régulation modéré pour atteindre l'état optimal d'adaptation du corps. Lorsqu'il est associé à des niveaux élevés ou très élevés de ressources d'adaptation, cela suggère que le corps est proche de l'état optimal d'adaptation. À l'inverse, s'il est combiné à des niveaux faibles ou très faibles de ressources d'adaptation, cela indique que les mécanismes d'adaptation de l'organisme sont au bord de l'échec.
			50 ... 75	Haut	Une tension d'adaptation élevée suggère que le système nerveux autonome nécessite un effort de régulation important pour atteindre l'état optimal d'adaptation du corps. Lorsqu'il est associé à des niveaux élevés ou très élevés de ressources d'adaptation, cela indique que le corps n'est plus dans son état d'adaptation optimal mais qu'il possède toujours le potentiel de le restaurer. Cependant, si cela est combiné à des niveaux faibles ou très faibles de ressources d'adaptation, cela suggère que les mécanismes d'adaptation du corps sont incapables de restaurer l'état optimal d'adaptation.
			75 ... 100	Très Haut	Avoir une contrainte d'adaptation très élevée implique que le système nerveux autonome nécessite un effort de régulation important pour atteindre l'état optimal d'adaptation du corps. Lorsqu'il est associé à des niveaux élevés ou très élevés de ressources d'adaptation, cela indique que le corps est considérablement en dehors de son état d'adaptation optimal, mais qu'il recèle toujours le potentiel de le restaurer. Cependant, si cela est combiné à des niveaux faibles ou très faibles de ressources d'adaptation, cela suggère que les mécanismes d'adaptation du corps ont moins de chances de restaurer l'état optimal d'adaptation.

Métrique de sortie	Unités	Gamme complète	Sous-gammes interprétatives	Niveau	Interpretation
Ressource d'adaptation	unités arbitraires	0 ... 100	0 ... 25	Bas	De faibles ressources d'adaptation indiquent que le système nerveux autonome a eu du mal à réguler efficacement les fonctions physiologiques internes, ce qui entrave la capacité du corps à s'adapter de manière adéquate.
			25 ... 50	Moyen	Les ressources d'adaptation moyenne suggèrent que le système nerveux autonome n'a pas la pleine capacité de réguler efficacement les fonctions physiologiques internes, limitant ainsi sa capacité à promouvoir une adaptation adéquate du corps.
			50 ... 75	Haut	Les ressources d'adaptation élevées indiquent que le système nerveux autonome possède la capacité de réguler efficacement les fonctions physiologiques internes, favorisant ainsi une adaptation adéquate du corps.
			75 ... 100	Très haut	Des ressources d'adaptation très élevées suggèrent que le système nerveux autonome possède une capacité fonctionnelle exceptionnelle à réguler efficacement les fonctions physiologiques internes, favorisant ainsi une adaptation corporelle optimale.
Index d'adaptation	unités arbitraires	0 ... 100	0 ... 25	Bas	Un faible indice d'adaptation suggère que le système nerveux autonome est incapable de faciliter une adaptation physiologique adéquate du corps en raison d'un déficit important en ressources d'adaptation. Cela peut servir d'indicateur de problèmes de santé existants.
			25 ... 50	Moyen	L'indice d'adaptation moyen suggère que le système nerveux autonome est confronté à des difficultés pour assurer une adaptation physiologique adéquate du corps en raison de la diminution des ressources d'adaptation. La présence de problèmes de santé ne peut être exclue dans de telles circonstances.

Métrique de sortie	Unités	Gamme complète	Sous-gammes interprétatives	Niveau	Interpretation
			50 ... 75	Haut	Un indice d'adaptation élevé suggère que le système nerveux autonome peut fournir une adaptation physiologique adéquate du corps, soutenue par des ressources d'adaptation suffisantes. Cependant, certains efforts sont nécessaires pour parvenir à cette adaptation
			75 ... 100	Très haut	Un indice d'adaptation très élevé suggère que le système nerveux autonome peut assurer efficacement l'adaptation physiologique du corps, bénéficiant de ressources d'adaptation substantielles tout en dépensant un minimum d'effort pour y parvenir.

Références

1. Tarvainen, M. P., Niskanen, J. P., Lipponen, J. A., Ranta-Aho, P. O., & Karjalainen, P. A. (2014). Kubios HRV--heart rate variability analysis software. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 113(1), 210-220.
2. Laborde, S., Mosley, E., & Thayer, J. F. (2017). Heart rate variability and cardiac vagal tone in psychophysiological research – Recommendations for experiment planning, data analysis, and data reporting. *Frontiers in Psychology*, 8, 213.
3. Almeida-Santos, M. A., Barreto-Filho, J. A., Oliveira, J. L., Reis, F. P., da Cunha Oliveira, C. C., & Sousa, A. C. (2016). Prognostic value of reduced heart rate variability in post-myocardial infarction patients. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, 106(5), 365-372.
4. Gil, E., Orini, M., Bailón, R., Vergara, J. M., Mainardi, L., Laguna, P., & Bailon, R. (2010). Photoplethysmography pulse rate variability as a surrogate measurement of heart rate variability during non-stationary conditions. *Physiological Measurement*, 31(9), 1271-1290.
5. Baek, H. J., Cho, C. H., Cho, J., Woo, J. M., & Kim, J. W. (2015). Effect of mental stress on heart rate variability in patients with differentiated thyroid cancer using short-term RR interval recording. *Journal of Korean Medical Science*, 30(3), 268-275.
6. Li, K., Su, S., Zhao, J., & Wang, Z. (2019). Photoplethysmography based heart rate variability analysis: A review. *Journal of Healthcare Engineering*, 2019, 1071476.
7. Allen, J. (2007). Photoplethysmography and its application in clinical physiological measurement. *Physiological Measurement*, 28(3), R1-R39.
8. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. (1996). Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. *Circulation*, 93(5), 1043-1065.

9. Goldberger, Jeffrey J. Sympathovagal balance: how should we measure it? *Am. J. Physiol.* 276 (Heart Circ.Physiol. 45): H1273–H1280, 1999.
10. Roman M. Baevsky, Anna G. Chernikova. Heart rate variability analysis: physiological foundations and main methods; *Cardiometry*; No.10; May 2017; p.66-76
11. Autonomic Nervous System: Interpretation Problems in Assessment Methods. White Paper, Binacor LLC, 2019.
12. Baevsky R.M., Chernikova A.G., et al., The problem of estimation of the organism adaptable opportunities under stressful influences. *Russ FiziolZh Im I M Sechenova.*, 2012 Jan, 98 (1): 95-107.