

ÉVALUATION DE LA SUPPORTABILITÉ DES CHARGES INTENSES PAR LES ATHLÈTES À LA BASA DES CARACTÉRISTIQUES DYNAMIQUES DU RYTHME CARDIAQUE

L'article proposé définit la manière dont la médecine du sport doit relever un défi urgent : prévoir la portabilité humaine des effets extérieurs intenses qui se produisent lors de la préparation d'un athlète à l'activité de compétition. La méthodologie a été élaborée par l'auteur pour suivre la situation humaine en médecine spatiale et d'aviation. Les approches qui y ont été appliquées sont liées à des domaines relativement nouveaux en médecine, en particulier, à l'étude des mécanismes d'adaptation de l'organisme humain à différents facteurs de stress - à la fois physiques et psychologiques.

Les difficultés des tâches sont déterminées par des raisons objectives, à savoir la complexité des processus de régulation de l'organisme humain, le degré élevé d'individualité des manifestations de ces processus réglementaires et le manque de leur étude.

Dans un certain nombre de domaines où le niveau du travail des personnes est élevé, physique ou stressant, il existe également un contrôle tolérant des paramètres principaux de l'activité vitale. Il repose sur des années de l'élaboration des normes et des critères. Pour anticiper les défaillances futures de l'organisme humain, dont les activités sont liées à de grandes charges, il faut obtenir des

informations très différentes - à savoir la "réserve de la résistance" des mécanismes de régulation de son organisme. Et il est beaucoup plus difficile de le faire. Dans les activités réelles, il est très difficile d'établir des normes individuelles et des critères de supportabilité de telles ou telles charges pour chaque personne. En ce qui concerne le sport, les entraîneurs et les médecins du sport ont tendance à résoudre ce problème de manière expérimentale. La réduction des capacités d'adaptation et de régulation ne peut être constatée que par "le facteur de résultat". Lorsque l'augmentation des charges d'entraînement ne se traduit pas par une amélioration des résultats sportifs, cela montre que les réserves internes de l'organisme sont fortement dépassées. C'est difficile à dire si on peut considérer que le sportif a épuisé ses capacités physiques ou psychologiques.

Du point de vue subjectif, une personne dans cet état peut se sentir "comme un citron pressé". Dans ce cas-là, il faudrait du temps pour rétablir sa forme normale et procéder à un diagnostic approfondi.

Il est incontestable que le niveau de la médecine moderne permet aujourd'hui, avec l'aide des recherches clinico-biochimiques et physiologiques approfondies,



**Prof. Lebedeva
Irina Evgeniyevna**

d'obtenir toute information détaillée sur l'état de l'organisme humain. Et l'évaluation de son statut psychologique. Il s'agit là d'un grand sujet séparé qui va au-delà de cet article.

En réalité, les coûts temporaires et financiers des recherches approfondies excluent leur utilisation massive. La tâche doit être résolue dans le contexte de strictes contraintes pragmatiques, de façon

purement économique et institutionnelle. Cela signifie que la méthode efficace de prévision des états qui nous intéressent doit être simple et disponible, avec un minimum d'outils techniques. En même temps, elle doit être suffisamment fiable.

Pour évaluer rapidement la réserve fonctionnelle de l'organisme humain, le choix des méthodes qui répondent à ces exigences est limité. Les indicateurs de la structure du rythme cardiaque restent indispensables à cet égard, compte tenu des propriétés "indicatrices" du système. Elle joue dans le corps humain le rôle d'un "capteur" sommaire de la réponse de tout le corps à toute exposition - physique et psychologique, externe et interne.

La présence dans les rangs dynamiques des cardiointervalles d'information pour diagnostiquer les dysfonctionnements systémiques précoces, ce qui est très précieux pour la pratique clinique, ce que confirment les études menées par Danilov A. D. [7].

De nombreux spécialistes restent donc concentrés sur ce paramètre physiologique. Son inscription est relativement simple et peut être facilement assurée si l'on le souhaite dans le cadre d'une véritable activité d'entraînement.

Dans notre pays, la possibilité d'exploiter la richesse de l'information du rythme cardiaque a été développée par les spécialistes suivants : docteur des sciences médicales, prof. R. M. Baevskiy, docteur des sciences médicales, prof. B.M. Fedorov,

docteur des sciences médicales, prof. V.G.Dorochev et bien d'autres.

Ces auteurs ont principalement utilisé les caractéristiques statistiques et spectrales (des ondes) des séries de cardiointervalles. Ces caractéristiques du rythme peuvent fournir des informations sur l'activité des différentes divisions du système nerveux, centrale ou végétatif. Et avec l'aide de cette activité on a évalué l'état fonctionnel de l'homme. Ces études sont détaillées dans les travaux [3,4, 6,11].

Ces travaux ont été très répandus dans de nombreuses études expérimentales et sections médicales liées à l'évaluation de l'état fonctionnel du corps, telles que la médecine spatiale et d'aviation, les services du contrôle de tolérance de différentes entreprises. Ils ont permis de détecter les particularités des variations des caractéristiques statistiques et spectrales du rythme cardiaque, notamment la présence d'ondes de longueur et d'expression différentes aux charges différentes.

Pourtant, dans le cas des tâches liées à la prévision des états, ces méthodes ne sont pas non plus révélées efficaces, car elles ont travaillé avec des données moyennes et reflétaient la spécificité des états stables (fixes). Toutes ces méthodes ont emprunté les principes de l'analyse statistique des processus aléatoires fixes ou quasi-fixes (durables ou presque durables). Cela signifie qu'il doit y avoir une stabilité des valeurs moyennes des paramètres de base mesurés, ce qui ne se fait pas

toujours dans des conditions de repos fonctionnel. Car nous savons que les processus psychologiques, nos émotions et nos pensées sont aussi capables que les effets physiques de faire bouger tout le système de régulation humain. Et tout d'abord, le système de la régulation cardiaque. En réalité, ces méthodes donnent une grande marge d'erreur. En outre, des études expérimentales ont montré que le comportement d'un certain nombre de paramètres devient instable à la frontière des états "critiques". De nombreux rapports changent leur nature et deviennent instables. Le principe de linéarité "plus de charge - plus de réaction" cesse de fonctionner. Tous les médecins du sport le savent.

La tâche de trouver un moyen de décoder la "langue du rythme cardiaque" pour obtenir des informations sur la capacité de résistance du système de régulation de l'organisme reste toujours très importante. Nous sommes convaincus qu'il est possible de résoudre une telle tâche non seulement par les progrès de la médecine moderne, mais aussi par les analogies historiques, notamment l'art de "lire" l'information sur le rythme cardiaque que les médecins de l'Est possédaient.

De nos jours, avec l'apparition du matériel ultrasonore, l'intérêt aux algorithmes mathématiques sophistiqués pour identifier les caractéristiques de la régulation du rythme cardiaque n'est pas si grand qu'il était il y a trente ou quarante ans. Bien que de nombreuses données suggèrent que les violations

existant précisément dans la régulation du rythme cardiaque, se manifestent à la phase précoce de la pénurie de capacité d'adaptation de l'homme à la charge de travail, quand il est impossible de détecter visuellement les changements morphologiques en se basant sur les données de l'examen ultrasonore. Cela a été montré par l'analyse des enregistrements du rythme cardiaque lors de toute sorte d'expositions, lorsque les séquences cardiaques ont été enregistrées directement pendant la charge.

Les séquences dynamiques des cardiointervalles ont leurs propres régularités, comme on peut le voir sur de nombreux enregistrements des rythmogrammes et, en particulier, des "nuages auto-corrélatifs" (scatérogrammes), des séquences de cardioprotection transformées de manière spéciale. Le mot "rythme cardiaque" lui-même porte un indice permettant de choisir la méthode d'analyse des séries cardiaques. Parce que le mot "rythme" signifie le rapport entre les intervalles entre quelques événements. Les nuages auto-corrélatifs reflètent la nature du rapport de durée des cardiointervalles voisins, car ils sont construits de manière assez intelligente - les durées des cardiointervalles voisins - sont alternativement marquées sur l'axe abscisse ou sur l'axe ordonné. De ce fait, une longue séquence des cardiointervalles devient une image compacte qui reflète la "nature" du rythme.

Ainsi, les séries affichées de cardiointervalles permettent d'évaluer l'instabilité

des cardiointerventeurs de nature différente. Et en outre, à partir des valeurs mineures (microflucidations) jusqu'à l'apparition des arythmies cliniquement significatives [2].

Ces manifestations phénoménales aux essais de charge variés sont décrites en détail dans les travaux [5,8, 9,10].

Méthodologie de la recherche et principes du traitement des séries dynamiques des cardiointervalles

En premier lieu, il est important de noter que pour les états dynamiques qui se produisent lors des charges, les meilleurs résultats ont été obtenus avec l'utilisation des échantillons de charge submaximaux.

Des charges de test d'intensité significative sont généralement utilisées pour la sélection et la formation des personnes exposées à des influences intenses. Et la limite de portabilité est déterminée en fonction de la limite que la personne résiste effectivement, c'est-à-dire avant l'apparition des symptômes cliniques. C'est le cas, par exemple, de l'essai d'endurance physique PWC-170 le plus répandu appliqué par les médecins du sport. Des prescriptions encore plus strictes sont imposées lors des tests des pilotes et des cosmonautes.

Pour une personne ordinaire, le test lui-même peut être stressant avec cette approche. Il serait donc idéal d'avoir un système basé sur les tests submaximaux. Cela permettrait d'étendre les capacités de la méthode

d'évaluation des capacités de réserve de l'organisme humain pour tous les cas et non seulement celle de la norme, mais aussi de la pratique clinique.

Pourquoi les tests sont-ils obligatoires? Parce que le corps humain est "conçu par le créateur", non pas pour rester tranquille, mais pour une vie efficace. Le slogan "le mouvement est la vie!" est la définition la plus concise du principe de l'homéostasie, l'autorégulation des fonctions de vie [1]. De la physiologie, on sait que ces fonctions ont encore les moyens de s'auto-exploiter et de s'améliorer. Les limites de la fonctionnalité humaine sont considérées comme plus élevées que ces fonctions fonctionnent mieux dans l'organisme. La capacité d'adaptation humaine est donc en fait un degré de préparation de l'homme aux influences et aux charges.

Les "marqueurs" de la dégradation de la portabilité des charges sont sélectionnées des soi-disantes échantillons de formation. Ce terme fait référence à la reconnaissance des images, l'une des techniques utilisées pour identifier les régularités aux tâches de l'intelligence artificielle auxquelles notre cas a rapport.

Une telle approche permet d'identifier dans les caractéristiques dynamiques du rythme cardiaque des régularités statistiquement significatives qui montrent une diminution de la capacité de réserve de l'organisme humain. Le bon fonctionnement des systèmes de régulation dans le corps humain se manifeste par la conservation et le maintien

d'un certain type de régulation du rythme cardiaque.

Plus le fonctionnement des systèmes de régulation peut durer sans différentes instabilités, plus les propriétés adaptatives de l'organisme sont élevées.

Les premiers signes de l'instabilité apparaissent généralement au niveau de la microorganisation du rythme, mais sans variation des valeurs moyennes cardiaques. Des changements plus profonds affectent la moyenne pondérée des effets de l'augmentation de la fréquence cardiaque moyenne.

Ils peuvent être associées à des restructurations plus profondes de la structure de la régulation du rythme - la nécessité d'un "second souffle".

Le changement de la relation entre les types 1 et 2 est déjà assez critique. Ce phénomène constitue un avertissement assez sérieux de l'épuisement critique des réserves de la résistance.

La réaction physiologique normale de l'organisme à la charge est la réduction de la variation des valeurs des cardiointervalles. C'est ainsi que fonctionne le principe de la "centralisation" de la régulation du rythme cardiaque sous l'effet de la charge. Mais à partir d'un certain moment, l'augmentation de la charge peut provoquer des réactions inverses et la dispersion des cardiointervalles se met à augmenter, c'est-à-dire qu'au maximum de la charge, avec une fréquence cardiaque moyenne croissante, les valeurs cardiaques sont instables. Cela peut déjà être considéré comme un signe

menaçant de l'adaptation de l'homme à la charge.

La formule pour quantifier la portabilité en comparant l'expression des différents types de l'instabilité cardiaque est la suivante :

$$F = b_0 + b_1 * S(Ni), \text{ et}$$

$$S(Ni) = P(1 - Ni), \text{ où}$$

S(Ni) est l'indicateur de l'instabilité générale de la régulation du rythme ;

Ni - Indicateurs normalisés de l'instabilité des types différents ;

Les coefficients b_0 , b_1 sont les valeurs de seuil qui dépendent des caractéristiques individuelles et globales de la régulation du rythme cardiaque.

La méthode est protégée par le brevet de la Fédération de Russie [8] et a été introduite dans le système de contrôle médical de l'état des opérateurs des stations orbitales et des expertises prévisionnelles du personnel navigant des Forces aériennes.

Discussion des résultats de la recherche

Les études ont permis de constater que les changements suivants peuvent se produire en cas de charges réelles dans la nature du rythme cardiaque.

1. La nature même du rythme - ou sa microorganisation - change. Lors de l'analyse visuelle de la nature du rythme par ETT, ces fluctuations ne peuvent pas être détectées. Dans les modèles statistiques, ces changements sont lissés.

2. Les valeurs moyennes pondérées de base - les valeurs moyennes des cardiointervalles sont modifiées, ainsi que les variations des valeurs

cardiaques.

3. Les indicateurs d'ondes ne peuvent pas être utilisés parce que le processus de transition commence lors de la charge et les algorithmes de détection des ondes ne donnent pas de résultats fiables.

4. Il est important de prendre en compte le type de régulation d'origine de la personne, les personnes ayant un type de régulation différent peuvent avoir leurs "seuils admissibles" de l'instabilité totale de la régulation du rythme.

L'approche traditionnelle de la réduction de la portabilité de l'exposition est jugée en fonction de l'apparition de signes cliniques, à savoir l'apparition d'arythmies apparentes, la sortie physiologique hors des limites des normes physiologiques, la réduction de la supportabilité évaluée selon le critère connu PWC-170, etc.

Dans la méthode proposée, la réduction de la supportabilité est enregistrée dans une phase précoce, avant l'apparition des signes si graves de l'épuisement des capacités de réserve de l'organisme. L'apparition de l'instabilité de la microstructure du rythme cardiaque à la charge suffit.

Pour chaque type de l'instabilité, des formules simples sont conçues pour évaluer l'instabilité dans l'intervalle entre zéro et un. L'instabilité globale dans ce cas est évaluée comme le produit de tous ces indicateurs. Le seuil pour chaque charge, tâche médicale, état fonctionnel et type de régulation est choisi individuellement par les experts.

Conclusions

Les restructurations des indicateurs statistiques et des indicateurs de la structure des ondes cardiaques sous l'effet de la charge de travail sont connues par tous les sportifs et les médecins qui traitent des procédures d'admission. Mais jusqu'à présent, ils n'ont pas eu d'outil pour comparer toutes les manifestations dynamiques entre eux et obtenir un critère simple et compréhensible de l'évaluation du fonctionnement des systèmes de régulation de l'organisme.

Il est proposé d'utiliser l'indicateur de la stabilité de la régulation du rythme cardiaque pendant l'influence de test en tant que ce critère.

Cet indicateur est évalué en fonction de l'expression de certaines manifestations de l'instabilité du rythme et a un sens simple et compréhensible - **celui de la capacité de la résistance des systèmes de régulation de l'organisme dans son ensemble.**

Plus tôt les signes apparaissent et plus ils sont exprimés, plus la diminution des réserves fonctionnelles du système de régulation du rythme humain et son supportabilité de la charge sont susceptibles d'être estimées. Ce principe d'évaluation permet de s'adapter aux différents types de charges de test et aux différents types d'instabilité de la régulation.

Cette approche s'applique aux tâches du contrôle médical et fonctionnel dans les domaines des sciences du sport, d'espace et d'aviation. Il peut également être utilisé dans les sections de la réadaptation de la médecine clinique.

La méthode permet

d'avoir un indicateur simple et fiable qui donne la possibilité d'avoir une valeur numérique de l'instabilité de la régulation du rythme cardiaque en tant que critère de supportabilité des charges extérieures intensives par l'homme.

La méthode élaborée de l'évaluation rapide de la supportabilité humaine des influences intensives permet de réduire considérablement l'intensité des charges de test sans perdre la fiabilité des évaluations.

La méthode permet d'identifier les signes de la réduction de la supportabilité chez les personnes dotées de fonctions améliorées de l'organisme, en particulier chez les athlètes professionnels.

Bibliographie

1. Anohin P. C. Questions de principe de la théorie générale des systèmes fonctionnels. Médecine, 1971. Doroshev. V.G. Approche systémique de la santé du personnel navigant au XXI^e siècle. M.: PARITET GRAF, 2000.
2. Arythmie cardiaque. Mécanismes. Diagnostic. Traitement. En 3 volumes/Trad. d'anglais/Par V. J. Mandel. - M: Médecine, 1996.
3. Bayevskiy R. M. Prédiction des états à la frontière de la norme et de la pathologie. M: Médecine, 1979.
4. Bayevskiy R.M., Berseneva A.P. Introduction au diagnostic démosologique. M.: Firme "Slovo", 2008.
5. Bogomolov et autres.

Diagnostic humain. Approches mathématiques. M: Médecine, 2003.

6. Grigoriev A. I., Bayevskiy R. M. Concept de la santé et médecine spatiale. M: Firme "Slovo", 2008.

7. Danilov A. D. Dynamique du rythme cardiaque non-linéaire et risque des dysfonctionnements systémiques. Réinterprétation automatique de la thèse de Doctorat en biologie et médecine, Saint-Pétersbourg : M U F O , 2 0 1 2 .

8. Doroshev V.G. Approche systémique de la santé du personnel navigant au XXI^e siècle. M : PARITET GRAF, 2000.

9. Lebedeva I.E. Estimation et prévision de la supportabilité humaine des effets extérieurs intenses à la base de l'analyse des caractéristiques dynamiques du rythme cardiaque. Réinterprétation automatique de la thèse de Doctorat en technologie. M : SA "VNIIMP-VITA" RAMN, 1996.

10. Lebedeva I. E. Méthode d'évaluation de la supportabilité des effets physiques par l'homme-opérateur. Brevet 2006203. FR. BI, 1994, № 2, MKI A61B5/02.

11. Fedorov B.M. Stress et système circulatoire. M : Médecine, 1991.