



Disponible en ligne sur

ScienceDirect
www.sciencedirect.com

Elsevier Masson France

EM|consulte
www.em-consulte.com



ARTICLE ORIGINAL

Entraînement à faire face au stress professionnel pour les personnes avec un retard intellectuel : une étude pilote^{☆,☆☆}



Training to cope with workplace stress for people with mild intellectual disability: A pilot study

Jérôme Favrod^{a,*,b}, Armando Brana^c, Angélique Gavillet^c, Michel Akselrod^d, Alexandra Nguyen^a, Julie Palix^{a,e}

^a Institut et Haute École de la santé la Source, Haute École spécialisée de Suisse Occidentale, avenue Vinet 30, 1004 Lausanne, Suisse

^b Section de psychiatrie sociale, service de psychiatrie communautaire, département de psychiatrie, CHU Vaudois, place Chaudron 18, 1003 Lausanne, Suisse

^c Fondation HorizonSud, route de la Rotonde 25, case postale 41, 1633 Marsens, Suisse

^d École polytechnique fédérale de Lausanne, sciences de la vie (bâtiment AI), station 19, 1015 Lausanne, Suisse

^e Unité de recherche en psychiatrie et psychologie légales, bâtiment Les Cèdres, site de Cery, 1008 Prilly-Lausanne, Suisse

Reçu le 23 juin 2015 ; reçu sous la forme révisée le 30 juin 2015 ; accepté le 1^{er} juillet 2015

Disponible sur Internet le 4 août 2015

MOTS CLÉS

Cohérence cardiaque ;
Système nerveux autonome ;
pNN50 ;
RMSSD ;
Stress ;

Résumé Cette étude pilote cherche à tester la faisabilité de l'entraînement à la cohérence cardiaque avec des personnes atteintes d'un retard intellectuel dans le cadre d'un atelier protégé. Un entraînement à la cohérence cardiaque est proposé aux participants volontaires pour une durée de deux semaines à la prise de travail, matin et après-midi. Une appréciation des effets de ces exercices respiratoires est effectuée avant et après entraînement par la mesure d'indices de variabilité cardiaque et une évaluation de la perception du stress professionnel. La comparaison des valeurs récoltées pré- et post-entraînement révèle une amélioration significative dans l'activation de la branche parasympathique. L'évaluation des valeurs du RMSSD sont inversement corrélées à l'évaluation des participants de leurs stress perçus. Ensemble, nos résultats indiquent que la population atteinte de retard intellectuel est

[☆] Projet soutenu par : Réseau d'études appliquées des pratiques de santé, de réadaptation/(ré)insertion (RéSaR) et la Commission de promotion de la santé et de lutte contre les addictions, service de la santé publique du canton de Vaud.

^{☆☆} Présenté sous le titre « *Is your Taylor rich? Ce que les pauvres peuvent apporter aux riches* », lors du symposium « Le travail, une source de bonne santé », le 12 décembre 2014, Lausanne.

* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : j.favrod@ecolelasource.ch (J. Favrod).

<http://dx.doi.org/10.1016/j.jtcc.2015.07.005>

1155-1704/© 2015 Association française de thérapie comportementale et cognitive. Publié par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

Retard intellectuel ;
Atelier protégé

KEYWORDS

Heart rate variability;
pNN50;
RMSSD;
Perceived Stress
Scale;
Autonomic nervous
system;
Stress;
Intellectual
disability;
Coherent breathing;
Sheltered workshop;
Cardiac coherence

réceptive à l'apprentissage de la cohérence cardiaque et que la baisse de leur stress est liée à une hausse de l'activité inhibitrice parasympathique, plutôt qu'à une diminution de l'activité excitatrice sympathique. Les considérations offertes par cette étude exploratoire doivent être étayées, mais permettent d'ores et déjà d'ouvrir de nouvelles perspectives dans la prise en charge de populations pour lesquelles la gestion du stress est mal adaptée.

© 2015 Association française de thérapie comportementale et cognitive. Publié par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

Summary

Introduction. – This study aims to test the feasibility and explore the effects of training in cardiac coherence with people with intellectual disabilities as part of their work in sheltered workshops. People with intellectual disability may have difficulties in managing stressful and emotional events. Training in heart coherence has been proved beneficial for different populations. Our main hypothesis is that the practice of respiratory sinus arrhythmia (RSA) improves responsiveness to external stimuli by developing the capacity to respond to them. The physiological indices for parasympathetic activity will increase in post-test as well as perceived stress.

Materials and methods. – Training in heart coherence was tested on 17 volunteers with mild intellectual disability working in sheltered workshops. Training in cardiac coherence was implemented during two consecutive weeks. It corresponded to a period of 30 minutes of introduction to breathing control delivered before the start of each working half-day. The evaluation of the effectiveness of these exercises was performed by recording the variability of heart rate and the Perceived Stress Scale (PSS) during the week before and the week following the training period. Data on cardiac variability was recorded live at a high resolution (4.1 ms sampling; 250 Hz) with a recording box arranged in the pocket of a shirt with integrated sensors.

Results. – The approximate length of ECG recordings was 4.3 ± 2 hours at pre-test and 3.4 ± 2 hours at post-test. On the PSS after training, an average decrease of 1.5 points was measured between the pre-test and the post-test, but this did not reach statistical significance. Ten of the 17 participants improved their score on the PSS. Pre-test versus post-test differences for the RMSSD physiological variables ($\chi^2(1.16) = 4.76, P < 0.03$) and LF ($\chi^2(1.16) = 4.5, P < 0.04$), as well as a marginal effect for pNN50 ($\chi^2(1.16) = 2.88, P = 0.089$) were noted. It is noteworthy that the largest increase between post- and pre-test was observed for pNN50 indices (+79%) and SDNN (+30%) with a particularly large variance. The reasonably expected mean values of our participants were low: SDNN approximately 60 ms for 100–250 ms expected, RMSSD approximately 20 ms for 20–60 ms expected, and pNN50 between 3 and 5% for 5 to 25% expected. The relationship between physiological and psychological variables was studied by the differences between the pre-test and the post one calculated for RMSSD, pNN50 and perceived stress. Linear regression analysis revealed that RMSSD and pNN50 indices maintained a strong link in their increase ($F(1.16) = 7.67, P = 0.014; R^2 = 0.34; 0.58$ correlation), but that only physiological index RMSSD was significantly associated with a decrease of perceived stress ($F(1.16) = 8.8, P < 0.001; \text{coefficient of determination } R^2 = 0.37; 0.61$ correlation). This predictive link was not found between perceived stress and pNN50 ($F(1.16) = 18; P = 0.68; R^2 = 0.011$).

Discussion. – The benefits of training in cardiac coherence affect the entirety of our study participants: they are psychological (reduction of perceived stress: $n = 10$), physiological (increased RMSSD: $n = 11$; increased pNN50: $n = 11$; increase pNN50 and RMSSD: $n = 9$) or both combined ($n = 5$). Together, our results indicate that the population with intellectual disabilities seems particularly receptive to learning cardiac coherence and are also sensitive to its benefits. Their subjective perception of stress is particularly related to the strengthening of inhibitory activity of the parasympathetic autonomic nervous system. Thus, our results allow us to confirm the possible effect of the introduction to cardiac coherence for subjects with intellectual disability.
© 2015 Association française de thérapie comportementale et cognitive. Published by Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

Introduction

La présente étude vise à tester la faisabilité et les effets de l'entraînement à la cohérence cardiaque avec des personnes atteintes d'un retard intellectuel dans le cadre

de leur travail en ateliers protégés. Les personnes avec un retard intellectuel peuvent présenter des difficultés à gérer les événements stressants et émotionnels [1–5]. L'entraînement à la cohérence cardiaque s'est révélé salutaire pour différents types de populations souffrants de dépressions majeures, d'états anxieux ou de symptômes de

stress post-traumatique [6–9]. Le système cardiovasculaire humain fonctionne sur un mode dynamique, favorisant l'adaptation rapide et efficace face aux circonstances changeantes de l'environnement telles que les modifications de la posture ou de l'état d'éveil [10,11]. Le maintien de cette dynamique est possible grâce à une régulation complexe engageant plusieurs mécanismes biologiques à différents niveaux, du moléculaire à celui des organes [12]. Ces capacités dynamiques sont décrites comme particulièrement informatives quant à l'adaptabilité et la réactivité de l'organisme face aux sollicitations internes, externes [13], organiques ou socio-émotionnelles [14].

La variabilité cardiaque

La mesure de l'adaptabilité cardiaque ou de la variabilité de la fréquence cardiaque (VFC) est obtenue à partir d'un enregistrement continu du rythme cardiaque (électrocardiogramme [ECG]) duquel la variation de l'intervalle inter-battement (R–R dans le complexe QRS, ou N–N pour *normal to normal*) est extraite, au cours du temps, dans sa dimension temporelle (millisecondes ; moyenne et écart-type), spectrale (puissance et pics de fréquence), et dans sa complexité de séries temporelles (analyses non linéaires, entropie et récurrence). L'opérationnalisation de la variabilité de la fréquence cardiaque (VFC) est construite en fonction de la fluctuation respective de ces indices face à différentes conditions environnementales. La branche parasympathique du système nerveux autonome, inhibitrice et apaisante [15,16], peut ainsi être estimée par la racine de la moyenne des carrés des différences (RMSSD) ou le nombre de fois par heure pour lequel le changement excède les 50 ms entre intervalles N–N successifs [17,18]. L'activité sympathique telle que l'excitation nerveuse est, elle, considérée comme lente, de l'ordre de la seconde, et est évaluée par la présence de basses et très basses fréquences dans les variations inter-battements (LF [*low frequencies*] : 0,04–0,15 Hz ; VLF [*very low frequencies*] : 0,0033–0,04 Hz).

La synchronie entre les deux mécanismes, sympathique et vagal, est reconnue comme procurant un état à la fois empreint de vigilance et de relaxation. Cette cohérence cardiaque, encore appelée arythmie sinusale respiratoire (ASR), correspond à environ 6 cycles de respiration par minutes (cycle = 10 s ; 0,01 Hz) et est décrite comme coïncidant naturellement avec les rythmes spontanés de chacun, tels que mesuré dans la récitation à voix haute ou le yoga mantra par exemple [19,20]. En effet, l'inspiration inhibe temporairement l'influence du parasympathique et produit une accélération du rythme cardiaque, alors qu'au contraire l'expiration stimule le système nerveux parasympathique et induit son ralentissement. Cette pratique respiratoire, qu'elle soit accompagnée [6] ou non [21,22] de biofeedback, semble être à l'origine de changements salutaires dans les paramètres de la VFC [7]. L'amélioration concerne entre autres la gestion du stress, de l'état anxieux ou dépressif, de l'hyperactivité, de comportements alimentaires compulsifs ainsi que de la douleur chronique [9,19,23–27]. Les bénéfices de l'ASR correspondent généralement pour la VFC à l'élévation du SDNN (déviations standard de tous les intervalles N–N), des basses fréquences

(LF) et du pNN50 [8,9]. Une corrélation entre données physiologiques, comme une augmentation du SDNN et des HF, avec une réduction des symptômes de stress post-traumatiques [9], du stress perçu et de la dépression [19], a été récemment mise en évidence. Les interprétations avancées par les auteurs concernent la réduction des symptômes par l'amélioration de la réactivité du système nerveux autonome face aux stimulations extérieures. De manière générale, il est proposé que la magnitude et la complexité de la VFC soit révélatrice de la capacité à l'adaptation physiologique, alors qu'une VFC peu élevée favoriserait une sévère susceptibilité au stress, menant à certains troubles psychiatriques et physiques comme pour les maladies cardiovasculaires, le syndrome métabolique, la dépression et l'anxiété [7,28,29].

Modèles du stress, mesures psychométriques et retard mental

Les difficultés d'adaptation aux changements environnementaux de la population atteinte de retard intellectuel font partie intégrante de son diagnostic (DSM-IV-TR) [30]. Ces difficultés sont en grande partie à l'origine de comportements imprévisibles et parfois considérés comme hostiles [4,31,32]. Cette réactivité apparemment énigmatique s'intègre pourtant aisément dans le modèle psychobiologique du stress [33,34], proposant un éventail de réactions individuelles allant du contrôle actif (effort, implication, concentration, tension) à la modalité passive (résignation, détresse, irritation, impatience). Ainsi, pour cette approche biopsychosociale, une réponse au stress n'est pas à considérer comme un réflexe stéréotypé mais comme le résultat de l'interaction entre la menace de l'agent stressant et les ressources disponibles de la personne pour y faire face. La mesure du stress perçu développée par Cohen et al. [35] évalue de façon simple et avec une sensibilité discriminative satisfaisante la perception que chacun a d'une situation, de sa nouveauté, de la possibilité de son contrôle, ainsi que de la capacité à prévoir son évolution [36].

Objectifs de l'étude

Cette étude pilote veut explorer le bénéfice que pourraient représenter les exercices respiratoires ASR pour une population à facultés intellectuelles restreintes. Nos hypothèses considèrent que la pratique de l'ASR améliorerait leur réactivité face aux stimulations extérieures par le développement de capacités à faire face à celles-ci. La résistance psychologique aux agents stressants sera mesurée par l'échelle de stress perçu de Cohen et al. [35] et améliorée post-entraînement à la cohérence cardiaque. Les indices physiologiques relatifs à l'activité parasympathique (bien-être, émotions positives) augmenteront en post-entraînement et seront accompagnés ou non d'une diminution de l'état d'excitation nerveuse, ainsi que d'un éventuel décalage des pics de basses fréquences vers de plus hautes fréquences.

Matériel et méthodes

Participants

Nous avons pu tester l'entraînement à la cohérence cardiaque sur 17 volontaires présentant une déficience intellectuelle légère travaillant aux ateliers protégés d'HorizonSud, situé à Bulle-en-Gruyère dans le canton de Fribourg. L'âge moyen est de $42,4 \pm 14$ ans, le groupe ($n = 17$) est composé de 7 hommes et 10 femmes. Ils parlent couramment le français. Les participants qui présentaient une difficulté à la lecture pour le consentement ou l'échelle d'auto-évaluation, les questions étaient lues par un assistant de recherche; cela concerne trois participants. Le diagnostic a été posé par un psychiatre en regard du fonctionnement adaptatif plutôt que du quotient intellectuel comme c'est actuellement recommandé. Malheureusement, nous n'avons pas obtenu les prescriptions médicamenteuses de façon fiable pour l'ensemble des participants.

Ce projet a été réalisé conformément aux lois suisses en vigueur et dans le respect de principes reconnus au plan international. Les participants ont signé un consentement informé et le protocole a reçu l'autorisation de la Commission cantonale d'éthique de la recherche sur l'être humain (CER-VD).

Protocole d'intervention

Un entraînement à la cohérence cardiaque est proposé aux volontaires durant deux semaines consécutives. Il correspond à une durée de 30 min d'initiation à la respiration contrôlée, dispensée par l'équipe socio-éducative d'HorizonSud avant chaque début de demi-journée de travail. L'évaluation de l'efficacité de ces exercices est réalisée par l'enregistrement de la variabilité de la fréquence cardiaque et l'évaluation du stress perçu durant la semaine qui précède et la semaine qui suit la période d'entraînement.

Acquisition et analyses du signal

Chaque participant porte un t-shirt à capteurs intégrés (Smartexs.rl, Giuntini 13L Navacchio, Pisa 56023, Italie) durant deux demi-journées, l'une avant et l'autre après l'entraînement à la cohérence cardiaque. Les données sur la variabilité cardiaques sont enregistrées en direct à une haute résolution (échantillonnage de 1/4 ms; 250 Hz) grâce à un boîtier disposé dans la poche du t-shirt à capteurs intégrés (Smartexs.rl, Giuntini 13L Navacchio, Pisa 56023, Italie). L'échelle Perceived Stress Scale (PSS) [35] a pour objectif l'évaluation de l'état de stress perçu et du sentiment de contrôle. Sa version à 14 items traduite et validée en français [37] est proposée à chaque sujet dans les minutes précédant la mise en place du t-shirt. Suite à la collecte des données par la carte mémoire intégrée dans le boîtier du t-shirt, celles-ci sont importées sur disque dur et filtrées de façon indépendante afin de corriger les artefacts et les portions de signal ECG bruitées (option de filtrage *strong* de Kubios; Biosignal Analysis and Medical Imaging Group, Department of Physics, University of

Kuopio, Finlande). Les intervalles R–R sont alors exportés en fichiers texte pour être traités avec une fonction MATLAB conçue par notre équipe (Michel Akselrod, EPFL, Lausanne, développée sur MATLAB version 7.10.0, Natick, Massachusetts: The MathWorks Inc., 2010). Elle engendre une sortie contenant les calculs moyens des indices de variabilité cardiaque traditionnellement utilisés dans la littérature [13] par fenêtre de 5 min. La durée des deux enregistrements, pré- et post-entraînement, est équilibrée par l'élimination des données de 5 min du fichier le plus long. Les moyennes de VFC des deux journées d'enregistrements sont donc ainsi calculées sur la base d'un nombre équivalent de valeurs et de variabilités comparables. Les cinq premières minutes d'enregistrement ainsi que les valeurs dépassant ± 2 écart-types de la moyenne individuelle sont exclues du calcul (exclusion de $1,15 \pm 1$ portion de 5 minutes de signal/sujet en moyenne). L'intervalle mesuré entre chaque battement cardiaque est l'objet de calculs statistiques [38] dans l'estimation de sa variabilité et ainsi de sa représentation des branches parasympathique et sympathique du système nerveux autonome [13,39,40]. Les indices caractéristiques de l'activité parasympathique ont été choisis en pourcentage par heure (pNN50), comme la racine de la moyenne des carrés des différences (RMSSD, en millisecondes) et le pourcentage d'intervalles consécutifs dont la différence excède de plus de 50 ms l'intervalle N–N [13,17,18,41]. La puissance des basses et très basses fréquences (VLF, pour *very low frequencies*: 0,0–0,04 Hz; LF, pour *low frequencies*: 0,04–0,15 Hz) après une transformée de Fourier seront indicatives de l'activité excitatrice sympathique du système nerveux autonome [42–44]. Les autres mesures comme la puissance des hautes fréquences (HF, pour *high frequencies*: 0,15–0,40 Hz), la déviation standard entre intervalles N–N (SDNN) ou la complexité du signal (Apen, pour *approximate entropy*) sont calculées à titre exploratoire, complémentaire et informatif.

Statistiques

La présence d'une interaction pré- et post-intervention avec les différentes variables physiologiques est examinée par ANOVA à mesures répétées et exécutée par le logiciel Statistica (StatSoft Inc., 2010). L'amplitude des changements est ensuite estimée pour chaque variable dans une ANOVA non paramétrique de Friedmann avec un seuil significatif à $p < 0,05$ et marginal à $p < 0,10$. L'amélioration entre les deux sessions est évaluée par un pourcentage de variation calculé tel que : $\left(\frac{\text{post-test} - \text{pré test}}{\text{pré test}} \right) \times 100$ pour chaque participant et chaque variable.

La relation entre changements de critères VFC et stress perçu est ensuite réalisée grâce à une analyse de régression linéaire. Elle est calculée sur la base des différences individuelles pré- et post-entraînement (post-test - prétest) pour chaque variable. Ainsi, une différence de valeur positive témoignera d'une amélioration entre les deux sessions pour les variables SDNN, RMSSD et pNN50, représentatives d'une augmentation du bien-être et de la cohérence cardiaque, alors qu'une valeur négative, autrement dit une diminution pour VLF et LF post-entraînement, correspondra à une baisse d'activité du système nerveux sympathique.

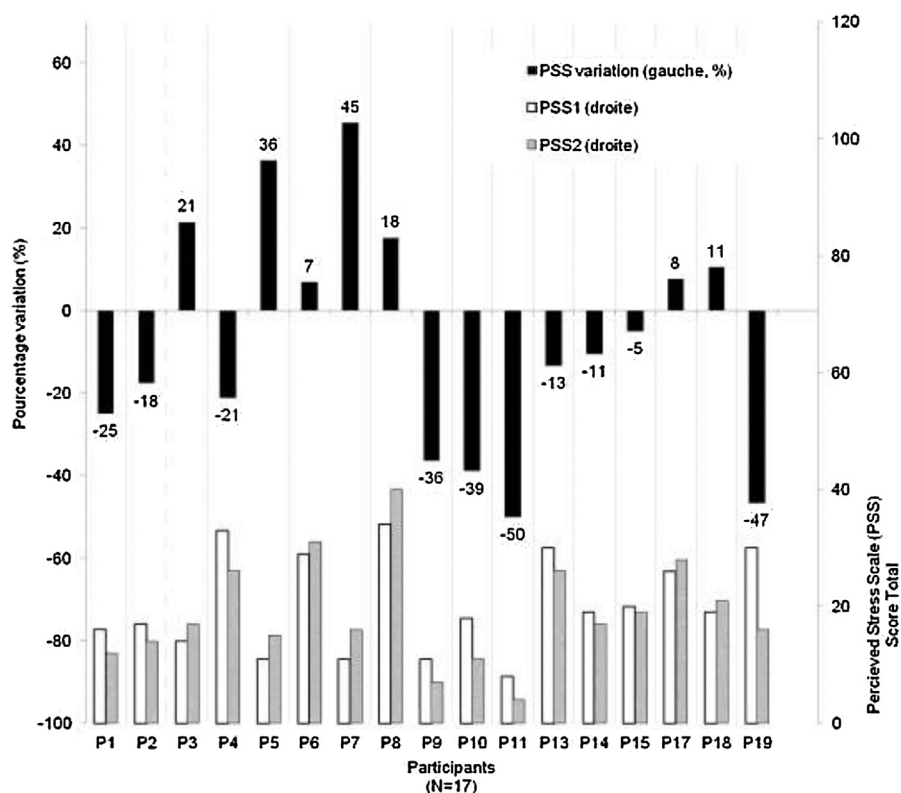


Figure 1 Scores totaux sur le Perceived Stress Scale (axe de droite) pour le prétest (PSS1) et le post-test (PSS2) pour les 17 participants à l'étude. La variation est illustrée par le pourcentage d'amélioration entre les deux sessions (barres noires, %). Total scores on the Perceived Stress Scale (right axis) for pre-test (PSS1) and post-test (PSS2) for the 17 participants. The variation is the percentage of improvement between assessments (black bars).

Résultats

Stress perçu (scores PSS)

Une baisse moyenne de 1,5 points est mesurée entre le prétest ($20,35 \pm 8,4$ points) et le post-test ($18,82 \pm 9,1$ points), représentant une amélioration de 7% pour le stress perçu après entraînement à la cohérence cardiaque. Cette baisse n'atteint pas le seuil de la significativité ($t(16) = 1,21$; $p_{\text{unilat}} = 0,12$). Notons que ces scores moyens s'inscrivent dans la norme attendue qui est de $20,2 \pm 7,8$ pour les femmes et de $18,8 \pm 6,9$ pour les hommes [45]. L'amélioration générale du score total du PSS en post-test par rapport au prétest est relevée pour 10 participants sur les 17 de notre étude (Fig. 1).

Variabilité de la fréquence cardiaque (VFC)

La durée approximative des enregistrements ECG est de $4,3 \pm 2$ h pour la session 1, et de $3,4 \pm 2$ h pour la session 2. Le nombre de valeurs exclues des analyses (± 2 écart-types de la moyenne individuelle) s'élève à $1,15 \pm 1$ portion de 5 min de signal/sujet en moyenne.

Les résultats de l'ANOVA à mesures répétées révèlent la présence d'une interaction significative entre les différentes variables physiologiques et la session mesurée, pré- ou post-entraînement ($F(24,384) = 2,72$; $p < 0,001$).

Le grand nombre de comparaisons (après correction Greenhouse-Geisser; $p = 0,089$) et les distributions non normales observées pour la majorité des variables d'intérêt (pNN50, RMSSD, SDNN, pics de fréquence LF et HF; Shapiro-Wilk W; $p < 0,05$), il est décidé de réaliser séparément une ANOVA non paramétrique de Friedman sur chacune des variables. Des différences pré- versus post-test pour les variables physiologiques RMSSD ($\chi^2(1,16) = 4,76$; $p < 0,03$) et LF ($\chi^2(1,16) = 4,5$; $p < 0,04$) ainsi qu'un effet marginal pour pNN50 ($\chi^2(1,16) = 2,88$; $p = 0,089$) sont notées. L'activité parasympathique mesurée par RMSSD est plus importante après initiation à la cohérence cardiaque (RMSSD1 = $21,46 \pm 8,92$ SD; RMSSD2 = $22,85 \pm 9,95$), ce qui est également le cas pour pNN50 (pNN50-1 = $3,23 \pm 3,22$ SD; pNN50-2 = $5,11 \pm 6,99$) ainsi que les pics de basses fréquences LF, qui s'élèvent (LF1 = $0,049$ Hz $\pm 0,01$ SD; LF2 = $0,045$ Hz $\pm 0,008$). Les pourcentages de variation observés entre le pré- et le post-test sont présentés sur la Fig. 2 pour chaque variable d'intérêt et en valeurs brutes moyennes dans le tableau accompagnateur.

Relevons que la différence la plus importante entre les points de mesure est observée pour les indices pNN50 (+79%) et SDNN (+30%), avec une variance particulièrement importante. Notons encore que par rapport aux valeurs moyennes normalement attendues [46], celles de nos participants sont basses: SDNN environ 60 ms pour 100–250 ms attendu, RMSSD environ 20 ms pour 20–60 ms attendu et pNN50 entre 3 et 5% pour 5 à 25% attendu.

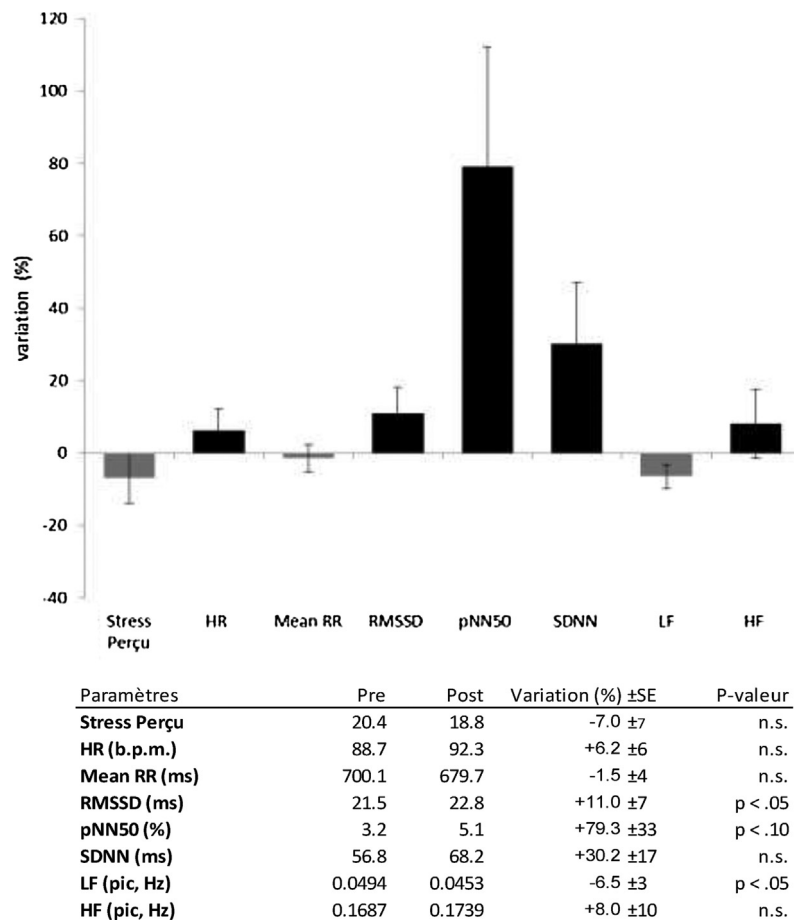


Figure 2 Variation moyenne ($n = 17$) observée pour le score total au stress perçu, le rythme cardiaque (HR) et les indices de VFC du domaine temporel : intervalles moyens (R–R), SDNN, RMSSD et pNN50, ainsi que les pics de fréquences basses (LF), et hautes (HF). Une hausse des basses fréquences (LF) et une élévation du RMSSD ($p < 0,05$).

Mean variation ($n = 17$) observed for the total score of perceived stress, heart rate (HR) and the temporal domains of HRV: mean interval (R–R), SDNN, RMSSD and pNN50, as well as the low frequency (LF), and high frequency (HF) pics. An increase of LF and RMSSD is noticeable ($P < 0.05$).

Amélioration physiologique du bien-être associé à la résistance aux agents stressants

L'interaction des indices VFC avec les scores de stress perçu est testée pour toutes les variables de façon indépendante par analyse de variance à mesures répétées. Les résultats montrent que pour le post-test, le stress perçu baisse alors que les valeurs moyennes de l'activité parasympathique RMSSD augmentent ($F(1,16) = 3,37$; $p = 0,08$; $PSS1 = 20,3$; $PSS2 = 18,8$; $RMSSD1 = 19,6$ ms; $RMSSD2 = 20,3$ ms), ce qui est également noté pour le pNN50 moyen ($F(1,16) = 4,26$; $p = 0,05$; $pNN50-1 = 3,25$ %; $pNN50-2 = 5,11$ %). Les autres valeurs ne montrent pas de tendance nette à interagir avec le stress perçu ($p_{\max} = 0,23$). Le lien entretenu par ces deux indices physiologiques, RMSSD et pNN50, avec la baisse du stress perçu, est étudié par les différences entre les post- et les prétests calculées pour les 3 variables d'intérêt. L'analyse de régression linéaire révèle que les indices RMSSD et pNN50 entretiennent un fort lien dans leur accroissement en post-test ($F(1,16) = 7,67$; $p = 0,014$; $R^2 = 0,34$; corrélation : 0,58), mais que seul l'indice physiologique RMSSD est

en lien significatif avec une baisse de PSS ($F(1,16) = 8,8$; $p < 0,001$; coefficient de détermination $R^2 = 0,37$; corrélation : 0,61; Fig. 3), lien prédictif non retrouvé entre pNN50 et PSS ($F(1,16) = 0,18$; $p = 0,68$; $R^2 = 0,011$).

Discussion

Les bénéfices de l'entraînement à la cohérence cardiaque touchent l'intégralité des participants à notre étude, ils sont d'ordre psychologique (baisse PSS : $n = 10$), physiologique (augmentation RMSSD : $n = 11$; augmentation pNN50 : $n = 11$; augmentation pNN50 et RMSSD : $n = 9$), ou les deux combinés ($n = 5$). La variable physiologique RMSSD corrèle avec les scores de stress perçu (corrélation : 0,61; $R^2 = 0,37$; $p < 0,001$). Concernant le stress perçu et une baisse de fréquence de l'activité sympathique (LF), les corrélations sont négatives comme attendues, mais si faiblement que la qualité prédictive de la droite de régression se trouve être quasi-nulle. Il est à noter cependant que l'indice pNN50 augmente radicalement en post-entraînement et qu'il est en lien étroit avec RMSSD (corrélation : 0,58),

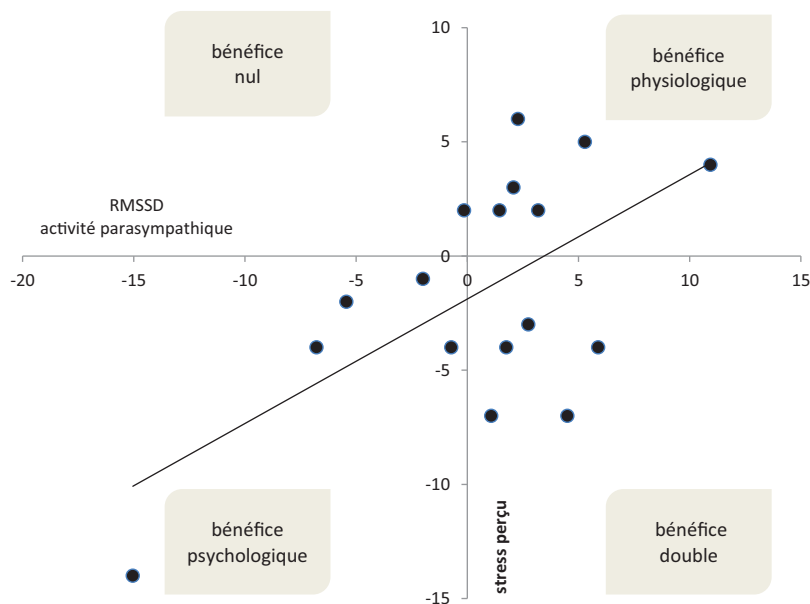


Figure 3 Représentation de la différence pré- et post-test pour chaque participant ($n=17$), pour le stress perçu (ordonnée) et l'activité parasympathique RMSSD (abscisse). Notons que les bénéfices sont mesurés pour tous les participants, que ce soit dans la hausse de l'indice RMSSD (quadrants droits), la baisse du stress perçu (quadrants inférieurs), ou les deux (quadrant inférieur droit). Une relation de corrélation importante entre les deux variables est notée à 0,61, avec l'estimation d'une dépendance entre elles par régression linéaire ($R^2=0,37$; $p<0,01$).

Pre- and post-difference for each participants ($n=17$) for the perceived stress (y-axis) and of RMSSD (x-axis). Progresses are noticeable for all participants: increase of RMSSD (right quadrant) or decrease of perceived stress (inferior quadrant) or both (inferior right quadrant). A significant correlation relationship between the two variables is denoted to 0.61, with the estimation of a dependency between them by linear regression ($R^2=0.37$, $P<0.01$).

sans influencer sur la perception du stress des participants. Ensemble, nos résultats indiquent que la population atteinte de retard intellectuel semble particulièrement réceptive à l'apprentissage de la cohérence cardiaque et sensible à ses bénéfices, et que leur perception subjective du stress est particulièrement liée à un renforcement de l'activité inhibitrice parasympathique du système nerveux autonome. Nos résultats permettent ainsi de répondre par la positive à la question d'un possible effet de l'initiation à la cohérence cardiaque pour les sujets atteints de retard mental. Ainsi, l'apprentissage des techniques de contrôle du système respiratoire a permis à la majorité de nos participants de renforcer la branche parasympathique (pNNS50 ou RMSSD pour 13/17 participants) du système nerveux autonome et conséquemment celle des potentialités à maîtriser une réactivité physiologique face aux stimulations extérieures [47–49]. L'assujettissement de cette réponse physiologique réflexe a été décrit comme favorisant l'identification de dangers potentiels et/ou d'émotions négatives, représentatifs de l'état anxieux [50–52]. Par là-même, nos résultats témoigneraient, pour la population avec un retard intellectuel, de bénéfices physiologiques similaires à ceux décrits pour des populations à traits anxieux telles celles souffrant de stress post-traumatique, de dépression, d'hyperactivité ou de comportements compulsifs [39,53,54]. Ils soutiennent la présence d'une dominante anxieuse dans les comportements de la population déficiente mentale [2,55,56].

Notons également que les bénéfices collatéraux d'une telle pratique pourraient se voir étendus de

par le développement de la concentration focalisée et l'autocontrôle qu'elle engage. En effet, les structures cérébrales nécessaires à la régulation cardiaque des voies efferentes sympathiques et parasympathiques du cœur se trouvent être interconnectées à d'autres, connues comme intervenant dans l'adaptabilité des émotions ainsi que dans l'initiation et le maintien des comportements à but dirigé [57–59] comme les cortex frontal, cingulaire antérieur, l'amygdale, l'insula, l'hypothalamus latéral et les centres nerveux du cervelet. Ensemble, les effets du renforcement du système vagal, outre une réactivité physiologique mieux contrôlée, pourraient donc parallèlement mener vers une baisse de la sensibilité au rejet [60], de l'auto- et l'hétéro-agressivité [61], une augmentation des émotions positives et un engagement en contexte social accru [48,62–64]. De plus, l'amélioration de la VFC est décrite en pratique médicale comme remarquable dans la diminution des risques de mortalité et d'accidents cardiovasculaires qu'elle génère [13,65,66]. Celle observée dans notre étude suite aux exercices de cohérence cardiaque pourrait être spécialement bénéfique pour la population déficiente mentale, sujette à des atteintes cardiaques sévères comme dans les cas de syndrome de Williams, de microdélétion 22q11, trisomie 21, ou de syndrome CHARGE, et d'une longévité de vie écourtée [67]. De ce fait, il n'est pas étonnant d'obtenir dans notre étude des indices de VFC de valeurs moyennes en dessous des normes contrôles attendues pour leur âge que ce soit pour des valeurs de 24 h [46] ou de 5 minutes [68].

Pour une partie de nos participants, le renforcement cardiovasculaire mesuré est accompagné de bénéfices

psychologiques associés, tels que mesurés par l'échelle de stress perçu. Ce gain de résistance psychologique ressentie correspond à l'atténuation du sentiment de vulnérabilité et d'anxiété, tel que peuvent l'engendrer des situations professionnelles et familiales stables, un haut revenu, un niveau d'éducation accru [37]. L'utilisation d'anti-dépresseurs et le recours à des services de soins ou la pratique de l'ASR produisent également des effets comparables [19,69]. L'absence de ce ressenti pour une partie des participants à notre étude pourrait être, entre autres, relative à certaines difficultés dans les capacités d'introspection et d'expression de leurs expériences de vie [70] ou à l'existence d'un sous-groupe moins réceptif à une atténuation de l'anxiété [71]. En effet, l'existence de différentes catégories de réponses des deux branches du système nerveux autonome, l'une médiatrice de comportements hostiles, agressifs et dominants de défense du territoire et de compétitivité (type A, afflux rapide de sang aux muscles et au cerveau), et l'autre entretenant les comportements de subordination et la crainte d'une perte de contrôle (type B, inhibition comportementale massive par l'entremise de l'activité parasympathique du système nerveux autonome) [71–74] n'est pas à exclure. Dans ce cadre, la possibilité que les sujets de type A aient pu bénéficier du renforcement de contrôle sur la branche parasympathique pourrait être moindre, voire inexistante.

L'absence de groupe témoin est une limitation de cette étude pilote ainsi que le petit nombre de participants. La durée de l'entraînement à la cohérence cardiaque est également brève. Toutefois, il s'agit seulement d'une étude pilote permettant d'investiguer un nouveau champ. L'absence de donnée fiable sur le traitement médicamenteux est également une faiblesse de cette étude pilote.

Conclusions et implications pour l'intervention

À notre connaissance, cette étude présente la première évidence du bénéfice que l'apprentissage de la cohérence cardiaque représente pour une telle population. Il est mesuré pour l'ensemble de nos volontaires, mais sous différentes formes et à différents niveaux. Nos résultats soutiennent la présence d'une amélioration notable de l'excitabilité du système nerveux autonome, accompagnée en partie par une réduction du stress perçu. L'entraînement à la cohérence cardiaque a l'avantage de fournir des stratégies de gestion du stress à l'aide d'exercices courts. Le biofeedback est particulièrement apprécié par les participants et évite de recourir à un langage trop symbolique pour la compréhension des participants. L'enregistrement avec un maillot permet d'avoir des données en conditions naturelles sur plusieurs heures sans fils et restriction de mouvement.

Le contrôle exécutif central du comportement devrait être secondairement renforcé et les risques cardiovasculaires minimisés. Il est à envisager que ces bienfaits puissent perdurer dans le temps, comme récemment révélé dans une étude concernant l'état dépressif [75]. De plus, les perspectives d'intervention ont l'avantage de n'exclure aucun degré de handicap, cette technique étant éprouvée également chez l'enfant en bas âge [76]. Notons que pour approximativement la moitié de nos participants, l'apprentissage à la

cohérence cardiaque n'a pas eu d'effet psychologiquement remarquable.

La cohérence cardiaque est donc identifiée comme bénéfique pour la population avec un retard intellectuel, avec des résultats positifs escomptés dans les domaines de la santé psychologique, sociale et médicale.

Déclaration d'intérêts

Les auteurs déclarent ne pas avoir de conflits d'intérêts en relation avec cet article.

Références

- [1] Grasset F, Favrod J. Les personnes vivant avec le handicap mental : quels défis pour la psychiatrie lausannoise? In: Guex P, Gasser J, editors. Pour une psychiatrie scientifique et humaniste : l'école lausannoise. Genève: Médecine & Hygiène; 2011.
- [2] Palix J, Giulianani F, Jombart E, Pernier S, Fahim C, Mancini-Marie A, et al. Correlations between negative-induced cerebral dynamics and idiopathic intellectual disability: an EEG study. In: XI Front. Hum. Neurosci. International Conference on Cognitive Neurosciences (ICONXI). 2011.
- [3] Bhaumik S, Watson JM, Devapriam J, Raju LB, Tin NN, Kiani R, et al. Brief report: aggressive challenging behaviour in adults with intellectual disability following community resettlement. *J Intellect Disabil Res* 2009;53:298–302.
- [4] Emerson E, Kiernan C, Alborz A, Reeves D, Mason H, Swarbrick R, et al. The prevalence of challenging behaviors: a total population study. *Res Dev Disabil* 2001;22:77–93.
- [5] Grasset F, Favrod J, Giulianani F, Pernier S, Navarro Chafloque M, Besson J. Retard mental et psychiatrie. *Rev Med Suisse* 2008;4:1976–8 [1980–1971].
- [6] Elliott WJ, Izzo JL, White WB, Rosing DR, Snyder CS, Alter A, et al. Graded blood pressure reduction in hypertensive outpatients associated with use of a device to assist with slow breathing. *J Clin Hypertens* 2004;6:553–9.
- [7] Wheat AL, Larkin KT. Biofeedback of heart rate variability and related physiology: a critical review. *Appl Psychophysiol Biofeedback* 2010;35:229–42.
- [8] Karavidas MK, Lehrer PM, Vaschillo E, Vaschillo B, Marin H, Buyske S, et al. Preliminary results of an open label study of heart rate variability biofeedback for the treatment of major depression. *Appl Psychophysiol Biofeedback* 2007;32:19–30.
- [9] Zucker TL, Samuelson KW, Muench F, Greenberg MA, Gevirtz RN. The effects of respiratory sinus arrhythmia biofeedback on heart rate variability and posttraumatic stress disorder symptoms: a pilot study. *Appl Psychophysiol Biofeedback* 2009;34:135–43.
- [10] Pickering TG, Kario K. Nocturnal non-dipping: what does it augur? *Curr Opin Nephrol Hypertens* 2001;10:611–6.
- [11] Sterling P, Eyer J. Allostasis: a new paradigm to explain arousal pathology. In: Fischer S, Reason J, editors. *Handbook of life stress, cognition, and health*. Chichester: Wiley; 1988. p. 629–49.
- [12] Rushmer RF. Structure and function of the cardiovascular system. In: *Handbook of research methods in cardiovascular behavioral medicine*. University Park: Springer; 1989.
- [13] Camm AJ, Malik M, Bigger JT, Breithardt G, Cerutti S, Cohen RJ, et al. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. *Circulation* 1996;93:1043–65.
- [14] Kamarck TW, Annunziato B, Amateau LM. Affiliation moderates the effects of social threat on stress-related cardiovascular

- responses: boundary conditions for a laboratory model of social support. *Psychosom Med* 1995;57:183–94.
- [15] Goedhart AD, van der Sluis S, Houtveen JH, Willemsen G, de Geus EJ. Comparison of time and frequency domain measures of RSA in ambulatory recordings. *Psychophysiology* 2007;44:203–15.
- [16] Mendes WB. Assessing autonomic nervous system activity. In: Eddie Harmon-Jones E, Jennifer S, Beer JS, editors. *Methods Social Neuroscience*. New York: Guilford Press; 2009. p. 118–47.
- [17] Ewing DJ, Neilson JMM, Travis P. New method for assessing cardiac parasympathetic activity using 24 hour electrocardiograms. *Br Heart J* 1984;52:396–402.
- [18] Bigger Jr JT, Kleiger RE, Fleiss JL, Rolnitzky LM, Steinman RC, Miller JP. Components of heart rate variability measured during healing of acute myocardial infarction. *Am J Cardiol* 1988;61:208–15.
- [19] Nolan RP, Kamath MV, Floras JS, Stanley J, Pang C, Picton P, et al. Heart rate variability biofeedback as a behavioral neuro-cardiac intervention to enhance vagal heart rate control. *Am Heart J* 2005;149:1137.
- [20] Bernardi L, Sleight P, Bandinelli G, Cencetti S, Fattorini L, Wdowczyk-Szulc J, et al. Effect of rosary prayer and yoga mantras on autonomic cardiovascular rhythms: comparative study. *Br Med J* 2001;323:1446–9.
- [21] Joseph CN, Porta C, Casucci G, Casiraghi N, Maffei M, Rossi M, et al. Slow breathing improves arterial baroreflex sensitivity and decreases blood pressure in essential hypertension. *Hypertension* 2005;46:714–8.
- [22] Raghuraj P, Telles S. Immediate effect of specific nostril manipulating yoga breathing practices on autonomic and respiratory variables. *Appl Psychophysiol Biofeedback* 2008;33:65–75.
- [23] Terathongkum S, Pickler RH. Relationships among heart rate variability, hypertension, and relaxation techniques. *J Vasc Nurs* 2004;22:78–82.
- [24] Tan G, Dao TK, Farmer L, Sutherland RJ, Gevirtz R. Heart rate variability (HRV) and posttraumatic stress disorder (PTSD): a pilot study. *Appl Psychophysiol Biofeedback* 2011;36:27–35.
- [25] Reiner R. Integrating a portable biofeedback device into clinical practice for patients with anxiety disorders: results of a pilot study. *Appl Psychophysiol Biofeedback* 2008;33:55–61.
- [26] Del Pozo JM, Gevirtz RN, Scher B, Guarneri E. Biofeedback treatment increases heart rate variability in patients with known coronary artery disease. *Am Heart J* 2004;147:E11.
- [27] Siepmann M, Aykac V, Unterdorfer J, Petrowski K, Mueck-Weymann M. A pilot study on the effects of heart rate variability biofeedback in patients with depression and in healthy subjects. *Appl Psychophysiol Biofeedback* 2008;33:195–201.
- [28] McGrady A. Psychophysiological mechanisms of stress: a foundation for the stress management therapies. In: Lehrer P, Woolfolk RL, Sime W-E, editors. *Principles and practice of stress management*. New York: Guilford; 2007.
- [29] Cungi C, Deglon C. *Cohérence cardiaque : nouvelles techniques pour faire face au stress*. Paris: Retz; 2011.
- [30] Guelfi J-D. *DSM-IV-TR : manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux*. Issy-les-Moulineaux: Elsevier Masson; 2004.
- [31] Crocker AG, Mercier C, Lachapelle Y, Brunet A, Morin D, Roy ME. Prevalence and types of aggressive behaviour among adults with intellectual disabilities. *J Intellect Disabil Res* 2006;50:652–61.
- [32] Lowe K, Allen D, Jones E, Brophy S, Moore K, James W. Challenging behaviours: prevalence and topographies. *J Intellect Disabil Res* 2007;51:625–36.
- [33] Dantzer R. *Adaptation à l'environnement : psychologie de la réaction au stress*. Paris: Collection Sci Stablon; 1989.
- [34] Henry JP, Stephens PM. *Stress, health, and the social environment: a sociobiologic approach to medicine*. New York: Springer-Verlag; 1977.
- [35] Cohen S, Kamarck T, Mermelstein R. A global measure of perceived stress. *J Health Soc Behav* 1983;24:385–96.
- [36] Quintard B. *Le concept de stress et ses méthodes d'évaluation*. *Rech Soins Infirm* 2001;67:46–67.
- [37] Quintard B. *Du stress objectif au stress perçu*. In: MB-SeRD, editor. *Introduction à la psychologie de la santé*. Paris: PUF; 1994.
- [38] Niskanen JP, Tarvainen MP, Ranta-Aho PO, Karjalainen PA. Software for advanced HRV analysis. *Comput Methods Programs Biomed* 2004;76:73–81.
- [39] Berntson GG, Cacioppo JT. Heart rate variability: stress and psychiatric conditions. In: Malik M, Camm AJ, editors. *Dynamic Electrocardiography*. New York: Blackwell/Futura; 2004. p. 57–64.
- [40] Stein PK, Bosner MS, Kleiger RE, Conger BM. Heart rate variability: a measure of cardiac autonomic tone. *Am Heart J* 1994;127:1376–81.
- [41] Pagani M, Lombardi F, Guzzetti S, Rimoldi O, Furlan R, Pizzinelli P, et al. Power spectral analysis of heart rate and arterial pressure variabilities as a marker of sympatho-vagal interaction in man and conscious dog. *Circ Res* 1986;59:178–93.
- [42] Rowell LB. *Human circulation: regulation during physical stress*. Oxford: Oxford University Press; 1986.
- [43] Robinson BF, Epstein SE, Beiser GD, Braunwald E. Control of heart rate by the autonomic nervous system studies in man on the interrelation between baroreceptor mechanisms and exercise. *Circ Res* 1966;19:400–11.
- [44] Perini R, Veicsteinas A. Heart rate variability and autonomic activity at rest and during exercise in various physiological conditions. *Eur J Appl Physiol* 2003;90:317–25.
- [45] Cohen S, Williamson G, editors. *Perceived stress in a probability sample of the United States*. Newbury Park, CA: Sage; 1988.
- [46] Umetani K, Singer DH, McCraty R, Atkinson M. Twenty-four hour time domain heart rate variability and heart rate: relations to age and gender over nine decades. *J Am Coll Cardiol* 1998;31:593–601.
- [47] Thayer JF, Lane RD. A model of neurovisceral integration in emotion regulation and dysregulation. *J Affect Disord* 2000;61:201–16.
- [48] Beauchaine T. Vagal tone, development, and Gray's motivational theory: toward an integrated model of autonomic nervous system functioning in psychopathology. *Dev Psychopathol* 2001;13:183–214.
- [49] Porges SW. The polyvagal perspective. *Biol Psychol* 2007;74:116–43.
- [50] Ohman A. Fear and anxiety: evolutionary, cognitive, and clinical perspectives. In: Lewis M, Haviland-Jones JM, editors. *Handbook of emotions, 2*. New York: Guilford Press; 2000. p. 573–93.
- [51] Homma I, Masaoka Y. Breathing rhythms and emotions. *Exp Physiol* 2008;93:1011–21.
- [52] Boiten FA, Frijda NH, Wientjes C.J. Emotions and respiratory patterns: review and critical analysis. *Int J Psychophysiol* 1994;17:103–28.
- [53] Shah AJ, Lampert R, Goldberg J, Veledar E, Bremner JD, Vaccarino V. Posttraumatic stress disorder and impaired autonomic modulation in male twins. *Biol Psychiatry* 2013;73:1103–10.
- [54] Diveky T, Prasko J, Cerna M, Kamaradova D, Grambal A, Latalova K, et al. Heart rate variability in panic disorder patients before and after the therapy. *Eur Psychiatry* 2013;28:1.
- [55] Palix J, Akselrod M, Cungi C, Giuliani F, Favrod J. Could heart rate variability predict explosive behavior in patients with intellectual disabilities and psychiatric disorders? An exploratory pilot study; 2014 [manuscript submitted for publication].
- [56] Dankner N, Dykens EM. Anxiety in intellectual disabilities: challenges and next steps. *Int Rev Res Dev Disabil* 2012;42:57–83.
- [57] Critchley HD, Melmed RN, Featherstone E, Mathias CJ, Dolan RJ. Volitional control of autonomic arousal: a

- functional magnetic resonance study. *Neuroimage* 2002;16:909–19.
- [58] Benarroch EE. Central autonomic network: functional organization and clinical correlations. Rochester: Willey-Blackwell; 1997.
- [59] Thayer JF, Lane RD. Claude Bernard and the heart–brain connection: further elaboration of a model of neurovisceral integration. *Neurosci Biobehav Rev* 2009;33:81–8.
- [60] Gyurak A, Ayduk O. Resting respiratory sinus arrhythmia buffers against rejection sensitivity via emotion control. *Emotion* 2008;8:458–67.
- [61] Kok BE, Fredrickson BL. Upward spirals of the heart: autonomic flexibility, as indexed by vagal tone, reciprocally and prospectively predicts positive emotions and social connectedness. *Biol Psychol* 2010;85:432–6.
- [62] Smith TW, Cribbet MR, Nealey-Moore JB, Uchino BN, Williams PG, Mackenzie J, et al. Matters of the variable heart: respiratory sinus arrhythmia response to marital interaction and associations with marital quality. *J Pers Soc Psychol* 2011;100:103–19.
- [63] Quintana DS, Guastella AJ, Outhred T, Hickie IB, Kemp AH. Heart rate variability is associated with emotion recognition: direct evidence for a relationship between the autonomic nervous system and social cognition. *Int J Psychophysiol* 2012;86:168–72.
- [64] Quintana DS, Kemp AH, Alvares GA, Guastella AJ. A role for autonomic cardiac control in the effects of oxytocin on social behavior and psychiatric illness. *Front Neurosci* 2013;7:48.
- [65] Kleiger RE, Miller JP, Bigger Jr JT, Moss AJ. Decreased heart rate variability and its association with increased mortality after acute myocardial infarction. *Am J Cardiol* 1987;59:256–62.
- [66] Hayano J, Sakakibara Y, Yamada M, Ohte N, Fujinami T, Yokoyama K, et al. Decreased magnitude of heart rate spectral components in coronary artery disease. Its relation to angiographic severity. *Circulation* 1990;81:1217–24.
- [67] Janicki MP, Dalton AJ, Henderson CM, Davidson PW. Mortality and morbidity among older adults with intellectual disability: health services considerations. *Disabil Rehabil* 1999;21:284–94.
- [68] Sinnreich R, Kark JD, Friedlander Y, Sapoznikov D, Luria MH. Five-minute recordings of heart rate variability for population studies: repeatability and age-sex characteristics. *Heart* 1998;80:156–62.
- [69] Derogatis LR, Rickels K, Rock AF. The SCL-90 and the MMPI: a step in the validation of a new self-report scale. *Br J Psychiatry* 1976;128:280–9.
- [70] Cooper SA, Melville CA, Einfeld SL. Psychiatric diagnosis, intellectual disabilities and diagnostic criteria for psychiatric disorders for use with adults with learning disabilities/mental retardation (DC-LD). *J Intellect Disabil Res* 2003;47:3–15.
- [71] Rosenman RH, Friedman M. Neurogenic factors in pathogenesis of coronary heart disease. *Med Clin North Am* 1974;58:269–79.
- [72] Guyll M, Contrada RJ. Trait hostility and ambulatory cardiovascular activity: responses to social interaction. *Health Psychol* 1998;17:30–9.
- [73] Suls J, Wan CK. The relationship between trait hostility and cardiovascular reactivity – a quantitative review and analysis. *Psychophysiology* 1993;30:615–26.
- [74] Newton TL, Bane CM. Cardiovascular correlates of behavioral dominance and hostility during dyadic interaction. *Int J Psychophysiol* 2001;40:33–46.
- [75] Hopp H, Shallcross AJ, Ford BQ, Troy AS, Wilhelm FH, Mauss IB. High cardiac vagal control protects against future depressive symptoms under conditions of high social support. *Biol Psychol* 2013;93:143–9.
- [76] Wolff BC, Wadsworth ME, Wilhelm FH, Mauss IB. Children's vagal regulatory capacity predicts attenuated sympathetic stress reactivity in a socially supportive context: evidence for a protective effect of the vagal system. *Dev Psychopathol* 2012;24:677–89.