



Reçu le :
26 août 2012
Accepté le :
7 juin 2013
Disponible en ligne
23 juillet 2013

Disponible en ligne sur

SciVerse ScienceDirect

www.sciencedirect.com

Impact du *cocooning* et de la voix humaine sur le système nerveux autonome (SNA) de l'enfant grand prématuré

Impact of cocooning and maternal voice on the autonomic nervous system activity in the premature newborn infant

C. Alexandre^a, J. De Jonckheere^b, T. Rakza^{a,c}, S. Mur^{a,c}, D. Carette^b,
R. Logier^b, M. Jeanne^{b,d}, L. Storme^{a,*c}

^a Pôle Femme, Mère et Nouveau-Né, hôpital Jeanne-de-Flandre, CHRU de Lille, 1, avenue Eugène-Avinée, 59035 Lille cedex, France

^b Inserm CIC-IT 807, institut Hippocrate, CHRU de Lille, 59035 Lille, France

^c UPRES-EA4489, environnement périnatal et croissance, faculté de médecine, université de Lille I & Lille II, 1, place de Verdun, 59000 Lille, France

^d Clinique d'anesthésie réanimation, hôpital Roger-Salengro, CHRU de Lille, 59035 Lille, France

Summary

Introduction. Discomfort, pain, and stress have an adverse impact on the psychomotor development in the premature newborn infant. Recent studies indicate that pain and stress are associated with a reduction of parasympathetic outflow. We hypothesized that cocooning associated with the human voice has a favorable impact on parasympathetic activity in the premature newborn infant.

Method. We compared heart rate variability (HRV) before and after standardized cocooning phases associated with the human voice and carried out: 1) by the mother and 2) by a third person. HRV was assessed and expressed as an index reflecting the parasympathetic tone.

Results. Ten children were included (median gestational age, 33 weeks (30⁺⁴-33⁺²)). We observed a higher HRV index after the period of cocooning associated with the human voice compared with the baseline measurement ($P < 0.05$), whether the procedure was carried out by the mother or a third person.

Conclusion. This study shows that cocooning associated with the human voice enhances HRV in the preterm newborn infant, indicating an increase in parasympathetic activity after cocooning associated with the human voice. However, the impact is similar whether the cocooning associated with the human voice is performed by the mother or a third person. This result suggests that cocooning associated with the human voice carried out either by the mother

Résumé

Introduction. L'inconfort, la douleur et le stress ont un impact défavorable sur le développement psychomoteur de l'enfant prématuré. Des études récentes indiquent que la douleur et le stress sont associés à une réduction de l'activité parasympathique. Nous émettons l'hypothèse que le *cocooning* associé à la voix humaine a un impact sur le tonus parasympathique chez l'enfant prématuré.

Méthode. La variabilité de la fréquence cardiaque (VFC) a été comparée avant et après des phases standardisées de *cocooning* associé à la voix humaine effectuées par la mère, d'une part, et par une tierce personne, d'autre part. L'indice de VFC étudié était représentatif du tonus parasympathique.

Résultats. Dix enfants ont été inclus (âge gestationnel médian = 33 semaines (extrêmes : 30⁺⁴-33⁺²)). Une augmentation de l'indice de VFC après la période du *cocooning* associé à la voix humaine comparée à la période de base a été observée, que l'intervention ait été effectuée par la tierce personne ou par la mère ($p < 0,05$). Les valeurs de l'indice de VFC n'étaient pas différentes lorsque l'intervention était effectuée par la mère ou par une tierce personne.

Conclusion. Notre étude montre donc l'impact favorable du *cocooning* associé à la voix humaine sur le tonus parasympathique de l'enfant prématuré. Cependant, aucune différence significative n'a été observée entre l'intervention de la mère et celle de la tierce

* Auteur correspondant.

e-mail : laurent.storme@chru-lille.fr, charlotte.alexandre@ch-douai.fr

0929-693X/\$ - see front matter © 2013 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.
http://dx.doi.org/10.1016/j.arcped.2013.06.006 Archives de Pédiatrie 2013;20:963-968

or a third person contributes to decreasing stress and discomfort in the premature newborn infant.

© 2013 Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

1. Introduction

La prise en charge de l'inconfort et de la douleur en milieu hospitalier est une démarche qui s'inscrit dans le cadre de l'amélioration de la qualité des soins et qui se traduit souvent par la prescription de médicaments antalgiques [1]. Il a été établi que la prise en charge insuffisante de la douleur pouvait avoir un impact défavorable à court et à long terme notamment sur le pronostic neuro-développemental des enfants nouveau-nés [2,3]. Aussi, la difficulté pour les soignants réside aussi bien dans l'appréciation des niveaux d'inconfort ou de douleur que dans l'adaptation du traitement visant à limiter les risques de toxicité liés à certains médicaments, morphiniques en particulier.

En pratique clinique, l'évaluation de la douleur et de l'inconfort du nouveau-né est réalisée selon des grilles d'évaluations, pour la plupart comportementales, comme par exemple le score d'évaluation de la douleur et de l'inconfort du nouveau-né (EDIN). Cette échelle d'évaluation a été élaborée par Debillon en 1994 [4]. Évaluée sur 2 h d'observation, elle est constituée de 5 items comportementaux (motricité faciale, corporelle, relation avec le soignant, possibilités de réconfort, l'état de veille/sommeil), avec pour chacun d'entre eux 4 cotations possibles. Le score obtenu est compris entre 0 et 15.

L'analyse de la variabilité de la fréquence cardiaque (VFC) est une méthode connue et non invasive pour la mesure de la régulation du système cardiovasculaire par le système nerveux autonome (SNA) [5,6]. En effet, les fluctuations du rythme cardiaque sont le reflet de l'activité des systèmes sympathique et parasympathique, principales composantes du SNA. Des études ont montré que les fluctuations de la fréquence cardiaque au-delà de 0,15 Hertz (Hz) dépendaient du système parasympathique [7,8]. Chez l'adulte, les phénomènes douloureux, de peur ou d'anxiété sont accompagnés d'une diminution de la VFC dans les hautes fréquences ($> 0,15$ Hz) indiquant une diminution du tonus vagal au cours de stimuli ou d'émotions déplaisants [9-11]. Pendant une intervention chirurgicale, la VFC est corrélée à la balance entre nociception et niveau d'analgésie [12]. Chez l'enfant, une diminution significative de la puissance spectrale dans les hautes fréquences a été observée au cours d'actes chirurgicaux douloureux suggérant une diminution de l'influence parasympathique au cours des stimuli nociceptifs [5,13]. Nous avons évalué la VFC chez des nouveau-nés admis après un geste chirurgical. L'indice mesuré était significativement plus bas chez les enfants qui avaient un score d'EDIN élevé [14]. Dans une autre étude, nous avons évalué la VFC chez des

personne. Ce résultat suggère que le *cocooning* associé à la voix humaine, qu'il soit réalisé par la mère ou par une tierce personne, a un effet favorable sur le confort de l'enfant prématuré.

© 2013 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

nouveau-nés à la naissance après une extraction instrumentale : la VFC était significativement plus basse chez les enfants ayant un score d'EDIN élevé [15]. Ainsi, l'évaluation de l'activité parasympathique par l'analyse de la VFC peut être considérée comme un indicateur de douleur prolongée ou d'inconfort du nouveau-né [14,15].

Certaines techniques de soins non médicamenteuses comme le portage « kangourou », le « peau à peau » ou les périodes d'interaction avec la mère sont connues pour augmenter le confort de l'enfant [16,17]. Notamment, le *cocooning* semble constituer un geste simple permettant de rassurer et d'améliorer le confort de l'enfant prématuré. Il consiste à envelopper l'enfant de ses mains en les apposant sur sa tête et ses pieds, afin de regrouper l'enfant et de reproduire la position fœtale. En pratique clinique, les soignants comme la mère, parlent à l'enfant au cours de ce type de soin. Selon la théorie de l'attachement de John Bowlby [18,19], les besoins fondamentaux du nouveau-né se situent principalement au niveau des contacts physiques. Cette théorie émet notamment l'hypothèse que le nouveau-né s'attache instinctivement à celui ou à celle qui le soigne soit, la plupart du temps, la mère.

Dans cette étude, nous émettons l'hypothèse que le *cocooning* et la voix humaine ont un impact favorable sur le tonus parasympathique et le confort du nouveau-né prématuré. Pour vérifier cette hypothèse, nous proposons de comparer la VFC avant et après des phases standardisées de *cocooning* associé à la voix humaine (CAVH) effectuées par la mère et par une tierce personne n'ayant eu jusqu'alors aucun lien avec l'enfant.

2. Patients et méthodes

2.1. Population

Il s'est agi d'une étude pilote prospective observationnelle, monocentrique, réalisée sur une période de 6 mois dans la Clinique de médecine néonatale de l'hôpital Jeanne-de-Flandres à Lille. Tous les enfants nés avant 37 semaines d'aménoorrhée (SA) et hospitalisés dans le service ont été inclus. Ils devaient être âgés de moins de 40 SA d'âge postconceptionnel, et ne devaient présenter aucune malformation cardiaque ou lésions cérébrales graves (hémorragies de grade III ou IV, ou leucomalacies kystiques étendues et bilatérales). Ils pouvaient être porteurs d'une sonde nasogastrique ou de lunettes à oxygène pour une dysplasie bronchopulmonaire. Ils ne recevaient aucun traitement antalgique ou inotropes. L'étude a été présentée aux parents oralement et par écrit. Leur consentement écrit a été obtenu avant l'enregistrement.

2.2. Déroulement de l'étude

L'enregistrement de l'indice de VFC de l'enfant débutait à distance d'au moins 1 h de tout soin douloureux ou potentiellement désagréable (aspiration, prélèvement sanguin...), et en dehors de toute alimentation. L'état de vigilance de l'enfant était évalué auparavant, selon les critères de Prechtl [20]. L'enregistrement pouvait avoir lieu uniquement si des phases de veille calme (yeux ouverts, quelques mouvements corporels présents, respiration régulière) ou de sommeil actif (yeux fermés, quelques mouvements corporels présents, respiration irrégulière) étaient constatées. L'enregistrement commençait 10 min avant la phase de CAVH. L'enfant était ensuite « cocooné » dans son berceau pendant qu'une histoire lui était lue pendant 5 min. Cette séquence durait jusqu'à la fin de la lecture. L'enregistrement prenait fin 10 min après l'intervention (fig. 1). Le deuxième enregistrement avec le second intervenant (la maman ou la tierce personne selon la randomisation de l'ordre des interventions) avait lieu au minimum 6 h après la fin du premier, dans les mêmes conditions, avec les mêmes paramètres d'environnement (alarmes, bruit, lumière, à distance de l'alimentation, phase similaire de veille ou de sommeil...), et en « cocoonant » le nouveau-né de la même façon. La même histoire était lue pendant 5 min. Le niveau sonore n'était pas mesuré, et l'enfant n'était pas filmé. La tierce personne avait une voix féminine, et réalisait tous les enregistrements en binôme avec la maman de l'enfant. Plusieurs données ont été recueillies auprès de l'enfant monitoré avant, pendant et après l'enregistrement : le score d'EDIN, le stade de vigilance, la fréquence respiratoire et la fréquence cardiaque. Les événements ou perturbations éventuels survenant pendant l'intervention ont été enregistrés.

2.3. Analyse de la VFC

Un convertisseur analogique-numérique (Neodoloris®, société Metrodoloris, parc EuraSanté, Lille) était relié directement au moniteur de l'enfant. Aucune électrode ou capteur supplémentaire n'était nécessaire. Il permettait d'enregistrer la variabilité du rythme cardiaque, appelé index NIPE (Newborn Infant Parasympathic Evaluation). L'intervenant n'avait pas connaissance de la valeur de l'indice. L'indice NIPE a été calculé comme suit.

Le signal de l'électrocardiogramme (ECG) est numérisé à une fréquence de 250 Hz. L'intervalle de temps entre deux ondes *R* successives de l'ECG (intervalle *RR*) est calculé à partir de l'ECG à l'aide d'un algorithme de détection des ondes *R*. Les intervalles *RR* sont alors analysés en temps réel à l'aide d'un filtre non linéaire permettant de détecter et de remplacer les artéfacts de la série *RR* [21]. Le signal résultant est rééchantillonné à 8 Hz par le biais d'un algorithme d'interpolation linéaire. Les échantillons RR_i sont isolés dans une fenêtre d'analyse glissante de 64 s.

Pour éviter toute variabilité interpatients, la série *RR* est normalisée. Pour cela, la série *RR* rééchantillonnée est isolée dans une fenêtre de 64 s. Dans un premier temps, l'algorithme de normalisation consiste à calculer la valeur moyenne *M* des *RR* dans la fenêtre.

$$M = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (RR_i) \text{ où } RR_i \text{ représente la valeur de chaque inter-}$$

valle *RR* et *N* le nombre d'échantillons dans la fenêtre. La valeur moyenne *M* est alors soustraite à chaque intervalle *RR* de la fenêtre. $RR_i = (RR_i - M)$. Les valeurs RR_i obtenues sont utilisées pour le calcul de la norme *N*.

$$N = \sqrt{\sum_{i=1}^N (RR_i)^2}$$

Enfin, chaque RR_i est divisé par la valeur de la norme *N*: $RR_i = RR_i / N$.

La méthode d'analyse se basant sur l'étude des variations hautes fréquences (HF) de la fréquence cardiaque, la série *RR* est ensuite filtrée entre 0,15 et 2,5 Hz à l'aide d'un filtre numérique basé sur l'utilisation des ondelettes. On obtient ainsi un signal ne représentant que les variations dues au système parasympathique.

Sur ce signal filtré et normalisé, on détecte ensuite les maxima et minima locaux pour tracer l'enveloppe, puis on divise la surface sous la courbe en 4 sous-aires : *A1*, *A2*, *A3* et *A4* (fig. 2). On définit le minimum des 4 sous-aires : *AUCmin* = minimum (*A1*, *A2*, *A3*, *A4*). On calcule alors l'indice de variabilité NIPE par une règle de 3 afin d'obtenir une mesure entre 0 et 100 : $NIPE = 100 \times [a \times AUCmin + b] / 12,8$.

a = 5,1 et *b* = 1,2 ont été déterminés de manière empirique sur une dataset de 100 patients pour conserver la cohérence entre l'effet visuel de la courbe *RR* filtré et la mesure effective de

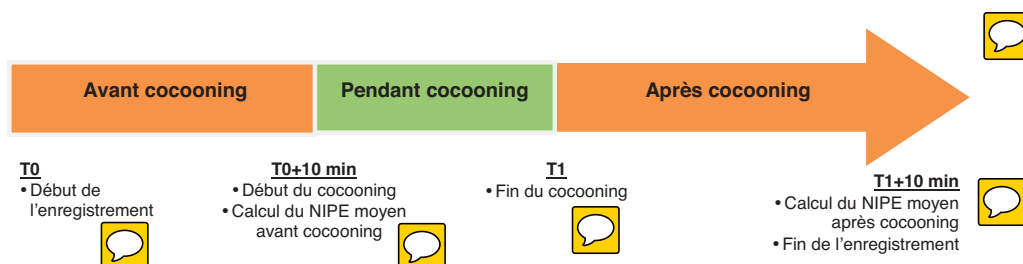


Figure 1. Schéma de déroulement de l'étude.

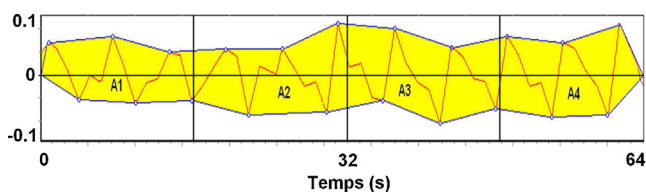


Figure 2. Calcul de l'indice : Sur la série RR normalisée et filtrée, on détecte les minima et maxima locaux pour tracer l'enveloppe (en bleu). La fenêtre d'analyse est divisée en 4 sous-fenêtre de 16 s et on calcule l'aire sur la courbe (en jaune dans chaque sous-fenêtre afin d'obtenir A1, A2, A3 et A4).

NIPE. La valeur 12,8 correspond à la surface totale théorique de la fenêtre d'analyse de 64 s.

Les valeurs de l'indice étaient ensuite moyennées sur toute la durée des 2 périodes de 10 min avant et après enregistrement (fig. 1). Afin d'évaluer les variations relatives des différentes variables, nous avons également calculé les valeurs de : $\text{delta_NIPE} = \text{NIPE après} - \text{NIPE avant}$.

2.4. Analyses statistiques

Un test non paramétrique de Wilcoxon pour mesure appariée a été utilisé pour comparer l'ensemble des variables numériques avant et après *cocooning* : pour la mère et pour la tierce personne. Le même test a été utilisé pour comparer les différences obtenues entre la mère et la tierce personne. Une valeur de $p < 0,05$ a été considérée comme significative. Les résultats ont été exprimés sous la forme de médiane (25 centile–75 centile). L'analyse statistique a été effectuée à l'aide du logiciel SPSS 15.0®.

3. Résultats

Dix enfants ont été inclus dans l'étude (6 garçons et 4 filles). Le terme médian de la naissance était de 33 SA (extrêmes : $30^{+4}-33^{+2}$), avec un poids de naissance de 1550 g (1270–1940). L'âge postconceptionnel à l'inclusion était de 37 SA ($34^{+5}-38^{+3}$), avec un poids à l'inclusion de 2140 g (2030–2630). À titre d'exemple, la variabilité de la fréquence cardiaque (FC) d'un enfant est présentée en fig. 3, avant et après la phase de CAVH. Sur cette représentation de l'intervalle RR en fonction du

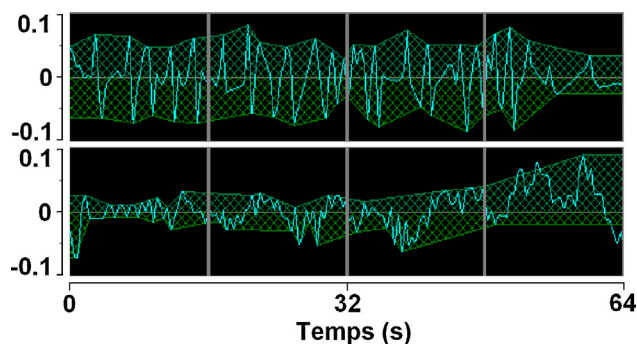


Figure 3. Séries RR normalisées et filtrées mesurées chez un enfant. En bas, variabilité de base de l'intervalle RR ; en haut, variabilité après la période de *cocooning* associée à la voix humaine. La variabilité de la fréquence cardiaque est plus importante après la période de *cocooning* associée à la voix humaine.

temps, on remarque clairement que la variabilité de l'intervalle RR avait augmenté après la période de CAVH. Lorsque la procédure avait été effectuée par la tierce personne, on observait une augmentation significative ($p = 0,009$) de l'indice NIPE qui passait de 62 (56–66) à 74 (61–81) après la phase de CAVH (fig. 4). Lorsque la procédure avait été effectuée par la mère, on observait une augmentation significative ($p = 0,005$) de l'indice NIPE qui passait de 55 (51–60) à 69 (65–73) après la phase de CAVH (fig. 5). Si l'on considère qu'une augmentation du score NIPE de 10 points est cliniquement pertinente, l'augmentation était significative dans 7 cas sur 10 lorsque la procédure avait été effectuée par une tierce personne, et dans 8 cas sur 10 lorsqu'il s'était agi de la mère.

Les FC et les fréquences respiratoires (FR) n'avaient pas varié de façon significative pendant la période de l'étude (tableau I). Les valeurs du NIPE de base ainsi que ses variations pendant la période du CAVH étaient similaires avec la tierce personne et avec la mère (tableau II). Le score d'EDIN évalué au début de l'enregistrement était égal à 0 pour l'ensemble des enfants.

4. Discussion

Dans cette étude, nous émettions l'hypothèse que le *cocooning* et la voix humaine avaient un impact favorable sur le

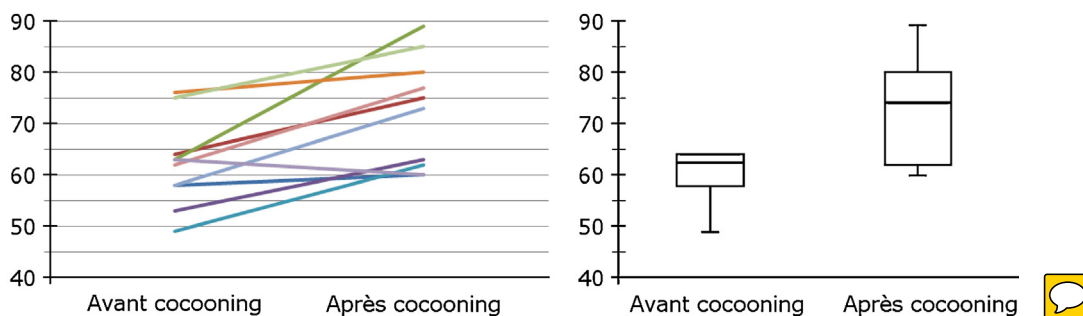


Figure 4. Valeurs de l'index NIPE obtenues avant et après un *cocooning* associé à la voix humaine effectué par un tiers. L'index NIPE augmente chez 9 enfants sur 10. La valeur médiane du NIPE est plus élevée après le *cocooning* associé à la voix humaine comparée à la valeur avant ($p < 0,05$). Médiane \pm Interquartile.

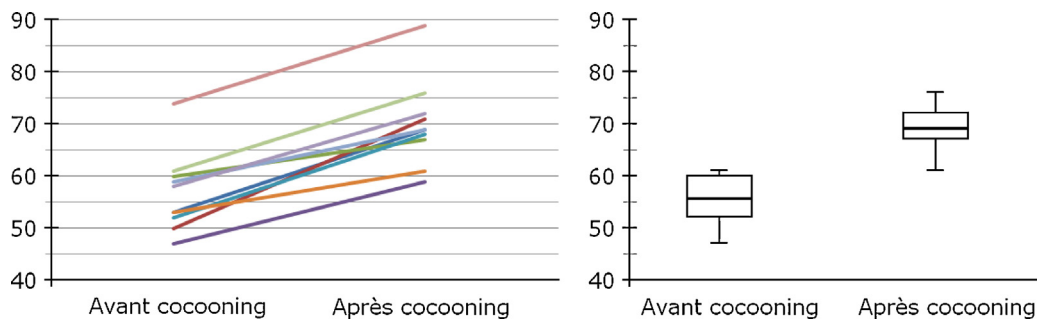



Figure 5. Valeurs de l'index NIPE obtenues avant et après un *cocooning* associé à la voix humaine effectué par la mère. L'index NIPE augmente chez tous les enfants. La valeur médiane du NIPE est plus élevée après le *cocooning* comparée à la valeur avant ($p < 0,05$). Médiane \pm Interquartile. 

tonus parasympathique. Pour vérifier cette hypothèse, nous avons comparé la VFC avant et après des phases standardisées de CAVH effectuées par la mère et par une tierce personne n'ayant eu jusqu'alors aucun lien avec l'enfant. La VFC a été évaluée à l'aide d'un indice de variabilité haute fréquence, marqueur de l'activité parasympathique déjà validé chez l'adulte [12,22] et récemment adapté au nouveau-né prématuré [14] ou à terme [15]. Cette étude a montré une augmentation significative de l'indice de VFC après le CAVH, qu'il soit réalisé par la mère ou par une tierce personne, alors que les valeurs de FC et de FR ne variaient pas de manière significative. L'augmentation de la variabilité du rythme cardiaque était similaire après le CAVH qu'il soit effectué par la mère ou une tierce personne.

Chez l'adulte, de nombreuses situations pathologiques sont connues pour être associées à une réduction du tonus parasympathique, comme l'anxiété, les phobies généralisées ou la dépression [23]. De même, le stress et la douleur réduisent le tonus vagal. Une diminution du tonus parasympathique a été observée chez les personnes qui ont des difficultés à réguler leurs émotions et leurs réponses comportementales aux situations stressantes [9,10]. Pendant une intervention chirurgicale, l'analyse de la VFC est corrélée à la balance entre nociception et niveau d'analgésie [24]. Des études antérieures indiquent que l'analyse de la variabilité de la FC est un moyen d'évaluer en temps réel le niveau de confort de l'enfant nouveau-né. En effet, la variabilité de la FC diminue lorsque

le score d'EDIN augmente chez le nouveau-né en période postopératoire [14,15]. D'autres études ont montré une augmentation de l'activité parasympathique lors d'un « peau à peau » ou d'un portage kangourou [16,17]. Le massage de l'enfant prématuré élève aussi le tonus vagal [25]. L'association de la voix humaine au *cocooning* sur le système nerveux autonome n'avait pas encore été évaluée. Nous avons montré dans cette étude que le *cocooning* associé à l'écoute de la voix, qu'elle soit d'origine maternelle ou non, augmentait la variabilité du rythme cardiaque de l'enfant prématuré, donc le tonus parasympathique. Ainsi nos résultats suggèrent que le CAVH soit un moyen pour rassurer le nouveau-né et améliorer son confort.

Le système parasympathique est une des composantes clés de la régulation du SNA. Il est aussi directement impliqué dans les fonctions sociales et émotionnelles. Le système parasympathique prend son origine dans les noyaux du tronc cérébral – tractus solitaire, noyau ambigu –, et est étroitement connecté au système limbique. Celui-ci désigne l'ensemble du système formant la base de l'encéphale – hippocampe, amygdale, circonvolution cingulaire, fornix et hypothalamus – qui contrôle les comportements émotionnels et instinctifs, ainsi que les processus de mémorisation.

Lors de son hospitalisation en période néonatale, l'enfant prématuré nécessite de nombreux soins, souvent inconfortables et sources de stress. Ceux-ci induisent des variations de l'activité parasympathique, qui est particulièrement labile du fait de son immaturité. Le rôle de la mère est essentiel pour rassurer l'enfant et le stabiliser sur le plan émotionnel. L'intervention de la mère et celle d'une tierce personne ont un

Tableau I

Fréquence cardiaque (FC, battement par min) et fréquence respiratoire (FR, cycle par min) avant et après l'enregistrement, et selon l'intervention de la tierce personne ou de la mère. La comparaison des valeurs avant et après ne montre aucune différence significative que la procédure soit effectuée par la tierce personne ou la mère.


	Voix + Cocooning/Tiers		Voix + Cocooning/Mère	
	Avant	Après	Avant	Après
FC	149 (140–156)	149 (134–155)	155 (148–158)	151 (142–154)
FR	63 (48–68)	63 (37–78)	43 (31–71)	73 (38–92)

Médiane et interquartile.

Tableau II

Comparaison des valeurs de l'index NIPE obtenues lors du *cocooning* effectué par un tiers ou par la mère.

	Voix + Cocooning/Tiers	Voix + Cocooning/Mère	<i>p</i>
NIPE avant	62 (56–66)	55 (51–60)	NS
NIPE après	74 (61–81)	69 (65–73)	NS
Delta_NIPE	12 (3–15)	14 (9–16)	NS

NIPE : Newborn Infant Parasympathetic Evaluation. Delta NIPE représente la différence des valeurs obtenues avant et après le *cocooning* effectué par un tiers ou par la mère. Médiane et interquartile. 

impact similaire sur l'activité du SNA. Il nous est donc pour l'instant impossible par cette étude de déterminer si cet impact favorable est dû à l'écoute de la voix seule, au *cocooning* seul, ou à l'association de ces deux stimuli tactile et auditif. Une étude complémentaire est nécessaire pour comparer l'impact du *cocooning* seul, de la voix seule et des 2 associés.

Une des limites de cette étude est que le CAVH a été réalisé pendant les périodes de veille calme ou de sommeil actif de l'enfant, parce que nous avons considéré que les autres phases de sommeil devaient être respectées. L'impact pendant les autres périodes de sommeil n'est donc pas connu. Nous proposons que la technique du CAVH soit testée en périodes de veille active ou de stress et d'inconfort de l'enfant.

5. Conclusion

Nos résultats indiquent que le CAVH augmente l'activité parasympathique chez l'enfant prématuré. L'activité parasympathique diminue dans les situations d'inconfort et de stress. Ainsi, nos résultats suggèrent que le CAVH améliore le confort et réduit le stress de l'enfant prématuré. L'absence de différence entre l'intervention de la mère et celle de la tierce personne suggère que le personnel paramédical peut être aussi bien impliqué que la mère pour la réalisation d'un *cocooning* efficace.

Le monitoring de la variabilité du rythme cardiaque en continu pendant la période néonatale est un outil potentiellement utile pour évaluer en continu le confort de l'enfant, et mettre en œuvre rapidement une stratégie appropriée lors d'une réduction du tonus parasympathique.

Déclaration d'intérêts

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

Remerciements

Financement : cette étude a été effectuée dans le cadre du projet NeoDoloris financé par l'Agence nationale pour la recherche dans le cadre du programme ANR-TECSAN 2012.

Références

- [1] Recommandation HAS. Évaluation et stratégies de prise en charge de la douleur aiguë en ambulatoire chez l'enfant de 1 mois à 15 ans. HAS; 2000 [<http://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/doulenf4.pdf>].
- [2] Brummelte S, Grunau RE, Chau V, et al. Procedural pain and brain development in premature newborns. *Ann Neurol* 2012;71:385-96.
- [3] Grunau RE, Whitfield MF, Petrie-Thomas J, et al. Neonatal pain, parenting stress and interaction, in relation to cognitive and motor development at 8 and 18 months in preterm infants. *Pain* 2009;143:138-46.
- [4] Debillon T, Zupan V, Rayault N, et al. Development and initial validation of the EDIN scale, a new tool for assessing prolonged pain in preterm infants. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 2001;85:36-41.
- [5] Oberlander TF, Grunau RE, Pitfield S, et al. The developmental character of cardiac autonomic responses to an acute noxious event in 4- and 8-month-old healthy infants. *Pediatr Res* 1999;45:519-25.
- [6] Benarroch EE. Pain-autonomic interactions. *Neurol Sci* 2006;27 (Suppl. 2):130-3.
- [7] Saul JP, Berger RD, Albrecht P, et al. Transfer function analysis of the circulation: unique insights into cardiovascular regulation. *Am J Physiol* 1991;261:H1231-45.
- [8] Parati G, Mancia G, Di Rienzo M, et al. Point: cardiovascular variability is/is not an index of autonomic control of circulation. *J Appl Physiol* 2006;101:676-8 [discussion 681-2].
- [9] Miu AC, Heilman RM, Miclea M. Reduced heart rate variability and vagal tone in anxiety: trait versus state, and the effects of autogenic training. *Auton Neurosci* 2009;145:99-103.
- [10] Demaree HA, Robinson JL, Everhart DE, et al. Resting RSA is associated with natural and self-regulated responses to negative emotional stimuli. *Brain Cogn* 2004;56:14-23.
- [11] Appelhans BM, Luecken LJ. Heart rate variability and pain: associations of two interrelated homeostatic processes. *Biol Psychol* 2008;77:174-82.
- [12] Jeanne M, Logier R, De Jonckheere J, et al. Heart rate variability during total intravenous anaesthesia: effects of nociception and analgesia. *Auton Neurosci* 2009;147:91-6.
- [13] Oberlander TF, Grunau RE, Whitfield MF, et al. Biobehavioral pain responses in former extremely low birth weight infants at four months' corrected age. *Pediatrics* 2000;105:e6.
- [14] Faye PM, De Jonckheere J, Logier R, et al. Newborn infant pain assessment using heart rate variability analysis. *Clin J Pain* 2010;26:777-82.
- [15] De Jonckheere J, Rakza T, Logier R, et al. Heart rate variability analysis for newborn infants prolonged pain assessment. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc* 2011;2011:7747-50.
- [16] McCain GC, Ludington-Hoe SM, Swinth JY, et al. Heart rate variability responses of a preterm infant to kangaroo care. *J Obstet Gynecol Neonatal Nurs* 2005;34:689-94.
- [17] Cong X, Ludington-Hoe SM, McCain G, et al. Kangaroo Care modifies preterm infant heart rate variability in response to heel stick pain: pilot study. *Early Hum Dev* 2009;85:561-7.
- [18] Bowlby J. Soins maternels et santé mentale. Genève: Cahiers de l'OMS; 1954.
- [19] Bowlby J. Attachement et perte. Vol. 1. Attachement. Paris: PUF; 1969.
- [20] Prechtl HF. The behavioural states of the new born infant. *Brain Res* 1974;76:185-212.
- [21] Logier R, De Jonckheere J, Dassonneville A. An efficient algorithm for R-R intervals series filtering. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc* 2004;6:3937-40.
- [22] Logier R, Jeanne M, De Jonckheere J, et al. PhysioDoloris: a monitoring device for analgesia/nociception balance evaluation using heart rate variability analysis. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc* 2010;2010:1194-7.
- [23] Dishman RK, Nakamura Y, Garcia ME, et al. Heart rate variability, trait anxiety, and perceived stress among physically fit men and women. *Int J Psychophysiol* 2000;37:121-33.
- [24] Jeanne M, Logier R, De Jonckheere J, et al. Validation of a graphic measurement of heart rate variability to assess analgesia/nociception balance during general anesthesia. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc* 2009;2009:1840-3.
- [25] Smith S, Lux R, Haley S, et al. The effect of massage on heart rate variability in preterm infants. *J Perinatol* 2013;33:59-64.