

CFA/VISHNO 2016

Le répertoire vocal du bébé né prématuré

V. André^a, V. Durier^a, S. Henry^a, F. Nassur^a, J. Sizun^b, M. Hausberger^a et
A. Lemasson^a

^aUNIVERSITE DE RENNES 1 - CNRS (UMR6552 EthoS), Campus de Beaulieu - Bat
25 Etage 2, 263 Avenue du Gal Leclerc, 35042 Rennes Cedex, France

^bCentre Hospitalo-Universitaire de Brest, 2 avenue Foch, 29609 Brest, France
alban.lemasson@univ-rennes1.fr



LE MANS

Des liens entre certains paramètres acoustiques des vocalisations et l'état interne de l'individu émetteur ont été mis en évidence chez l'animal. La question de l'existence de tels liens se pose aussi chez l'Homme, et est particulièrement intéressante à explorer chez les individus non verbaux. Chez le nouveau-né, la majorité des études acoustiques se sont focalisées sur les pleurs, notamment lors de procédures douloureuses, et peu de choses sont connues sur le répertoire vocal. Selon certains auteurs, certains types de vocalisations reflèteraient des états plus ou moins positifs / négatifs et il serait possible de discerner à l'oreille des vocalisations de faim ou de joie. L'analyse des vocalisations des nouveau-nés pourrait ainsi être une manière non invasive d'étudier leur évaluation de différentes situations. Ici, nous nous sommes intéressés au répertoire vocal de 10 nouveau-nés prématurés, en contexte non douloureux (repos), et vêtus de façon plus (turbulette) ou moins (body) contraignante. Les résultats montrent que le taux et la qualité des vocalisations émises diffèrent clairement entre les deux situations. Ces résultats, complétant des observations des comportements et postures, suggèrent que les vocalisations néonatales pourraient être sources d'information sur le confort/inconfort des nouveau-nés.

1 Introduction

A la naissance, les nouveau-nés sont confrontés à de multiples nouvelles stimulations sensorielles provenant de leur environnement (e.g. 1, 2, 3). Ces stimulations précoces, qu'elles soient olfactives, gustatives, auditives, tactiles et/ou visuelles, peuvent impacter positivement le confort des nouveau-nés mais aussi leur développement ultérieur. Aussi, il est particulièrement intéressant d'étudier l'impact des pratiques néonatales pour lesquelles d'importantes variations interculturelles ont été montrées, comme c'est le cas par exemple en matière d'habillement (4). Or, une étude récente a montré une diminution importante des postures de confort chez les nouveau-nés couverts (e.g. turbulette) par rapport à ceux plus légèrement vêtus (e.g. body) (5).

Des changements physiologiques (rythme cardiaque, rythme respiratoire, saturation en oxygène) et/ou comportementaux (vocalisations, postures, expressions faciales) reflètent les changements d'état. Par exemple, lors du passage de l'éveil calme à l'éveil agité avec pleurs, le rythme cardiaque, les expressions faciales et les mouvements corporels augmentent (6, 7, 8). Le nouveau-né ne pouvant s'exprimer verbalement, il est essentiel d'identifier, parmi ces variables, les plus pertinentes pour traduire l'état de confort ou d'inconfort des nouveau-nés. Les mesures physiologiques sont communément utilisées pour surveiller les périodes extrêmes d'inconfort, mais peuvent être invasives (6, 9). Parallèlement, les mesures comportementales peuvent se révéler très pertinentes et totalement non-invasives (e.g. expressions faciales : 10, 11). Ainsi, des mouvements subtils ou des postures particulières peuvent refléter la recherche d'auto-contacts qui pourraient être une source de réconfort (5, 12). Parmi les variables citées, les vocalisations des nouveau-nés restent encore peu étudiées.

La plupart des études acoustiques chez le nouveau-né se sont focalisées sur les pleurs, notamment lors de procédures douloureuses (ex : piqûre : 6, 13). Ces vocalisations sont alors décrites comme particulièrement fortes et stridentes avec un pitch élevé et des variations importantes et brutales de la fréquence fondamentale (modulation) oscillant entre 400 et 600 Hz (14, 15, 16). Ces vocalisations peuvent aussi varier en fonction du contexte (intensité de la douleur par exemple : 14, 17). D'après Brennan & Kirkland (1982), il serait possible de discerner à l'oreille des vocalisations de faim, de plaisir ou de douleur (18). Chez des bébés plus âgés, Fuller & Horri (1986) ont ainsi trouvé des différences de fréquence fondamentale entre les pleurs de faim, de douleur et les gazouillis d'enfants de 2 à 6 mois (20). Au-delà de ces quelques études, peu de choses sont connues sur le répertoire vocal du nouveau-né en contexte non douloureux. De rares études décrivent néanmoins chez le bébé différents types de vocalisations associées à des états positifs, négatifs ou

neutres, mais elles sont pour la plupart réalisées chez des enfants âgés déjà de quelques mois (20, 21, 22).

Pourtant des études en bioacoustique chez l'animal permettent de décrypter des changements dans l'état interne de l'émetteur au travers de l'analyse structurelle des vocalisations. En effet, pour beaucoup d'espèces, les vocalisations tonales sont associées à des contextes émotionnels positifs (e.g. affinité), alors que les vocalisations atonales sont associées à des contextes émotionnels négatifs (e.g. agressivité) (23). Chez les éléphants et les primates, les vocalisations atonales sont plus fréquentes lors d'une situation stressante comme une séparation du groupe ou de la mère (24, 25). Les chauves-souris émettent des vocalisations plus atonales en situation sociale agonistique (26). D'autres auteurs ont relié ces changements acoustiques (fréquences, durées) à ces changements internes et ce de manière universelle (27, 28). Selon Morton (1977), de nombreux animaux (oiseaux et mammifères) émettent, en contexte « agonistique » (ex : défense du territoire, compétition alimentaire), des vocalisations de basses fréquences, alors que les animaux apaisés émettent des vocalisations avec des tonalités plus pures et des fréquences plus élevées (27). Chez trois espèces de singes en contexte de frustration (post-séparation sociale), il a été montré qu'un niveau émotionnel plus élevé est associé à une augmentation du taux d'émission des cris de contact et de leur durée (29). Chez un cheval en situation de frustration (vue d'un partenaire sexuel à distance), le rythme cardiaque de l'émetteur est corrélé à la fréquence fondamentale et au nombre d'unités répétées au sein du hennissement (30). Ainsi, la structure des vocalisations (tonale / atonale), leurs taux d'émission, leurs durées et leurs fréquences sont particulièrement impactés par la charge émotionnelle de l'individu émetteur.

L'analyse du comportement vocal du nouveau-né pourrait donc être une manière non invasive d'appréhender leur état émotionnel dans certains contextes et face à certaines stimulations, et ainsi d'adapter les pratiques néonatales. Dans la présente étude, nous nous intéressons aux contraintes vestimentaires, connues pour limiter les postures de réconfort chez le bébé prématuré. Ainsi, sur la base de l'étude de Durier et ses collaborateurs (5), nous avons analysé les productions vocales de 10 nouveau-nés, en contexte non douloureux, en fonction du type de vêtements portés (body vs pyjama / gilet / turbulette). Nous émettons l'hypothèse selon laquelle la tenue vestimentaire « épaisse » impacterait le taux (i.e. augmentation du nombre) et la structure acoustique (i.e. augmentation de la longueur et diminution de la fréquence) des vocalisations des nouveau-nés. Pour cela, les vocalisations de 4 nouveau-nés habillés d'un body et 6 nouveau-nés habillés d'un pyjama, voire aussi d'un gilet et/ou d'une turbulette, ont été enregistrés. L'expression vocale de ces 10 nouveau-nés a été comparée en fonction du type de vêtement porté.

2 Matériel et méthode

2.1 Participants

L'étude s'est déroulée dans les services de néonatalogie du Centre Hospitalier Universitaire de Brest et a porté sur 10 nouveau-nés (4 garçons et 6 filles testés entre 9 et 71 jours d'âge civil et entre 35 et 38 semaines post-conception). Tous les enfants étudiés étaient en bonne santé (absence de lésions cérébrales, d'anomalies génétiques ou de surdité congénitale). La présente étude a reçu l'accord du comité d'éthique du CHU de Brest et les nouveau-nés ont été inclus à l'étude après que leurs parents aient donné leur consentement éclairé.

L'unité de soin applique un programme de soins appelé NIDCAP (31) basé sur une adaptation de l'environnement (niveau lumineux et sonore) et une intégration des parents dans la vie quotidienne du nouveau-né. Un ou deux expérimentateurs étaient présents et non interactifs. Les nouveau-nés ont été étudiés pour 4 d'entre-eux (4 filles) en pyjama, éventuellement superposé d'un gilet et/ou d'une turbulette (= NN vêtements), et pour 6 d'entre-eux (2 filles et 4 garçons) en « body » (= NN body) (Fig. 1).



Figure 1 : Schéma des différents types de vêtements portés par les bébés dans le groupe a) « NN body », b) « NN vêtements » : pyjama, gilet, turbulette.

2.2 Analyse acoustique

L'étude s'est déroulée de janvier à juin 2012. Les vocalisations des nouveau-nés ont été enregistrées lorsqu'ils étaient allongés dans leur berceau, entre deux périodes d'alimentation et hors phase d'éveil agitée (repos), aléatoirement entre 9h et 17h. Les vocalisations ont été directement enregistrées avec un micro-cravate déposé prêt de la tête du nouveau-né dans son lit et relié à un caméscope qui filmait le sujet (Sony HDR-XR200). De ces bandes sons, 10 minutes (choisies pseudo-aléatoirement avec la seule contrainte de contenir des vocalisations) ont été étudiées pour chaque nouveau-né, soit 165,7 +/- 90,5 vocalisations en moyenne (+/- écart-type) par nouveau-né. Les vocalisations ont été quantifiées et qualifiées à l'aide d'une classification acoustique, basée sur une analyse auditive et visuelle des spectrogrammes, comme communément fait en bioacoustique animale (e.g. 32, 33, 34). Les intervalles entre vocalisations ont été également relevés.

La structure des vocalisations des nouveau-nés se répartit en trois classes : tonale (fréquence fondamentale identifiée),

intermédiaire (partiellement tonale et atonale) et atonale (son bruyant) (Fig. 2).

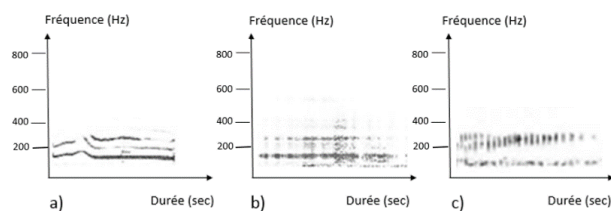


Figure 2 : Spectrogramme des différents classes de vocalisations a) tonale, b) intermédiaire, c) atonale

Les vocalisations tonales présentant une variété de structure en termes de durée et de fréquence. Ces vocalisations peuvent être courtes (66 ms +/- 7), longues (559 ms +/- 334), graves (303 Hz +/- 96), ou aiguës (1053 ms +/- 33). Ainsi, quatre sous-classes ont été définies en prenant en compte la durée et la fréquence : (1) les vocalisations courtes et graves, (2) courtes et aiguës, (3) longues et graves, et (4) longues et aiguës (Fig. 3).

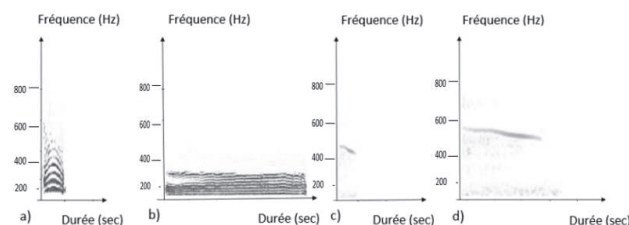


Figure 3 : Schéma des différentes sous-classes de vocalisations tonales a) courtes et graves, b) longues et graves, c) courtes et aiguës, d) longues et aiguës

2.3 Analyse statistique

Des tests de Mann-Whitney ont été utilisés afin de comparer les taux d'émission, le nombre de vocalisations dans chaque classe (tonale, intermédiaire, atonale) et sous-classe (courte et grave, courte et aiguë, longue et grave, longue et aiguë) entre les deux groupes (« NN vêtements » vs « NN body »). Les analyses ont été réalisées sous le logiciel Statistica.

3 Résultats

3.1 Organisation temporelle des émissions vocales

Les vocalisations ne sont pas émises aléatoirement au cours des sessions de 10 minutes : la répartition de la fréquence des intervalles entre vocalisations successives montre qu'elles sont souvent émises en séquence, une séquence pouvant alors être définie comme une série de vocalisations séparées les unes des autres par une pause de moins d'une seconde (Fig. 4).

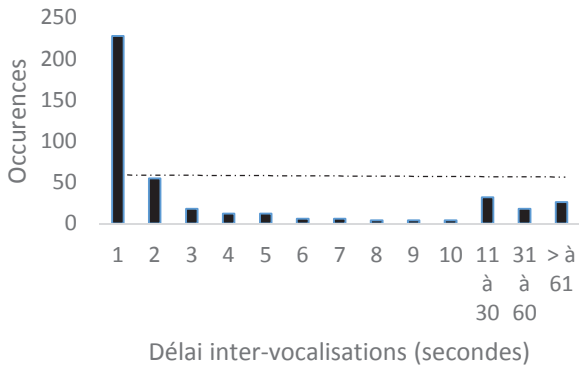


Figure 4 : Répartition des intervalles entre vocalisations successives (en secondes) relevés chez l'ensemble des nouveau-nés (Pointillés : ligne de base permettant de définir une séquence).

Les vocalisations peuvent donc être émises de manière isolée, c'est-à-dire à plus d'une seconde de la vocalisation précédente et de la vocalisation suivante (13% des cas) ou être groupées en séquences vocales, c'est-à-dire en série de 2 à 29 vocalisations séparées les unes des autres par moins d'une seconde (87% des cas). Les vocalisations ont donc été analysées en termes d'occurrences au cours des 10 minutes d'enregistrement ou au sein d'une séquence de vocalisations.

3.2 Influence des vêtements sur le taux d'émission vocale

Il n'y a pas de différence sur le taux d'émission en terme de nombre de vocalisations isolées ou de nombre de séquences (test de Mann-Whitney, $Z=1,829$; $P=0,067$; $Z=0,959$; $P=0,352$, respectivement). Les nouveau-nés en vêtements font cependant plus de cris en séquences (test de Mann-Whitney, $Z=2,239$; $P=0,019$) que les nouveau-nés en body (Fig. 5).

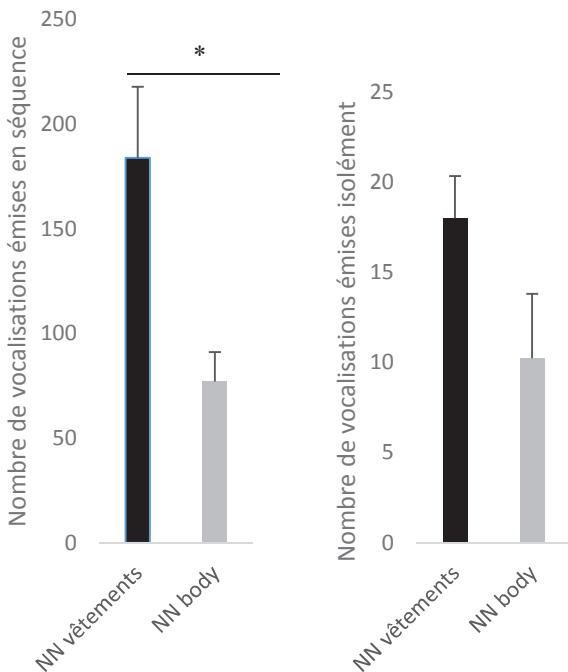


Figure 5 : Nombre moyen (+ / - e.s.) de vocalisations émises en séquence par les nouveau-nés en vêtements (NN vêtements) ou en body (NN body). Test de Mann-Whitney, * : $P<0,05$

3.3 Influence des vêtements sur les classes de vocalisations

Les nouveau-nés « lourdement couverts » (NN vêtements) font plus de vocalisations tonales et intermédiaires au cours des 10 minutes (Mann-Whitney, $Z=2,025$, $P=0,038$; $Z=2,239$, $P=0,019$ respectivement). A l'inverse, aucune différence n'est observée pour les vocalisations atonales (Mann-Whitney, $Z=0,241$, $P=0,257$).

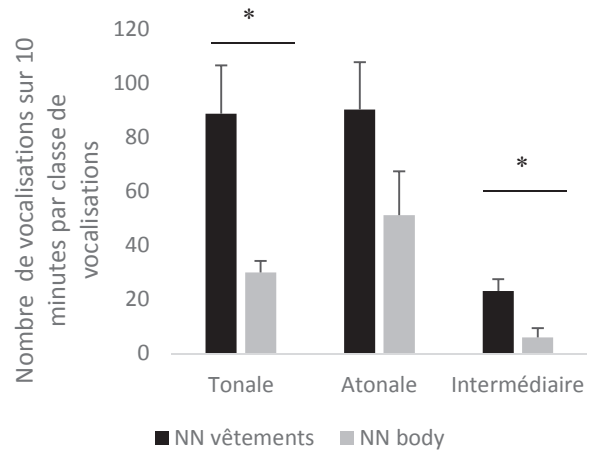


Figure 6 : Nombre moyen (+ / - e.s.) de vocalisations émises par les nouveau-nés en vêtements (NN vêtements) ou en body (NN body) au cours des 10 minutes. Test de Mann-Whitney, * : $P<0,05$

3.4 Influence des vêtements sur les sous-classes de vocalisations

Les nouveau-nés « lourdement couverts » font plus de vocalisations longues, graves et longues-graves que les nouveau-nés en body au cours des 10 minutes (Mann-Whitney : $Z=2,447$, $P=0,014$; $Z=2,032$; $P=0,042$; $Z=2,538$, $P=0,011$; Fig. 7), alors qu'aucune différence n'est mise en évidence pour les vocalisations courtes, aiguës et courtes-aiguës (Mann-Whitney, $0,112<Z<1,604$; $P>0,05$).

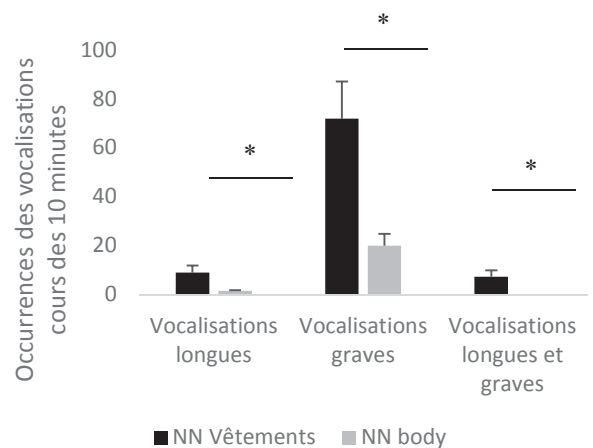


Figure 7 : Nombre moyen (+ / - e.s.) de vocalisations longues, graves et longues-graves émises par les nouveau-nés en vêtements (NN vêtements) ou en body (NN body) sur les 10 minutes de la session expérimentale. Test de Mann-Whitney, * : $P<0,05$

4 Discussion

Les nouveau-nés prématurés produisent une grande quantité de vocalisations, et ce, dans un contexte non douloureux (repos). Cependant, leur taux d'émission et leurs structurations temporelle et acoustique (fréquence, durée) sont influencés par les conditions immédiates comme la tenue vestimentaire. Une étude précédente avait montré que ces tenues (pyjama, gilet, turbulette ou simple body) étaient associées à des postures particulières (5), indiquant qu'une tenue plus contraignante physiquement pouvait limiter des comportements de confort (e.g. auto-contacts). Cette situation contraignante est ici associée à des vocalisations tonales plus graves et longues, suggérant qu'il pourrait s'agir d'indicateurs d'inconfort. Des études complémentaires permettront de confirmer ou infirmer cette hypothèse prometteuse.

Actuellement, les évaluations se basent principalement sur les expressions faciales marquées, codifiées grâce à des grilles d'évaluation (e.g. PIPP, 35 ; BabyFACS, 10), sur des variables physiologiques telles que le rythme cardiaque (9, 6) ou la conductance cutanée (8), et (plus rarement) sur les mouvements corporels tels que la tension des extrémités du corps (7) ou encore l'expression de comportements autocentrés / allocentrés (5).

L'utilisation des vocalisations comme indicateurs de confort / inconfort reste controversée (36, 37), d'autant que seuls les pleurs ont réellement été étudiés jusqu'ici. Pourtant, vocaliser constitue un effort particulièrement intense pour les nouveau-nés prématurés (pouvant accentuer les problèmes respiratoires et d'oxygénation), comprendre sa valeur adaptative (de communication ?, d'expression d'un état ?, d'évacuation du stress ?) paraît donc essentiel (38). Cette étude est la première, à notre connaissance, à démontrer une large utilisation des vocalisations en contexte calme et souligne donc l'importance de s'y intéresser.

Cette étude montre également un effet du contexte vestimentaire sur le nombre de vocalisations émises, avec, en particulier, une augmentation des vocalisations émises en séquence lorsque les nouveau-nés sont « lourdement vêtus ». Les nouveau-nés semblent donc être capables d'exprimer vocalement leur inconfort, autrement que par des pleurs. Chez un certain nombre d'espèces animales, des études ont montré une augmentation des vocalisations, par exemple en contexte de stress, de malaise, d'inconfort thermique ou social par exemple (39). Ainsi, des jeunes rats vocalisent davantage sur une litière souillée (40) et des poussins lors d'un stress thermique (41) ou d'un isolement social (42). D'autres études ont été menées en contexte d'inconfort sévère. Par exemple, chez les singes, le rythme des vocalisations ou leur production en séquence augmentent en cas de danger ou d'appréhension de la douleur (43), ou encore de stress social (statut de dominé / dominant, 44).

Cette étude indique de plus que les nouveau-nés augmentent particulièrement les vocalisations tonales et intermédiaires (mais pas les atonales) en situation *a priori* d'inconfort. Les vocalisations atonales sont considérées comme associées à des contextes émotionnels particulièrement négatifs tels que les agressions (23, 24, 25), leur faible présence ici (même dans le groupe « NN vêtements ») correspond au contexte de repos calme de l'étude. La production accrue de certaines sous-classes de vocalisations (longues et graves) semble correspondre aux résultats d'études sur l'animal où des vocalisations globalement graves et/ou longues seraient plutôt associées à

des émotions négatives de relativement faible intensité, alors que les vocalisations courtes et aigues seraient plutôt associées à du confort (27, 28, 45, 46). Par contre, les vocalisations très aigues sont couramment associées à un contexte émotionnel négatif intense (e.g. stress de séparation maternelle, (16, 47, 48).

5 Conclusion

Cette étude est l'une des premières à notre connaissance à s'intéresser à l'ensemble des vocalisations émises par des nouveau-nés prématurés dans un contexte non douloureux. Cette étude suggère l'existence d'un lien entre comportement vocal (utilisation / structure acoustique), contexte état interne (gradient de confort). Parallèlement, elle permet de souligner l'intérêt d'utiliser l'expression vocale en tant qu'indicateur de confort ou d'inconfort. Des études supplémentaires seraient nécessaires dans le but d'étendre ces résultats à un échantillon de nouveau-nés prématurés plus important et plus diversifié (étudier également des nouveau-nés nés à terme) et à d'autres contextes de valence clairement contrôlée.

Remerciements

Nous remercions les nouveau-nés et les parents qui ont accepté de participer à cette étude et le personnel hospitalier du service de néonatalogie du CHU Morvan de Brest pour leur aide. Nous remercions également Basile Griois, stagiaire au laboratoire Ethos, qui a récolté les données. Cette étude a été financée par le groupe de recherche GIS « Cerveau-Comportement-Société », le CNRS, l'université de Rennes 1 et le CHU Morvan de Brest.

Références

- [1] Darcy, A. E., Hancock, L. E., & Ware, E. J. (2008). A descriptive study of noise in the neonatal intensive care unit ambient levels and perceptions of contributing factors. *Advances in Neonatal Care*, 8(3), 165-175.
- [2] Livera, M. D., Priya, B., Ramesh, A., Rao, P. S., Srilakshmi, V., Nagapoornima, M., & Dominic, M. (2008). Spectral analysis of noise in the neonatal intensive care unit. *The Indian Journal of Pediatrics*, 75(3), 217-222.
- [3] Prazad, P., Cortes, D. R., Puppala, B. L., Donovan, R., Kumar, S., & Gulati, A. (2008). Airborne concentrations of volatile organic compounds in neonatal incubators. *Journal of Perinatology*, 28(8), 534-540.
- [4] Bystrova, K., Widström, A. M., Matthiesen, A. S., Ransjö-Arvidson, A. B., Welles-Nyström, B., Wassberg, C., Varontsov, I., & Uvnäs-Moberg, K. (2003). Skin-to-skin contact may reduce negative consequences of "the stress of being born": a study on temperature in newborn infants, subjected to different ward routines in St. Petersburg. *Acta Paediatrica*, 92(3), 320-326.
- [5] Durier, V., Henry, S., Martin, E., Dollion, N., Hausberger, M., & Sizun, J. (2015). Unexpected

- behavioural consequences of preterm newborns' clothing. *Scientific reports*, 5.
- [6] Owens, M. E., & Todt, E. H. (1984). Pain in infancy: neonatal reaction to a heel lance. *Pain*, 20(1), 77-86.
- [7] Morison, S. J., Holsti, L., Grunau, R. E., Whitfield, M. F., Oberlander, T. F., Chan, H. W., & Williams, L. (2003). Are there developmentally distinct motor indicators of pain in preterm infants?. *Early Human Development*, 72(2), 131-146.
- [8] Tristão, R. M., Garcia, N. V. M., Jesus, J. A. L., & Tomaz, C. (2013). COMFORT behaviour scale and skin conductance activity: what are they really measuring?. *Acta Paediatrica*, 102(9), e402-e406.
- [9] Johnston, C. C., Stevens, B. J., Yang, F., & Horton, L. (1995). Differential response to pain by very premature neonates. *Pain*, 61(3), 471-479.
- [10] Grunau, R. V., & Craig, K. D. (1987). Pain expression in neonates: facial action and cry. *Pain*, 28(3), 395-410.
- [11] Giganti, F., Hayes, M. J., Akilesh, M. R., & Salzarulo, P. (2002). Yawning and behavioral states in premature infants. *Developmental psychobiology*, 41(3), 289-296.
- [12] Van Sleuwen, B. E., Engelberts, A. C., Boere-Boonekamp, M. M., Kuis, W., Schulpen, T. W., & L'Hoir, M. P. (2007). Swaddling: a systematic review. *Pediatrics*, 120(4), e1097-e1106.
- [13] Gaspardo, C. M., Miyase, C. I., Chimello, J. T., Martinez, F. E., & Linhares, M. B. M. (2008). Is pain relief equally efficacious and free of side effects with repeated doses of oral sucrose in preterm neonates?. *PAIN®*, 137(1), 16-25.
- [14] Hadjistavropoulos, H. D., Craig, K. D., Grunau, R. V., & Johnston, C. C. (1994). Judging pain in newborns: facial and cry determinants. *Journal of Pediatric Psychology*, 19(4), 485-491.
- [15] Branco, A., Fekete, S. M., Rugolo, L. M., & Rehder, M. I. (2007). The newborn pain cry: Descriptive acoustic spectrographic analysis. *International journal of pediatric otorhinolaryngology*, 71(4), 539-546.
- [16] Porter, F. L., Miller, R. H., & Marshall, R. E. (1986). Neonatal pain cries: effect of circumcision on acoustic features and perceived urgency. *Child development*, 790-802.
- [17] Bellieni, C. V., Sisto, R., Cordelli, D. M., & Buonocore, G. (2004). Cry features reflect pain intensity in term newborns: an alarm threshold. *Pediatric research*, 55(1), 142-146.
- [18] Brennan, M., & Kirkland, J. (1982). Classification of infant cries using descriptive scales. *Infant Behavior and Development*, 5(2-4), 341-346.
- [19] Fuller, B. F., & Horii, Y. (1986). Differences in fundamental frequency, jitter, and shimmer among four types of infant vocalizations. *Journal of communication disorders*, 19(6), 441-447.
- [20] Kent, R. D., & Murray, A. D. (1982). Acoustic features of infant vocalic utterances at 3, 6, and 9 months. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 72(2), 353-365.
- [21] Scheiner, E., Hammerschmidt, K., Jürgens, U., & Zwirner, P. (2002). Acoustic analyses of developmental changes and emotional expression in the preverbal vocalizations of infants. *Journal of Voice*, 16(4), 509-529.
- [22] Young, G., & Décarie, T. G. (1977). An ethology-based catalogue of facial/vocal behaviour in infancy. *Animal Behaviour*, 25, 95-107.
- [23] Green, S. (1973). Physiological Control of Vocalizations in the Japanese Monkey: Inferences from a Field Study. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 53(1), 310-310.
- [24] Stoeger, A. S., Charlton, B. D., Kratochvil, H., & Fitch, W. T. (2011). Vocal cues indicate level of arousal in infant African elephant roars. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 130(3), 1700-1710.
- [25] Jovanovic, T., & Gouzoules, H. (2001). Effects of nonmaternal restraint on the vocalizations of infant rhesus monkeys (*Macaca mulatta*). *American journal of primatology*, 53(1), 33-45.
- [26] Barclay, R. M., Fenton, M. B., & Thomas, D. W. (1979). Social behavior of the little brown bat, *Myotis lucifugus*. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 6(2), 137-146.
- [27] Morton, E. S. (1977). On the occurrence and significance of motivation-structural rules in some bird and mammal sounds. *American Naturalist*, 855-869.
- [28] Scherer, K. R., & Kappas, A. (1988). Primate vocal expression of affective state. In *Primate vocal communication* (pp. 171-194). Springer Berlin Heidelberg.
- [29] Lemasson, A., Remeuf, K., Rossard, A., & Zimmermann, E. (2012). Cross-taxa similarities in affect-induced changes of vocal behavior and voice in arboreal monkeys. *PloS one*, 7(9), e45106.
- [30] Lemasson, A., Remeuf, K., Trabalon, M., Cuir, F., & Hausberger, M. (2015). Mares prefer the voices of highly fertile stallions. *PloS one*, 10(2), e0118468.
- [31] Ratynski, N., Jouquan, J., & Sizun, J. (2009). NIDCAP et soins de développement: quelle stratégie d'implantation?. *Archives de pédiatrie*, 16(6), 830-832.
- [32] Datta, S, and Sturtivant, C, 2002. Dolphin whistle classification for determining group identities. *Signal processing*, 82, 251-258.
- [33] Hausberger, Martine, 1997. Social influences on song acquisition and sharing in the European starling (*Sturnus vulgaris*). In *Social influences on vocal*

- learning (Cambridge University Press, Cambridge), pp. 128–156.
- [34] Lemasson, Alban, and Hausberger, Martine, 2011. Acoustic variability and social significance of calls in female Campbell's monkeys (*Cercopithecus campbelli campbelli*). *Journal of the Acoustical Society of America*, 129, 3341–3352.
- [35] Stevens, Bonnie J., C. Celeste Johnston, and Linda Horton. "Factors that influence the behavioral pain responses of premature infants." *Pain* 59.1 (1994): 101-109.
- [36] LaGasse, L. L., Neal, A. R., & Lester, B. M. (2005). Assessment of infant cry: acoustic cry analysis and parental perception. *Mental retardation and developmental disabilities research reviews*, 11(1), 83-93.
- [37] Craig, K. D., Hadjistavropoulos, H. D., Grunau, R. V., & Whitfield, M. F. "A comparison of two measures of facial activity during pain in the newborn child." *Journal of Pediatric Psychology* 19.3 (1994): 305-318.
- [38] Manfredi, C., Bocchi, L., Orlandi, S., Spaccaterra, L., & Donzelli, G. P. (2009). High-resolution cry analysis in preterm newborn infants. *Medical engineering & physics*, 31(5), 528-532.
- [39] Sánchez, C. (2003). Stress-induced vocalisation in adult animals. A valid model of anxiety?. *European journal of pharmacology*, 463(1), 133-143.
- [40] Oswalt, G. L., & Meier, G. W. (1975). Olfactory, thermal, and tactual influences on infantile ultrasonic vocalization in rats. *Developmental psychobiology*, 8(2), 129-135.
- [41] Moura, D. J. D., Nääs, I. D. A., Alves, E. C. D. S., Carvalho, T. M. R. D., Vale, M. M. D., & Lima, K. A. O. D. (2008). Noise analysis to evaluate chick thermal comfort. *Scientia Agricola*, 65(4), 438-443.
- [42] Marx, G., Leppelt, J., & Ellendorff, F. (2001). Vocalisation in chicks (*Gallus gallus dom.*) during stepwise social isolation. *Applied Animal Behaviour Science*, 75(1), 61-74.
- [43] Cooper, B. Y., & Vierck, C. J. (1986). Vocalizations as measures of pain in monkeys. *Pain*, 26(3), 393-407.
- [44] Lemasson, A., Guilloux, M., Barbu, S., Lacroix, A., & Koda, H. (2013). Age-and sex-dependent contact call usage in Japanese macaques. *Primates*, 54(3), 283-291.
- [45] Portfors, C. V. (2007). Types and functions of ultrasonic vocalizations in laboratory rats and mice. *Journal of the American Association for Laboratory Animal Science*, 46(1), 28-34.
- [46] Taylor, A. M., Reby, D., & McComb, K. (2009). Context-Related Variation in the Vocal Growling Behaviour of the Domestic Dog (*Canis familiaris*). *Ethology*, 115(10), 905-915.
- [47] Protopapas, A., & Eimas, P. D. (1997). Perceptual differences in infant cries revealed by modifications of acoustic features. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 102(6), 3723-3734.
- [48] Sèbe, F., Duboscq, J., Aubin, T., Ligout, S., & Poindron, P. (2010). Early vocal recognition of mother by lambs: contribution of low-and high-frequency vocalizations. *Animal behaviour*, 79(5), 1055-1066.