

**УДК 612.821**

**ОСОБЕННОСТИ ФРОНТО-ПАРИЕТАЛЬНОГО ГРАДИЕНТА  
И МЕЖПОЛУШАРНОЙ АСИММЕТРИИ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММЫ У  
ДЕТЕЙ-СИРОТ В РАННЕМ ВОЗРАСТЕ**

*Михайлова А. А.<sup>1</sup>, Белалов В. В.<sup>2</sup>, Куличенко А. М.<sup>1</sup>, Дягилева Ю. О.<sup>1</sup>,  
Орехова Л. С.<sup>1</sup>, Павленко В. Б.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия*

<sup>2</sup>*Медицинская академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия*  
*E-mail: anna.kulenkova@gmail.com*

Исследованы особенности показателей межполушарной асимметрии и фронто-париетального градиента электроэнцефалограммы (ЭЭГ), зарегистрированной в состоянии устойчивого зрительного внимания у детей-сирот и детей, воспитывающихся в семьях, в возрасте от полутора до трех лет. У детей обеих групп выявлена большая активация фронтальных областей неокортекса по сравнению с парietальными в правом полушарии (в локусе F4 мощность альфа-ритма меньше, чем в P4). У детей-сирот по сравнению с детьми контрольной группы выявлена большая активация парietальных областей неокортекса левого полушария (в локусе P3 мощность альфа-ритма меньше, чем в P4), но слабо выражена асимметрия альфа-ритма ЭЭГ во фронтальных отведениях. Выявленные различия в показателях фронто-париетального градиента и межполушарной асимметрии ЭЭГ могут быть связаны с меньшей степенью проявления эмоций избегания у детей-сирот в условиях эксперимента. Такая реакция в раннем возрасте может быть проявлением «неизбирательного дружелюбия».

**Ключевые слова:** электроэнцефалограмма, межполушарная асимметрия, фронто-париетальный градиент, дети-сироты.

**ВВЕДЕНИЕ**

Известно, что активным периодом развития мозга ребенка являются первые годы жизни. На ранних этапах постнатального онтогенеза происходят процессы миелинизации аксонов и синаптогенеза с последующей конкурентной элиминацией синаптических контактов [1]. Клеточно-молекулярные механизмы этих процессов как генетически детерминированы [2], так и во многом зависят от влияния средовых факторов [3]. Негативные факторы воспитательной среды в раннем возрасте могут оказывать отрицательное влияние на созревание неокортекса, подкорковых структур и медиаторных систем мозга [4–7]. Специфические условия воспитания, отличающиеся от условий воспитания ребенка в семье, присутствуют в детских домах. У детей-сирот, проживающих в детском доме, часто присутствуют отклонения в когнитивном и психоэмоциональном развитии, поэтому исследование нейрофизиологических особенностей развития таких детей представляет

значительный интерес. Ранее нами было установлено, что биоэлектрическая активность мозга детей-сирот отличается по сравнению с детьми, воспитывающимися в семьях. При этом мы проводили анализ показателей относительной мощности электроэнцефалограммы (ЭЭГ), зарегистрированной в состоянии устойчивого зрительного внимания (УЗВ) [8]. Другими авторами было выявлено, что особенности психоэмоционального развития и социального поведения могут также отражаться в показателях фронто-париетального градиента и межполушарной асимметрии ЭЭГ [9–12]. В связи с этим целесообразно провести анализ особенностей этих показателей ЭЭГ у детей-сирот по сравнению с детьми, воспитывающимися в нормальных социальных условиях.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании приняли участие 104 ребенка: 53 ребенка контрольной группы – дети, воспитывающиеся в семьях (28 мальчиков и 25 девочек), и 51 ребенок основной группы – дети-сироты, воспитывающиеся в Доме ребенка «Елочка» г. Симферополя (32 мальчика и 19 девочек). Средний возраст детей в контрольной группе составил  $30,1 \pm 5,5$  месяцев, а в основной –  $30,7 \pm 4,7$  месяцев. Запись ЭЭГ проводили в состоянии УЗВ ребенка. Для достижения УЗВ во время регистрации ЭЭГ детей просили смотреть на экран компьютера, где показывали видеозапись вращающегося мяча с меняющимся геометрическим рисунком. Такая методика применяется многими исследователями для регистрации ЭЭГ у маленьких детей [13; 14]. Запись ЭЭГ осуществляли с помощью телеметрического 16-канального электроэнцефалографа (производство фирмы «Тредекс»). Для обработки и анализа ЭЭГ использовали программу «EEG Mapping 6» (программист Е. Н. Зинченко). ЭЭГ-потенциалы отводили монополярно от лобных полюсных ( $F_{p1}$ ,  $F_{p2}$ ), фронтальных ( $F_3$ ,  $F_4$ ), задних нижнелобных ( $F_7$ ,  $F_8$ ), центральных ( $C_3$ ,  $C_4$ ), средневисочных ( $T_3$ ,  $T_4$ ), задневисочных ( $T_5$ ,  $T_6$ ), теменных ( $P_3$ ,  $P_4$ ) и затылочных ( $O_1$ ,  $O_2$ ) отведений, расположенных в соответствии с международной системой «10–20». В качестве референтного использовался виртуальный электрод, сигнал которого был равен усредненному по всем отведениям потенциалу (усредненный референт).

Сигналы обрабатывали с помощью быстрого преобразования Фурье. Длительность каждой записи составляла не менее 60 с. Предварительно проводили визуальную оценку ЭЭГ. Записи ЭЭГ, содержащие большое количество артефактов, исключались из обработки. В выборку включали записи, содержащие ряд безартефактных отрезков общей длительностью от 40 до 60 с.

Фронто-париетальный градиент и межполушарную асимметрию ЭЭГ рассчитывали в соответствии с общепринятой методикой из показателей мощности альфа-ритма (частота 6–9 Гц) по формулам:  $\ln[P_4] - \ln[F_4]$ ;  $\ln[P_3] - \ln[F_3]$ ;  $\ln[F_4] - \ln[F_3]$ ;  $\ln[P_4] - \ln[P_3]$  [9, 10, 15, 16].

Статистическую обработку данных проводили с применением дисперсионного анализа (ANOVA).

Настоящая работа выполнена при поддержке программы развития Федерального государственного автономного образовательного учреждения

высшего образования «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского» на 2015–2024 годы в рамках реализации академической мобильности по проекту ФГАОУ ВО «КФУ им. В. И. Вернадского» «Сеть академической мобильности «Академическая мобильность молодых ученых России – АММУР» в Институте высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН, г. Москва.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При статистическом анализе фронто-париетального градиента ЭЭГ у детей-сирот по сравнению с детьми, воспитываемыми в семьях, различия не достигали статистической значимости по данному показателю ( $F(1,81)=0,52$ ,  $p=0,47$ ) (рис. 1). При этом у детей-сирот по сравнению с детьми контрольной группы отмечается тенденция меньшей активации фронтальных областей по отношению к париетальным в правом полушарии (рис. 1, фрагмент P4-F4).

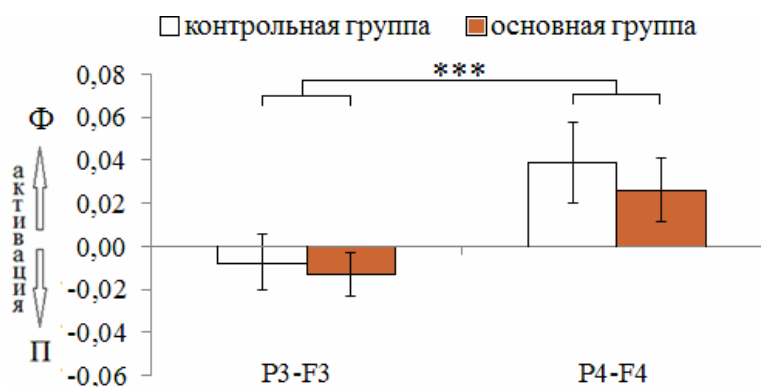


Рис. 1. Фронто-париетальный градиент ЭЭГ в правом (P4-F4) и левом (P3-F3) полушариях у детей контрольной и основной групп. Ф – большая активация фронтальных областей (мощность альфа-ритма больше в париетальных локусах), П – большая активация париетальных областей (мощность альфа-ритма больше во фронтальных локусах); \*\*\* – статистически значимые различия показателей фронто-париетального градиента в правом и левом полушарии при  $p \leq 0,001$  (дисперсионный анализ, ANOVA)

Нами выявлено значимое влияние фактора «полушарие» на показатели фронто-париетального градиента ЭЭГ у испытуемых обеих групп (рис. 1). При этом в правом полушарии больше активированы фронтальные области (в отведении F4 мощность альфа-ритма меньше, чем в P4), а в левом – париетальные области коры (в отведении P3 мощность альфа-ритма меньше, чем в F3) ( $F(1, 81) = 11,9$ ,  $p = 0,001$ ). Большая выраженность фронто-париетального градиента ЭЭГ в правом полушарии

по сравнению с левым может свидетельствовать о связи эмоций избегания с активацией фронтальных областей неокортекса левого полушария.

Выявлены особенности фронтальной и парietальной межполушарной асимметрии ЭЭГ у испытуемых исследуемых групп (рис. 2). При анализе фронтальной межполушарной асимметрии ЭЭГ (рис. 2, фрагмент F4-F3) установлено, что у детей-сирот практически не выражена асимметрия альфа-ритма ЭЭГ во фронтальных отведениях. У детей контрольной группы преобладает активация во фронтальных отведениях правого полушария (в отведении F4 мощность альфа-ритма ниже, чем в отведении F3). При этом выявлено значимое влияние фактора «среда» на фронтальную межполушарную асимметрию ЭЭГ ( $F(1, 83) = 7,8, p = 0,006$ ). При анализе парietальной межполушарной асимметрии ЭЭГ (рис. 2, фрагмент P4-P3) установлено, что у детей-сирот больше активирована парietальная область левого полушария (в отведении P3 мощность альфа-ритма ниже, чем в отведении P4). У детей контрольной группы выражена парietальная асимметрия с большей активацией парietальной области правого полушария (в отведении P4 мощность альфа-ритма ниже, чем в отведении P3). Выявлено значимое влияние фактора «среда» на парietальную межполушарную асимметрию ЭЭГ ( $F(1, 84) = 6,1, p = 0,015$ ). Таким образом, у детей исследованных групп парietальная межполушарная асимметрия разнонаправленная: у детей-сирот преобладает активация левого полушария (в отведении P3 мощность альфа-ритма ниже, чем в отведении P4), у детей контрольной группы – правого (в отведении P4 мощность альфа-ритма ниже, чем в отведении P3).

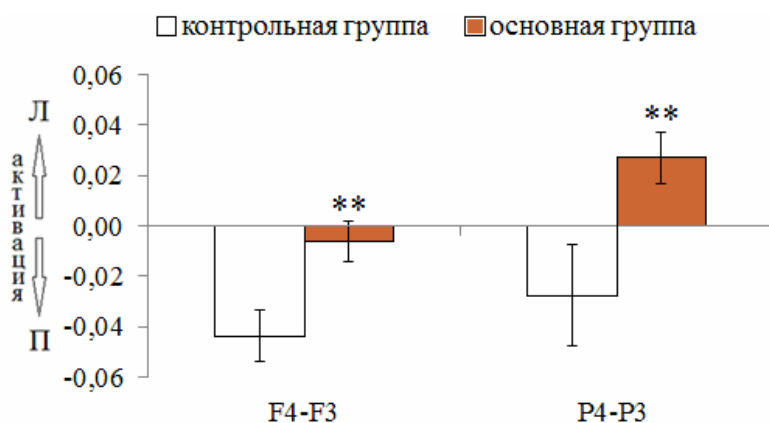


Рис. 2. ЭЭГ-асимметрия (по вертикали) во фронтальных (F4-F3) и парietальных (P4-P3) локусах у детей контрольной и основной групп. Приведены средние значения  $\pm$  стандартная ошибка; Л – большая активация левого полушария (мощность альфа-ритма больше в правом полушарии), П – большая активация правого полушария (мощность альфа-ритма больше в левом полушарии); \*\* – значимое влияние фактора «среда» при  $p \leq 0,01$  (дисперсионный анализ ANOVA)

Следует отметить, что дети при регистрации ЭЭГ находились в присутствии

незнакомому для них экспериментатора. При этом дети-сироты выглядели менее встревоженными по сравнению с детьми, воспитывающимися в семьях. Ранее другими авторами было выдвинуто предположение о том, что большая активация фронтальных областей неокортекса левого полушария связана с эмоциями «поведенческого приближения», а большая активация фронтальной коры правого полушария – с эмоциями «поведенческого избегания» [17]. Также в других работах при исследовании межполушарной асимметрии в париетальных областях коры было выявлено, что у девочек с большей активацией в париетальной области правого полушария был выше уровень «отрицательной эмоциональности» [16]. Возможно, выявленная в настоящем исследовании меньшая активация фронтальной и париетальной областей правого полушария у детей-сирот по сравнению с детьми контрольной группы связана с меньшей выраженностью эмоций «избегания» в условиях эксперимента. Однако такая реакция у большинства детей-сирот по отношению к незнакомому человеку и ситуации в раннем возрасте может быть проявлением так называемого «синдрома сиротства» («institutional deprivation syndrome»). Данный синдром включает «неразборчивое дружелюбие», нарушения внимания и квазиаутичное поведение [18, 19].

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Выявлены особенности показателей фронто-париетального градиента и межполушарной асимметрии ЭЭГ, зарегистрированной в состоянии устойчивого зрительного внимания у детей-сирот, воспитывающихся в детском доме, и детей, воспитывающихся в семьях.
2. У детей обеих групп выявлена большая активация фронтальных областей неокортекса по сравнению с париетальными в правом полушарии (в локусе F4 мощность альфа-ритма меньше, чем в P4).
3. У детей-сирот по сравнению с детьми контрольной группы выявлена большая активация париетальных областей неокортекса левого полушария (в локусе P3 мощность альфа-ритма меньше, чем в P4), но слабо выражена межполушарная асимметрия альфа-ритма ЭЭГ во фронтальных отведениях.
4. Выявленные различия в показателях фронто-париетального градиента и межполушарной асимметрии ЭЭГ могут быть связаны с меньшей степенью проявления эмоций «избегания» у детей-сирот в условиях эксперимента. Такая реакция в раннем возрасте может быть проявлением «синдрома сиротства», в частности такого его проявления, как «неизбирательное дружелюбие».

*Работа выполнена на оборудовании ЦКП ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского» «Экспериментальная физиология и биофизика».*

*Работа выполнена при финансовой поддержке в рамках инициативной части государственного задания № 6.5452.2017/8.9 Минобрнауки России в сфере научной деятельности темы «Временная организация физиологических систем человека и животных: феноменология и механизмы генерации и регуляции микро- и мезоритмов».*

## Список литературы

1. Lenroot R. K. Brain development in children and adolescents: Insights from anatomical magnetic resonance imaging / R. K. Lenroot, J. N. Giedd // *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*. – 2006. – V. 30. – P. 718-729.
2. Baldwin K. T. Molecular mechanisms of astrocyte-induced synaptogenesis / K. T. Baldwin, C. Eroglu // *Current Opinion in Neurobiology*. – 2017. – V. 45. – P. 113–120.
3. Johnson F. K. Early life stress perturbs the function of microglia in the developing rodent brain: New insights and future challenges / F. K. Johnson, A. Kaffman // *Brain Behav. Immun.* – 2017. [<http://dx.doi.org/10.1016/j.bbi.2017.06.008>].
4. Eluvathingal T. J. Abnormal brain connectivity in children after early severe socioemotional deprivation: a diffusion tensor imaging study / T. J. Eluvathingal, H. T. Chugani, M. E. Behen [et al.] // *Pediatrics*. – 2006. – V. 117, № 6. – P. 2093–2100.
5. Hanson J. L. Behavioral problems after early life stress: contributions of the hippocampus and amygdale / J. L. Hanson, B. M. Nacewicz, M. J. Sutterer [et al.] // *Biol. Psychiatry*. – 2015. – V. 77, № 4. – P. 314–323.
6. Hodel A. S. Duration of early adversity and structural brain development in post-institutionalized adolescents / A. S. Hodel, R. H. Hunt, R. A. Cowell [et al.] // *Neuroimage*. – 2015. – V. 105. – P. 112–119.
7. Waltes R. The neurobiological basis of human aggression: a review on genetic and epigenetic mechanisms / R. Waltes, A. G. Chiochetti, C. M. Freitag // *Am J Med Genet*. – 2016 – V. 171B. – P. 650–675.
8. Куленкова А. А. Особенности биоэлектрической активности мозга детей раннего возраста, воспитывающихся в детском доме / А. А. Куленкова, Ю. О. Дягилева, В. Б. Павленко // *ЖВНД* – 2015. – Т. 65, № 5. – С. 607–615.
9. Knyazev G. G. Antero-posterior EEG spectral power gradient as a correlate of extraversion and behavioral inhibition / G. G. Knyazev // *The Open Neuroimaging Journal*. – 2010. – V. 4. – P. 114–120.
10. Knyazev G. G. Extraversion and fronto-posterior EEG spectral power gradient: An independent component analysis / G. G. Knyazev, A. V. Bocharov, L. V. Pylkova // *Biological Psychology*. – 2012. – V. 89. – P. 515–524.
11. Coan J. A. A capability model of individual differences in frontal EEG-asymmetry / J. A. Coan, J. J. Allen, P. E. McKnight // *Biol. Psychol.* – 2006. – V. 72. – P. 198–207.
12. Henderson H. A. Temperamental contributions to social behavior: The moderating roles of frontal EEG asymmetry and gender / H. A. Henderson, N. A. Fox, K. H. Rubin // *J. Am. Acad. Child. Psy.* – 2001. – V. 40. – P. 68–74.
13. Marshall P. J. Effects of early intervention on EEG power and coherence in previously institutionalized children in Romania / P. J. Marshall, B. C. Reeb, N. A. Fox [et al.] // *Dev. Psychopathol.* – 2008. – V. 20, № 3. – P. 861–880.
14. Orekhova E. V. EEG theta rhythm in infants and preschool children / E. V. Orekhova, T. A. Stroganova, I. N. Posikera, M. Elam // *Clin. Neurophysiol.* – 2006. – V.117, № 5 – P. 1047–1062.
15. Theall-Honey L. A. Do temperamentally shy children process emotion differently than nonshy children? Behavioral, psychophysiological, and gender differences in reticent preschoolers / L. A. Theall-Honey, L. A. Schmidt // *Dev. Psychobiol.* – 2006. – V. 48, № 3. – P. 187–196.
16. Shankman S. A. Do positive and negative temperament traits interact in predicting risk for depression? A resting EEG study of 329 preschoolers / S. A. Shankman, D. N. Klein, D. C. Torpey [et al.] // *Dev. Psychopathol.* – 2011. – V. 23, № 2. – P. 551–562.
17. Davidson R. J. Emotion and affective style: Hemispheric substrates / R. J. Davidson // *Psychol. Sci.* – 1992. – V. 3. – P. 39–43.
18. Rutter M. Deprivation-specific psychological patterns: Effects of institutional deprivation / M. Rutter, E. J. Sonuga-Barke, C. Beckett [et al.] // *Monogr. Soc. Res. Child Dev.* – 2010. – P. 1–252.
19. Berens A. E. The science of early adversity: is there a role for large institutions in the care of vulnerable children? / A. E. Berens, C. A. Nelson // *Lancet*. – 2015 – V. 386, № 9991. – P. 338–398.

EEG FRONTO-PARIETAL GRADIENT AND INTERHEMISPHERIC  
ASYMMETRY PATTERNS IN ORPHANS AT AN EARLY AGE

Mikhailova A. A., Belalov V. V., Kulichenko A. M., Dyagileva Yu. O., Orekhova L. S.,  
Pavlenko V. B.

V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russian Federation  
E-mail: [anna.kulenkova@gmail.com](mailto:anna.kulenkova@gmail.com)

We have studied the patterns of the EEG interhemispheric asymmetry and fronto-parietal gradient recorded under condition of sustained visual attention in the institutionally-reared (32 boys and 19 girls) and family-reared (28 boys and 25 girls) children aged from 1.5 to 3 years. Both groups had an increased activation of the neocortex frontal areas in comparison with the parietal ones in the right hemisphere (alpha-rhythm power in locus F4 was higher than in P4). Alpha-rhythm interhemispheric asymmetry in the frontal areas was relatively weak in the institutionally-reared children, while the family-reared children had a significantly higher activation in the frontal areas of the right hemisphere (alpha-rhythm power in F4 higher than in F3). The parietal interhemispheric asymmetry differed between the groups so that the orphans had higher activation in the left hemisphere (alpha-rhythm power in P4 higher than in P3) and the family-reared children had higher activation in the right hemisphere (alpha-rhythm power in P3 higher than in P4). The found differences in the EEG fronto-parietal gradient and interhemispheric asymmetry might be related to the less expressed emotion of withdrawal in orphans under experimental conditions. Such type of response in the early age may be a result of an institutional deprivation syndrome, in particular the phenomenon of indiscriminate friendliness characteristic for it.

**Keywords:** electroencephalogram, interhemispheric asymmetry, fronto-parietal gradient, institution-reared children.

References

1. Lenroot R. K., Giedd J. N. Brain development in children and adolescents: Insights from anatomical magnetic resonance imaging. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*. **30**, 718 (2006).
2. Baldwin K. T., Eroglu C. Molecular mechanisms of astrocyte-induced synaptogenesis. *Current Opinion in Neurobiology*. **45**, 113 (2017).
3. Johnson F. K., Kaffman A. Early life stress perturbs the function of microglia in the developing rodent brain: New insights and future challenges. *Brain Behav. Immun.* (2017) [<http://dx.doi.org/10.1016/j.bbi.2017.06.008>].
4. Eluvathingal T. J., Chugani H. T., Behen M. E. [et al.] Abnormal brain connectivity in children after early severe socioemotional deprivation: a diffusion tensor imaging study. *Pediatrics*. **117**(6), 2093 (2006).
5. Hanson J. L., Nacewicz B. M., Sutterer M. J. [et al.] Behavioral problems after early life stress: contributions of the hippocampus and amygdale. *Biol. Psychiatry*. **77** (4), 314 (2015).
6. Hodel A. S., Hunt R. H., Cowell R. A. [et al.] Duration of early adversity and structural brain development in post-institutionalized adolescents. *Neuroimage*. **105**, 112 (2015).
7. Waltes R., Chiochetti A. G., Freitag C. M. The neurobiological basis of human aggression: a review on genetic and epigenetic mechanisms. *Am J Med Genet*. **171B**, 650 (2016).
8. Kulenkova A. A., Dyagileva Yu. O., Pavlenko V. B. [et al.] Brain bioelectrical activity in early childhood specific for children living in orphanages. *Zh Vyssh Nerv Deiat Im I P Pavlova*. **65** (5), 607 (2015).

9. Knyazev G. G. Antero-posterior EEG spectral power gradient as a correlate of extraversion and behavioral inhibition. *The Open Neuroimaging Journal*. **4**, 114 (2010).
10. Knyazev G. G., Bocharov A. V., Pylkova L. V. Extraversion and fronto-posterior EEG spectral power gradient: An independent component analysis. *Biological Psychology*, **89**, 515 (2012).
11. Coan J. A., Allen J. J., McKnight P. E. A capability model of individual differences in frontal EEG-asymmetry. *Biol. Psychol.* **72**, 198 (2006).
12. Henderson H. A., Fox N. A., Rubin K. H. Temperamental contributions to social behavior: The moderating roles of frontal EEG asymmetry and gender. *J. Am. Acad. Child. Psy.* **40**, 68 (2001).
13. Marshall P. J., Reeb B. C., Fox N. A. [et al.] Effects of early intervention on EEG power and coherence in previously institutionalized children in Romania. *Dev. Psychopathol.* **20**, 861 (2008).
14. Orekhova E. V., Stroganova T. A., Posikera I. N., Elam M. EEG theta rhythm in infants and preschool children. *Clin. Neurophysiol.* **117** (5), 1047 (2006).
15. Theall-Honey L. A., Schmidt L. A. Do temperamentally shy children process emotion differently than nonshy children? Behavioral, psychophysiological, and gender differences in reticent preschoolers. *Dev. Psychobiol.* **48** (3), 187 (2006).
16. Shankman S. A., Klein D. N., Torpey D. C. [et al.] Do positive and negative temperament traits interact in predicting risk for depression? A resting EEG study of 329 preschoolers. *Dev. Psychopathol.* **23** (2), 551 (2011).
17. Davidson R. J. Emotion and affective style: Hemispheric substrates. *Psychol. Sci.* **3**, 39 (1992).
18. Rutter M., Sonuga-Barke E. J., Beckett C. [et al.] Deprivation-specific psychological patterns: Effects of institutional deprivation. *Monogr. Soc. Res. Child Dev.*, 252 (2010).
19. Berens A. E., Nelson C. A. The science of early adversity: is there a role for large institutions in the care of vulnerable children? *Lancet.* **386** (9991), 338 (2015).