

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 16 日現在

機関番号：31403

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24593400

研究課題名(和文) 乳児の健全な睡眠 - 覚醒リズム確立を促すための遠位 - 近位部温度勾配の応用

研究課題名(英文) Application of distal-proximal skin temperature gradient for development of sleep-wake circadian rhythm during early infancy

研究代表者

阿部 範子 (ABE, NORIKO)

日本赤十字秋田看護大学・看護学部・講師

研究者番号：90442011

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：乳児の入眠潜時を予測するための遠位-近位部皮膚温度勾配(DPG)を利用する可能性を検討することを目的とする。乳児における入眠時の足部(遠位部)および腹部(近位部)皮膚温度を継続的に記録した。調査日の消灯後のDPGプロフィールと入眠潜時との関連を評価した。結果、消灯から15分以内にDPGが -2.5 以上に上昇すると、60%超の乳児が30分以内に入眠した。しかしそうではなかった場合、30分以内に入眠した乳児は20%であった。消灯から15分後に覚醒しており、のDPGが -2.5 未満であった場合、短時間で眠りにつく可能性は低かった。消灯から15分後までのDPGの上昇は、入眠潜時の重要な決定因子である。

研究成果の概要(英文)：The objective of this study was to explore the possibility of using distal-proximal skin temperature gradient (DPG) to predict sleep-onset latency of night-time sleep for infants. Foot (for distal) and abdominal (for proximal) skin temperature during sleep onset in healthy infants, aged 4-9 months, was continuously recorded using a temperature logger. Sleep-onset latency during each study night was defined as the interval from lights-off to sleep onset, determined on actigraphy. Association of DPG profile after lights-off with sleep-onset latency on the study nights was evaluated. Data were available for analysis. With regard to low DPG ($< -2.5^{\circ}\text{C}$) at lights-off, $>60\%$ of infants fell asleep within 30 min if DPG was increased to -2.5°C within 15 min after lights-off. If infants were still awake at 15 min after lights-off and the DPG at that time was $< -2.5^{\circ}\text{C}$, they were not likely to quickly fall asleep (predictive value was 0.875).

研究分野：医歯薬学

キーワード：乳児 育児 睡眠 概日リズム DPG アクチグラフ

1. 研究開始当初の背景

近年、複数の研究により入眠前の遠位部皮膚温度上昇と睡眠傾向との間の相関関係が証明された。遠位部の皮膚血流とそれによる熱損失は、手足の皮膚温度と近位部皮膚温度との間の勾配(遠位-近位部皮膚温度勾配: DPG)とよく相関していた。一定の日常的手順を用いた実験室条件下では、中核体温および中核体温の変化率、心拍数、メラトニン分泌開始、および主観的眠気評価などのさまざまな候補のうち、DPG が入眠潜時を最も的確に予測できる因子であると確認された報告もある。これら過去の知見から、乳児の睡眠傾向を予測するために DPG が有用な手がかりとなる可能性があることが示唆される。

2. 研究の目的

研究 1.: 乳児において、DPG が眠気の尺度として有効であること、自宅で乳児の入眠潜時を予測するために DPG を利用する可能性を検討する。

研究 2.: DPG をコントロールすることにより、寝つきを良くし入眠の質を改善できるか否かを検証する。

3. 研究の方法

研究 1.: 対象は月齢 4~9 カ月の健康な乳児。母親に対し、研究の主旨と倫理的配慮に関して書面および口頭による説明をし、同意を得た。本研究は、所属大学研究倫理審査委員会の承認を得た上で実施した。

(1) 遠位部皮膚温と近位部皮膚温の測定: 乳児の足部(遠位部)および腹部(近位部)の皮膚領域の温度は、温度ロガーで就寝前から翌朝まで 5 分間隔で継続的に記録した。近位部皮膚温は、乳児の腹部中央の臍のすぐ上、遠位部皮膚温は足の裏第 1 指の付け根で測定した。可能であれば次の夜にも再度計測するように依頼した。DPG は、遠位部皮膚温度から近位部皮膚温度を引いた差として算出した。

(2) アクチグラフにおける入眠の評価: 児の入眠時間や入眠の質はアクチグラフで判定

した。入眠潜時は、消灯からアクチグラフで決定した入眠までの間隔と定義した。

(3) 育児要因: 入浴や食事などの育児要因、睡眠開始時間と終了時間や泣き等の行動など乳児の状態を記録するように依頼した。

(4) 統計的分析: すべての統計的分析で IBM SPSS Statistics を使用した。相関および群間差は、変数の分布に応じてパラメトリック分析またはノンパラメトリック分析で検定した。DPG 分布は Kolmogorov-Smirnov 検定により正規性と等分散性があると予測されたため、パラメトリック検定を実施した。両側検定における $P < 0.05$ に設定した。

研究 2.: 研究 1.と同様の方法で、2 日間の調査を実施した。1 日目は通常通りに入眠、2 日目は消灯 30 分前に靴下を着用してもらい、調査を実施した。入眠の質は入眠潜時と、pslp(夜間の総睡眠時間の割合)、lslp(夜間の浅睡眠時間)、lwep(5 分以上の覚醒回数)、msepl(1 回の平均睡眠時間)、lgsep(最長睡眠時間)の 5 項目とした。

4. 研究成果

研究 1.

(1) 乳児の特性・育児要因: 18 名の乳児から得られた連続 2 日間のデータを含め、31 名の乳児から 49 データを取得した。プローブの接着不良と考えられる信頼の乏しいデータは除外した。最終的に 15 名からの連続 2 データを含めた 28 名の乳児から得られた 43 データを解析に使用した。乳児の特性および調査日の育児要因を Table1 にまとめる。

(2) DPG の時間的経過: 遠位部皮膚温度の平均値、DPG 記録は入眠から 10 分後まで徐々に上昇し、その後安定したが、顕著な上昇が見られなかった例外的な曲線も確認された。この乳児は、DPG 上昇開始が入眠後から大幅に遅延しており(約 45 分)、入眠前後の顕著な DPG 上昇も見られなかった。

(3) 消灯時 DPG、育児要因、および入眠潜時: 主な育児要因と消灯時の DPG、近位部

Table 1 Subject characteristics

Characteristics (<i>n</i> = 28)	<i>n</i> (%) or median (range)
Male	13
Firstborn babies (number, %)	13
Gestational age (weeks)	39
Birth weight (g)	3088
Weight at 4 months (g)	6710
Age at time of study (weeks)	25
Breast-feeding only	15
Sleeping in parental bed	23
Sleeping in the supine position	28
Childcare factors during study nights (<i>n</i> =43)	
Ambient temperature (°C)	19.4
Length of daytime nap (min)	180
Time of sleep onset	21:54
Lights-off	21:26
Time of evening hot bath*	19:15
Time of last feeding	21:05
Sleep-onset latency (min)	34
Interval from evening bath to lights-off (min)*	115
Interval from last feeding to lights-off (min)	31

†Study nights when infants had a bath before 16:00 hours (*n* = 2) were excluded.

皮膚温、遠位部皮膚温との関連を Table2 に示す。環境温度が高いことについてのみ関連が明らかになった(遠位部皮膚温に対して、 $P=0.036$)。DPG と入眠潜時との間には有意な相関がみられなかった(Spearman の順位相関係数: -0.103 、 $P=0.512$)。

(4) 入眠潜時に基づく DPG プロファイル: 2 日間の連続データは、半数近くの乳児が異なるデータを示した。したがって、分析の単位は乳児毎ではなくデータ個々に扱った。消灯後 30 分以内に入眠した 19 データは「短入眠潜時群」、それ以外の 24 データは「長入眠潜時群」とグループ分けし、2 群間で DPG を比較した。短入眠潜時群では、ほとんどの DPG に消灯直後の上昇曲線が確認された。しかし長入眠潜時群では、消灯後の一定した上昇傾向は多くのデータで明確には確認さ

Table 2. Associations between main childcare factors and temperature at lights-off

	Proximal (°C)	Distal (°C)	DPG (°C)
Ambient temperature			
≥20degree	35.14± 0.85	31.67± 1.77	-3.50 ± 1.65
<20 degree	35.14 ± 0.85	30.05 ± 2.85	-4.890 ± 2.77
<i>P</i> *	0.908	0.036	0.059
Interval from evening bath to lights-off			
≤90 min	35.12 ± 0.59	31.54 ± 1.55	-3.58 ± 1.60
>90 min	35.18 ± 0.86	30.21 ± 2.97	-4.79 ± 2.79
<i>P</i> *	0.824	0.089	0.108
Interval from last feeding to lights-off			
≤60 min	34.92 ± 0.82	31.12 ± 2.51	-4.19 ± 2.44
>60 min	35.31 ± 0.67	30.22 ± 2.56	-4.43 ± 2.46
<i>P</i> *	0.097	0.258	0.749
Crying episodes 30 min before lights-off			
Present	35.20± 0.75	31.611 ± 2.62	-3.53 ± 1.62
Not present	34.96± 0.76	31.43 ± 2.19	-4.45 ± 2.55
<i>P</i> *	0.425	0.418	0.338

Values are mean ± SD

*Group differences were examined via Student's *t* test

れなかった。消灯後の測定時間毎の平均 DPG を群間で比較したところ、消灯から 5 分後に有意差が確認され($P=0.049$)、消灯から 15 分後に明らかな差が認められた($P=0.008$)。したがって、2 群を区別した DPG は「 -2.5 」であり、これは消灯から 15 分経過した時点で確認された(Table3)。

(5) 消灯から 15 分後の DPG を用いた入眠潜時の予測: 消灯時 DPG が低かった乳児に関しては、消灯から 15 分後までに上昇した DPG が入眠潜時の重要な決定因子である可能性が考えられた。2 群間の差に基づいて -2.5 を基準温度として用い、DPG が低いか高いかを判断した。消灯時 34 データの DPG は -2.5 未満であった(全データの 79.1%)。その後、19 データは 15 分以内に DPG が -2.5 以上に上昇した(グループ A: 消灯時 DPG が -2.5 未満で消灯から 15 分後の DPG が -2.5 以上)が、15 データではその

Table 3 Mean DPG vs sleep latency

Time after lights-off	Short sleep-onset latency nights, (n = 19)	Long sleep-onset latency nights, (n = 24)	P†
	(mean ± SD)		
0 min	-3.80 ± 2.26	-4.65 ± 2.96	0.303
5 min	-2.73 ± 2.00	-4.20 ± 2.60	0.049
10 min	-2.18 ± 1.70	-3.72 ± 12.18	0.016
15 min	-1.70 ± 1.09	-3.17 ± 2.06	0.008
20 min	-1.31 ± 1.13	-3.05 ± 2.03	0.002
25 min	-0.97 ± 0.99	-2.70 ± 2.26	0.003
30 min	-0.81 ± 1.07	-2.23 ± 2.02	0.008

†Student's *t*-test. DPG, distal-proximal skin temperature gradient.

ような上昇は見られなかった（グループ B：消灯時 DPG が - 2.5 未満で消灯から 15 分後の DPG が - 2.5 未満）。消灯時、9 データでは DPG がすでに - 2.5 以上であった（グループ C）。15 名の乳児における連続 2 日間のデータに関しては、8 名の乳児の連続 2 日間のデータが別々のグループに分類された。これら 3 グループの間で乳児の特性や保育要因に有意差は検出されなかった（Table 4）。グループ A、B、C における入眠潜時の中央値は、それぞれ 26 分、47 分、31 分であり、3 グループ間で有意差が確認された（Kruskal-Wallis 検定、 $P=0.025$ ）。消灯時 DPG が低かった（- 2.5 未満）34 データ（グループ A、B）に関しては、入眠潜時がグループ A において有意に短縮していた（ $P<0.014$ ）。グループ A、B、C における短入眠潜時群の出現率は、それぞれ 63.1%、20.0%、44.4% であり、差は有意であった（カイ二乗独立性検定、 $P=0.036$ ）。上記の知見に加えて、短入眠潜時の予測因子として消灯から 15 分後の DPG を調べた。消灯から 15 分後の DPG が - 2.5 以上の的中

Table 4 Main infant characteristics vs change in DPG

	Group A	Group B	Group C	P†
	Mean or median (IQR)			
DPG at lights-off (°C)	-4.28	-5.85	-1.68	
DPG at 15 min after lights-off	-1.47	-4.40	-1.61	
Weight at 4 months of age ‡	6890	6560	6840	0.845
Age at study‡	30	25	21	0.220
Ambient temperature	19.4	19.4	21.0	0.282
Interval from hot bath to lights-off (min)	120 (69 - 168)	122 (51 - 150)	115 (55 - 173)	0.917
Interval from last feeding to lights-off (min)	27	30	14	0.214
Sleep-onset latency (min)	26	47	31	0.025

†Kruskal-Wallis test. ‡In order to evaluate group differences for the characteristics of infants, the unit of analysis was the infant; two nights of data from one infant in the same group were regarded as one infant's data.

率を Table 5 に示す。短入眠潜時群の予測における「DPG - 2.5 以上」という基準の感度および特異度は、それぞれ 0.789 と 0.583 であったが、13 名の乳児（30.2%）は消灯から 15 分後にはすでに入眠していたため、これらの乳児を分析から除外した場合、この基準の感度および特異度はそれぞれ 0.800 と 0.583 であった。特異度が低かったため、陽性的中率は 0.444 と低かった。しかし、陰性的中率は 0.875 と高かった。

（6）DPG 上昇幅と睡眠の質との関連：Fig. 1 に DPG の変化の代表的な例を 3 周期示した。実線は、入眠の 15 分前より急速に上昇がみられ、その上昇の幅も 8 度と極めて大きい。破線（プロット）は、入眠にかけて緩やか

Table 4 Main infant characteristics vs change in DPG

	A	B	C	P†
	Mean or median (IQR)			
DPG at lights-off	-4.28 ± 1.70	-5.85 ± 2.51	-1.68 ± 0.96	
DPG at 15 min after lights-off	-1.47 ± 0.59	-4.40 ± 1.70	-1.61 ± 1.34	
Weight at 4 months of age ‡	6890 (6245 - 7400)	6560 (64909 - 7208)	6840 (6515 - 7300)	0.845
Age at study ‡	30 (23 - 32)	25 (20 - 32)	21 (19 - 29)	0.220
Ambient temperature	19.4 (16.4 - 21.9)	19.4 (16.7 - 21.6)	21.0 (17.2 - 24.2)	0.282
Interval from hot bath to lights-off	120 (69 - 168)	122 (51 - 150)	115 (55 - 173)	0.917
Interval from last feeding to lights-off	27 (0 - 66)	30 (12 - 92)	14 (0 - 85)	0.214
Sleep-onset latency	26 (15 - 40)	47 (35 - 76)	31 (19 - 39)	0.025

†Kruskal–Wallis test. ‡In order to evaluate group differences for the characteristics of infants, the unit of analysis was the infant; two nights of data from one infant in the same group were regarded as one infant's data.

な DPG の上昇がみられたケースで、上昇の幅は約 2 度と少ない。破線 (プロット) は、減少傾向を示している。DPG の増加速度が大きな群 (以下、DPG 急速上昇群) DPG の増加速度が緩慢な群 (以下、DPG 緩慢上昇群) に区分し、DPG の上昇パターンがその後の睡眠の質と関連がみられるか、検討を行った。入眠前の皮膚温は、2 群間の有意差は認めなかったが、遠位部皮膚温は DPG 急速増加群が緩慢増加群より約 3 度低かった。また、入浴から入眠までの時間は DPG 急速上昇群で有意に長く、緩慢上昇群と比較して 1 時間の差が認められた。入浴より長時間 (約 3 時間) 経過

してから入眠した場合、入眠前に遠位部皮膚温が下降する傾向があり、その場合は DPG の上昇が急速かつ大きな幅で起こると考えら

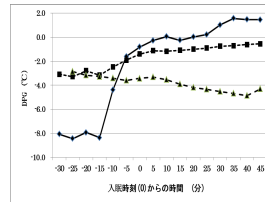


Fig1. 入眠 30 分前後の代表的 DPG パターン

れた。Table6 に DPG 急速上昇群と DPG 緩慢上昇群間のアクチグラフによる睡眠尺度の比較を示す。結果、%総睡眠は DPG 緩慢上昇群で有意に高率であった。覚醒回数は DPG 緩慢上昇群で有意に減少していた。

Table6 急速上昇群と緩慢上昇群の睡眠尺度の比較

	急速上昇群	緩慢上昇群	p 値
%総睡眠	93.36 ± 4.10	96.21 ± 2.72	0.030
%動睡眠	35.62 ± 10.24	36.50 ± 10.21	0.805
覚醒回数	1.70 ± 0.98	1.00 ± 0.88	0.040
最長持続睡眠時間 (分)	179.6 ± 92.6	230.3 ± 114.9	0.164
夜泣き回数	0.67 ± 0.91	0.77 ± 0.93	0.760
夜授乳回数	1.47 ± 1.54	1.23 ± 0.93	0.615

P 値は t 検定またはマンホイットニー検定による。

研究 2.

- (1) 乳児の特性および育児要因：15 名の乳児から連続 2 日間のデータが得られた。男児 7 名であり、調査時の週齢は 14-24 週であった。
- (2) 靴下群・裸足群の消灯後 DPG の上昇の比較：DPG 上昇の平均温度は靴下群が 0.88、裸足群が 1.89 であり、裸足群の方が高かった (Fig2.)。
- (3) DPG 上昇が見られた児の、靴下群・裸足群と睡眠の質の比較：睡眠の質に関し両群間

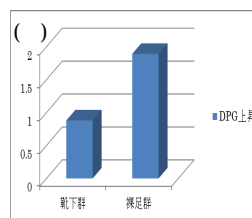


Fig2.DPG の上昇の比較

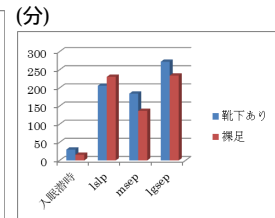


Fig.3 睡眠の質の比較

に有意差は認められなかったが、pslp、msep、lgsep とともに靴下群に高く、睡眠の質が良い傾向が見られた (Fig.3.4.5)。

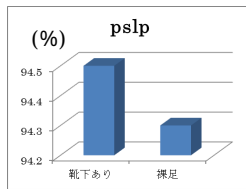


Fig.4 pslpの比較

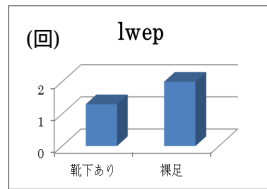


Fig.5 lwepの比較

(7) 補足研究 : アクチグラフによる睡眠ステージ評価の妥当性について:10例の生後3-4ヶ月の児の夜間睡眠に関して、アクチグラフとワンチャンネルのポータブル脳波計、Sleep Scopeで同時同時計測し、その整合性を評価した。その結果、アクチグラフの覚醒の73%は、脳波の覚醒時間と一致していた。アクチグラフの動睡眠と判定された時間帯は、36%がレム睡眠、35%がノンレム睡眠の1-2期に一致していた。アクチグラフの静睡眠と判定された時間帯は、78%がノンレム睡眠3-4期であった。アクチグラフによる同睡眠の判定の感度は、高いことが推測された(Fig.6)。

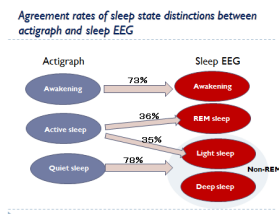


Fig.6

本研究では入眠前にDPGが上昇していることが確認され、自宅にいる多くの乳児

領域の血管拡張とそれによる熱損失は入眠に先行することが示唆された。入眠潜時の推測のためのDPGの利用には今後も検討が必要であるが、消灯から15分後にDPGが低いこと(-2.5未満)は短時間での入眠が困難であることを示すことが明らかになった。さらにDPG急速増加群と緩慢増加群を比較した場合、緩慢増加群の方が入浴後、入眠に至るまでの時間が1時間短く、%総睡眠が高率、覚醒回数が有意に減少していたことから、今後DPGを調整する育児要因の検討により、乳児の寝つきや睡眠の質を改善する発展的研究につながる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)
〔雑誌論文〕(計 2件)

阿部範子、兒玉英也、乳児の就眠時の遠位-近位部皮膚温度勾配(DPG)の検討、秋田県母性衛生学会雑誌、査読有、Vol.27、2013、p17-23

Noriko Abe・Hideya Kodama、

Distal-proximal skin temperature

gradient prior to sleep in infants

For clinical use、査読有、Pediatrics International、2015、p227-223

〔学会発表〕(計 5件)

阿部範子、兒玉英也、遠位-近位部皮膚温度勾配による乳児の入眠潜時の予測、日本小児保健協会学術集会、平成25年12月、国立オリンピック記念青少年総合センター(東京都・渋谷区)

阿部範子、乳児の睡眠の質と育児要因との関連、日本看護科学学会学術集会、平成26年6月、大阪国際会議場(大阪府)

阿部範子、DPGのコントロールが、乳児の寝付きや睡眠時間に与える影響、第29回秋田県母性衛生学会、平成26年11月、アルヴェ(秋田市)

阿部範子、遠位-近位部温度勾配コントロールが乳児の睡眠に与える影響、第34回日本看護科学学会学術集会、27年3月、名古屋国際会議場(名古屋市熱田区)

阿部範子、乳児の足の保温が、寝付きや睡眠の質に与える影響、第29回日本助産学会学術集会、平成27年3月、品川区立総合区民会館(東京都品川区)

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0件)

取得状況(計 0件)

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

阿部範子 (ABE NORIKO)

日本赤十字秋田看護大学・講師

研究者番号: 90442011

(2) 研究分担者

兒玉英也 (KODAMA HIDEYA)

秋田大学大学院医学生研究科・教授

研究者番号: 30195747

(3) 連携研究者 (0)

研究者番号: