脳循環調節パラメーターの測定再現性とその応用

○岩崎 賢一, 塩澤 友規, 金 慧徳
山口 喜久, 平柳 要, 谷島 一嘉
(日本大学医学部 衛生学/宇宙医学教室)

Reproducibility and application of monitoring of cerebral blood flow autoregulation

Ken-ichi Iwasaki, Tomoki Shiozawa, Kim Heyteo

Nobuhisa Yamaguchi, Kaname Hirayanagi, Kazuyoshi Yajima

(Dept. of Hygiene/Space Medicine, Nihon University School of Medicine)

1. 緒言

精神作業や身体労作の生体にあたる負担度を測定評価する方法に関して、長年の研究が行われているが、現在においても、より正確な測定評価方法の開発が求められている。

近年、経頭蓋ドプラ (Transcranial Doppler: TCD) を用い、中大脳動脈血流速度を脳血流量の近似値として連続的に測定する手法が開発された。さらに、同時に測定した連続血圧と心電図を脳血流変動と組み合わせで解析することにより脳循環調節機構の各種評価パラメーターが得られるようになった。

今回、中大脳動脈の血流速度を安定して測定できる様に装置の改良を行なったので、ある程度の体動や姿勢の変化、日をあけての繰り返し測定等でもデータが影響されないか、脳循環調節パラメーターの測定再現性を確認する実験を行った。

2. 方法

図1. 歯科用印象材によるプローブ固定具作成

図2. 超音波プローブ固定法

健康成人男性10人から安静時の連続血圧、心電図、中大脳動脈血流速度を2週間空けて2回測定した。また精神作業負荷や運転作業、起立負荷中の測定も試みた。中大脳動脈血流速度はTCD (WAKI 2-TC, Atys Medical) により、経皮、経側頭骨的に連続的に測定した。TCDプローブは2MHzのもので、sample volumeを15mm、sample point (深度)は50~70mmで、血流 sonogram が最も良好に得られる部位と角度に固定した。歯科用印象剤 (Extrude Medium, KERR; polyvinylsiloxane) で被験者個別のプローブ固定具を作成し (図1)、その固定に弾性バンドを用いた (図2)。

測定したデータより一心拍ごとの血圧、R-R間隔、脳血流速度を得て時系列データに変換し、それぞれのデータに周波数解析を施し、低周波数帯域 (0.04-0.15Hz) と高周波数帯域 (0.15-0.4 Hz) のスペクトルパワーを求めた。

さらに、収縮期血圧変動と R-R 間隔変動との間、平均血圧変動と脳血流速度変動との間において伝達関数の解析を行い、低周波数帯域と高周波数帯域ごとにゲイン、コヒーレンス、フェイズをもとめ、体循環および脳循環調節機構の各パラメーターとした。

2 週間空けての同一被験者の反復実験結果から、Bland、Altman の推称する方法¹⁾にて、測定データと解析データの再現性を検討した。

3. 結果

図 3. 作業中の中大脳動脈血流速度波形の 1 例

作業負荷中にも中大脳動脈血流速度は安定して測定できていた (図 3)。また中大脳動脈血流速度は同時測定した動脈血圧波形と近似

した波形と変動を示していた。繰り返しの測定により得られたデータおよび周波数解析、伝達関数解析をおこなった値は、何れのパラメーターにおいても安定しており (表 1)、特に低周波数帯の動脈圧脳血流速度間のゲインは、1 回目 1.24 ± 0.07 、2 回目 1.25 ± 0.07 cm/sec/mmHg、測定誤差 0.0023、測定誤差の S D 0.080、測定誤差の割合は 0.2 $\pm$ 1.8%であった。

4. 結語

脳血流自動調節機能の評価指標である動脈圧脳血流速度間の低周波数帯ゲインにおいて、反復測定の誤差の割合が低く、非常に高いデータ再現性を確認した。また精神作業負荷や運転作業、起立負荷中にも安定した測定が可能であったので、今後この方法を、生体負担度の測定評価に様々な分野で応用がすることが可能であると考えられた。

参考文献

- 1) Bland, J. M., Altman, D. G.: Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. Lancet 307-310, 1986.

表 1、反復測定のデータおよび、周波数解析、伝達関数解析の結果

	1 回目	2 回目 (2 週間後)	Mean Difference	SD of Differences
心拍数 (bpm)	65 $\pm$ 2	63 $\pm$ 2	0.8	2.790
平均血圧 (mmHg)	96 $\pm$ 3	93 $\pm$ 4	1.47	4.079
平均脳血流速度 (cm/sec)	81 $\pm$ 4	79 $\pm$ 4	1.11	3.944
MBP-LF (mmHg ²)	3.65 $\pm$ 1.21	3.5 $\pm$ 1.42	0.06	1.450
MBP-HF (mmHg ²)	0.20 $\pm$ 0.04	0.19 $\pm$ 0.05	0.002	0.060
Vel-LF ((cm/sec) ²)	5.47 $\pm$ 1.59	5.22 $\pm$ 1.16	0.37	1.160
Vel-HF ((cm/sec) ²)	0.65 $\pm$ 0.12	0.65 $\pm$ 0.14	-0.0004	0.124
Gain-LF (cm/sec/mmHg)	1.24 $\pm$ 0.07	1.25 $\pm$ 0.07	-0.0023	0.080
Gain-HF (cm/sec/mmHg)	1.62 $\pm$ 0.08	1.69 $\pm$ 0.12	-0.0404	0.152
Coherence-LF	0.75 $\pm$ 0.03	0.73 $\pm$ 0.04	0.0131	0.048
Coherence-HF	0.71 $\pm$ 0.04	0.72 $\pm$ 0.04	-0.005	0.045

LF ; Low Frequency (低周波数帯、0.04-0.15Hz), HF ; High frequency (高周波数帯、0.15-0.4Hz)
Vel ; velocity (中大脳動脈血流速), Gain ; Transfer function gain