

顔面の皮膚血流に及ぼす加齢と運動習慣の影響

早稲田大学スポーツ科学学術院

林 直亨

The purpose of this study was to investigate the effects of aging and exercise habits on facial skin blood flow (FBF). We hypothesized that FBF declines with aging, and that exercise habits would inhibit the decline. FBF was assessed in 180 healthy subjects (male 109, female 71, 38 ±17 yrs, 168 ±9 cm, 62.9 ±13.7 kg) in sitting position using the laser speckle flowgraphy. Blood flow in forehead significantly but slightly increased with ageing, showing regional differences that relative blood flow in cheek to forehead decreased with ageing. The blood flow in the forehead and cheeks was greater in those who had an exercise habit. No clear effects of type of exercise or location of exercise were observed. These results suggest that blood flow in the facial skin may change with aging, showing regional differences and that exercise habits could inhibit the change with ageing. To clarify the effects of aging and exercise habits on blood flow in facial skin, it is necessary to increase the sample size and conduct a longitudinal study.

1. 緒言

弾力性のある太い動脈は加齢に伴い硬化する。この現象は1881年にCharles Royによって記録され、William Oslerの「人は動脈とともに老いる」という有名な言葉にも残されている¹⁾。加齢に伴う動脈硬化については多くのデータが蓄積されてきた。

同様に、微小血管の緊張も加齢に伴い亢進する²⁾。こうした微小血管の変化は、加齢に伴う末端臓器の障害と関連する³⁾。筆者らのグループも、20～80歳の対象者男女890名を対象として、眼底血管の柔軟性に及ぼす加齢の影響を横断的に検討したところ、加齢に伴い眼底血管の柔軟性が減少していることを観察した⁴⁾。微小血管は、酸素と栄養素の組織への供給、老廃物と二酸化炭素の除去など、組織の維持を担っている。したがって、組織の維持は微小血管の機能に依存する。なお、ここでいう微小血管とは直径300μm未満の血管であり、細動脈、毛細血管、一部の静脈が含まれる。

加齢に伴うこうした血管の硬化に抗う手段として、運動習慣が有効であることが多くの研究によって支持されている⁵⁾。

ところが、運動を行う場合、主導筋から離れた部位の血管の機能が改善しない例が報告されている。すなわち、運動習慣に伴う血管機能の改善の程度には部位差がある⁵⁾。実際、前述の眼底血管に関する報告では、運動習慣の有無

は眼底循環に影響を及ぼさなかった。

一方、若年者(10, 20歳代)と中高齢者(50歳以上)の顔面皮膚の血流(FBF)を比較した我々の予備的な報告では、女性では若年者よりも中高齢者で低下していた⁶⁾。これらの先行研究の概観から、加齢・性別・運動習慣・日焼けが顔面の皮膚血管に与える影響を一気に明らかにする必要があると考えられる。そこで、本研究では、①FBFに加齢の影響があるのか、②影響があるならば、運動習慣はFBFに影響を与えるのか、③運動実施場所(屋内外)がFBFに影響するのかを検討することを目的とした。併せて、頬部を加温した際のFBFの変化も記録し、血管の拡張能に与える加齢と運動習慣の影響についても検討した。

2. 方法

2.1. 対象者

本研究には、顔部に皮膚疾患のない18歳以上の健康成人180名(男性109名、女性71名)が参加した。全参加者に対して、本研究の目的、内容、実験の危険性について説明し、書面による参加の同意を得た。測定前12時間以内のカフェインおよびアルコール摂取、3時間前の食事摂取、および前日から強度の運動を控えるよう指示した。本研究はヘルシンキ宣言に則って行われ、早稲田大学人を対象とする研究に関する倫理審査委員会の承認を受けて実施した(承認番号2022-470)。

2.2. プロトコル

対象者の実験室入室後、運動習慣の調査用紙を記入させた後、5分間以上の座位安静を保たせた。その後1分間にFBFを2回記録した。

加えて、対象者のうち111名(男性79名、女性32名)には、皮膚を加温した後のFBFを観察する試行を実施した。加温は電子レンジにて40℃に温めたホットバックを右頬部



Effects of ageing and exercise habits on facial skin blood flow

Naoyuki Hayashi

Faculty of Sport Sciences, Waseda University

に60秒間当てることで行い、FBFの測定は加温直後に実施した。当試行は3分間の安静をはさみ2回行った。FBFの記録は1回当たり10秒間であった。

2.3. FBFの記録

FBFはレーザースペックル血流計(LSFG-ANW, ソフトケア, 福岡)を用いて記録した。当機器のレンズ部分と対象者の距離は焦点距離の230mmに設定した。計測中、対象者はあごと額上部をあご台に固定した。その後、第三者が付属のソフトウェアにてオフラインでMBR (Mean Blur Rate) を算出した。これは、血球の移動速度に比例する指標であり、レーザースペックル法で計測した血流速度は、末梢血流量測定のスランダードであるマイクロソフトウェア法と高い相関を示すことが知られている⁷⁾。

2.4. 運動習慣の調査

各被験者から、以下について書面にて回答を得た。すなわち、習慣的な運動の有無、習慣的な運動の実施期間、運動頻度、1回の運動時間、運動を行う場所(屋内・屋外)、運動の種類、主観的な運動強度、であった。運動強度は、主観としての強度が「安静」を6、「非常にきつい」を19とした、6～20のBorgのスケールを用いた。

2.5. データ解析

すべての値は平均値±標準偏差を記した。FBFとしては、前額部、左頬、鼻、右頬のMBRを用いた(図1)。同一被験者内では同じ対象範囲のMBRを設定した。前額部の値を100として、他部位のMBRを相対値とした解析も行った。対象者の身体的特性および運動習慣は男性と女性で分け、その差は対応のないt検定にて評価した。

各部位のFBF(絶対値および前額部に対する相対値)お

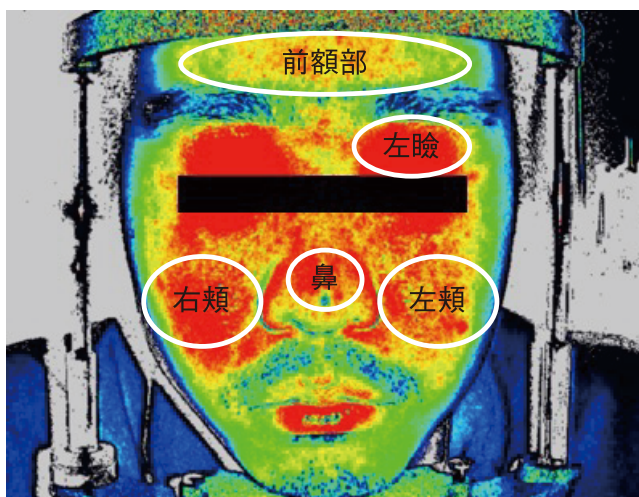


図1 FBFの解析例。前額、左頬、鼻、左頬、右頬を解析対象とした

よび温熱刺激に伴う右頬部の増加量をそれぞれ従属変数、年齢、性別、体格指数(BMI)、運動習慣の有無、運動期間、運動頻度、運動時間、運動の実施場所、運動強度を独立変数とした重回帰分析(強制投入法)を行った。重回帰分析によって有意な係数が認められた従属変数については、二要因の分散分析(性別×年齢)を用いて検定した。有意な交互作用が認められた際には、Bonferroniの事後検定を行った。また、運動場所の影響は一要因の分散分析にて評価した。これらの統計解析は、統計解析ソフト(IBM SPSS Statistics 27.0 for Mac, IBM, Tokyo, Japan)を用いて行った。統計的に有意な水準は $P < 0.05$ とした。

3. 結果

3.1. 全体的な結果

対象者の身体的特徴および運動習慣について表1に示した。身長、体重およびBMIには男性の方が有意に大きかった。運動習慣のある者の主観的な運動強度は女性よりも男性で有意に高い値であった。

MBRの絶対値で評価したFBFを従属変数とした重回帰分析によって得られた係数を表2に示した。頬および鼻のMBRに影響する変数はなかった。年齢は前額部のMBRに有意な正の影響を示した。運動習慣ありを高い値と設定し、運動習慣にかかる係数 β が正であったことから、前額および右頬のFBFは有意に高い値を示す結果であった。運動場所は頬のMBRに有意な影響を示した(図2)ものの事後検定では有意差は観察されなかった。

前額部のMBRに対する相対値で評価したFBFを従属変数とした重回帰分析によって得られた係数を表3に示した。

表1 対象者の身体的特性および運動習慣

	全対象者	男性	女性
n	180	109	71
年齢, 歳	38 ± 17	37 ± 18	41 ± 17
若年者(39歳以下), n	115	78	37
中高齢者(40歳以上), n	65	31	34
身長, cm	166.7 ± 9.2	171.9 ± 6.9	158.6 ± 5.8*
体重, kg	62.9 ± 13.7	69.8 ± 11.9	52.2 ± 8.3*
BMI, kg/m ²	22 ± 3	24 ± 3	21 ± 3*
温熱刺激の実施, n	111	79	32
運動習慣有り, n	107	77	30
運動期間, 月	79 ± 100	89 ± 107	52 ± 77
運動頻度, 回/週	3 ± 2	3 ± 1	3 ± 2
1回の運動時間, 分	79 ± 53	81 ± 55	74 ± 49
運動強度(6~20)	13 ± 2	14 ± 3	12 ± 1*
運動の実施場所			
屋外, n	52	35	17
屋内, n	34	27	7
両者, n	21	15	6

*: 男性群との間に有意差あり(対応のないt検定)

表2 FBF (MBRの絶対値)に与える説明変数の影響

	前額部の MBR			左頬の MBR			右頬の MBR		
	β	P	r	β	P	r	β	P	r
年齢	0.17	< 0.05	0.20	0.00	0.97	0.01	0.00	0.97	-0.01
性別	0.05	0.57	0.03	0.00	0.98	-0.08	-0.02	0.85	-0.10
BMI	0.01	0.88	0.06	0.03	0.69	0.09	0.00	0.97	0.06
運動習慣	0.53	< 0.05	0.09	0.62	< 0.05	0.12	0.55	< 0.05	0.15
運動期間	-0.08	0.35	-0.04	-0.04	0.69	0.01	-0.07	0.41	-0.01
運動頻度	0.06	0.62	0.08	-0.08	0.50	0.06	-0.09	0.45	0.08
運動時間	-0.07	0.57	-0.04	-0.05	0.68	0.00	-0.03	0.80	0.03
運動場所	0.03	0.84	-0.06	0.37	< 0.05	-0.01	0.32	< 0.05	-0.06
運動強度	-0.36	0.20	-0.03	-0.03	0.91	0.09	0.04	0.89	0.13

MBRの絶対値に与える説明変数の影響。性別は男性を1, 女性を2, 運動習慣はなしを1, ありを2とした。運動場所は屋外を1, 屋内を2, 両者との回答を3とした。

β : 標準化偏回帰係数, P : 危険率($P < 0.05$ のみ網掛け), r : 相関係数

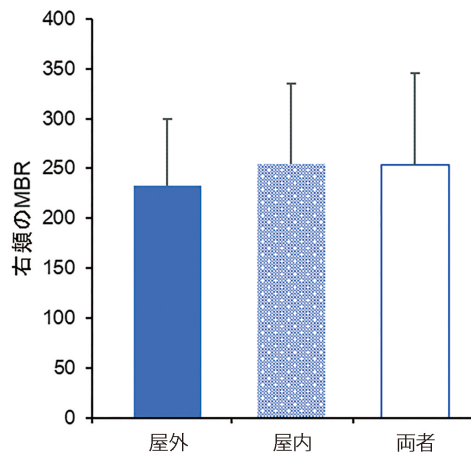


図2 運動を行う場所が右頬の FBF (MBRの絶対値)に与える影響

表3 FBF (MBRの相対値)に与える説明変数の影響

	左頬の MBR			鼻の MBR			左頬の MBR			右頬の MBR		
	β	P	r	β	P	r	β	P	r	β	P	r
年齢	-0.14	0.09	-0.15	-0.13	0.10	-0.15	-0.18	< 0.05	-0.19	-0.17	< 0.05	-0.19
性別	0.00	0.97	0.02	0.02	0.86	-0.02	0.07	0.44	0.02	0.06	0.50	0.00
BMI	-0.10	0.24	-0.12	0.04	0.67	-0.01	0.00	0.98	-0.03	-0.03	0.74	-0.05
運動習慣	-0.06	0.81	-0.02	0.00	-0.99	-0.04	0.08	0.76	0.02	0.00	0.99	0.03
運動期間	0.16	0.07	0.11	0.02	0.81	0.04	0.06	0.48	0.05	0.04	0.61	0.04
運動頻度	-0.10	0.36	-0.05	-0.18	0.13	-0.04	-0.16	0.16	-0.04	-0.17	0.14	-0.04
運動時間	0.24	< 0.05	0.12	0.24	< 0.05	0.15	0.18	0.12	0.10	0.17	0.14	0.10
運動場所	0.20	0.21	0.03	0.23	0.16	0.00	0.47	< 0.05	0.07	0.40	< 0.05	0.04
運動強度	0.10	0.72	0.01	0.20	0.48	0.06	0.36	0.19	0.05	0.43	0.12	0.06

前額部を基準にした MBRの相対値に与える説明変数の影響。性別は男性を1, 女性を2, 運動習慣なしを1, ありを2, 運動場所は屋外を1, 屋内を2, 両者との回答を3とした。

β : 標準化偏回帰係数, P : 危険率($P < 0.05$ のみ網掛け), r : 相関係数

年齢は両頬のMBRに有意な負の影響を示した。運動時間は脛および鼻のMBRに有意な正の影響を示した。運動場所は両頬のMBRに有意な影響を示した。

3.2. 年齢および性別の影響

MBRの絶対値で示した前額部および鼻のFBFには、有意な年齢と性別の交互作用（性別と年齢）が認められた。前額部の例を図3に示した。男性では加齢に伴ってMBRが増加したものの、女性では増加はみられなかった。

前額部のMBRに対する相対値で示した脛、両頬のFBFは、男女ともに若齢者に比較して中高齢者の方が低い値を示した。性別の主効果影響および性別と年齢の交互作用のみられる部位はなかった。

3.3. 運動習慣の影響

MBRの絶対値で前額部、右頬のFBFを評価すると、運動習慣のない者よりもある者の方が有意に高いFBFを示した（図4）。一方、前額部に対するMBRの相対値には、運動習慣の影響はみられなかった。

3.4. 温熱刺激に対するFBFの応答

温熱刺激に伴ってMBRは増加した。この増加応答に対して有意な説明変数は運動頻度のみであった。右頬への温熱刺激に対するFBF変化に対して、重回帰分析で有意な説明変数となったのは運動頻度（ $\beta=0.35, r=0.03$ ）であった。ただし、単相関では有意ではなかった。

4. 考 察

加齢に伴い部位によるFBFの増減の差異が起こる可能

性が示され、一方で運動習慣のある者では前額部と頬のFBFが増加する可能性が示唆された。前額部のMBRの絶対値は年齢との関係において β が正を示していたことから、加齢に伴い増加することが示された。一方、前額部に対する頬部のMBRの相対値は年齢との関係において β が負を示していた。このことから、加齢に伴い前額部に比して、頬の血流が減少する可能性が示された。

MBRの絶対値をFBFの絶対値として評価することの妥当性は、プレチスモグラフとの相関によって示されている⁸⁾。したがって、上記の加齢に伴う前額部での血流増加は妥当なものである。とはいえ、加齢に伴う血流増加という現象の生理的意義や背景については今後検討する必要がある。特に、加齢に伴って皮膚が菲薄化し、奥までレーザーが入った結果、見た目の血流が増加したように見える現象である可能性は否定できない。

一方、MBRの相対値の結果からは、加齢に伴う血流の変化に領域差があることが示された。頬部のMBRの相対値が加齢に伴って低下することが示されており、頬部では、前額に比べると加齢に伴い血流が低下するということが示唆された。

このような加齢に伴う血流の変化には男女差があった。絶対値のMBRでは、前額部と鼻のFBFに性別と年齢との交互作用が認められていた。相対値では交互作用は認められなかったものの、性別がFBFの部位差に影響する可能性も示唆された。

運動習慣のある者では、右頬の血流が高かった。運動を行う場合、顔面の皮膚から離れた部位、多くの場合は脚部に刺激が与えられる。このような場合は必ずしも循環系が改善しない例が報告されている。ところが、本研究では、

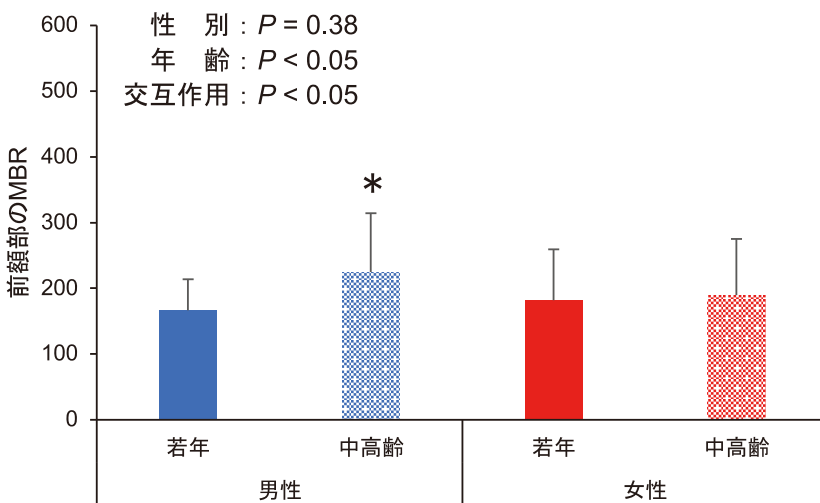


図3 前額部のMBRの絶対値に及ぼす性別と年齢の影響

男性では若年（39歳以下）と中高齢者（40歳以上）との間に有意差があり、年齢と性別の交互作用もみられた。

*: 同性の若年との間に有意差あり ($P < 0.05$)。

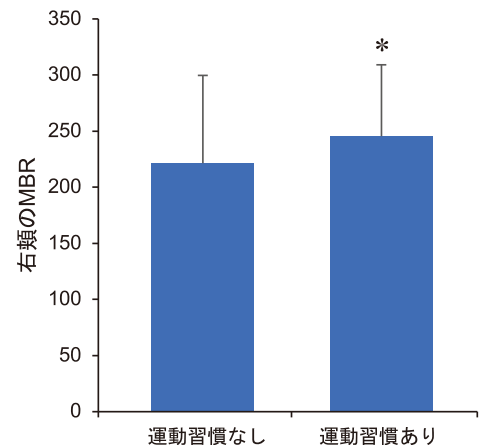


図4 運動習慣の有無が右頬のFBF (MBRの絶対値)に与える影響

*: 運動習慣ありが有意に高い値 ($P < 0.05$)。

顔面の一部において血流の増加が観察された。

運動習慣に伴うFBFの増加のメカニズムとしては、血管機能、神経、内分泌系の影響が考えられるものの、これらの関与については明らかではない。とはいえ、一過性の運動に伴う血流増加の重畳の結果であると推察される。自転車運動時には顔面皮膚の血管拡張により血流が40～60%の増加することを我々は報告した⁹⁾。また、ハンドグリップでは、昇圧によって前額・頬部で10%程度血流が増加することを明らかにした¹⁰⁾。したがって、運動に伴う血流増加の効果が重畳して、FBFが増加したと考えることが妥当であろう。

温熱刺激に対する右頬のFBFの増加応答には運動習慣の影響はみられなかった。運動頻度の影響は観察されたものの、個人差が非常に大きかった。マッサージローラーを用いて頬部にマッサージを5週間行うことによって、温熱刺激に対するFBFの増加応答、すなわち血管の拡張応答が大きくなったことが報告されている¹¹⁾。このような明瞭な応答の差は観察されなかった。温熱刺激に伴う血管の拡張反応が運動習慣によって改善する可能性については、今後の検討が必要である。

運動を屋内で行っている者の方が頬のFBFは高い値を示した。ただし、サンプル数が屋外52名と屋内34名と少なく、事後検定では統計的な有意差は得られなかった。運動を屋内で行う者と屋外で行う者とは紫外線の影響によって運動習慣の効果がマスクされてしまう可能性もある。今後はサンプル数を増やして、運動を行う場所の影響についても検討する必要がある。

本研究の限界としては、変数に加えられていない要因や対象者数の影響が挙げられる。加齢に加えて、高血圧、糖尿病、喫煙、およびLDLコレステロール値は動脈硬化の決定因子となるリスクである¹²⁾。これらの要因については本研究では考慮されていなかった。また、要因の数に比べて対象者数が十分ではない。今後も対象者数を増やして解析する必要がある。

運動が皮膚に与える影響については、理解がほとんど進んでいない。近年では、有酸素性運動と筋力トレーニングの介入は、ともに皮膚弾力性と真皮構造を改善することが報告されている¹³⁾。こうした研究と併せて、運動習慣が皮膚の構造および機能に与える影響の理解が進むことが期待される。

5. 総括

顔面皮膚の血流に対する加齢と運動習慣の影響の有無を検討することを目的として研究を行った。健康者180名を対象に、顔面皮膚の血流をレーザースペckル法によって計測した。加齢に伴って、顔面皮膚の血流は部位差を示しながら変化する可能性が示唆された。また、運動習慣のあ

る者では前額部と頬の血流が高いことが示された。運動の種類や実施場所の影響などについては明確な影響は認められなかった。加齢および運動習慣が顔面皮膚の血流に与える影響について明らかにするために、サンプル数を増やして検討し、縦断的な研究も併せて実施する必要がある。

謝辞

本研究に助成をいただきました公益財団法人コーセーコスメトロジー研究財団に感謝申し上げます。実験の実施やデータ解析に多大な協力をしてくれた中村宣博博士（早稲田大学スポーツ科学学術院）に感謝申し上げます。

(引用文献)

- 1) Seals DR, DeSouza CA, Donato, AJ, Tanaka H. Habitual exercise and arterial aging. *J Appl Physiol.* 2008, 105: 1323-1332.
- 2) Feihl F, Liadet L, Levy BI, Waeber B. Hypertension and microvascular remodelling. *Cardiovasc Res.* 2008, 78: 274-285.
- 3) Mitchell GF. Effects of central arterial aging on the structure and function of the peripheral vasculature: implications for end-organ damage. *J Appl Physiol* 2008, 105: 1652-1660.
- 4) Liu C, Kobayashi T, Shiba T, Hayashi N. Effects of aging and exercise habits on blood flow profile of the ocular circulation. *Plos One* 2022 17: e0266684.
- 5) Green DJ, Hopman MTE, Padilla J, Laughlin MH, Thijssen DHJ. Vascular adaptation to exercise in humans; role of hemodynamics stimuli. *Physiol Rev.* 2017, 97: 495-528.
- 6) Miyaji A, Hayashi N. Vascular function in the facial skin circulation is significantly correlated with age. *FASEB J.* 2019, 33 Experimental Biology 2019 Meeting Abstracts 518.3.
- 7) Wang L, Cull GA, Piper C, Burgoyne CF, Fortune B. Anterior and posterior optic nerve head blood flow in nonhuman primate experimental glaucoma model measured by laser speckle imaging technique and microsphere method. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2012, 53: 8303-09.
- 8) Nagashima Y, Ohsugi Y, Hiraishi M, Niki Y, Fuji A, Majima M, Okamoto T. Development of laser speckle blood flowmeter for evaluating the physiological function of skin. *Biomed Phys Eng Express.* 2019, 5: 055012
- 9) Hayashi N, Kashima H, Ikemura T. Facial blood flow responses to dynamic exercise. *Int J Sports Med.* 2021,

- 42: 241-245.
- 10) Kashima H, Ikemura T, Hayashi N. Regional differences in facial skin blood flow responses to the cold pressor and static handgrip tests. *Eur J Appl Physiol* 2013, 113: 1035-1041.
- 11) Miyaji A, Sugimori K, Hayashi N. Short- and long-term effects of using a facial massage roller on facial skin blood flow and vascular reactivity *Comp Therap Med* 2018, 41: 271-276.
- 12) Laurent S, Cockcroft J, Van Bortel L, Boutouyrie P, Giannattasio C, Hayoz D, Pannier B, Vlachopoulos C, Wilkinson I, Struijker-Boudier H. Expert consensus document on arterial stiffness: methodological issues and clinical applications. *Eur Heart J*. 2006, 27: 2588-2605.
- 13) Nishikori, S., Yasuda, J., Murata, K. Takegaki J, Harada Y, Shirai Y, Fujita S. Resistance training rejuvenates aging skin by reducing circulating inflammatory factors and enhancing dermal extracellular matrices. *Sci Rep*. 2023, 13: 10214.