

ISSN 2186 – 3989

アロマフレングランスの時系列変化が自律神経に与える影響
—若年層男女における反応性の比較—

清水 慶久、右田 平八、砂子澤 裕

Effect of time series variations in aroma fragrance
on autonomic nervous system

– Comparison of responsiveness for young men and women –

Yoshihisa Shimizu, Heihachi Migita and Yutaka Isakozawa

北 陸 大 学 紀 要
第52号(2022年3月)抜刷

アロマフレングランスの時系列変化が自律神経に与える影響

—若年層男女における反応性の比較—

清水 慶久^{*,**,*}、右田 平八^{**}、砂子澤 裕^{**}

Effect of time series variations in aroma fragrance
on autonomic nervous system

— Comparison of responsiveness for young men and women —

Yoshihisa Shimizu^{*,**,*}, Heihachi Migita^{**} and Yutaka Isakozawa^{**}

Received December 20, 2021

Accepted January 17, 2022

Abstract

Background: Olfactory sensation is closely linked to the autonomic nervous system. In recent years, stimulation of olfactory sensation through aroma therapy is widely used for prevention of dementia and alleviation of physical/mental strain in the medical care. However, the efficacy of the aroma therapy has been evaluated subjectively with lack of well-defined objective methodologies. In this study, focusing on the gender differences among young adults, we evaluated physiological responses induced by focused exposure to a variety of aroma scents.

Methods: Twelve healthy young adults (6 males, 6 females) were enrolled. By use of stereotactic device, Aroma Shooter[®], five typical scents were accurately shot intermittently. Physiological responses were measured as (1) frequency characteristics of autonomic nerve (high and low frequencies: HF, LF) by use of a cardiac monitor, and (2) regional saturation of oxygen (rSO₂) at frontal cortex by use of cerebral oximeter monitoring system, INVOS-5100C, attached to the forehead.

Results and Discussion: Although the scent of coffee has been reported to stimulate sympathetic tone (LF/HF), our results showed that, in contrast to males, it rather stimulated parasympathetic tone (HF) in females (P=0.009). Whereas, the scent of peppermint is generally known to stimulate sympathetic tone. We confirmed it in males, but the effect was weak in females (P=0.310). Similarly, in cypress, it acts on the sympathetic nerve in males, but not in females. No change in the forehead rSO₂ of the brain with respect to aroma was detected, and its usefulness for determining the effect of each aroma was not recognized.

*北陸大学医療保健学部 Faculty of Health and Medical Sciences, Hokuriku University

**九州保健福祉大学生命医科学部 Faculty of Medical Bioscience, Kyushu University of Health and Welfare

*責任著者 清水慶久 Yoshihisa Shimizu yo-shimizu@hokuriku-u.ac.jp

However, the gender difference was clearly significantly higher in males. In addition, both males and females tended to gradually decline over time, and the effect was greater for females than for males.

Conclusion: Changes in autonomic nervous tone after exposure to aroma scents tend to differ between sexes from one aroma to another.

Key Words : Aromatherapy, Essential oil, Autonomic nervous system, Power spectrum analysis, Cerebral regional oxygen saturation

はじめに

アロマセラピーは芳香療法とも呼ばれ、一般的には植物に由来するアロマを用いて、病気や外傷の治療、病気の予防、心身のリラクゼーションおよびストレスの解消など広く利用されている。また、認知症に対しては、匂い刺激が海馬歯状回での神経細胞新生を促進し、認知機能の改善をもたらす脳リハビリテーション効果や予防効果があり、問題行動や心の問題を軽減させるという報告が多数ある¹⁻⁶⁾。しかしながら、そのほとんどの報告内容は、主にアンケートの集計結果に基づくものであり、客観的なエビデンスと再現性を欠いていると言わざるを得ない。これらの問題を解決するためには、アロマの投与条件、種類だけでなく、実際にアロマセラピーを受ける個人別に相応しいアロマをピックアップし、最適な投与量を設定する必要がある。

著者らは、先行研究において視覚と聴覚が人間の意識レベルや感覚に与える影響を調査し、覚醒状態を保ちながら同時にリラックス効果をもたらされていることを示し、リラクゼーションを目的とした場合、視覚と聴覚については個人の嗜好が意識レベルや感覚に大きな影響を与えていることを報告した⁷⁾。さらに、アロマ効果の神経生理学的定量的評価条件についても検討を重ね、新たな計測システムを構築した⁸⁾。これらを踏まえて、今回の基礎研究では主に男女差に着目し、アロマの香りが自律神経系に及ぼす影響について、副交感神経の活動指標である0.15~0.40Hzの高周波成分(High Frequency: HF)、交感神経の活動指標である0.04~0.15Hzの低周波成分(Low Frequency: LF/ HF)、ならびに前額部局所脳酸素飽和度(regional Saturation of Oxygen: rSO₂)の測定を行った結果を報告する。

対象および方法

1) 対象者

事前に実験概要の説明会を行い、本研究に対して同意が得られ、かつ医師の問診を受け問題がないとされた21~26歳(平均22.1歳)の男性6名、女性6名の計12名を被験者とした。また、日本鼻科学会・嗅覚検査検討委員会による「日常のにおいアンケート」⁹⁾を実施し、いずれの被験者にも嗅覚異常がないことを確認した。

今回の被験者は、閉所恐怖症などの影響を避けるため、事前にHealth Care Chamber内の環境に順応させ、問題のない被験者のみを対象とした。さらに、女子学生には精神的なストレスがないかどうかの確認だけでなく、月経期間でないことも確認の上実施した。

2) 実施方法

2.1) 実験系について

アロマの定量噴射に用いた、Aroma Shooter™ (Aromajoin Corp.)は、複数のアロマを瞬時に切り替えて、局所領域に正確に定量噴射できる装置である 10)。アロマ使用量は噴射時間で制御され、Bluetoothによりタブレットやスマートフォンなど情報通信端末から操作可能である。

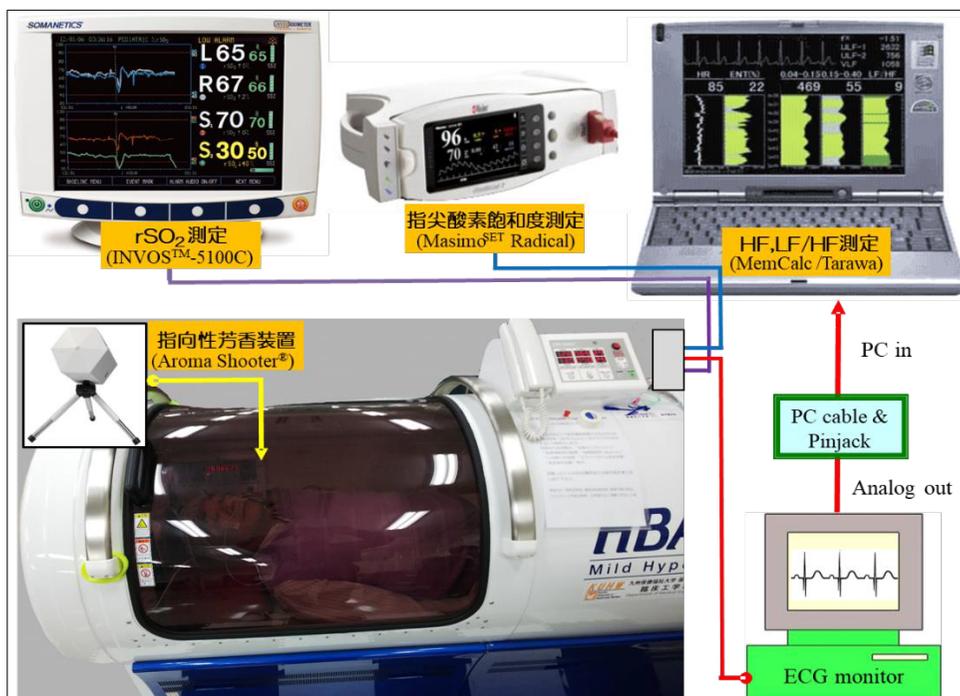
本装置の噴射最大距離は 60 cm であり、定量噴射されたアロマが希釈されるのを防ぐため、被験者を Health Care Chamber (HBA Space 72H)を用いた密閉空間内に収容し、仰臥位で安静を保った状態で計測を行った (図 1)。

Health Care Chamber 内は 25℃に保ち、外気が常時環流される条件とした。また、アロマの噴射条件は予備検討を行い、どの被験者も明確にアロマを認識できる条件として、Aroma Shooter™の噴射口から鼻までの距離を 30 cm、噴射時間を 1.0 秒とした。

アロマに対する自律神経系の影響をみるため、INVOS™-5100C (Medtronic) を用いて前額部局所脳酸素飽和度 (rSO₂) を、心拍ゆらぎリアルタイム解析プログラム (MemCalc /Tarawa, GMS)を用いて、HF ならびに LF/HF を計測した 11)。

2.2) 使用するアロマの選択

研究対象とするアロマを文献的にリストアップし 2-4,12-14)、分析意義が大きく、予備検討で被験者の匂いの認識度が高かったものとして、リラックス効果があり副交感神経系アロマとされるラベンダー (N-FL17: LAV) とヒノキ (N-WD8: CYP)、活動力を高める交感神経系アロマとされるペパーミント (N-HB21: PEP) とグレープフルーツ (N-CT5: GRA)、および日常的に遭遇するアロマとしてのコーヒー (N-DR1: COF) の計 5 種類を選択した。



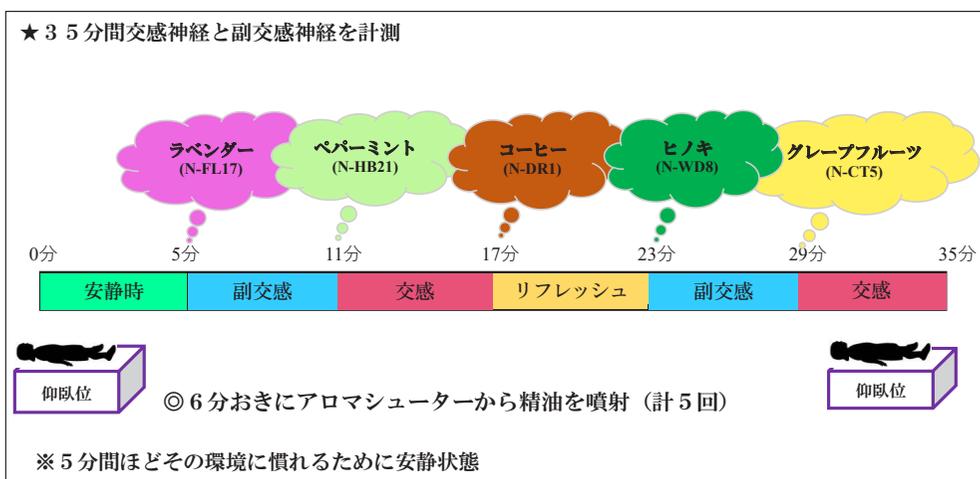
(図 1) Health Care Chamber を用いた rSO₂ および HF, LF/HF の計測システム 8)

3) 計測方法

本試験で用いる自律神経系の計測値は、個人の香り嗜好や試験当日の体調だけでなく、精神的ストレスが大きく影響する。被験者が学生であることを考慮し、実習や定期試験期間を除いて実施した。被験者には事前に試験概要の説明を行い、注意点として、前日は最低6時間の睡眠をとること、3食しっかり食べてもらうこと、過度な運動・精神的な負荷などを控えてもらうこと、実験当日は香水や整髪剤は避けて頂くことをお願いした。

実験は上述の条件により、Health Care Chamber 内において、Aroma Shooter™ から6分間隔で5種のアロマを順に1.0秒間噴射し、計35分間 HF, LF/HF, rSO₂ の計測を行った(図2)。

なお、一度に多種の匂いを嗅ぐことは被験者にとって負担となることが想定されたため、日常的に遭遇する匂いであるコーヒー(COF)の6分間を中間で設けて「リフレッシュ」時間とした。



(図2) 各アロマ提示のタイムコース

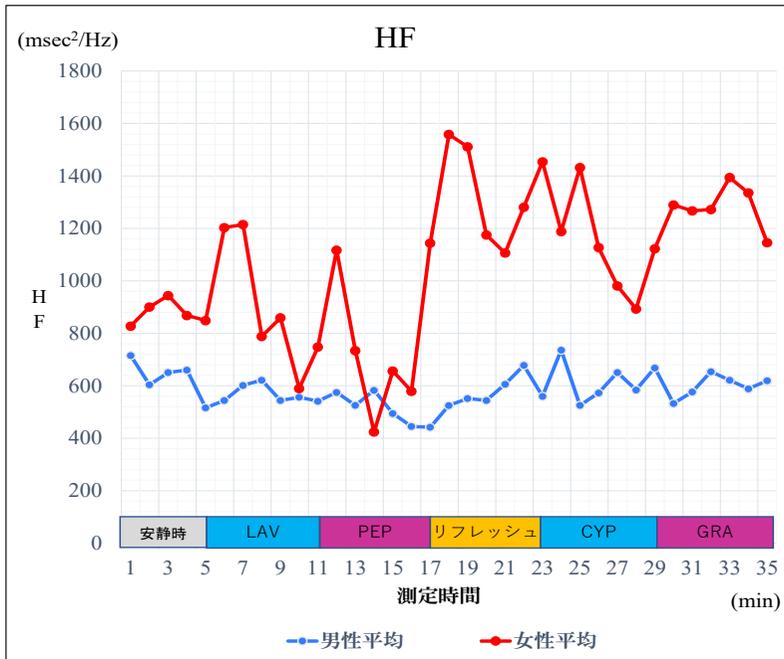
4) 統計分析

各アロマに対する生体反応の有意性は、アロマ噴射前3分間の計測値と噴射後3分間の計測値について、各アロマ噴射前後の各個人の反応値の変化率を男女別に求め、男女2群の変化率の差を Mann-Whitney 検定で比較した。また、例数も少なく分布が不安定であることから、F検定も同時に行い正規分布でないことを確認した。これらの統計解析および作図処理には、StatFlex Ver 7.0 (アーテック) を用いた。

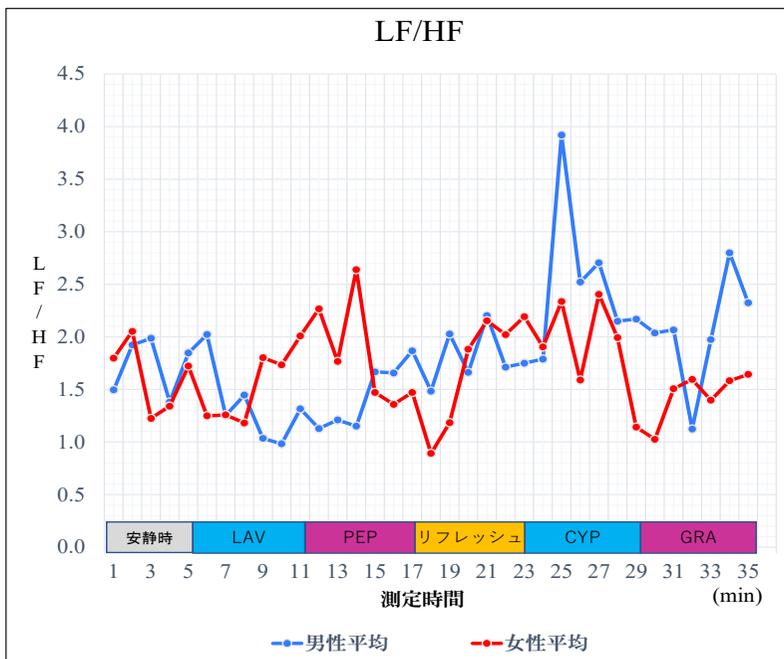
結果

1) 自律神経計測解析結果 (HF, LF/HF)

本研究はまだ予備研究の段階であるが、各アロマを提示した時の自律神経系の時間経過による変化は、副交感神経の反応 (HF) で常に女性の方が男性に比べすべてのアロマから強い影響を受けていた (図3)。これに対し、交感神経の反応 (LF/HF) では、女性の方が男性よりもペパーミントで強い反応を示し、ヒノキでは逆に男性の方が女性よりも強い反応を示した (図4)。しかしながら、他のアロマではその変動に、HFで見られたような大きな男女差を認めなかった。



(図 3) 副交感神経(HF)に対する各アロマ提示による経時的変化



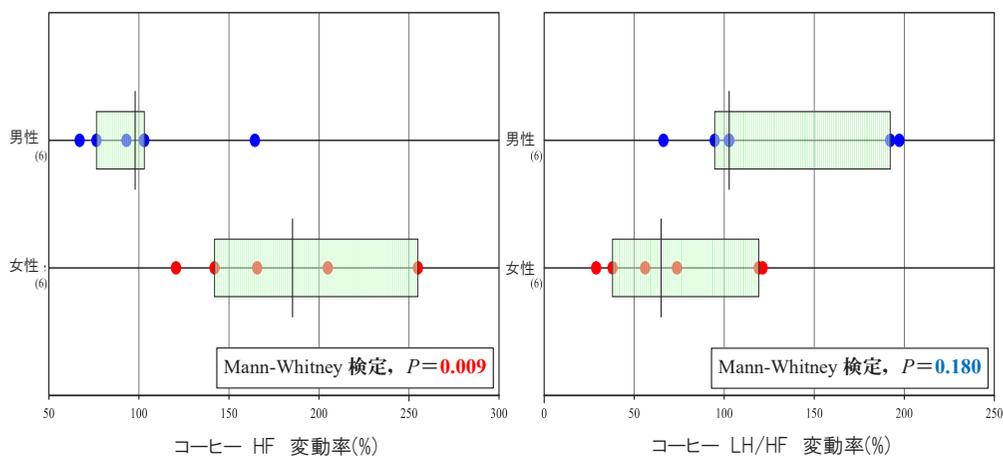
(図 4) 交感神経(LF/HF)に対する各アロマ提示による経時的変化

各アロマに対する副交感神経ならびに交感神経の反応に男女差があるかを Mann-Whitney 検定で調べた結果、コーヒーのアロマと副交感神経(HF)の間で有意な男女差を認めたが、その他のアロマでは認めなかった(表 1)。一方、男女の 4 分位偏差 QD の差異や分散比 (F 検定) から、ラベンダーとグレープフルーツで、女性の方が HF の反応に個体差が大きい傾向を認めた。

(表 1) 各アロマに対する自律神経反応の男女差 (Mann-Whitney 検定)

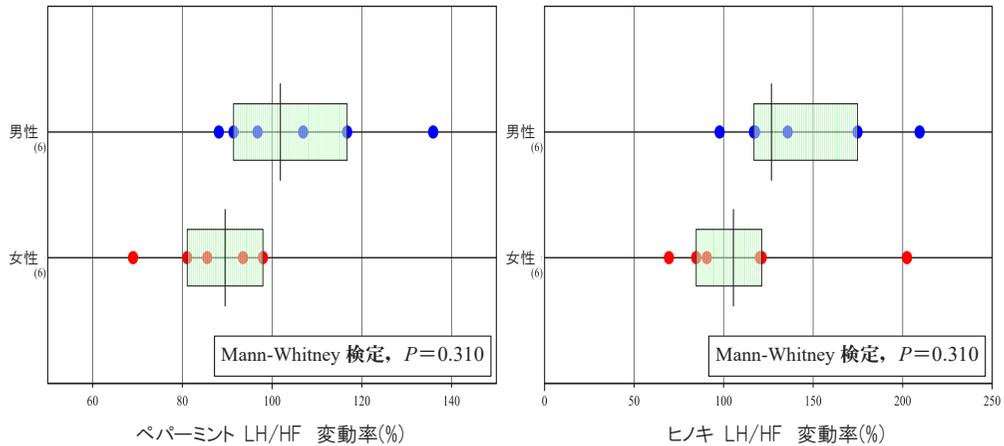
	変数名	男性		女性		男女差 P値	分散比(F) P値
		Median	QD	Median	QD		
副交感神経 (HF)	ラベンダー	91.9	11.9	98.1	36.2	0.938	0.028
	ペパーミント	94.2	18.9	105.4	13.6	0.589	0.076
	コーヒー	97.9	13.3	185.3	56.4	0.009	0.080
	ヒノキ	104.4	18.7	114.0	24.9	0.938	0.240
	グレープフルーツ	105.8	13.7	99.9	26.0	0.819	0.006
交感神経 (LF/HF)	ラベンダー	114.7	36.7	102.1	32.6	0.938	0.181
	ペパーミント	101.8	12.7	89.5	8.4	0.310	0.192
	コーヒー	102.7	48.7	64.9	40.6	0.180	0.401
	ヒノキ	126.7	28.9	105.5	18.3	0.310	0.397
	グレープフルーツ	91.0	38.4	66.1	43.1	0.394	0.429

このコーヒーのアロマが副交感神経(HF)、交感神経(LF/HF)に及ぼす影響について、周波数の変動と検定結果の詳細を図 5 に示す。これから、男性よりも女性の方が副交感神経の反応が強く、リラックス効果を認められ、この男女差は統計学的に有意であった(P=0.009)。これとは対照的に、交感神経(LF/HF)での反応は、男性の方が女性よりもアロマの刺激に敏感な例が多くみられたが、統計学的に有意とは言えなかった(P= 0.180)。



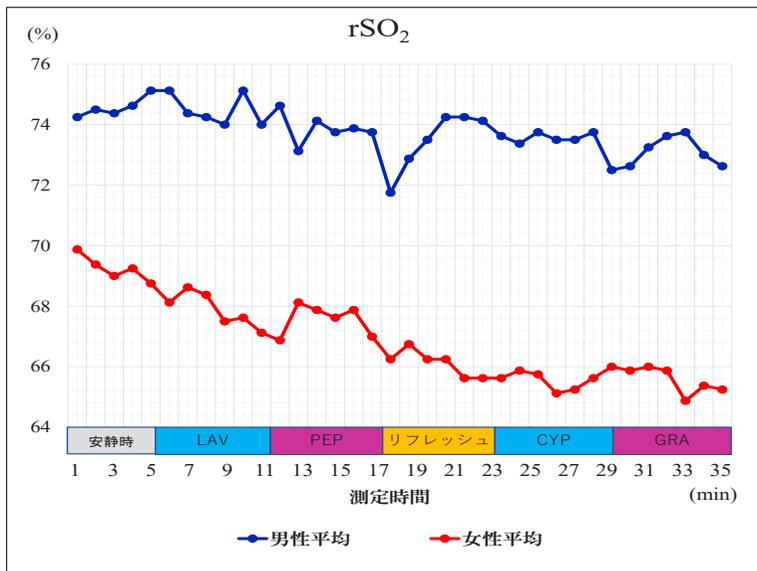
(図 5) コーヒーのアロマに対する自律神経系(HF, LF/HF)の男女の相対的反応

ペパーミント(PEP)の交感神経(LF/HF)に対する反応では、統計学的には有意ではなかったが、女性では反応性が低下する傾向を示したのに対し、男性では上昇するという相対する反応がみられた。また、ヒノキ(CYP)でも同様に、男性では明瞭に上昇する反応がみられたが、女性では一例を除いてヒノキのアロマに対する変化がみられなかった(図 6)。



(図 6) 交感神経(LF/HF)に男女差の影響がみられたペパーミントとヒノキの反応

次に、アロマの噴射に伴う、前額部の局所脳酸素飽和度(rSO₂)の推移を示す(図 7)。各アロマ噴射前後の変化の有意性を、自律神経系解析結果のそれと同様に分析したが、どのアロマに対しても、男女ともに明瞭な変化と考えられる所見を認めなかった。しかし、全体を通して rSO₂ 値は、男性の方が女性よりも計測値が有意に高かった。また、この rSO₂ の男女差はアロマの種類とは無関係に認められた。



(図 7) 局所脳酸素飽和度(rSO₂)に対する各アロマ提示による経時的変化

考 察

本予備研究は、アロマに対する生体反応の評価を、従来よりも定量的で厳密な条件で行うべく、被検者を Health Care Chamber におき、かつアロマの使用量を、Aroma Shooter™ を利用して制御して行った。すなわち、視覚や聴覚の影響を排除し、提示するアロマの量を統一し、一回の実験で複数のアロマに対する影響を同時に分析出来るようにしたものである。

一方、アロマの噴射への反応は、心拍ゆらぎリアルタイム解析システムを用いて HF、LF/HF の計測を行ったが、もともと各計測値は揺らぎやすいため、6分間隔で順に行った精油噴射前の値を、一定にすることは困難であった。しかし、Health Care Chamber 内は常に換気されており、噴射したアロマの停滞時間は数分内に消失するという前提で、少なくとも短期的な噴射前後の変化には意味があると考え分析を行った。

副交感神経(HF)に各アロマが及ぼす影響については、アロマ噴射前の副交感神経(HF)レベルは、全体として男性よりも女性が高く、よりリラックスした状態にあると判断された。アロマ噴射後の HF 値に男女差を認めたのは、女性におけるコーヒーのアロマに対する HF の有意な上昇であった。このコーヒーに対する影響については、森谷ら¹⁵⁾の研究で、コーヒー中のカフェインが交感神経活動、副交感神経活動の両方を刺激するとしている。さらに、コーヒー特有の物質(香り、苦味など)が、HF (0.15~0.40Hz) と LF (0.04~0.15Hz) に、0.007-0.035Hz の超低周波数帯域 (VLF: Very Low Frequency)成分¹⁶⁾を含めた総自律神経活動を増強し、脂質代謝を高める可能性を示唆した。また、間接的ではあるが、コーヒー特有の物質がリラクゼーション効果を持つとも報告している。しかし、今回の我々の結果では、女性では交感神経(LF/HF)が抑制され、副交感神経(HF)は亢進し、男性では交感神経(LF/HF)が増強し、副交感神経(HF)は抑制傾向を示すといった男女で異なる結果であった。ただ、今回はアロマによる嗅覚反応のみをみており、今後は味覚もあわせて分析が必要であると考えられた。

ペパーミントでは、交感神経優位に作用する^{17,18)}と言われ、その根拠として中枢興奮作用を有するカフェインと同様に、マウスの移所運動活性を増加させ、それはドパーミン系を介して交感神経興奮作用させるとする報告¹⁸⁾があるが、今回の我々の結果では、男性では交感神経(LF/HF)で上昇する反応がみられたが、女性では逆に抑制する傾向がみられた。同様の反応性は、ヒノキの交感神経(LF/HF)でもみられたが、男女差について検定した結果、ともに有意差はなく(P=0.310)、傾向がみられるに程度の変化にとどまった。

このヒノキに対する反応では、ヒノキの精油が活気・活力を与えるとの報告¹⁹⁾があるが、我々の結果では、交感神経(LF/HF)で女性では反応性が低いのにに対して、男性では高く反応するという男女差がみられたが、その程度に有意な男女差はみられなかった(P=0.310)。

ラベンダーのアロマが自律神経系に及ぼす影響については、多くの研究報告^{18,20-22)}があるが、そのほとんどが鎮静効果やストレス軽減効果を示唆するものであり、ラットにおいても副交感神経活動を促進することを示唆する報告がある²³⁾。しかし、今回男女別に変化率を分析したところ、副交感神経(HF)ならびに交感神経(LF/HF)ともに影響がみられなかった。

グレープフルーツのアロマに関しては、ストレスの発散作用や精神賦活作用があり活力を取り戻すといわれ^{20,24)}、また、自立神経系を刺激しリフレッシュ効果があるとする報告²⁵⁻²⁷⁾がある。今回の我々の結果からは、副交感神経に対しては男女ともに影響を及ぼさないのに対し、女性に比べ男性の方が反応している傾向がみられた(P=0.394)。

このような男女差については、最近の研究で Marley らはマウスを用いた実験で、1)嗅球の糸球体の反応がメスの方が速い、2)一つのおい物質でメスの方がより多くの糸球体が反応し、メスの嗅覚はオスよりも鋭いことから、女性の方が脳でおいを判断するときにコントラスト(信号の強弱)をつけやすく匂いに対する感受性が豊かであると報告²⁸⁾している。また Oliveira ら

は解剖学的に脳細胞の嗅覚を感じる部分の数を測定した結果、女性では嗅覚情報の処理に関わる脳細胞「嗅球」が男性より平均 43.2%多く、さらにニューロンの数に関しては 49.3%多いことなどから、嗅球が多い女性のほうが嗅覚が鋭いと報告²⁹⁾しており、男女差が生じる要因の一つではないかと考えられた。

INVOS™-5100C を用いた rSO₂ 測定は、前額部にソマセンサーを貼付するのみで、非侵襲的かつ連続的に使用可能な近赤外線脳酸素モニタが可能で、心臓血管手術中に発生する脳循環代謝の異常を早期に発見できることから、臨床的には多くの報告がある³⁰⁻³²⁾。しかし、健常者に関する報告はなく、基準範囲も設定されておらず、成人の場合は目安として rSO₂ : 70±10 %とされているに過ぎない。脳血流の変化については、アロマは吸気を通して体内に取り込まれ、脂溶性が高いために血液脳関門を透過して脳内に取り込まれるとの報告¹²⁾があることから、脳前額部の局所脳酸素飽和度に変化があるのではないかと考え、rSO₂ の計測を試みた。しかし、今回我々の結果では、前額部の局所脳酸素飽和度(rSO₂)の大きく異なる男女差が明らかとなったが、アロマに対する影響は認められなかった。この rSO₂ の解釈については、供給側に問題があり代謝は変わらなければ rSO₂ は低下し、代謝側に問題があり供給側は変わらなければ rSO₂ は上昇するとされている³³⁾。本実験では、被験者の代謝側に問題はなく経時的な rSO₂ の上昇は見られなかったが、男女別の rSO₂ の結果では、女性は経時的に低下しており、脳循環や組織活性が亢進していることが示唆され、男性では rSO₂ が緩徐に低下することから脳循環や組織活性が女性よりも低いことが考えられた。この男女差の再現性とその生理的な意義については追試が必要であると考えられた。

文献的には、測定方法は異なるが、NIRS (ETG4000)を用いた脳内の HbO₂ 濃度の変化を測定する研究では、8 人の被験者に実施した結果、平均脳内 HbO₂ 濃度はミルラ、グレープフルーツ、ラベンダーにより時間経過と共に増加傾向を示した一方、ペパーミントの刺激では時間経過と共に減少傾向を示したとの報告がある³⁴⁾。しかし、プローブを配置したホルダーを前頭部から両側頭部全体をカバーするように装着するものであり、被験者に対して少なからずストレスを与えていた可能性がある。この結果の差については、INVOS™-5100C ではソマセンサーの装着部位が前額部のみであり、側頭部の影響を検出できていないことによると考えられる。また、脳波を用いた解析では、Fz 付近の前頭部で集中した状態で出現する β 波と O1 付近の後頭部でリラックスした状態で出現する α 波の比(β/α)を用いた解析で、精油との関係で有意差が認められたとの報告³⁵⁻³⁷⁾があることから、今後は前額部付近の脳波成分の同時解析をする予定である。

限 界

本予備研究では、被験者を 20 代男女に限定して行ったため、次のような限界がある。①例数不足により全体として統計的に有意な変化を認めた所見は乏しかったこと、②5 種類のアロマを 6 分間隔で連続して行ったが、HF、LF/HF の経時変化では、噴射前 3 分の値が一定でなく、直前のアロマ噴射の影響を完全にクリアされたとは言えないこと、③噴射前値を常に揃えて試験することは、もともといずれの値も変化しやすいため、技術的に困難であり、噴射前後での短期的な変化の比較に依存せざるを得なかった。

おわりに

今回、アロマの提示条件ならびに被験者の心理的な条件を統一し、複数のアロマに対する副交感神経・交感神経系に及ぼす影響を調査した。大きな変化が見られたものとして、コーヒーでは、

副交感神経(HF)で明瞭な男女差を認めた(P=0.009)。また、交感神経(LF/HF)でも有意差は認められなかったが(P=0.180)、男女で対照的な反応性がみられた。

ペパーミントの交感神経に対する反応では、統計学的には有意ではなかったが、女性に比べ男性の方に影響がみられた。また、ヒノキでも同様に、男性では交感神経(LF/HF)が上昇する傾向、逆に女性では低下する傾向を認めた。

しかし、検討した例数が少なく、統計学的には十分とは言えない結果となった。今後は、よりシンプルな方法論を模索し、例数を増やして検討を行う必要がある。なお、今回、脳前額部の局所脳酸素飽和度(rSO₂)の測定を予備研究として行ったが、どのアロマでも、噴射後の明瞭な変化を検出することはできなかった。

【謝辞】

本基礎研究を進めるにあたり、ご助言・ご協力を頂きました先生方、また、被験者として研究にご協力頂きました九州保健福祉大学生命医科学部・保健科学部の学生の皆様にも厚く御礼を申し上げ、感謝の意を表します。

【倫理的配慮】

本研究は、九州保健福祉大学倫理審査委員会において、その倫理的、科学的、医学的な妥当性につき審査を受け、その承認(平成30年5月24日:受理番号18-007)を得て実施した。また、企業との共同研究ではなく、分担研究者も含め大学教員であり、企業との利益相反は存在しない。

【公的研究費】

科学研究費助成事業(基盤研究(C)(課題番号:18K12157)、平成30~令和2年度、「アロマセラピーの生理効果の系統的評価とその個別化・最適化」、研究代表者:清水慶久)を用いて実施した。

参考文献

- 1) Isawa M et al. Influence of Counseling Intervention on the Effectiveness of Aromatherapy with Bergamot Oil in Healthy Women Volunteers Measured with a Brain Monitoring System. JCSS, 38: 81-86, 2014.
- 2) 吉田聡子ほか: 香りが自律神経系に及ぼす影響. 日本看護研究学会雑誌, 23: 12-14, 2000.
- 3) 安藤満代, 小笠原映子: 施設入所中の高齢者の心理に及ぼすアロマセラピーの効果. 日本アロマセラピー学会誌, 3: 52-57, 2004.
- 4) 小笠原映子ほか: 柑橘系精油によるアロママッサージのリラクゼーション効果およびリフレッシュメント効果について. 日本看護研究学会誌, 30: 17-26, 2007.
- 5) 木村有希ほか: アルツハイマー病患者に対するアロマセラピーの有用性. 日本痴呆学会誌, 19: 1-10, 2005.
- 6) 下村奈々子, 黒田圭子, 松本鉄也: 心拍変動に対する精油の効果, 大阪教育大学紀要, 62: 57-64, 2014.
- 7) Tsutsumi M et al. Individual reactions to viewing preferred video representations of the natural environment: A comparison of mental and physical reactions. Jpn J Nurs Sci, 14: 3-12, 2017.

- 8) 清水慶久ほか：アロマ効果の定量的評価条件の工夫と予備検討成績ーアロマ効果の定量的評価条件の工夫ー. *Journal of Japanese Society of Aromatherapy*, 20(1): 35-44, 2021.
- 9) 都築健三, 深澤啓二郎, 竹林宏記ほか: 簡易な嗅覚評価のための「日常のにおいアンケート」. *日鼻誌*, 48(1): 1-7, 2009.
- 10) 安藤広志: 香りを瞬時に切り替えられる「香り噴射装置」の開発. *ITU ジャーナル*, 7: 22-25, 2013.
- 11) 常盤野和男ほか: 最大エントロピー法による時系列解析 第 2 版 MemCalc の理論と実際. 北海道大学出版会, 2008.
- 12) 青島 均: 解ってきた香りの力. *香料*, 245: 21-32, 2010.
- 13) 永井克也: 香り と 自律神経. *日本アロマセラピー学会誌*, 7: 21-27, 2008.
- 14) 櫻井和俊: 香りの分析と香りの効果効能について. *日本食生活学会誌*, 21: 179-184, 2010.
- 15) 森谷敏夫, 永井成美: 辛味成分へ嗜好性と代謝亢進に関する研究. *浦上財団研究報告書*, 14: 20-22, 2006.
- 16) Moritani T et al. Electrophysiology and kinesiology for health and disease. *J Electromyogr Kinesiol*, 15: 240-255, 2005.
- 17) 渡邊映理, 今西二郎: Odor の多面的作用に対する生理心理学的視点からのアプローチ. *京府医大誌*, 123: 467-486, 2014.
- 18) 梅津豊司: エッセンシャルオイルの薬理と心ーアロマセラピーの効能の科学ー. フレグランスジャーナル社 (東京), 129-140, 2010.
- 19) 竹花美紅, 萬羽郁子, 鴻池孝宏: ヒノキ精油による心理・生理反応. *東京学芸大学紀要*, 69: 375-382, 2018.
- 20) マリア・リス・パルチン: 香りの科学と心理学的作用. *アロマセラピーサイエンス*, フレグランスジャーナル社 (東京), 2011.
- 21) 山本芳邦: 香りの薬効とその秘密. 丸善 (東京), 2003.
- 22) 段 旭東: アロマによる自律神経活動と脳活動. *J Int Soc Life Info Sci*, 24: 383-395, 2006.
- 23) 永井克也: 匂い刺激のエネルギー代謝に対する影響とその機構ーグレープフルーツとラベンダーの芳香の効果ー. *肥満研究*, 11: 92-94, 2005.
- 24) 林 真一郎編: *アロマセラピーの事典*, 東京堂出版 (東京), 2000.
- 25) 浅野智絵美, 伊藤輝子, 川野直子: グレープフルーツおよびラベンダーの匂い刺激による生理・心理機能への影響. *日本味と匂学会誌*, 16: 633-636, 2009.
- 26) 渡邊映理, 木村真理, 今西二郎: 5 種類の精油による芳香浴がコンピュータ作業に及ぼす効果. *日本アロマセラピー学誌*, 10: 33-45, 2010.
- 27) 河野貴美子: 各種香りの生体への影響の差異ー脳波による検討ー. *J Intl Soc Life Info Sci*, 29: 71-75, 2011.
- 28) Marley DK et al. Differences in peripheral sensory input to the olfactory bulb between male and female mice. *Nature Scientific Reports*, 7: 45851, 2017.
- 29) Oliveira-Pinto AV et al, Sexual dimorphism in the human olfactory bulb: females have more neurons and glial cells than males. *PloS one*, 9: e111733, 2014.
- 30) 門崎 衛: 局所組織酸素飽和度の臨床応用. *日本臨床麻酔学誌*, 35: 482-486, 2015.
- 31) 吉田 諭ほか: 体外循環開始前に前額面で測定した rSO_2 値左右差の評価項目としての有用性. *体外循環技術*, 42: 407-411, 2015.
- 32) 安田千春ほか: INVOS による継続的脳血流モニタリングが頸動脈内膜剝離術後の過灌注症候群の予測に有用であった 1 例. *脳卒中の外科*, 44: 53-57, 2016.
- 33) Kim MB et al. Estimation of jugular venous O₂ saturation from cerebral oximetry or arterial O₂ saturation during isocapnic hypoxia. *J Clin Monit Comput*, 16: 191-199, 2000.

- 34) 芳賀三紀子, 小口江美子, 浅野和仁: 異なる香りによる脳内酸化ヘモグロビン濃度および気分への影響. 昭和大学保健医療学雑誌, 11: 68-79, 2013.
- 35) 瀬川 遼ほか: 香りの強度変化パターンに基づく心理的効果の検証. TVRSJ, 15: 531-536, 2010.
- 36) 三木佐知子ほか: SEP (体性感覚誘発電位) および脳波へのラベンダーおよびペパーミントの効果. 四国医誌, 53: 248-257, 1997.
- 37) Lorig TS et al. EEG activity during nose and mouth breathing. Psychobiol, 16: 285-287, 1988.