

主食の前に摂取する食品の匂いが食欲と摂食行動に及ぼす影響

神山 伸^{*}、伊藤美祐[†]、曾根英行

匂いは食品の「おいしさ」に大きく影響するとともに、食欲の調節にも寄与している。本研究では、日常の食事において主食に先行して摂取する食品の匂い自体が食欲を調節し、炭水化物を中心とする主食の摂食に影響するかどうかについて検討した。

空腹状態（食後 4 時間以上）にある新潟県立大学の学生 11 名を対象として、匂いなしの条件および飲料（緑茶）、汁物（みそ汁）、副菜（野菜）の匂いについて 4 日間試験を行った。試験前に空腹感と食欲、1 分間の唾液分泌量、唾液アミラーゼ活性を測定した後、匂いなしの条件あるいは、緑茶、みそ汁、野菜フレッシュジュースのいずれかの匂いを 1 分間嗅いだ後の条件で、それぞれについて再度測定した。その後、白飯を自由摂取させ、摂食量と摂食時間、摂食速度を測定した。

その結果、野菜の匂いを先に嗅いだ場合では食欲が有意に低下するとともに、摂食時間が短縮した。一方、みそ汁の匂いを嗅いだ場合では唾液分泌量が有意に増加したことから、みそ汁の匂いは条件反射により唾液の分泌を促進させることが確認された。一方、摂食量と摂食速度はいずれの条件でも有意差がみられなかったことから、食前の匂いの影響は長時間持続せず、継続的に匂いを嗅がない状態では摂食量自体に大きな影響を及ぼさない可能性が示された。また、各測定項目と匂いの好き嫌いとの関連性をみた場合では、特に空腹感と食欲、唾液分泌量において、その食品そのものの匂いよりも、匂いの好き嫌いによる影響が大きいことが示唆された。

これらの結果から、野菜類の匂いは食欲抑制、みそ汁の匂いは食欲促進に働いており、食べ順ダイエットなどの食事順番の効果には、食品の匂いによる影響も一部寄与しているものと考えられる。

キーワード：匂い、食欲、食べ順ダイエット、摂食量、唾液分泌

はじめに

食品の「おいしさ」は味覚のみならず、匂いやテクスチャー（食感）、外観、温度などのさまざまな因子によって総合的に決定されている。特に匂い成分は非常に微量でも感知されるために、嗅覚は食物に対する嗜好性に大きく影響している¹⁾。匂いは自律神経の活動にも影響しており、香気成分には交感神経の活性化に働くものと副交感神経の活性化に働くものの両方が存在している。ここで、食欲や消化管の活動の調節には自律神経が関与しており、副交感神経の活性化がその促進、交感神経の活性化がその抑制に働くことから、匂いは自律神経の調節を介して食欲や消化活動にも影響している。ラットを用いた実験でも、交感神経を抑制するラベン

ダーの匂いが胃の副交感神経の活動を活性化して食欲を増進させる一方、交感神経を活性化させる働きを持つ柑橘類の匂いのリモネンは胃の副交感神経を抑制して、食欲を低下させることが報告されている^{2, 3)}。このように、香気を上手に活用することにより生活リズムを改善するとともに、自律神経を介して二次的に食欲を調節することが可能であるものと考えられる。

一方、同じ量のエネルギーを摂取した場合でも、食品により血糖値の上がり方が異なることが知られている⁴⁾。例えば、糖質を単独で摂取した場合よりも、食物繊維が多く消化吸収されにくい食物の方が血糖値の上昇がゆるやかであり⁵⁾、その結果インスリンの分泌が抑えられ、エネルギーの蓄積が抑制されるものと考えられている。このことを利用した「低グリセミック

新潟県立大学人間生活学部健康栄養学科

^{*}責任著者 連絡先：kammy@unii.ac.jp [†]共同筆頭著者

利益相反：なし

インデックス (GI) 食品ダイエット」のようなダイエット方法が肥満抑制と生活習慣病の予防に広く用いられるようになってきている。また、食事のうちで野菜類や海藻類などの食物繊維を含む食品を先に摂取する「食べ順ダイエット」についても、血糖値の上昇とインスリンの分泌が抑制されるとともに、よく噛むことで満腹感が得られ、主食の摂食量が抑えられるなどの効果が期待されており、その結果、糖尿病や肥満を抑制し、生活習慣病の予防に繋がると考えられている⁶⁾。2型糖尿病患者を対象とした研究において、同じ栄養量の食事を摂取した場合でも、その摂取順序を野菜を先に食べるだけで食後高血糖の改善と24時間の血糖変動幅の縮小がみられ、また、健常者においても同様の効果が得られることが報告されている⁷⁾。これらのダイエット方法を利用することによって、食べ過ぎの防止に加え、食後の血糖値上昇とインスリン分泌を抑制することにより、糖尿病の予防に繋がることが期待されている。

これらの方法によるダイエットの効果は、主に消化管での影響を中心に検討されており、その食品の匂い自体が及ぼす影響については考慮されていない。前述のように、匂いは食欲に影響するとともに、自律神経を介して消化吸収を含む生体リズムの調節に大きく関与していることから、食べ順ダイエットにおいても食品の匂い自体が摂食調節と肥満抑制に寄与しうるものと考えられる。したがって、本研究はこの食べ順ダイエットを「匂い」の面から捉えなおし、主食の前に摂取する食品の匂い自体が食欲を調節し、主食の摂食量の抑制に影響するかどうかを明らかにすることを目的として行った。すなわち、通常のメニューを構成する「主食」「主菜」「副菜」「汁物」「飲料」のうち、特に副菜（野菜）と汁物（みそ汁）、飲料（緑茶）に着目し、これらの匂いによる食欲の調節とそれによる生活習慣病予防の可能性を検討した。

方法

被験者と倫理的配慮

同意を得られた新潟県立大学の女子学生（20～22歳）11名を対象とし、昼食前の空腹時

（食後4時間以上）に試験を行った。

本研究は新潟県立大学の倫理審査委員会の承認を受け、倫理的配慮のもと実施した（承認番号1812）。研究と試験の概要については、「大学病院医学情報ネットワーク研究センター 臨床試験登録システム (UMIN-CTR)」の臨床試験登録情報に記載されている（登録番号 (UMIN 試験 ID) : UMIN000034375 試験名 : 「食品の香りを応用した食欲と摂食量の調節」）。

試料

白飯 : 「トップバリュ 新潟県産コシヒカリごはん」(1パック180g、イオンプライベートブランド) を電子レンジで温めた後、一人あたり2パック分 (計360g) を容器に盛り付けて提供した。

緑茶 : 「トップバリュ 国産茶葉使用 緑茶ティーバッグ」(イオンプライベートブランド) を140 mLの湯 (95°C) で抽出したものを紙コップに入れて提供した。

みそ汁 : 「料亭の味 かつお昆布の出汁入り」(マルコメ) 12.6g を140 mLの湯 (95°C) に溶解した (具なし)。

野菜フレッシュジュース : 新潟県新潟市のスーパーマーケットで購入した野菜類を用い、重量比として、レタス40%、ブロッコリー20%、キャベツ20%、トマト20%をミキサーで潰し、野菜ジュース状にしたものを紙コップに入れて提供した。

試験方法

試験デザインのアウトラインを図1に示した。匂いを嗅がない試験とそれぞれの匂いを嗅ぐ試験の計4回について、それぞれ異なる週に行った。それぞれの評価方法の詳細は、後述の「評価方法」の項目に記載した。

最初の週に「匂いなしの試験」を行い、その後「匂いありの試験」として、緑茶、みそ汁、野菜フレッシュジュースの3種類の匂いについての試験を行った。

【匂いなしの試験 (1週目)】

- 1) 試験開始時の状態において空腹感と食欲を評価した後、1分間の唾液分泌量と唾液

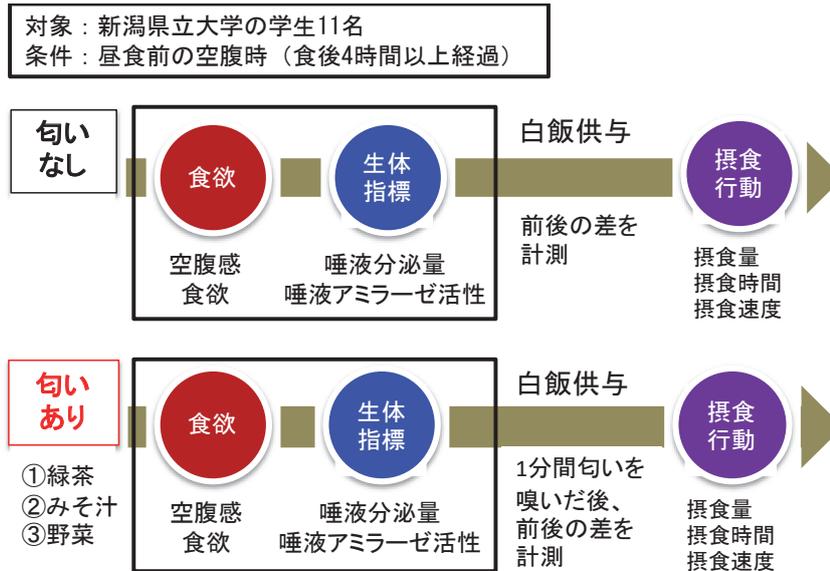


図 1. 実験デザインのアウトライン

アミラーゼ活性を測定した。

- 2) 白飯を見た状態で再度空腹感と食欲を評価した後、1 分間の唾液分泌量と唾液アミラーゼ活性を測定し、前後の差を計測した。
- 3) 白飯を自由摂取してもらい、摂食量と摂食時間、摂食速度を測定した。

【匂いありの試験（2～4 週目）】

- 1) 試験開始時における空腹感と食欲を評価した後、1 分間の唾液分泌量と唾液アミラーゼ活性を測定した。
- 2) 白飯を見た状態で、試験試料の匂いを1 分間嗅ぐと同時に唾液分泌量を量り、空腹感と食欲、匂いの好き嫌いを評価した後、唾液アミラーゼ活性を測定し、前後の差を計測した。
- 3) 白飯を自由摂取してもらい、摂食量と摂食時間、摂食速度を測定した。

なお、白飯を摂取する時は、周りの被験者の摂食行動に影響を受けないように、個人ブースを設けて試験を行った。

また、水を紙コップ1 杯提供し、摂食の間自由に飲んでもらった。

評価方法

【食欲に関する指標】

空腹感と食欲：視覚的アナログ目盛り法（Visual Analog Scale, VAS）^{8,9)}を用いて匂いを嗅ぐ前と嗅いだ後の空腹感と食欲をそれぞれ評価した（図 2）。「空腹感」においてはもっとも空腹の状態を 100 したときの空腹感、「食欲」においてはもっとも食べたいと思う状態を 100 としたときの食欲として記入した。

匂いの好き嫌い：匂いを嗅いだ後、その匂いの好き嫌いについて7段階評点法を用いて評価した。

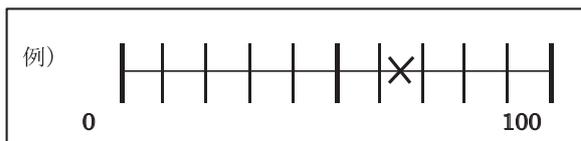
【唾液分泌に関する指標】

唾液分泌量：唾液を全て飲み込んだ後、1 分間唾液をため、重量を測定してある脱脂綿に口中の唾液を全て吐き出してもらい、その重量を測定することによって求めた。

唾液アミラーゼ活性：使い捨てのアミラーゼセンサーと唾液アミラーゼモニター（NIPRO 製）を用いて唾液アミラーゼ活性（kIU/L）を測定した。

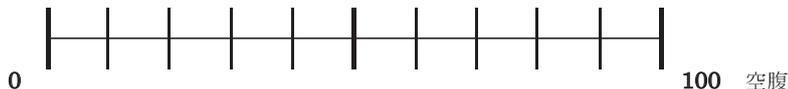
【摂食行動に関する指標】

摂食量：重量を測定してある容器に白飯を 360g 盛りつけて提供し、食べ残した重量を測定した。



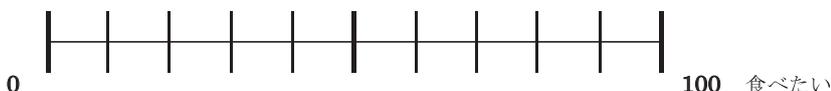
<空腹感>

もっとも空腹の状態を 100 とすると、空腹感ほどのくらいですか。右上の例のように目盛に×を入れてください。



<食欲>

もっとも食べたいと思う状態を 100 とすると、食欲ほどのくらいですか。目盛に×を入れてください。



<好 嫌い>

お茶の香りを嗅いでどう感じましたか。-3~+3 点の間で評価し、当てはまる数字に をつけてください。



図 2. 視覚的アナログ目盛り法 (VAS) による空腹感と食欲の評価

摂食時間：摂食開始から終了までの時間を、ストップウォッチを用いて測定した。

摂食速度：摂食量 (g) を摂食時間 (分) で割ることにより、1 分あたりの摂食速度 (g/分) として算出した。

統計処理

数値は全て平均値と標準誤差 (SEM) で表した。統計処理としては、群間の平均値の差については一元配置分散分析と Holm 法補正による多重比較で有意差検定を行った。また、それぞれの匂いの結果 (n=11) と 3 つの全ての匂いの結果を合わせた試験全体の結果 (n=33) については、コルモゴロフ・スミルノフ検定による 2 変量正規分布の確認とともに、匂いの好き嫌いとその指標との相関についてスピアマンの順位検定を行い、相関係数と p 値を求めた。

さらに、匂いの好き嫌いについては 0 以上の値 (嫌いではない) と負の値 (嫌い) の数、それぞれの指標に関しては 0 以上の値 (上昇または不変) と負の値 (減少) を示した数を集計し、2×2 分割表からフィッシャーの正確確率検定を行うことにより、匂いの好き嫌いとその指標の増減との関連性を調べた。

解析は R プログラム (v3.1.3) を用いて行い、5%を有意水準とした。

結果

食品の匂いを嗅ぐ前後の空腹感の変化を図 3 に示した。視覚的アナログ目盛り法は感覚の数値化で汎用されている方法であり、本研究では「空腹感」と「食欲」をもっとも空腹の状態、あるいはもっとも食べたい状態を 100 とした場

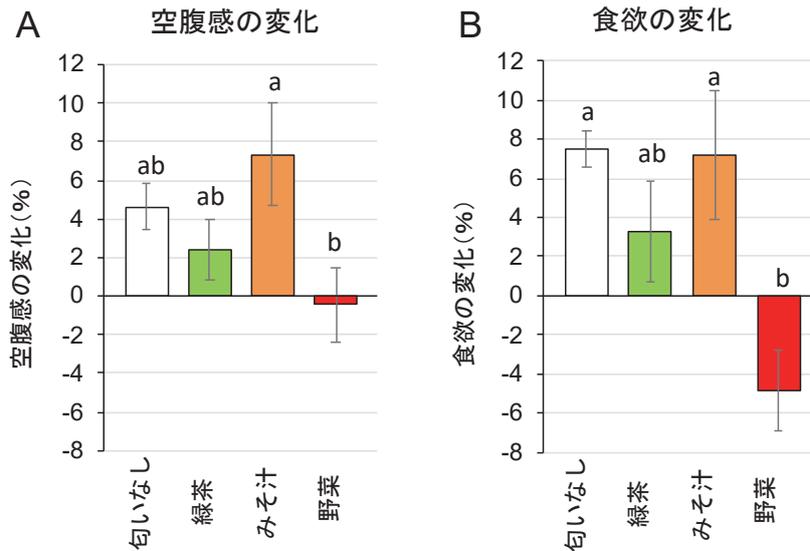


図 3. 匂いを嗅ぐ前後での空腹感と食欲の変化

A. 実験前後の空腹感の変化、B. 実験前後の食欲の変化。VAS で評価したそれぞれの感覚の値について、実験前後の値の変化を%として表示した。同一項目で異なる記号を持つものは有意差を表す。

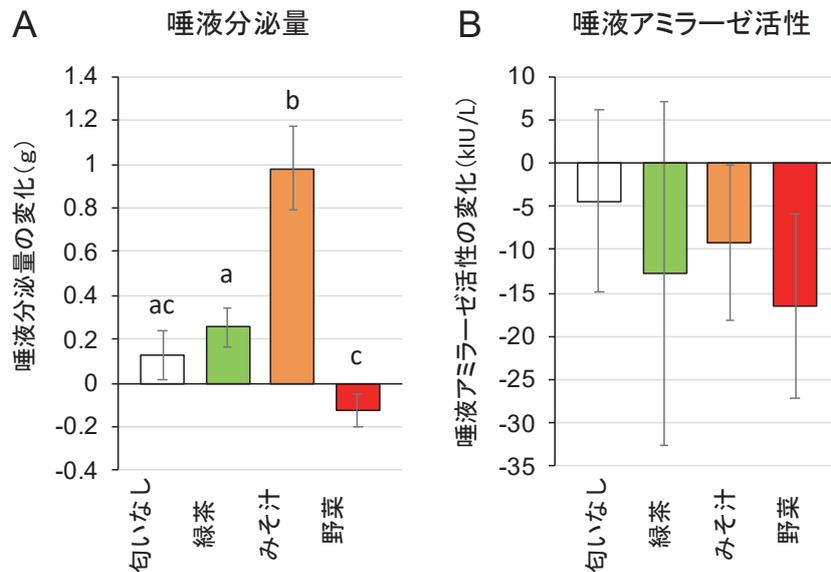


図 4. 匂いを嗅ぐ前後での唾液分泌量と唾液アミラーゼ活性の変化

A. 実験前後の唾液分泌量の変化、B. 実験前後の唾液アミラーゼ活性の変化。実験前後にのそれぞれの測定値について、値の変化を表示した。同一項目で異なる記号を持つものは有意差を表す。

合の相対値としてそれぞれ評価した。「匂いなし」の状態においても試験前後で空腹感と食欲に変化がみられたため、匂いなしおよびそれぞれの匂いを嗅いだ後について、試験開始前に対する

変化量 (%) を求めて比較した。

それぞれの食品の匂いが空腹感と食欲へ及ぼす影響としては、緑茶とみそ汁に関しては空腹感、食欲ともに匂いなしの状態と有意差がみ

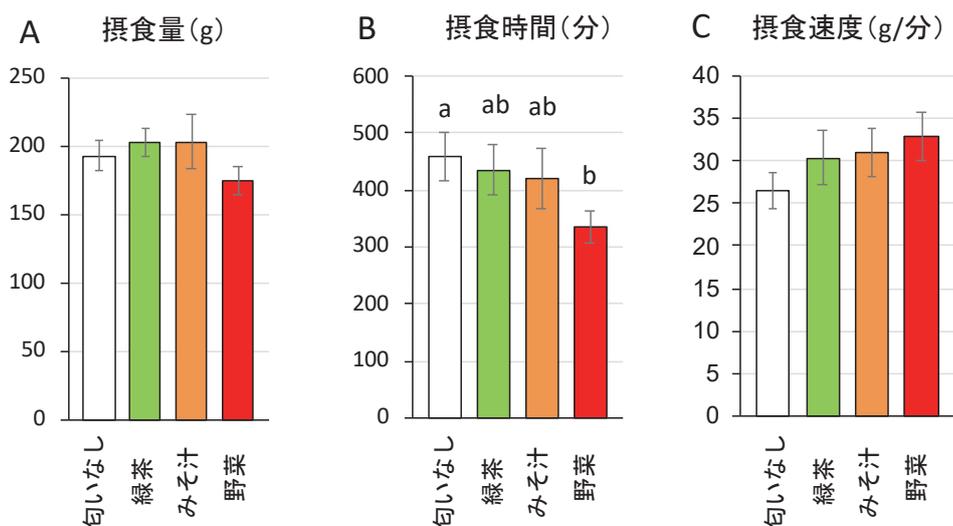


図 5. それぞれの条件における白飯の摂取量と摂食時間、摂食速度

A. 摂取量 (g)、B. 摂食時間 (分)、C. 摂食速度 (g/分)。同一項目で異なる記号を持つものは有意差を表す。

られなかったが、野菜の匂いを嗅いだ場合では、空腹感が低下傾向を示し、食欲は有意に低下した (図 3)。食欲を増加させる傾向がみられたみそ汁の匂いと比較した場合では、野菜の匂いを嗅いだ時に空腹感と食欲がともに有意に低い値を示した (図 3)。

さらに、生体指標としての唾液分泌量と唾液アミラーゼ活性に対する影響をそれぞれ図 4A と図 4B に示した。唾液分泌量に関しては、みそ汁の匂いを嗅ぐことにより匂いなしの状態に対して有意に増加した。野菜の匂いに関しては、匂いなしとの間では有意差は見られなかったが、緑茶およびみそ汁の匂いを嗅いだ場合に対して、有意に低い値を示した。一方、唾液アミラーゼ活性に関しては個人でのばらつきが大きく、また匂いによる影響も認められなかった。

摂食行動への影響として、白飯の摂取量、摂食時間、摂食速度を測定した結果をそれぞれ図 5A、5B、5C に示した。摂取量と摂食速度への影響に有意差はみられなかったが、摂食時間は野菜の匂いを嗅ぐことにより有意に短縮した。以上の結果から、食品の匂いは食欲、唾液分泌、摂食行動のいずれにも影響を及ぼしていることが示された。

それぞれの匂いの好き嫌いについて、7段階評点法で評価した結果では、お茶の匂いの評価の平均値が 1.50 ± 0.47 、野菜の匂いの評価の平均値が -0.50 ± 0.52 、みそ汁の匂いの評価の平均値が 2.40 ± 0.36 であり、平均値の差の検定では、お茶の匂いと野菜の匂い、みそ汁の匂いと野菜の匂いとの間でともに有意に野菜の匂いが好まれなかった ($p < 0.05$)。したがって、これらの匂いによる効果は、食品の匂いそのものの作用というよりも、その匂いの好き嫌いの影響が大きい可能性が考えられる。そこで、3種類の食品の匂いおよびその全てを合わせた結果について、匂いの好き嫌いとは各測定項目との間の関連性について検討した。匂いの好き嫌いの値と各測定項目の値の確率分布は、コルモゴロフ・スミルノフ検定により2変量正規分布に従うことが棄却されたため、ノンパラメトリック検定であるスピアマンの順位相関により2変量間の相関を確認した。表 1 に示したように、それぞれの匂いの好き嫌いにおいて、いずれの匂いに対しても各測定項目との間で有意な相関は認められなかったが、匂いの好き嫌い全体に関しては、空腹感の変化、食欲の変化、唾液量の差、摂取量との間で有意に正の相関を示した。

表 1 緑茶、みそ汁、野菜のそれぞれの匂いの好き嫌いとの各指標の変化との相関分析

		空腹感の 変化 (%)	食欲の 変化 (%)	唾液量の 差 (g)	アミラーゼ 活性の差 (kIU/L)	摂食量 (g)	摂食時間 (分)	摂食速度 (g/分)
緑茶	相関係数	0.257	0.128	-0.199	-0.366	-0.164	-0.173	0.122
(n=11)	p 値	0.446	0.707	0.557	0.269	0.630	0.610	0.721
みそ汁	相関係数	-0.023	0.224	-0.134	0.108	0.107	0.107	0.277
(n=11)	p 値	0.947	0.508	0.695	0.753	0.755	0.755	0.865
野菜	相関係数	0.342	0.193	0.180	-0.292	0.141	0.127	0.042
(n=11)	p 値	0.304	0.570	0.596	0.384	0.679	0.710	0.902
匂い全体	相関係数	0.372	0.577	0.571	-0.129	0.353	0.201	0.094
(n=33)	p 値	0.033*	0.000*	0.001*	0.476	0.044*	0.263	0.601

相関係数と p 値はスピアマンの順位相関分析により求めた。

* p < 0.05.

表 2 緑茶、みそ汁、野菜のそれぞれの匂いの好き嫌いとの各指標の増減との関連性

		空腹感の 変化 (%)	食欲の 変化 (%)	唾液量 の差(g)	アミラーゼ 活性の差 (kIU/L)	摂食量 (g)	摂食時間 (分)	摂食速度 (g/分)
緑茶 (n=11)	p 値	0.491	0.491	0.182	1.000	1.000	0.491	1.000
みそ汁 (n=11)	p 値	1.000	0.273	0.182	0.364	1.000	1.000	0.273
野菜 (n=11)	p 値	0.088	0.364	0.576	0.194	0.576	0.364	1.000
匂い全体 (n=33)	p 値	0.026*	0.002*	0.007*	0.139	0.259	0.397	1.000

p 値はフィッシャーの正確確率検定により、「匂いの好き嫌い」とそれぞれの指標の増減に関する 2×2 分割表で求めた。匂いの好き嫌いに関しては 0 以上の値を「嫌いではない」、負の値を「嫌い」とし、各指標の数値に関しては 0 以上の値を「増加または不変」、負の値を「減少」として集計した。

* p < 0.05.

さらに、匂いの好き嫌いに関して 0 以上の値を「嫌いではない」、負の値を「嫌い」とし、各指標の数値に関して 0 以上の値を「増加または不変」、負の値を「減少」として集計し、匂いの好き嫌い」と、それぞれの指標の増減に関する 2×2 分割表で求めたフィッシャーの正確確率検定でも、匂い全体の好き嫌いに関して、空腹感の変化、食欲の変化、唾液量の差との間で有意に関連性がみられた。以上の結果から、主食の前に摂取する食品の匂いによって食欲と唾液分泌量が変動するが、これはその匂いの好き嫌いによる影響が大きいことが示された。

考察

本研究は、主食の前に摂取する食品の「匂い」自体が食欲を調節し、主食の摂食量に影響する可能性を検討した。上述のように、食べ順ダイエットの効果はこれまで咀嚼や野菜類等に含まれる食物繊維の影響など消化管での作用を中心に検討されており、その食品の匂い自体が及ぼす影響については明確にされていなかった。本研究で用いた副菜（野菜）、汁物（みそ汁）、飲料（緑茶）の匂いのうち、みそ汁の匂いを嗅ぐことにより唾液分泌量が有意に増加した一方で、野菜の匂いを嗅ぐことにより食欲が有意に低下

したことから、食べ順ダイエットにおいても先に摂取する食品の匂いが食欲に与える影響は大きいものと考えられる。また、野菜の匂いを嗅ぐことによって食欲が低下したのみならず、摂食時間が有意に短縮したことから、摂食行動にも影響する可能性が示された。ただし、白飯の摂食量自体は野菜の匂いにより低下傾向がみられたものの、有意差はみられなかったことから、食前の匂いの影響は長時間持続せず、継続的に匂いを嗅がない状態では摂食量への影響は大きいものと考えられる。

一方、各測定項目と匂いの好き嫌いとの関連性をみた場合では、空腹感と食欲、唾液分泌量において、その食品そのものの匂いよりも、匂いの好き嫌いによる影響の方が大きいことが示唆された。また、摂食量に関しても、匂いの好き嫌いとの弱い相関が認められた。実際の摂食行動は食前の匂いよりも食事中における匂いや味覚などの及ぼす影響の方が大きいと考えられるが、食前に短時間匂いを嗅ぐことによって食欲のみならず摂食行動も影響を受けたことから、食品の匂いを利用することによる食欲調節と、それによる生活習慣病予防へのアプローチが期待される。

本研究の結果から、食前における匂いは摂食時の食欲に影響するとともに、唾液分泌のような生体反応と摂食行動にも影響していることが示された。匂いは自律神経に作用することにより消化吸収を含む生体リズムの調節にも関与していることから、食欲調節のみならず、匂いを用いることによる自律神経を介した消化管への作用も期待され、今後この分野の研究のさらなる進展が待ち望まれる。

謝辞

実験デザインの設定においては、新潟県立大学の田邊直仁教授に有用なご助言をいただきました。深く感謝申し上げます。

文献

- 1) 日本味と匂い学会編. 味のなんでも小事典. 講談社 2004; 168-72.
- 2) Shen J, Niiijima A, Tanida M, et al. Olfactory stimulation with scent of grapefruit oil affects autonomic nerves, lipolysis and appetite in rats. *Neurosci. Lett.* 2005; 380: 289-94.
- 3) Shen J, Niiijima A, Tanida M, et al. Olfactory stimulation with scent of lavender oil affects autonomic nerves, lipolysis and appetite in rats. *Neurosci. Lett.* 2005; 383: 188-93.
- 4) Jenkins DJ, Wolever TM, Taylor RH, et al. Glycemic index of foods: a physiological basis for carbohydrate exchange. *Am. J. Clin. Nutr.* 1981; 34: 362-6.
- 5) Wong JM, Jenkins DJ. Carbohydrate digestibility and metabolic effects. *J. Nutr.* 2007; 137: 2539S-46S.
- 6) Shukla AP, Andono J, Touhamy SH, et al. Carbohydrate-last meal pattern lowers postprandial glucose and insulin excursions in type 2 diabetes. *BMJ Open Diabetes Res. Care* 2017; 5: e000440.
- 7) Imai S, Fukui M, Ozasa N, et al. Eating vegetables before carbohydrates improves postprandial glucose excursions. *Diabet. Med.* 2013; 30: 370-2.
- 8) 高田由美. 成人男女の昼食前後の空腹感及び満腹感の実態－VASの活用の可能性－. *日本赤十字看護学会誌* 2016; 16: 9-16.
- 9) Raben A, Tagliabue A, Astrup A. The reproducibility of subjective appetite scores. *Br. J. Nutr.* 1995; 73: 517-30.

ABSTRACT

The effects of smelling of foods before eating carbohydrates on appetite and eating behaviors.

Shin Kamiyama[†], Miyu Itoh[†], Hideyuki Sone

Department of Health and Nutrition, Faculty of Human Life Studies, University of Niigata Prefecture

Correspondence: kammy@unii.ac.jp

[†] These authors contributed equally to this article.

The aim of the present study was to investigate whether smelling of foods before eating carbohydrates can affect appetite and eating behaviors.

In this study, 11 fasting subjects participated in four experiments that were conducted in separate weeks to evaluate the effects of three food odors. Prior to each experiment, subjects were asked to assess their appetite and feeling of hunger, and to measure the quantity of saliva secreted in a minute and its amylase activity. They sniffed one of the following food odors for a minute: none, green tea, miso soup, and fresh vegetable juice, and the alteration of appetite and measured values were evaluated. Subjects ingested the desired amount of rice, and their food intake, minutes taken for eating, and eating speed were noted and analyzed.

It was found that smelling of the vegetable juice resulted in a decrease in appetite and feeling of hunger, and reduced the number of minutes for eating, whereas the odor of miso soup increased secretion of saliva. No significant difference was observed between the tested odors regarding food intake and eating speed, indicating that an odor before a meal had only a limited effect on food intake. Further, the analysis of the correlation between the preference of the odor and each value revealed that preference for odors had a greater impact on appetite and feeling of hunger than the differences in food odors.

These results indicate that the effect of the "carbohydrate-last" meal pattern may be partially attributable to the odor of foods before eating carbohydrates.

Key Words: food odor, vegetable, appetite, food intake, carbohydrate-last.

