

自閉スペクトラム症の嗅覚特性に着目する意義

熊崎 博一

キーワード：1. 自閉スペクトラム症 2. 嗅覚 3. 検知閾値 4. 同定力 5. 順応

Key words：1. autism spectrum disorder 2. olfaction 3. detection threshold
4. identification 5. adaptation

抄 録

DSM-5 (APA-2013) にて、感覚過敏や感覚刺激に対する低反応といった感覚の問題が初めて自閉スペクトラム症の診断基準の一つに取り上げられたことで、感覚の問題はさらに注目されることとなった。近年感覚の問題の中でも ASD 者の嗅覚は急速に注目を集めている。嗅覚の機能は、危険認識（食物の腐敗・煙・ガスから守る）、生殖活動の誘発（フェロモン）、興奮や鎮静（アロマ）、食事の好き嫌い・食欲、気分、自律神経・内分泌・免疫と多岐にわたっている。ASD 児では感覚調節障害児や発達遅滞児、ADHD 児と比べて嗅覚特性の重症度が高いとの報告があり感覚の問題の中でも嗅覚の問題は ASD 児にとってより本質的である可能性がある。現在までの実験室条件における研究では、1) 香料の量の調節が難しく多量に嗅ぐために徐々に順応し濃度差を感じなくなる、2) 空間に香りが残留するため徐々に嗅覚が麻痺してくることもあり、3) 感度が低い、といった問題があった。また手間と時間がかかる問題もあり、幼児に行うことも困難であった。においの中でも体臭が ASD の病態に関わることを示唆している報告がある。ASD 者の嗅覚特性を把握し、特性に基づいた支援を行うことが望まれている。

はじめに

自閉スペクトラム症 (Autism Spectrum Disorder : ASD) は社会性やコミュニケーション障害を有し、反復的・限局的興味・行為を有することが多い発達障害である。ASD 児の中でもそれぞれの症状について、重いものから軽いものまで含まれ、症状の表現において多様性に富んだ集団である。ASD の感覚の問題は、Kanner が報告した ASD に関する最初の報告より注目されていた (Kanner, 1943)。また Feldman らは定型発達児と ASD 児との感覚の問題の差を 0~24 か月の間で調べたところ 18~24

本論文の内容は第22回日本精神保健・予防学会学術集会で特別企画講演として発表したものを中心にまとめた。

The importance of focusing on olfactory trait in individuals with autism spectrum disorders
国立精神・神経医療研究センター 精神保健研究所 児童・予防精神医学研究部 児童・青年期精神保健研究室、
Department of Preventive intervention for Psychiatric Disorders, National Institute of Mental Health,
National Center of Neurology and Psychiatry

ヶ月でもっとも顕著であったと報告していた (Feldman et al., 2012)。Ben-Sassonらのメタアナリシスでは、ASD者の両親への標準化した質問紙を用いた研究において、ASD者で感覚に関する問題行動が定型発達者と比べて多く認めることを示した (Ben-Sasson et al., 2009)。また彼らは感覚の問題はASDの重症度と相関関係にあることを示した。さらに全ての信頼性のある自叙伝に感覚についての記述があること、一方で感覚の問題がASD者の本質もしくは併存症状かについては意見が分かれているとまとめた。その後DSM-5 (APA-2013)にて感覚過敏や感覚刺激に対する低反応といった感覚の問題が初めて診断基準の一つに取り上げられたことで感覚の問題はさらに注目されることとなった。但しBen-Sassonのメタアナリシスの影響を受け、感覚の問題がASDの中核症状ということについては議論の余地があり、あくまで診断項目の一つ (B項目4つのうち2つ満たせば診断となっているが感覚の問題はその中の一つ) という扱いに留まっている。

近年感覚の問題の中でもASD者の嗅覚特性は急速に注目を集めている。Endevelt-Shapiraらの報告は興味深い (Endevelt-Shapira et al., 2018)。彼らは被験者に平常の汗と、スカイダイビング中の汗の匂いを嗅いでもらう実験を行い、定型発達群やASDを問わず、ほぼ同じような反応で、スカイダイビング中の汗は印象が悪いとの結果を得た。スカイダイビング中の汗のにおいを嗅いだからといって、怒った顔に対する反応を調べるFace Testなどには両群とも変化が見られなかった。皮膚電気反応の測定で、自分では自覚することができない自律神経の興奮を測定すると、匂いの差を自覚していても、スカイダイビング中の汗は定型発達群に自律神経反応を誘導した。ところが、ASD者ではこの興奮はほとんど起こらなかった。平常の汗およびスカイダイビングの汗の匂いを発する2個のマネキンの指示のどちらを信用するかという課題を行わせる手の込んだ実験を行ったところ、正常人は恐怖を味わった汗がしみ込んだマネキンは信用しない一方で、ASD者は恐怖の汗がしみ込んだマネキンをより信用することが分かった。彼らはASDのコミュニケーションの苦手さは嗅覚から来ているのではないかとまとめた。このように注目すべきは、閾値上のおいについての反応にも違いを認めるが、閾値下の(無意識に受容している)においに対する反応に有意差を認める点は興味深い。

Valle RuvidoらはASDのバイオマーカーの有望な候補としてeye-tracking, Affective Speech Recognition test (ASR), Reading the-Mind-in-the-Eyes Test (RMET) と共に嗅覚を取り挙げた (Del Valle Rubido et al., 2018)。中でも嗅覚同定力はThe Autism Diagnostic Observation Schedule (ADOS)におけるコミュニケーションの重症度、ヴァインランド適応行動尺度のコミュニケーションスコア、総スコア, Reading the Mind in the Eyes Test (まなざしから心を読む)の結果, 異常行動チェックリストの結果と相関を示し、嗅覚のバイオマーカーとしての有用性を示唆しており、ASDとその嗅覚特性の関係に注目が集まっている。

嗅覚科学の進歩

においの科学の進歩には2つの成果が大きな貢献をもたらした。一つは1991年にリチャードアクセル、リンダバックがにおいを検出する受容体タンパク質の実態を明らかにし、受容体から情報がどのように脳に送られるかを突き止めたことである (Buck and Richard., 1991)。もう一つは、Nature誌及びScience誌の特別号でヒトゲノム全配列が発表され、配列に対する分析と、そのドラフトの構築に用いた手法の詳細が発表されたことである。両成果はにおいの科学は飛躍的な進歩のきっかけとなり、また注目を集めることとなった。その後の研究にて嗅覚受容体の機能遺伝子は約396にも上ることがわかった (新村, 2012)。関連する遺伝子数が多いこと、活性化される受容体の異なる組み合わせによ

ってにおいが識別されることで、遺伝子数よりもはるかに多くの匂いを識別できることが推定できる。嗅覚の機能は振り返ってみれば、危険認識(食物の腐敗・煙・ガスから守る)、生殖活動の誘発(フェロモン)、興奮や鎮静(アロマ)、食事の好き嫌い・食欲、気分、自律神経・内分泌・免疫と多岐にわたる。そのいずれもが生命を営むに当たり重要な機能となっていると言える。この他にも嗅覚機能にはおそらく、我々の気がついていない役割が数多くある。

他の精神疾患における嗅覚

神経精神疾患においても嗅覚は注目を集めている。例えばフロリダ大学のStampsらによるとアルツハイマー病の患者たちは、奇妙にも左の鼻腔の嗅覚がすっかり弱くなってしまっており、平均して右の鼻腔よりも10センチ以上近付かなければ、ピーナッツバターを認識できないといわれておりアルツハイマー病における嗅覚に着目する意義が示唆されている(Stamps et al., 2013)。統合失調症のUltra high Riskにおいても嗅覚に着目する意義は大きい。BrewerらはUltra High Riskにおいて、その後統合失調症を発症した群と発症しなかった群を比較し、統合失調症を発症した群で嗅覚同定力は低かったことを報告している(Brewer et al., 2003)(一方で、その後も嗅覚同定力と統合失調症発症の関係論文が出ているが、その結果は一貫していない)。Berlinらは強迫症(Obsessive Compulsive Disorder: OCD)者では快な香りに対する尾状殻及び左前方の島及び左後方の島の反応がTypical Development (TD)者と比べて亢進していること、かつ自己記入式のOCD症状と相関していることを報告した。Schecklmannらは児童精神疾患における嗅覚特性について先行研究をレビューし、多くの児童精神科疾患における嗅覚特性について着目する意義を述べた(Schecklmann et al., 2013)。

ASD者の嗅覚特性(非生理的実験)

現在までの嗅覚研究において、質問紙を用いたものは多数ある。質問紙を用いた嗅覚特性スコアとASD特性の重症度との間に相関関係があることがわかっている(Crane et al., 2009; Leekam et al., 2007; Tomchek and Dunn, 2007)。またASD児では感覚調節障害児と比べて嗅覚・味覚の問題が目立つ、ASD児では発達遅滞児と比べて嗅覚・味覚の問題が目立つ、ASD児ではADHD児と比べて口腔感覚の重症度が高い、との報告があり感覚の問題の中でも嗅覚の問題はASD児にとってより本質的である可能性がある(Leekam et al., 2007; Schoen et al., 2009)。筆者らは診断の難しい群である高機能女児ASDでは高機能男児ASDより味覚・嗅覚・触覚特性が強いとの報告をしており(Kumazaki et al., 2015)、ASDの診断評価に嗅覚の問題を考慮することが、高機能ASDとりわけ女児の高機能ASDの早期発見につながり、サービスや治療効果を高めることにつながると考えている。

臨床の場でよく見られるASD児の嗅覚特性には、ペンキのにおいが嫌で図工室に入れない、体臭が気になり人に向き合うことができない、お盆のにおいが嫌いでおやつが食べられない、色々なものにおいを嗅ぐ、においがするからと繰り返し手を洗う、調子が悪くなるとマスクをつける、タオルを首に巻くといったものがありどれもが社会機能及び予後に大きな影響を与えうる所見と考えている。

ASD当事者である藤家はその著の中で、「プールに入る前の「腰洗い」は消毒液のにおいがきつくて怖かった。いつも泣いてしまっていた。私にとってはキッチンハイターの原液に侵される感覚だった。」「東京の街って臭いですね。どこ行っても食べ物のおいがあります。ほんとにしんどいです。」「体調が悪いとき、嗅覚がよけい鋭くなるらしく、例えば駅の立ち食いそばとかのにおいでみりんがどれくらいで、しょうゆがどれくらいの割合で入ってるわとわかる。」と述べており、嗅覚特性から日常

生活に集中できない様子を述べている(ニキ, 藤家, 2004)。

ASDと嗅覚についてギルバークの診断基準で有名なギルバークは、その著の中でASD児はにおいに対し思いがけない反応を示すことも非常に多いこと、ASD児がある種の部屋や特定の環境を避けるのも異常な嗅覚認知で説明できるかもしれないと述べており、においがASD児に対し強い影響を及ぼすことに気づいていない専門家も多いとの警鐘を鳴らしている(Gillberg, 2002)。

Hedlickaらは16種類の香りについて、ASD群とコントロール群で5ポイントのvisual analogue scale (視覚的アナログスケール: 最も快を1点、最も不快を5点とし、それぞれのおいについて1点~5点で点数をつける)を用いて好みを比較した。シナモン、クローバー、パイナップルにおいてASD群がよりその香りを苦手とするとの結果であった(Hrdlicka et al. 2011)。ASD者は好みの範囲が狭く不安を持ちやすいこと、不安と嗅覚に強い関係があることを考えると、ASD群の好む香りについての研究は極めて重要と考える。我々の研究チームでも予備的実験にてASD児に好きな香り、嫌いな香りについて自由記述してもらった。自由記述の中である児が好む香りを別の児は苦手とするなどASD群の好む香りについて定義するのは難しい。また香りの好みは、生まれつきの特性、生活背景、ライフイベントなどの影響を受けることが考えられる。

ASD者の嗅覚特性(生理的実験)

ASD者の生理的な指標を用いた嗅覚研究には、ニオイの有無を検知する最少濃度である嗅覚検知閾値について調べたもの、ニオイが同一であると見極める力である嗅覚同定力について調べた研究、ニオイ物質に連続的にさらされてからそのニオイを感じなくなるまでの現症である嗅覚適応について調べた研究などがある。香り提示法としては、嗅覚テストとしてUniversity of Pennsylvania Smell Identification Test (UPSIT)、もしくはSniffin Sicksを用いたものが中心である。

ASD群とコントロール群の嗅覚検知閾値を比較したテストは多数ある。Suzuki (Suzuki et al., 2003), Tavassoliら (Tavassoli and Baron-Cohen, 2012) は差異無し、Dudovaら (Dudova et al., 2011), Kumazakiら (Kumazaki et al., 2016) らはASD者で検知閾値が高い、Ashwinら (Ashwin et al., 2014) はASD者で検知閾値が低いとの結果であり、結果は一貫しなかった。結果が一貫しなかった理由として、用いた香りの種類がそれぞれ異なること、被験者の対象年齢も異なることが挙げられる。また嗅覚検知閾値については香りの馴染みや好みの影響を受けると考えられている。ASD群とコントロール群の嗅覚同定力を比較したテストも多数認めるが結果は一貫していない。Suzukiらは知的能力の低いアスペルガー症候群では同定力障害を認める (Suzuki et al., 2003)、BenettoらはASDでは同定力障害を認めると一貫した結果を認めなかった (Benetto et al., 2007) 中で、Mayらは高機能ASDでは同定力障害を認める一方でアスペルガー症候群では同定力障害を認めないとの報告をした (May et al., 2011)。嗅覚同定力は、言語獲得の影響を受けると示唆されており、ASDの重症度より言語獲得の影響を受け、ASDの一部で嗅覚同定力が低下している可能性がある。

先ほど説明したUPSIT, もしくはSniffin Sicksといった方法には、高濃度の長時間連続提示では、1) 香料の量の調節が難しく多量に嗅ぐために徐々に順応し濃度差を感じなくなる、2) 空間に香りが残留するため徐々に嗅覚が麻痺してくることもあり、3) 感度が低い、といった問題があった。また手間と時間がかかる問題もあり、幼児に行うことも困難であった。ここで筆者は慶應義塾大学理工学部の岡田が開発した「pulse ejection system (パルス射出システム: 0.01秒単位の微小時間で香りを提示する「パルス射出」が可能。このパルス射出により微小香料の香りを提示することができ、残り香が室内に

充滿する問題、徐々に順応し濃度差を感じなくなるといった問題がない。また意図通りに香りを感じさせることができ、感度も高い。)に着目した。「pulse ejection system」は射出量を微細に制御することができるインクジェット方式を用いて人の嗅覚特性を測定する装置であり、今までの嗅覚テストより高い精度で児の嗅覚特性を測定できると考えた。筆者らは「pulse ejection system」を用いてASD児ではTD児と比べ、isoamyl acetate (バナナ臭)、aryl caproate (パイナップル臭)といった香には鈍感なことを報告した(Kumazaki et al., 2016)。

ASD者の嗅覚特性に着目する意義

Rozenkrantzらは18人のASD児と、18人のコントロール群に対してバニラの香り、糞便の香りを嗅がせて実験を行った結果、81%のASD児が、糞便の香りを嗅いだ時間が、バニラの香りをかいだ時間と比べて長いことが判明した(Rozenkrantz et al., 2015)。一方でコントロール群ではバニラの香りを嗅いでいる時間が長かった。更に、悪臭を嗅ぎ続ける時間が長ければ長いほど、その子供が重いASDを患っていることも実験でわかったといい、においの嗅ぎ方がASD及びその重症群の早期スクリーニングに利用できる可能性を示唆した。

筆者らは5～9歳の高機能ASDの自閉特性について比較し、男児・高機能ASD児では身体の使い方・物の扱い方・活動水準が強い傾向がある一方で、女児・高機能ASD児で味覚・嗅覚・触覚は強い傾向があったことを報告した(Kumazaki et al., 2015)。女児高機能ASDは早期発見が難しく、課題となっており、味覚・嗅覚・触覚といった感覚特性に着目する重要性を示唆した。オーストラリアのニューキャッスル大学の作業療法師Laneは、感覚特性のタイプを4型(i, 感覚の問題が軽いタイプ、ii, 味覚・嗅覚の症状が目立つタイプ、iii, 姿勢が悪く多動なタイプ、iv, 感覚の問題が全般的に目立つタイプ)に分類し、ASD児において嗅覚過敏の強いことがコミュニケーション能力や社会生活への不適応を示唆すると報告し、味覚・嗅覚特性に着目する重要性を示唆した(Lane et al., 2010)。

ParmaらはASD児に対して馴染みのある対象と馴染みのあるにおいのどちらがより模倣を促すかという実験を行い、ASD児では模倣を開始するまでの時間については対象の馴染みに関わらず母親のにおいに暴露された際に短くなることを報告した(Parma et al., 2013)。筆者らはおいの気づきについての自己回答式の質問紙Children's Olfactory Behavior in Everyday Life (COBEL) 日本語版を作成し、5-6歳の月齢、IQがマッチングしたASD児とTD児の“においの気づき”を比較した。その結果ASD児ではTD児と比べ“においの気づき”が悪く、特に“他者の体臭への気づき”が悪かったことを報告した(Kumazaki et al., 2018)。“においの気づき”はヴァインランド社会適応スコアとも強い相関を認め、ASD児のにおいの気づきの低さが生活適応能力の低さと強い関連がある可能性を示した。以上の研究はおいの中でも、体臭への反応性がASDの病態に関わることを示唆しているのかもしれない。

嗅覚特性に基づいた支援

一般的に、感覚過敏が目立つASD児の多くには、環境調整や周囲の人の配慮で対応していることが多かった。例えば、聴覚過敏を有する児には不快な音を出さないように周囲が配慮する、イヤーマフなどの防衛手段を用いる、まぶしい光が入ると頭痛が出る時にはサングラスをかける、触覚過敏の強い児には周りの人が触らないように配慮する、などの対応がなされていた。このような対応により一定の改善が見られるので、まずはASD児の嗅覚特性について把握することが重要と言える。嗅覚特

性を把握すると言っても、先述のようにASD児の嗅覚困難を捉えるのは容易ではなく、まずは感覚プロフィールなどを用いてASD児がどの程度の嗅覚特性の困難さを有するかについて把握することが重要である。

嗅覚特性に基づいた支援としては、児が苦手な香りを有する場所には近づかせない他、マスクを身につける、自分の好む香りをつけたタオルを巻くなどは有効である。また咽頭経路で嗅覚受容体に辿りつく香りは温度が高いため浸透圧が高い。従ってガムを噛む、飴をなめることでのおいをブロックする方法も有効な可能性がある。

臨床場面で行動や情動の問題に対する薬物治療を行うと一部のケースで感覚の問題が軽減することがある。外来では一部のケースが行動の問題や不安の問題に対して抗精神病薬などの処方した後に感覚過敏が軽減した症例を経験することがある。但し、そのような薬物治療は感覚の問題にターゲットを絞ったものではなく、他の問題への治療のために処方した薬物が感覚の面に好影響を与えているというものであった。元来、ASD児の感覚の問題への薬物治療は確立されておらず、その治療エビデンスも出されていない。一部症例に前述の薬物治療が効果的であることがあるが、それがASD児の感覚の問題に普遍的な治療となりえるものか、どのような感覚の問題にどの薬が効くのか、薬が効くのであればその適量はどの程度なのかなどはわかっていない。このようにASD児の感覚の問題への薬物治療は効果がある可能性があるがそれは実証されていない。今後感覚の問題への薬物治療の効果について明らかにしていく必要がある。

終わりに

ASDの感覚問題に注目が集まっている。嗅覚はASDのマーカーとして期待が高まってきている。またASD者は閾値上の匂いだけでなく閾値下の匂いからも大きな影響を受けている可能性がある。一方でASD者の嗅覚特性について、特に生理検査による知見については知見が乏しく、今後の研究の蓄積が待たれる。ASD者の嗅覚特性を把握し、特性に基づいた支援を行うことが望ましい。

本報告に利益相反はない。

【参考文献】

- 1) American Psychiatric Association (APA).: Diagnostic and statistical manual of mental disorders (5th ed., pp. 5-25). Arlington, VA: American Psychiatric Publishing, 2013
- 2) Ashwin E, Chapman J, Howells D, Rhydderch I, Walker S, Baron-Cohen: Enhanced olfactory sensitivity in autism spectrum conditions, Mol Autism, 5, 53, 2014
- 3) Ben-Sasson A L, Hen R, Fluss SA, Cermak B, Engel-Yeger E Gal: A meta-analysis of sensory modulation symptoms in individuals with autism spectrum disorders, J Autism Dev Disord, 39, 1-11, 2009
- 4) Bennetto LES, Kushner SL, Hyman: Olfaction and taste processing in autism, Biol Psychiatry, 62, 1015-21, 2007
- 5) Brewer WJ, Wood SJ, McGorry PD, Francey SM, Phillips LJ, Yung AR, Anderson V, Copolov DL, Singh B, Velakoulis D, Pantelis C: Impairment of olfactory identification ability in individuals

- at ultra-high risk for psychosis who later develop schizophrenia. *Am J Psychiatry*, 160, 1790-4, 2003
- 6) Crane L L, Goddard L, Pring: Sensory processing in adults with autism spectrum disorders. *Autism*, 13, 215-28, 2009
 - 7) Del Valle Rubido M, McCracken JT, Hollander E, Shic F, Noeideke J, Boak L, Khwaja O, Sadikhov S, Fontoura P, Umbricht D: In Search of Biomarkers for Autism Spectrum Disorder. *Autism research*, 11, 1567-1579, 2018
 - 8) Dudova IJ, Vodicka M, Havlovicova Z, Sedlacek T, Urbanek M, Hrdlicka M: Odor detection threshold, but not odor identification, is impaired in children with autism. *Eur Child Adolesc Psychiatry*, 333-340, 2011
 - 9) Endevelt-Shapira Y, Perl O, Ravia A, Amir D, Eisen A, Bezael V, Rozenkrantz L, Mishor E, Pinchover L, Soroka T, Honigstein D, Sobel N: Altered responses to social chemosignals in autism spectrum disorder. *Nat Neurosci*, 21, 111-119, 2018
 - 10) Feldman MA, Ward RA, Savona D, Regehr K, Parker K, Hudson M, Penning H, Holden JJ: Development and initial validation of a parent report measure of the behavioral development of infants at risk for autism spectrum disorders, *J Autism Dev Disord*, 42, 13-22, 2012
 - 11) Gillberg C: *A GUIDE TO ASPERGER SYNDROME*, Cambridge University Press, 2002
 - 12) Hrdlicka M, Vodicka J, Havlovicova M, Urbanek T, Blatny M, Dudova I. Brief report: significant differences in perceived odor pleasantness found in children with ASD, *J Autism Dev Disord* 41, 524-7, 2011
 - 13) Kanner L: Autistic disturbances of affective contact. *Nervous Child*, 2, 217-250, 1943
 - 14) Kumazaki H, Muramatsu T, Fujisawa TX, Miyao M, Matsuura E, Okada K, Kosaka H, Tomoda A, Mimura M: Assessment of olfactory detection thresholds in children with autism spectrum disorders using a pulse ejection system, *Mol Autism* 7, 6, 2016
 - 15) Kumazaki, H, Muramatsu T, Kosaka H, Fujisawa TX, Iwata K, Tomoda A, Tsuchiya K, Mimura M: Sex differences in cognitive and symptom profiles in children with high functioning autism spectrum disorders. *Res Autism Spectr Disord*, 13-14, 1-7, 2015
 - 16) Kumazaki H, Okamoto M, Yoshimura Y, Ikeda T, Hasegawa C, Saito DN, Iwanaga R, Tomiyama S, An KM, Minabe Y, Kikuchi M: Brief Report: Odour Awareness in Young Children with Autism Spectrum Disorders, *J Autism Dev Disord*, 2018
 - 17) Lane AE, Young RL, Baker AE, Angley MT: Sensory processing subtypes in autism: association with adaptive behavior, *J Autism Dev Disord* 40, 112-22, 2010
 - 18) Leekam SR, Nieto C, Libby SJ, Wing L, Gould J: Describing the sensory abnormalities of children and adults with autism, *J Autism Dev Disord* 37, 894-910, 2007
 - 19) Linda B, Axel R: A Novel Multigene Family May Encode Odorant Receptors: A Molecular Basis for Odor Recognition." *Cell*, 65, 175-183, 1991
 - 20) May T, Brewer WJ, Rinehart NJ, Enticott PG, Brereton AV, Tonge BJ: Differential olfactory identification in children with autism and Asperger's disorder: a comparative and longitudinal study. *J Autism Dev Disord* 41, 837-47, 2011

- 21) 新村芳人：興奮する匂い食欲をそそる匂い：遺伝子が解き明かす匂いの最前線, 技術評論社, 2012
- 22) ニキ・リンコ：藤家寛子 自閉っ子、こういう風にできてます! 株式会社花風社, 2004
- 23) Parma V, Bulgheroni M, Tirindelli R, Castiello U: Body odors promote automatic imitation in autism, *Biol Psychiatry*, 74, 220-6, 2013
- 24) Rozenkrantz L, Zachor D, Heller I, Plotkin A, Weissbrod A, Snitz K, Secundo L, Sobel N: A Mechanistic Link between Olfaction and Autism Spectrum Disorder, *Current Biology*, 25, 1904-1910, 2015
- 25) Schecklmann M, Schwenck C, Taurines R, Freitag C, Warnke A, Gerlach M, Romanos M: A systematic review on olfaction in child and adolescent psychiatric disorders, *J Neural Transm* 120, 121-30, 2013
- 26) Schoen, SA, Miller LJ, Brett-Green BA, Nielsen DM: Physiological and behavioral differences in sensory processing: a comparison of children with autism spectrum disorder and sensory modulation disorder. *Front Integr Neurosci* 3, 29, 2009
- 27) Stamps JJ, Bartoshuk LM, Heilman KM: A brief olfactory test for Alzheimer's disease. *J Neurol Sci*, 333, 19-24, 2013
- 28) Suzuki Y, Critchley HD, Rowe A, Howlin P, Murphy DG: Impaired olfactory identification in Asperger's syndrome. *J Neuropsychiatry Clin Neurosci* 15, 105-7, 2003
- 29) Tavassoli T, Baron-Cohen S: Olfactory detection thresholds and adaptation in adults with autism spectrum condition, *J Autism Dev Disord* 42, 905-9, 2012
- 30) Tomchek SD, Dunn W: Sensory Processing in Children With and Without Autism: A Comparative Study Using the Short Sensory Profile, *Am J Occup Ther* 61, 190-200, 2007