



腸内細菌叢（腸内フローラ）の状態を簡便に評価できる

インドール・テスト (INDOLE Test)の可能性

国際酸化ストレス研究機構（イタリア）会長
株式会社ウイスマー / レドックス分析センター
科学ディレクター

Eugenio Luigi Iorio 先生

※インドール・テストは最新の酸化還元分析装置 REDOXLIBRA、従来の FREE Carrio DUO、FREE Carpe Diem で測定が可能です。

近年、国内外の研究によって、腸内細菌叢（腸内フローラ）と様々な疾患との関連が探求されてきました。潰瘍性大腸炎、大腸がんなど腸に関わる疾患のほか、動脈硬化、糖尿病、アレルギー、リウマチ、認知症、加えてメンタル面においては鬱など、腸内細菌叢との関連が解明されている疾患は多岐にわたります。

今回は IORIO 先生が腸内細菌叢の状態を簡便に検査できるインドール・テスト (INDOLE Test) について解説いただきました。

腸内細菌叢（腸内フローラ）の役割

腸内細菌叢は、分子生物学者ジョシュア・レダーバーグによって定義されました。消化管（GIT）内に存在する微生物、ウイルス、細菌、原生動物、そして真菌など、さまざまな生物とそれらの集合的な遺伝物質の総体を指します。簡単に言えば、腸内細菌叢とは、一般的には消化管（GIT）に生息する全ての細菌、共生菌および病原菌の総称です。

人間の腸内細菌叢は、Firmicutes、Bacteroidetes、Actinobacteria、および Proteobacteria といった4つの主要な系統に分類されます。微生物は、ほぼ全ての人体の部位（皮膚、口腔、膣、胎盤など）に存在していますが、その大部分は消化管（GIT）内に存在しています。大腸には主に好気性細菌が多く存在しています。この微生物叢の存在は重要であり、人体全体で2万個の真核細胞遺伝子が発現されている一方、腸内細菌叢だけで約330万個の原核細胞遺伝子が発現されていることが注目されてい

ます。この巨大な遺伝子プールが、微生物とホストの相互作用や、腸内環境の維持にどのように寄与しているのかを理解するためには、これらの遺伝子の存在と機能に注目する必要があります。

腸内細菌叢は、栄養とミネラルの吸収、酵素、ビタミン、アミノ酸の合成、および食物繊維からの短鎖脂肪酸（SCFAs）の生成において重要な役割を果たしています。これらの発酵生成物（例：酢酸、プロピオン酸、酪酸など）は腸の健康に不可欠であり、上皮細胞にエネルギーを供給し、上皮バリアの完全性を向上させ、免疫調節や病原体からの保護を担っています。現在、多くの研究者は、腸内に居住する細菌の遺伝子の機能とそれらが人間の健康に果たす潜在的な役割に焦点を当てています。同時に非病原性の特定の菌株が病原体による疾患から回復する際の免疫応答を促進できるかどうか調査されています。

腸内ディスバイオシスと全身性疾患との関係

腸内細菌叢の増殖と変化は、出生プロセス、乳児の授乳方法、ストレスへの曝露、環境条件、食事、医薬品、老化、合併症など、多岐にわたる要因によって調整されています。ディスバイオシスは、微生物コミュニティの変化であり、共生微生物の多様性と数が著しく減少する結果として表れます。研究によれば、腸内ディスバイオシスは炎症性腸疾患やセリアック病など腸だけでなく、代謝異常症候群、肥満、心血管疾患、神経変性疾患、がんなどの慢性疾患との関連が示唆されています。

これらの全身性疾患と腸内ディスバイオシスの関係は、

「リーキーガット症候群」の発生機序によって説明される可能性があります。「リーキーガット症候群」によれば、ストレス、不健康な食事、過剰なアルコール摂取、抗生物質、および薬物摂取などの要因が、腸内細菌叢の組成と腸内バリア機能のホメオスタシスを損ない、それにより腸管の透過性が増加します。その結果、腸管の過透過性が腸上皮の接合部を通じて有害な物質の侵入を許し、これが血中に流入し、さまざまな臓器や器官系に影響を与えます。

ディスバイオシスやリーキーガット症候群関連疾患の原因を探る中で、ヒトの腸に定着する多くの病原性細菌が、食物タンパク質由来のアミノ酸である L-トリプトファンから「インドール」と呼ばれる化合物群を生成することが示唆されています。この特異な性質は、トリプトファン分解酵素の発現と関連しており、これによりこれらの細菌が L-トリプトファン分子をピルビン酸とインドールに分解します。ピルビン酸はエネルギー源として利用される一方で、インドール自体は腸内での特定の微生物の生存戦略を補助する増強的な毒性因子として機能しています。

これらのインドールは腸から吸収され、全身循環に入り込み、脳や肝臓などの臓器の機能に影響を与える可能性があります。過去の研究からは、インドール誘導体が神経回路に悪影響を与えることが示唆されています。さらに、腸内で L-トリプトファンからインドール誘導体への代謝切り替えが、脳の L-トリプトファン、つまり気分と睡眠の制御に関与する貴重な神経伝達物質であるセロトニンとメラトニンの前駆体の喪失を引き起こす可能性があります。これらの潜在的な毒性のため、インドール（およびその誘導体）は尿によって排泄されます。

インドール・テストの意義

ウイスマー研究所は近年、インドールの尿中濃度を効率的かつ精密に定量する、比色分析試薬（※研究用試薬）を発売しました。この新試薬を用いた論文は、防衛医科大学集中治療医学講座から“Association between Smoking and Urine Indole Levels Measured by a Commercialized Test（喫煙と尿中インドール濃度との関連）”というタイトルで 2022 年に発表されています。尿中インドール濃度の数値は喫煙習慣と強く相関していることが報告されています。

測定結果の基準値の目安は 20 mg/L 以下です。20 mg/L を超える測定値の場合は潜在的な健康リスクのバイオマーカーとして慎重に考慮すべきです。この測定法は、個々の健康状態を理解し、予防医学の一環として健康管理を向上させるための重要な手段となり得ます。

トリプトファン分解酵素は細菌にのみ存在し、人間には存在しません。従って、尿中のインドール濃度が 20 mg/L を超える場合は、次のような可能性が示唆されます。

- ①**腸内ディスバイオシス**：腸内に悪玉菌などの病原性細菌が増加している
- ②**リーキーガット症候群**：腸バリアの損傷によりインドールが大量に全身循環に入り込んでいる
- ③**腸脳軸機能の損傷**：インドール誘導体と L-トリプトファンの生体利用可能性の低下が腸と脳の相関関係を崩している

インドール・テストは、午前中の絶食時に採集された 1 cc の尿を使用し、REDOXLIBRA、FREE Carrio DUO や FREE Carpe Diem にて、簡便に 5 分間で評価できます。私のクリニックにおいては昨年より本インドール・テストを導入しました。既に 200 人以上の患者にインドール・テストを行った結果、インドール値と不安、心配、ストレスなどとの相関性、d-ROMs（酸化ストレス度）テスト結果との正相関が見られ、患者の状態を把握するのに大変役立っています。

腸内ディスバイオシス、リーキーガット症候群、および腸内外の疾患（脳の障害を含む）とインドールとの密接な関係を考慮すると、インドール・テストの検査数値は、腸内細菌叢関連の疾患治療において個別化されたアプローチを開発する基盤となると考えています。

インドール値を下げるためのソリューションとして、プロバイオティクス、プレバイオティクス、L-グルタミンなどの利用が考えられます。これらのアプローチの際に、インドール・テストと共に REDOXLIBRA などによる酸化ストレス評価（d-ROMs・BAP・OXY 吸着テストなどの結果）と合わせて分析することで、さらに最適化したアプローチを可能にします。



先行研究によれば、酸化還元システムは腸内細菌叢と人体との最も重要なつながりの一つであることが示されています。日本では多くの先生方が REDOXLIBRA、FREE Carrio DUO や FREE Carpe Diem を導入されていますので、この新しいインドール・テストのご活用をお勧めいたします。

日本初! 腸内細菌のバランスを **1CCの尿** から **5分間** で測定します

INDOLE テスト (インドール/腸内環境テスト)

● 商品名：INDOLE テスト 50 回分 ● 商品コード：DI-012 ● 価格：60,000 円 (税別)

人間の腸内には約100種100兆個で1kgの腸内細菌が棲んでいます。この腸内細菌が様々な疾患と関わっていることが明らかとなり、今では「あらゆる病気の根源は腸内細菌にある」とも言われています。

腸内細菌は免疫の活性、神経系・内分泌系の活性、病原菌の抑制など、腸の恒常性を維持し、全身の健康を保つことに役立っています。

腸内細菌はアレルギー、感染症、肥満、動脈硬化、自閉症などと深く関係することも明らかになっており、近年、幼少期の脳の発達にも腸内細菌が関与している可能性が研究で示されています。

しかし、今まで腸内環境を簡便に計測する方法がありませんでした。

この度、世界 40 ヶ国で使われている酸化ストレス総合評価法 (d-ROMs・BAP テスト等) の開発者 CARATELLI 先生 (イタリア) が尿中の INDOLE (インドール) 濃度を 5 分間で簡便に計測する測定法を開発しました。

【INDOLE (インドール)】とは？

INDOLE (インドール) はアミノ酸の一種「トリプトファン」がトリプトファン分解酵素によって分解されて、ピルビン酸、アンモニア分子と共に生成される物質です。

尿中のインドール値が高い場合は、腸内細菌叢でタンパク質を腐敗させる**悪玉菌の比率が高くな**っていることを表します。



腸内環境の バランスが悪いと ...

- 肌の荒れ
- 便秘や下痢
- 自律神経系の乱れ
- 便・ガスが臭い
- 免疫力の低下
- 睡眠障害
- 気分の低下

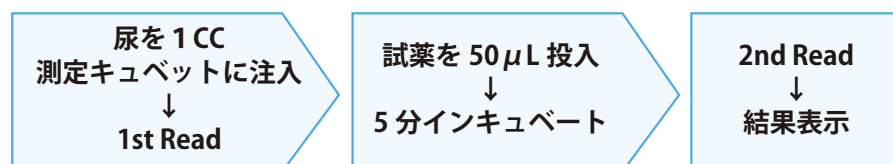
■通常の腸内細菌叢のバランス



■測定結果の評価目安

基準値の目安：20mg/L 以下	基準値：各施設で設定ください
------------------	----------------

■測定手順



※ サンプル尿は食前尿が理想的で、測定はフレッシュ尿に限ります
(尿採集後、冷蔵保存で 24 時間以内)

※ 本試薬は研究用試薬です

腸内環境テストであなたの腸内環境を知り、
より良い腸内環境を作り、前向きで明るい健康生活を営みましょう！

レドックス分析センター / 株式会社ウイスマー

〒113-0033 東京都文京区本郷 3-3-12 ケイズビルディング7階 TEL:03-5802-7333 info@wismerll.co.jp 登録衛生検査所 28 文文生医第 456 号