

# SYMPOSIA

第 91 回日本生理学会大会シンポジウムから

## 網膜から脳への信号伝達：光による調節，行動との相関， そして視覚の再建（S09）

網膜内の神経回路網により抽出された視覚的特徴は、網膜の出力細胞である網膜神経節細胞の時空間的スパイクパターンとして符号化され、上位の中枢へ伝達される。さらに、視覚刺激に対する神経節細胞の応答特性と視覚行動との対応が幾つかの脊椎動物において明らかにされている。最近の研究によると神経節細胞のスパイクの大きさや持続時間を調節する因子が細胞の内外に存在することが明らかになりつつあり、神経節細胞の持つ情報伝達能力の複雑性が示唆されている。一方、網膜から上位中枢に至る視覚神経回路に損傷や変性が起こると、永続的な視覚機能障害を生じる。そこで生き残っている神経細胞に人工的な操作を加えて、失われた視機能を再建させることを目指した研究開発も急速に進みつつある。

本シンポジウムでは、網膜の出力細胞である神経節細胞に注目し、高次中枢へ信号を伝える神経節細胞の種類や伝達様式、さらに失われた視機能を工学的・分子生物学的手法に再建しようとする試みについて最近の知見を紹介する。

最初に Prof. Andrew Ishida は、網膜神経節細胞の神経活動に関する研究の歴史と、神経節細胞の活動電位や持続時間を調節する細胞内外の因子について、ご自身の最新の研究を報告した。石金浩史先生は、カエルの視覚誘発性の逃避行動と網膜神経節細胞の周期的同期発火との関連について、これまでのご自身の研究成果を報告し、加えて逃避行動への新たな神経節細胞の関与を示唆した。林田祐樹先生は、人工視覚システムの開発の立場から、従来の電極アレイを網膜に埋め込む場合の問題点に言及し、新たに脳の視覚領域に集積電子回路を埋め込み、直接脳を電気刺激する技術の開発と動物の脳を使った実証試験を行っていることを報告した。最後に、富田浩史先生は、緑藻類（ボルボックス）由来のチャンネルロドプシン遺伝子を、失明ラットの網膜内の生き残っている神経節細胞に導入し、視覚の再建が見られることを細胞レベル、脳波レベル、そして行動レベルで明らかにした。

本シンポジウム発表について、開示すべき利益相反関係にある企業等はない。

オーガナイザー：Andrew Ishida（カルフォルニア大学デービス校）

斎藤 建彦（岩手大学工学部）

シンポジウム S09 のシンポジスト発表要旨は WEB 版をご覧ください。（筆頭著者名・講演タイトルは以下のとおりです）。（次頁に続く）

Andrew Ishida 『網膜神経節細胞の活動電位は全か無かの事象ではない』 P.1

石金浩史 『視覚誘発性行動の誘発に関連する網膜ニューロン群による情報表現』 P.1

SYMPOSIA 掲載形式について（おことわり）：SYMPOSIA～第 91 回日本生理学会大会から～は、第 91 回大会の各シンポジウムで発表された成果を専門外の会員にも分かりやすくお伝えすることを目的に、各オーガナイザーおよびシンポジストの皆様のご協力を仰ぎ、掲載が実現しました。しかしながら、年間印刷ページ数の制約から、印刷版ではオーガナイザーによるシンポジウム要旨のみを掲載し、各シンポジスト発表要旨につきましては WEB 版にのみ掲載することになりました。なお、WEB 版ではオリジナルのカラー図版をご覧いただけます。

<http://physiology.jp/exec/nisseishi/>

林田祐樹『微小電気刺激による視覚補綴インターフェイス』P.2

富田浩史『オプトジェネティクスの視覚への応用—失明者の視覚再建を目指して—』P.3

---

## 電子顕微鏡連続断面微細構造観察による3次元再構築イメージ解析 (S51)

近年、電子顕微鏡を使って、連続超薄断面像から微細構造を3次元再構築し、シナプスやミトコンドリア等の構造を詳細に形態解析する手法が注目されている。クロスビーム型電子顕微鏡(FIB/SEM)、ダイヤモンドナイフ切削型走査電子顕微鏡(DiK-SBEM)、また自動テープ回収型ウルトラマイクローム(ATUM)による連続超薄切片のSEM観察は、組織の超微細3次元構造を簡便に取得するための最先端のツールである。本シンポジウムでは、従来の連続超薄切片TEM観察法を紹介するとともに、上記の新しい手法の簡単な原理紹介と、実際にそれらを使って精力的に観察解析を行ったシナプス、ミトコンドリア、微小管等に関する最新の知見を、それぞれ紹介していただいた。

窪田は、従来の連続超薄切片TEM観察法、FIB/SEM、DiK-SBEMの原理を紹介し、それぞれの手法の長所、短所に言及した。次に、太田は、FIB/SEMを使って、その特性を最大限に活かしてxyz軸すべてにおいて高解像度でミトコンドリアクリステの立体構築を行った。その結果、従来考えられていた知見とは異なる新しい形態的な構造を紹介した。大野は、中枢神経系の有髄神経線維をDiK-SBEMを用いて連続で観察した結果、軸索のエネルギー産生を担うミトコンドリアは軸索内においてむしろランビエ絞輪と呼ばれる部位以外の領域(絞輪間部)に多い事を示した。菌村氏は、共焦点レーザー顕微鏡で観察したラット大脳皮質の神経細胞を、FIB/SEMを使って同じ部位をどのような手順で同定し観察する事ができるかを具体的にわかりやすく紹介してくれた。最後に岩崎氏は、最も新しい技法であるATUMの具体的な使用方法を紹介し、post embedding immunohistochemistryをはじめとした多くの実験的な可能性がある事に言及した。SEMによる電子顕微鏡観察はもちろんのこと、レーザー共焦点顕微鏡や蛍光顕微鏡への応用もできることを非常にわかりやすく紹介した。

本シンポジウムでの発表は、いずれも、科学的に非常に優れた仕事であり、今後の神経科学の行くべき方向を予感させるに十分なインパクトを聴衆に与えたといっても過言ではない。質疑応答も大変盛り上がり、有意義なシンポジウムであった事を報告する。

オーガナイザー：窪田 芳之(生理学研究所)

太田 啓介(久留米大学)

シンポジウムS51の各シンポジストの発表要旨はWEB版をご覧ください(筆頭著者名・講演タイトルは以下のとおりです)。

窪田芳之『TEM, FIB/SEM, DiK-SEMを使った神経組織の電子顕微鏡連続切片作製』P.4

太田啓介『FIB/SEM トモグラフィー法によるミトコンドリアクリステの3次元構造解析』

P.5

大野伸彦『SBF-SEM for ultrastructural analyses of physiology and pathology of the nervous system』P.6

菌村貴弘『二重免疫標本における共焦点レーザー顕微鏡とFIB-SEMのCorrelative 3次元再構築法』P.6

岩崎広英『自動連続切片回収機ATUMを用いた神経回路解析』P.8

## 骨格筋障害への鍼灸の作用メカニズム (S56)

### 全日本鍼灸学会連携シンポジウム

近年、鍼灸療法の科学的解明に関する基礎および臨床研究が積極的に行われている。昨年に続き、第2回目となる全日本鍼灸学会・連携シンポジウムでは、鍼灸療法において重要な骨格筋障害に着目して鍼灸の作用メカニズムの解明に迫ることを目的とした。骨格筋障害に対する鍼の臨床研究から、骨格筋幹細胞に着目した筋可塑性の分子メカニズムや鍼作用メカニズムの基礎研究、筋疲労に関する基礎研究の概要と問題点に至るまで、密度の高い発表・討論がなされた。

筑波大学の宮本俊和先生からは、スポーツ分野における骨格筋障害に対する鍼灸治療の状況ならびに臨床・基礎研究成果が紹介された。スポーツ選手の受ける鍼治療は、筋性腰痛や肉離れなどの骨格筋損傷に伴う疼痛の軽減を目的とする割合が多く、疼痛部の筋に対する低周波鍼通電療法が臨床効果を得ている。臨床研究においては、鍼（円皮鍼）による筋痛、自覚的な筋疲労、筋硬度の軽減が示された。動物を用いた基礎研究においては、鍼通電刺激による廃用性骨格筋萎縮の抑制作用、筋萎縮からの回復過程の促進作用が示された。

長崎大学の小野悠介先生からは、骨格筋の萎縮や肥大・再生といった可塑性を制御する分子メカニズムに関する基礎研究が紹介された。筋の可塑性の働きに欠かせない骨格筋組織幹細胞であるサテライト細胞に着目し、その増殖・分化の制御に、細胞膜貫通タンパク質 Notch1 および Notch2 が関わることを示された。さらに Notch が幹細胞のみでなく最終分化を遂げた筋線維にも発現しており、成熟した筋線維における Notch シグナルの活性化が速筋の萎縮や遅筋化の発現に関わる事実から、加齢性筋肉減弱症（サルコペニア）の発症機序における Notch の関連性も指摘された。

神戸大学の高岡裕先生からは、鍼治療による骨格筋幹細胞の活性化の分子メカニズムに関する研究が紹介された。マウス下腿の鍼通電刺激により、骨格筋のサテライト細胞の増殖像ならびにミオスタチンの遺伝子発現の低下が示された。これらの結果から鍼通電刺激がタンパク合成を抑制するミオスタチンを抑制することにより筋サテライト細胞の増殖を起こすことを示唆している。廃用性筋萎縮モデルマウスを用いた実験においても、鍼通電刺激がミオスタチンの遺伝子発現や筋萎縮を抑制する結果を見出し、臨床応用への道筋が示された。

東京慈恵会医科大学の竹森重先生からは、「筋の疲労」に関する混乱が指摘された。エネルギー代謝により溜まる乳酸やリン酸が筋の収縮タンパクのパフォーマンスを低下させることで筋細胞の疲労が起こる。この筋細胞レベルでの疲労と自覚される疲労感とは異なる概念であるにも関わらず、混同され混乱を招いている。疲労感を筋肉に投射して知覚するために混同すると指摘された。鍼灸治療における筋疲労抑制の作用メカニズムを考える上で、骨格筋研究において明らかにされた事実を正確に把握することの重要性が指摘された。

筋痛、筋疲労、筋の凝りなど骨格筋障害に対して用いられる鍼灸治療は、スポーツ分野のみならず骨格筋障害をもつ高齢者の医療においても、今後ますます期待が高まると予想される。鍼灸治療の発展には科学的根拠を示すことが重要である。骨格筋研究は幹細胞研究において近年大きく発展している。本シンポジウムは鍼灸と骨格筋に関わる最先端研究を統合する上で貴重な、意義深いものだった。

オーガナイザー：内田 さえ（東京都健康長寿医療センター研究所）  
野口栄太郎（筑波技術大学大学院）

シンポジウム S56 の各シンポジストの発表要旨は WEB 版をご覧ください（筆頭著者名・講演タイトルは以下のとおりです）。

宮本俊和『スポーツ分野における骨格筋障害に対する鍼治療の効果』 P.10

小野悠介『骨格筋可塑性を制御する分子基盤』 P.11

高岡 裕『鍼通電刺激による骨格筋幹細胞の活性化の分子メカニズムとその治療応用に向けて』 P.11

竹森 重『骨格筋研究をめぐる混乱を疲労を手掛かりに振り返って最近の発展を眺めてみよう』 P.13