

## 5) 横細管系の発達に関する超高圧電子顕微鏡研究

石川 春 律\*

研究協力者 月田 承一郎\* 上野 洋\*\*

骨格筋における横細管系 (T-system) は興奮収縮連関の重要な構造である。したがって、この膜系の発達程度は筋線維の収縮機能と密接な相関をもっている。ジストロフィー筋における横細管系の発達や分布などの形態学的異常を検索することは病因解明への一つのアプローチと考え、横細管に関する研究を行っている。

われわれはさきに、マウス横隔膜について横細管系を選択的に染め出し、1~3 $\mu$ mの厚い切片の超高圧(1000KV)電子顕微鏡観察によって、横細管系の分布・配列を立体的に分析した。今回は同様な方法を用いて、ニワトリ骨格筋の収縮速度の異なる二種の筋について横細管系の発達過程を検索した。

### 材料と方法

材料として、ニワトリの胚から成熟までの各時期について、遅筋として前広背筋(ALD)、速筋として後広背筋(PLD)を用いた。今回は小口変法に従って横細管系を硝酸ランタンによって選択的に染め出し、エポキシ樹脂に包埋した。1~2 $\mu$ mの厚い切片をつくり、後染色は施さず、超高圧電子顕微鏡にて、試料傾斜+8°と-8°の写真対を撮影した。この立体対写真を立体鏡下で観察し、胚から成熟までの横細管系の発達程度、三次

元分布や走行をALDおよびPLD両筋について分析し、比較検討した。

### 結果と討論

この染色方法により、横細管系のみが選択的に、十分のコントラストをもって染め出されたが、筋細線維やミトコンドリアや筋小胞体は弱く染まるのみであるので、横細管の観察に支障なく、しかも横細管と他構造との位置関係は明らかであった。

横細管系の発達は孵化直後までは前広背筋(ALD)が後広背筋(PLD)より先行していた。胚の筋では両筋とも横細管の分布は不規則で、縦走する管が圧倒的に多く、走行も強い蛇行や数珠状を示した。孵卵17日の胚のALDでは横細管系は細胞内ですでにかなりの密度で形成されていた。しかし、その分布・走行は筋細線維の横紋と一定の関係を示さず、縦走する管が多かった(図1)。また、この管の細胞表面への連絡ないし開口も横紋とは無関係であった。横紋の一定のレベルで横細管が形成される(穹入する)という以前の考えは当たらない。横細管を開口のレベルから、縦方向に3~5筋節の距離たどることもできた。部位により、横細管は複雑で密な網目や束をつくったりしていた。細胞表面膜には横細管の開口のほか多数のポケット状小窩が形成されている。横細管もこの小窩を介して開口しているようにみえた。横細管の走行の大部分は強い蛇行を呈するが、散在性に扁

\* 東京大学医学部解剖学

\*\* 熊本大学医学部内科

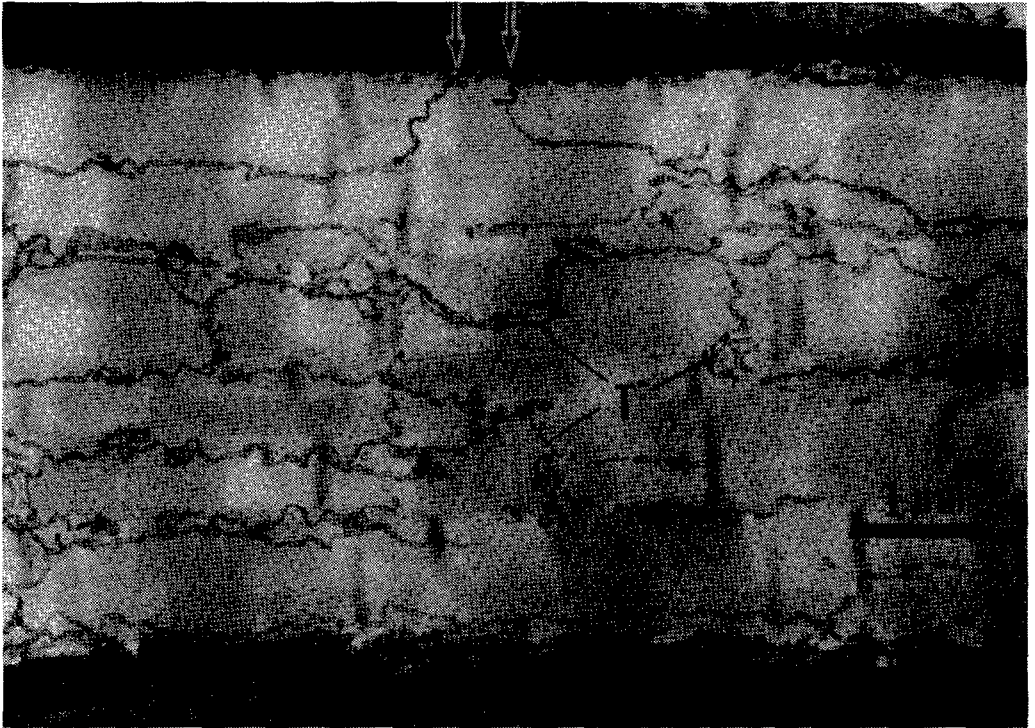


図1 縦切りされたニワトリ17日胚の前広背筋細胞の超高压電子顕微鏡像。  
横細管(T)は選択的に染め出されており、その不規則な分布・走行が特徴的である。矢印は横細管の開口を示す。1 $\mu$ m厚さの切片。

平化した部分(扁平槽)が形成されていた。

PLDにおける横細管の分布・走行はALDのそれと同様であったが、ALDに比して発達が全体的にかなり遅れていた。

孵化直後では、ALDで横細管系の発達はさらに進んでいた。横細管の分布はなお不規則で、縦走する管が多いが、A-I境界のレベルを横走する管も増加しており、I帯における管の密度がA帯におけるより高かった。走行はなお強い蛇行を示した。PLDでも横細管の発達は進んでいたが、ALDよりも発達は幾分遅れていた。その走行や分布も不規則であった。両筋ともに、扁平槽が増加しており、A-I境界付近に多い傾向を示したが、ほとんど縦方向に配列していた。

その後の時期として、17日、2ヶ月、成熟について検索を行なった。17日のALDでは、

横細管はなお不規則な分布を示すが、A-I帯を横走する管がさらに増加していた。走行は蛇行が依然強かったが、扁平槽も多く認められ、そのほとんどが縦走部分にみられた。この扁平槽は超薄切片像との対比から、三ツ組部分に相当するが、超薄切片では明らかでなかった扁平槽がこの方法で明瞭に示されたことになる。この時期のPLDで、横細管がALDのそれと明らかに異なる形態を示すようになった。まず、分布がA-I帯を横走する管が多く、縦走する管が減少していた。さらに、その走行は直線的で、強い蛇行を示すALDのものとは明らかな差を示した。

2ヶ月のALDでは、横細管の発達はよいが、分布は17日のものよりかえって不規則性が強くなっていた。縦走する管が多く、走行は強く蛇行していた。これに対して、PLD

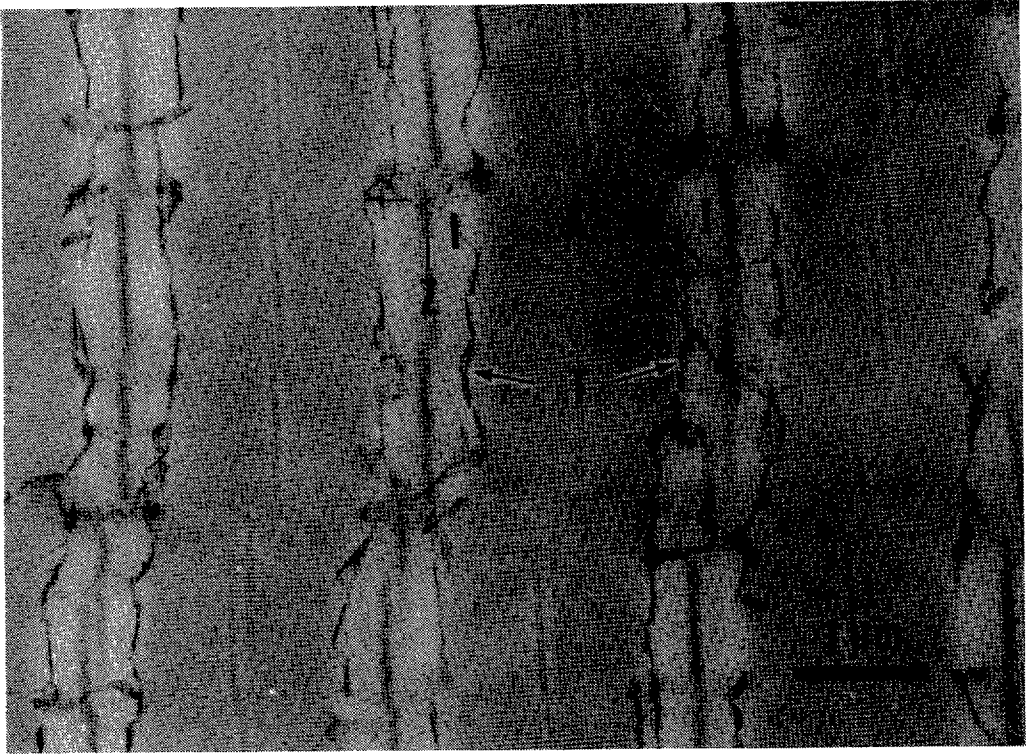


図2 縦切りされた成熟ニワトリの後広背筋細胞の超高压電子顕微鏡像。  
横細管(T)は A-I 境界のレベルを規則的に横走している。A:A 帯, I:  
I 帯, Z:Z 板: 1 $\mu$ m 厚さの切片。

では横細管の分布はより規則性が増し、A-I 境界を横走する管が増加していた。

成熟筋においては、ALD の横細管の発達程度はさらに悪く、分布も不規則で、強い蛇行を示した。PLD では、横細管系は典型的な分布をとり、A-I 境界を規則的に横走していた(図2)。縦走する管は散在性に認められるのみであった。扁平槽もかなり見出されたが、ほとんど横方向に配列していた。ところどころにみられる不規則な配列や網目形成は発達過程を考えると十分説明できるものである。

#### 結 語

ニワトリのALDとPLDについて、厚い切片の超高压電子顕微鏡法によって、横細管

系の発達過程を検索した。ALDでは横細管系の発達にはPLDのそれに先行する。胚期では横細管の分布や走行は両筋とも同様の過程をとるが、孵化後1~2週、両筋の間に大きな差がみられるようになる。ALDでは横細管の発達がある時期までは進行するが、決して規則的な配列をとることはない。成熟になると、かえって相対的に退化傾向を示した。他方、PLDでは成熟するにつれ、ますます発達が進み、配列も規則的になってくる。

選択的な染色を施した厚い切片の超高压電子顕微鏡観察は横細管の立体的配列のみならず、その全体的な発達程度、走行、分布の分析に有益な手段であり、今後、罹患筋についての検索を進めていきたい。

↓  
**検索用テキスト** OCR(光学的文字認識)ソフト使用  
論文の一部ですが、認識率の関係で誤字が含まれる場合があります  
↓

骨格筋における横細管系(T-system)は興奮収縮連関の重要な構造である。したがって、この膜系の発達程度は筋線維の収縮機能と密接な相関をもっている。ジストロフィー筋における横細管系の発達や分布などの形態学的異常を検索することは病因解明への一つのアプローチと考え、横細管に関する研究を行っている。