

# 哺乳類精子の運動性評価と実用例

## 1. はじめに

動物の生殖において受精は非常に重要なプロセスであり、精子が卵子に向かう運動は受精の実現に最も重要な因子の一つである。精子運動は鞭毛と呼ばれる尾部の能動的な屈曲によるものであるが、哺乳類精子は体内受精を行うため、さまざまなゲルや高分子などの存在する高粘度粘弾性を有する卵管内粘液中を鞭毛運動により遊泳する。本稿では、はじめにこのような実際の卵管内に近い流体中を遊泳する精子の運動性評価について紹介する。さらに、昨今の微細加工技術の発達や、哺乳類精子を用いた生殖技術の発展により、生物学的だけでなく生殖補助医療分野や畜産分野においても、精子のさまざまな運動特性が注目を浴びてきている中、後半では、マイクロチャネルを用いた運動良好な哺乳類精子を回収する装置開発についての紹介を行う。

## 2. 実環境下における運動性評価

一般的には、精子は鞭毛を規則的に動かすことで、ジグザグに遊泳すると考えられる。この運動は観察を容易にするために精液を希釈した中での結果である。しかしながら、実際に精子が遊泳する卵管内の粘液は水の100~1000倍の粘度をもち、かつ高分子などが存在するため粘弾性特性を有しており、かなり特殊な環境下で遊泳しているといえる。そこで、われわれは、観察用試料溶液として、高粘度かつ粘弾性を有する粘度調整試薬を希釈した精液に溶解することで疑似卵管内粘液を作成し、その中を遊泳する精子の運動性評価を行った。精子には体内受精を行う哺乳類精子の一種としてウシ精子を用いた。観察の結果、水に近い低粘度溶液中は、頭部を回転させながら、鞭毛全体を三次元的に屈曲させ、ジグザグに遊泳しているのに対して、疑似卵管内粘液中では、頭部はほとんど回転せず、鞭毛は先端付近に大きな曲率をもってほぼ平面的に変化し、ジグザグではなく、直線的に遊泳していることが明らかとなった(図1)<sup>(1)</sup>。さらに、受精の直前で起こるとされるハイパーアクティベーション(超活性化)を人工的に誘起させ、流体粘度特性の影響を調べた結果、低粘度では、いわゆる8の字を描くように遊泳し、ほとんど前進しないのに対して、疑似卵管内粘液中では、直進度が増加していること

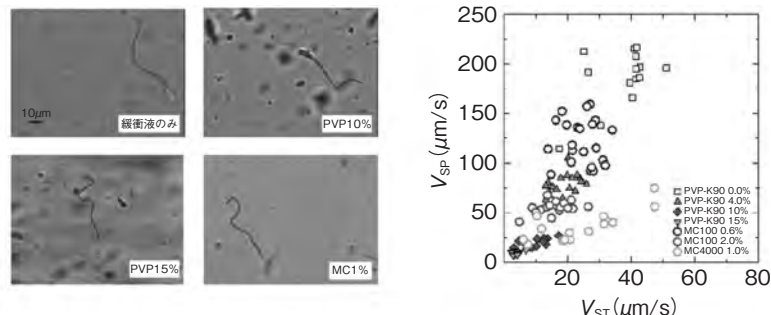


図1 さまざまな粘性における精子の運動性評価

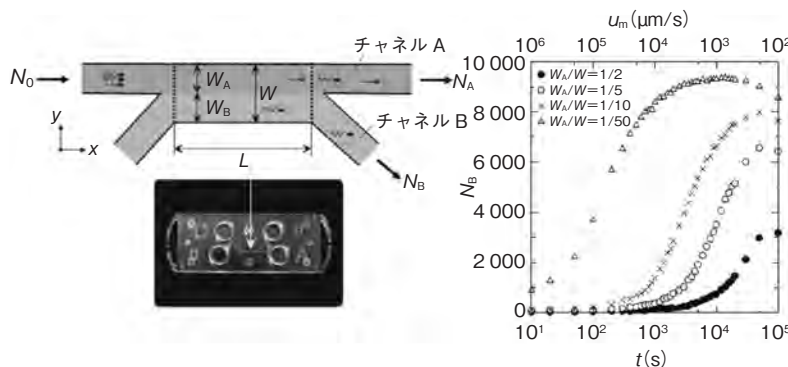


図2 精子モデルを用いたマイクロチャネル形状依存性

が明らかとなった。

## 3. 運動良好な哺乳類精子の回収装置

人工授精では、運動良好精子を安全に、かつ簡便に選別するプロセスが要求される。たとえば、不妊治療を目的として、マイクロチャネルを用いた運動良好精子分離装置が開発されている。これは2液を同時に平行して流す際、流れは層流であるため、不動精子はそのまま流れ去るに対して運動精子の一部はもう片方のチャネルへ移動する効果を利用したものである。また、ウシの人工授精を対象に、精子の遡上性を利用したマイクロチャネルも実用化へ向けた開発が行われている。このように精子の特徴的な運動性を利用した回収技術の確立が進む一方で、どのような形状、または流体力学的条件が最も効果的に運動良好精子を回収できるのかはまだ検討の余地がある。そこでわれわれは前述の不妊治療用の精子分離装置を対象に、運動精子に対するマイクロチャネル形状依存性について検討を行った<sup>(2)(3)</sup>。その結果、チャネル形状に対する回収量や精子運動性の関係が明らかとなった(図2)。これ

はチャネル内の流速分布やせん断応力に精子の運動性は大きく影響を受けることを意味している。

## 4. おわりに

人工授精を対象とした運動良好精子回収技術の今後の展開は、大量回収、高効率化となる。また、実際に得られた運動良好な精子が実際の受精にはたして十分適しているのかはさらなる検証が必要である。前半で説明した、受精に至るまでの精子の晒される特殊な環境を十分理解したうえで、これらの疑問点を解決していくことが今後の課題となるであろう。

(原稿受付 2016年6月30日)

[百武 徹 横浜国立大学]

### ●文献

- (1) Hyakutake, T., ほか, Effect of Non-Newtonian Fluid Properties on Bovine Sperm Motility, *Journal of Biomechanics*, **48** (2015), 2941-2947.
- (2) Hyakutake, T., ほか, Application of a Numerical Simulation to Improve the Separation Efficiency of a Sperm Sorter, *Biomedical Microdevices*, **11-1** (2009), 25-33.
- (3) Matsuura, K., ほか, Screening of Sperm Velocity by Fluid Mechanical Characteristics of a Cyclo-olefin Polymer Microfluidic Sperm-sorting Device, *Reproductive Bio-Medicine Online*, **23-3** (2012), 109-115.