

学 位 論 文 要 旨

氏 名 田坂 嘉孝

論 文 名 白内障手術中の後房組織観察を目的とする
新たな豚眼 side-view imaging technique の開発

【緒言】超音波水晶体乳化吸引術 (Phacoemulsification and aspiration; PEA) による白内障手術は、手術器具や技術の進歩により、安全かつ侵襲の少ない術式となっている。術中合併症をさらに減らすためには、移植眼内レンズの受け皿である後房組織 (毛様、チン小帯、前部硝子体膜、周辺部水晶体嚢) が手術の各ステップにおいてどのような影響を受けるかを十分に理解しておくことが重要である。しかしながら、角膜を通した通常の手術時の観察方法では術中挙動の把握は困難である。

白内障手術に伴う後房組織の挙動観察の試みには、1985年の Miyake による Miyake view、1990年の Apple と Davis による Miyake-Apple view の開発がある。これらの手法は、ヒト摘出眼球を用いて眼内レンズの挿入固定に伴う後房組織の挙動をリアルタイムに観察するもので、白内障手術の進歩や教育に広く貢献したものの、後房組織を後方から観察しているため2次元的情報しか得られないという難点があった。これを踏まえ、1992年には Asia と Apple が眼球側方に作成した window から後房組織を3次元的に観察できる side-view technique を考案したが、眼球が閉鎖系 (closed-eye surgery) でない点で白内障手術の実施は不可能であり、術中の後房組織の挙動を観察することは困難であった。

我々はこれら既存の手法の弱点を克服することを目標に、新たな side-view imaging technique を考案した。

【方法】

組織固定方法：摘出豚眼を液体窒素に5秒間浸すことにより組織を冷凍凝固し、眼球の赤道面から45度の角度で素早く切断。眼球前部の切断面をスライドガラスに強力瞬間接着剤と小麦粉を用いて接着させる。

Side-view imaging technique：固定された豚眼に対して PEA を施行し、術中後房組織の動きをスライドガラス側より高解像度カメラを通して動画でモニターする。

本技術が、ヒトの PEA に近い closed-eye surgery が可能であることを証明するために以下の2つの実験を行った。

実験 1：切断面接着方法による強度を確認するため、group1（冷凍、強力瞬間接着剤+小麦粉、3分）、group2（冷凍、強力瞬間接着剤、小麦粉なし、3分）、group3（冷凍なし、強力瞬間接着剤、小麦粉なし、30分）の3群に分けて眼圧を上昇させてスライドガラスとの接着が外れる眼圧（IOP of breaking point）を測定した。
実験 2：通常の摘出眼球および本技術でスライドガラスに接着させた切断眼球で PEA をそれぞれ連続 10 眼ずつ施行し、術中最高眼圧、手術時間と術中使用した灌流液の量を測定した。

【結果】

実験 1：IOP of breaking point の平均は Group1: 117.3 ± 36.2 mmHg、Group 2: 64.1 ± 26.0 mmHg、Group 3: 111.5 ± 40.5 mmHg で Group 2 は Group 1（ $P=0.006$ ）、Group 3（ $P=0.014$ ）と比較して有意に低かった。

実験 2：Side-view imaging technique により 10 眼中 9 眼（90%）で PEA を完遂できた。PEA が可能であった 9 眼の術中平均最高眼圧、手術時間及び術中使用した灌流液の量は、 55.8 ± 4.7 mmHg、 497.6 ± 57.3 秒、 54.4 ± 21.9 ml で全眼球を使用した 10 眼では 55.3 mmHg \pm 5.0 mmHg（ $P=0.650$ ）、 448.4 ± 33.4 秒（ $P=0.028$ ）、 40.5 ± 9.8 ml（ $P=0.107$ ）であり、術中平均最高眼圧と灌流液の量に有意差は認められず、全眼球を使用した群で手術時間が有意に短かった。

以上の結果より Side-view imaging technique を用いて PEA 施行中の後房組織のリアルタイムな動きを直接観察することが可能であることが証明された。本法を用い、 $1.0 \mu\text{m}$ のフルオビーズを用いた灌流液を前房内に灌流させて後房組織を観察したところ、チン小帯でビーズがトラップされること、前部硝子体膜破裂の現象をリアルタイムに観察することが可能であった。

【考察】

従来の Miyake-view や Apple の side-view といった後房観察の方法と比較して、本研究での side-view technique は眼球を斜めに切断することより、実際の白内障手術に近い状況を作り出し、3 次元的に術中のリアルタイムな後房の動きを観察することを可能にした。また、眼球を液体窒素で短時間凍らすことでよりシャープな眼球切断面の作製、強力瞬間接着剤と小麦粉を組み合わせることにより短時間で強固な眼球切断面とスライドガラスの接着、長時間の closed-eye surgery を可能にした画期的な方法である。通常実習や実験で用いる摘出豚眼球に対する PEA との比較においても 10 例中 9 例において PEA が遜色なく行われ、通常の PEA における後房の観察が可能であることが示された。実際、本方法により細菌の大きさに近似したフルオビーズを灌流液中に混和して行った PEA では、チン氏帯—後房—硝子体バリアでの細菌の動態が推測され、白内障術後眼内炎の発症を考える上でも有用と思われた。

【結論】本研究により開発された side-view imaging technique は白内障手術中の後房組織を観察でき、手術合併症の検討や手術教育に有用な方法である。

キーワード（3～5）

side-view imaging, posterior chamber structures, cataract surgery, porcine eyes