航空医療搬送における課題調査

○篠原一彦（東京工科大学医療保健学部）

Investigation on the problems for developments of aviation transportation medical service

Kazuhiko Shinohara (School of Health Science, Tokyo University of Technology)

1. はじめに

ドクターヘリによる救急搬送や重症患者の海外渡航など航空医療搬送の需要と実績は急増している。2001年に本格運用を開始したわが国のドクターヘリは、2011年度には年間出動件数12923件、累積運航回数6万回を超える実績をあげている。¹⁾ 一方、航空先進国の米国では、航空医療搬送の緊急性・特殊性が抱える輸送安全上の問題も報告されている。²⁾ 今回、航空医療搬送と機内診療が抱える課題を医療スタッフ、医療機器、航空システムについて総合的に調査した。

2. 航空医療搬送の分類

航空医療搬送は、その目的から、①発生地からの患者搬送、②医療施設間の患者搬送、③医療チームの派遣手段に分類できる。

①は陸路搬送時間が30分以上（約15km以上）の救急搬送や救急車の使用が困難な災害地・高速道路上の大規模事故・山岳・離島からの患者搬送であり、救急ヘリが主として用いられる。

②は移植、切断肢再接着、高度先進医療機器の使用など、手術や集中治療のための患者搬送である。担当医の添乗とともに機内での人工呼吸器や補助人工心臓などの長時間使用も必要となることも多い。

③は災害・事故現場・移植臓器提供者入院施設などへの医療スタッフ派遣手段としての航空機利用である。³⁾

3. 医療スタッフの課題

航空医療搬送には航空医学的知識が重要であるが、卒前医学教育における航空医学のカリキュラムは皆無に近い。

例えば高度10000ftフィート以上では、低酸素による人体への影響が生じ、加えて気体は5000ftで1.2倍、10000ftで1.5倍、15000ftでは1.9倍に膨張する。機内が与圧されている民間航空機においても与圧は高度8000フィート相当にすぎない。また機内加湿システムがないので、長距離国際線では機内湿度は10%程度まで低下する。

従って重症患者の長距離航空搬送では、機内の低圧・乾燥環境によって呼吸循環系に影響が発生する。機内酸素分圧低下は酸素投与で対処可能であるが、気体の膨張は、気胸・

腸閉塞・耳鼻科疾患などの症状を悪化させる。

しかしこのような知識は卒前教育や初期研修では教育されていない。時差による日周リズム変化への労働医学的対応や服薬指導についても専門学会の卒後教育に限られている。

また航空医療搬送は重症度の高い救急症例を扱うにもかかわらず、機内での医療行為には種々の障害がある。振動や騒音が影響を与える診療行為として、聴診・静脈路確保・心臓マッサージ・気管挿管・胸腔ドレーン挿入などの基本的診療行為が挙げられる。これらの診療行為は米軍機では機上でも日常的に実施されているが、日本では教育訓練体制も欠如しているし、診療行為の人間工学的課題を支援する医療機材もない。

陸路搬送時には一時停車しての処置も可能であるが、航空機では困難である。迅速に着陸し、より高度な治療を必要とする場合もあるが、患者の緊急性・重篤度を理由に運航の安全性を損なうような飛行を強要してはならないことも自明である。さらに搭乗スタッフ自身の体調管理と安全確保も不可欠である。

従って医療従事者自身も航空運航のプロセスと安全について、運航担当者と認識を共有する必要がある。³⁾ 以上のような観点から、医療従事者への航空医学教育とともに、航空運航の基礎知識や crew resource management (CRM) の教育訓練も必要である。

4. 医療機器の課題

航空搬送時の環境変化は、医療機器へも影響を及ぼす。これまでも点滴速度の変化、気管チューブのカフなどバルーン類や自動調節式ショックパンツ (MAST; medical anti-shock trousers) の圧や体積変化、従圧式人工呼吸器の換気量変化などが報告されている。³⁾

医療機器は地上で固定して利用することを前提に設計されており、低圧環境や振動下での使用は想定されていない。

機内における医療機器への給電（航空機からの給電やバッテリー駆動）、医療用ガスボンベ搭載と使用、医療機器の固定、航空計器医療機器相互の電磁干渉等への対応については、航空機の種類や航空会社毎の個別対応を余儀なくされているのが現状である。

電源や器材固定といった技術的には容易に

対応可能な事案についても、医療機器では薬事法上の新規届出が必要となる場合がある。医療機器・航空双方にまたがる法的課題の調整とともに、狭隘で振動・騒音環境下にある航空機内での医療機器の仕様と操作性についての人間工学的検討も必要である。

5. 航空側の課題

深夜・早暁が心・血管疾患や交通事故・産業事故の多発時間帯であるにもかかわらず、民間ドクターヘリには航空法により夜間飛行が許可されていない。

航空医療搬送、特にヘリコプターや小型固定翼機による救急医療搬送を、医療システムのなかに定着させるには、まず夜間・悪天候時の円滑な運用と安全性の課題を解決する必要がある。

症例毎に目的地が異なる不定期運航を宿命とする夜間・悪天候下の航空医療搬送には、terrain awareness warning system や暗視ゴーグルなどによる安全性向上が必要である。夜間緊急時の認知能力向上のための機材や訓練システムの開発も航空人間工学の課題といえる。^{4) 5)}

計器飛行による夜間・視界不良下の安全運航を実現するためには、GPS による飛行方式設定など低高度飛行支援システム、Flight dispatch、気象観測施設、Automatic Dependent Surveillance-Broadcast などの基盤インフラの開発と整備も必要である。⁵⁾

また不定期な救急医療搬送に従事する専任乗員における技量維持も重要な課題である。さらに医学的緊急性と飛行安全の両立が求められ、不定期で離着陸地点も一定しない救急・救難飛行には独自の Thread and Error Management も必要である。

航空界で確立された通常の CRM 訓練とともに、医療スタッフに対する運航乗員からの Assertion や Team-building 能力も重要である。定期航空会社と比べて、救急医療搬送を担当する航空会社は、教育資源の脆弱性な零細企業であることも否めないで、公的な助成制度も必要である。

また航空医療搬送の輸送手段には、定期民間航空機・チャーター機・救急ヘリがあるがそれぞれ長所短所がある。

定期民間航空機には航続距離や飛行条件では優位である。しかし緊急搬送には不適當であることや機内での医療機器使用には航空会社および国ごとの規制があるという欠点がある。

欧米で普及している医療用小型チャーター機では、重傷者・感染症患者の緊急搬送に対応した機材・スタッフを備え、プライバシーを保った緊急対応可能という利点があるが、高コスト性や航続距離などの問題がある。

救急ヘリは緊急対応が可能であるが、航続距離の制限・飛行条件の制限・機内与圧の欠

如・振動・狭隘な機内空間などの短所がある。

自衛隊機の利用も離島では古くから活用されているが、緊急性があり他の移送手段がない場合に限り、その都度自治体から自衛隊に要請する形で行われている。

悪天候や豪雪地における安全な救急搬送を可能とするためには、医療全体における搬送コストの位置づけを検討することともに、高規格道路など航空に固執しない種々のモダリティを統合した搬送システムの整備も必要である。また小笠原諸島や先島諸島などの離島診療には航続距離の長いティルトローター機の活用も検討されなければならない。^{6) 7)}

6. まとめ

航空システムは古くから人間工学研究の対象となり高度なヒューマンマシンシステムを達成した。しかし様々な悪条件下に搬送と診療を行わざるを得ないわが国の航空医療搬送は試行錯誤中の段階で、数多くの人間工学的課題が山積している。人間工学の手法のもとに医・工・空の関係者連携による戦略的な研究開発が、今後の航空医療搬送発展のために必要である。

7. 参考文献

- 1) 救急ヘリ病院ネットワーク (HEM-net) ホームページ：
<http://www.hemnet.jp/databank/detail/15105.html>
- 2) National Transportation Safety Board: Aviation Special Investigation Report, Special Investigation Report on Emergency Medical Services Operations, NTSB/SIR-06/01, 2006
- 3) 篠原一彦：外科医からみた航空医療搬送の課題、救急または救難目的の飛行と安全のバランス pp27-32、2011、航空運航システム研究会
- 4) 齋藤雅樹：救急救難ヘリコプターの飛行安全について、救急または救難目的の飛行と安全とのバランス pp63-66、2011、航空運航システム研究会
- 5) Federal Aviation Administration : Fact Sheet -Helicopter Emergency Medical Service Safety, June 8 2010
- 6) 三戸恵一郎 他：ティルトローターAW609導入による遠隔離島医療の有効性、日本航空医療学会誌13(2)、149、2012
- 7) 篠原一彦：航空医療発展のための医・工・空の課題、生体医工学、50(Suppl.1)CDR,2012