

第4章 ヘリコプター救急の効果

オランダでは、ヘリコプターによる救急医療の試行実験が1995年に始まり、2年ほどかけて徐々に本格運航へ発展していった。日本のドクターヘリが1999年10月から2001年3月まで1年半の試行的事業を経て本格的な事業へ進んだのと似たような経緯といえよう。

こうした試行的運航の間、オランダの国民健康保険基金はオランダ自動車連盟（ANWB）の提案により、交通安全学術研究財団（SWOV）とロッテルダム・エラスムス大学保健医療政策センター（CGBR）に依頼して調査研究をおこない、「交通事故におけるヘリコプター外傷チーム導入の効果」(The Effect of Introducing a Helicopter Trauma Team to Assist Accident Victims, Dr. F.T.H. de Charro[CGBR] & S. Oppe[SWOV], 1998.) その他の報告書にまとめた。ヘリコプターの運用はANWBとアムステルダム自由大学病院（AZVU）が担当し、医師、看護師、パイロットが搭乗した。

調査研究の方法は、ヘリコプターによる救急の結果を従来の救急車によるものと比較し、医学的効果と経済的効果を検討したもので、その結果は1998年に公表された。以下、これら複数の報告書を読んで、その概要をまとめることとする。

1 調査の目的

この調査の目的は、オランダ全国に救急ヘリコプターを配備するにあたって、ヘリコプター導入の効果を確認することである。そのため、主として多発外傷患者の生還の可能性に関するヘリコプター救急の有効性に焦点を合わせた。

有効性の調査に当たっては、2つの問題に焦点を絞った。ひとつは調査対象となった患者の死亡率。もうひとつは重傷を負いながら生還した人びとの「生活の質」(QOL: Quality of Life) である。そのうえで、こうした医学的効果をあげるための費用がどのくらいかかるのか。その経済的効果、すなわち費用効果について、救急費用と救助された人びとが多少とも後遺症をかかえながら生きてゆくための毎年の費用計算を含め、それをQOLによって修正しながら計算した。

さらに、ヘリコプター救急が身障者を増やし、そのことによって却って人びとを苦しめ、介護費用を無駄に費やすという社会的偏見を打破することも、この調査の目的のひとつであった。

2 多発外傷患者のデータ

この調査のために、1995年5月1日から1996年12月31日までの20ヵ月間、交通事故による多発外傷患者のデータが救急関係機関や病院から集められた。病院は大学病院など8ヵ所で、データ数は1,277人分である。ほかに、このデータを補完し、比較するために1997

年1～3月の多発外傷患者 909 人分のデータも収集した。

重傷患者それぞれの病院到着前の状態については、ヘリコプター救護を受けたか否かにかかわらず、救急機関から資料を集めた。さらに患者が病院に搬送され、多発外傷の可能性があるとと思われるものについては臨床データおよびその後のデータも集めた。

これらのデータには救急事案発生の日時と場所、事故の概要、救急電話の発信場所、ヘリコプター出動の有無なども含む。また犠牲者の年齢と性別、けがの種類、重症度、搬送先の病院名なども含まれている。

本調査のような評価研究で重要なことは重症度の測定である。一般的には外傷患者の解剖学的重症度 (ISS : Injury Severity Score) と、病院到着時の意識状態、呼吸数、収縮期血圧によって判定する生理学的重症度 (RTS : Revised Trauma Score) を測定するのが適当とされている。こうしたことから、重症度はグラスゴウ・コーマ・スケールを含む RTS (RTS/GCS) によって測定した。このスコアは患者の状態、すなわち呼吸数、血圧、眼球の動き、動作と言語によって判定した。

さらに患者の治療に関する情報も採集した。これらの情報は救急機関、ヘリコプター・チーム、病院などから収集して相互に照合してまとめた。RTS/GCS スコアは病院のデータ、ISS は 24 時間以内に判定されたもので、頭部および脳の損傷、呼吸器系統の損傷、心臓および循環器系統 (失血など)、さらに腹部の内部損傷、四肢および皮膚の損傷を含み、臨床データの中には治療処置の内容とその結果 (容態、死亡、入院日数など) が含まれる。

予後の QOL については、病状回復の経過や後遺症の有無などについて、事故発生から 9～15 ヶ月後に聴き取り調査をした。聴き取りの内容は、ひとつが 5 項目の質問 (移動、身の回りの管理、ふだんの活動、痛み/不快感、不安/ふさぎ込み) について 3 種類の答え (問題なし、いくらか問題、非常に大きな問題) を答えてもらった。

5 項目について 3 種類の答えがあることから、予後の健康状態、すなわち生活の質は 3 の 5 乗、すなわち 243 段階になる。これを EQ-5D (=EuroQol=欧州 QOL) の基準から単一の指標に変換する。この指標は 1 から -0.59 までの段階があつて、1 は完全な健康状態、0 は死亡を示し、マイナス指標は症状が死亡よりも悪い状態をいう。

もうひとつは、患者の自己評価によるもので、高さ 20 cm の物差し (VAS: visual analogue scale) によって自分の健康状態がどのあたりにあるかを指し示して貰う。一番上は 100、一番下は 0 とした。

3 死亡率

ヘリコプター救急が患者の死亡率にどのような効果をあげ得るか、その評価については 2 種類の基準が考えられる。ひとつは事故現場または病院での死亡数が減ることである。しかしヘリコプター救急を受けた患者のデータは完全な資料が得られたが、救急車のみの患者はデータが不完全であった。

救急車搬送の患者でも、入院した場合のデータはほぼ完全だが、それ以外は不完全だっ

た。というのは、被害者が現場で死亡したときの情報が不完全、かつ偏っていたためである。したがってヘリコプター救急の効果についても分析できず、結果的に入院患者についてのみヘリコプターの効果が調査された。

ヘリコプター救急の実験期間中、多発外傷によって入院した患者は 1,026 人であった。そのうち 822 人について、プレホスピタル情報を直接または間接的に確認することができた。残りの 204 人については、はっきりしないところが多いため、分析の対象から外した。

822 人のうち 517 人はヘリコプターの飛行可能な昼間の時間帯に事故に遭遇した患者である。そのうち 210 人がヘリコプター救急を受けている。残り 307 人は救急車だけの処置であった。また夜間の 305 人については昼間の患者との比較対照データとして使用することにした。

4 死亡率とヘリコプター救急の効果

(1) 重症度と死亡率

ヘリコプター救急の治療を受けた人と受けなかった人との間で、死亡率の差異はどうか。興味深い問題だが、実は直接比較することはできない。というのは、患者があらかじめ人為的に選択されているからである。つまりヘリコプターの出動は患者が重篤の場合に多いため、したがって元々、死亡率の高い患者が対象となる。それだけバイアスのかかったデータを比較することになる結果、死亡率だけを単純にくらべると、ヘリコプターによる救急患者の方が、救急車の患者よりも死亡率が高いという結果にもなり得る。

こうした矛盾をなくして、ヘリコプター救急と死亡率との関係を適切にあらわすにはどうすればいいか。それには重症度の修正が必要であり、RTS および ISS スコアを使うのが適切である。

表1 ISS スコアと RTS スコアによる死亡率の差異

スコアの差異		ヘリコプター救急				地上救急			
		生存	死亡	合計	死亡率	生存	死亡	合計	死亡率
ISS スコア	0-15	8	5	13	38.46%	11	3	14	21.43%
	16-25	83	16	99	16.16%	152	26	178	14.61%
	26-40	43	10	53	18.87%	57	23	80	28.75%
	41-75	18	27	45	60.00%	13	22	35	62.86%
	合計	152	58	210	27.62%	233	74	307	24.10%
RTS スコア	0-2	3	13	16	81.25%	3	9	12	75.00%
	3-7	10	17	27	62.96%	10	15	25	60.00%
	8-10	33	11	44	25.00%	48	18	66	27.27%
	11-12	77	6	83	7.23%	123	16	139	11.51%
	不詳	29	11	40	27.50%	49	16	65	24.62%
	合計	152	58	210	27.62%	233	74	307	24.10%

表1はヘリコプターおよび救急車によって救護された患者をISSスコアとRTSスコアによって区分し、区分ごとの死亡率を見たものである。それによると、ISSにおける重症度の重いグループ、すなわちスコア26-40と41-75のグループについてはヘリコプター救急の死亡率が低くなっていて、その効果があらわれているように見える。しかしISSスコアの低い軽傷者のグループでは、むしろヘリコプター患者の方が死亡率は高い

それに対してRTSスコアから見ると、逆になる。けがの程度が重い人、すなわちスコア0-2および3-7のグループは、ヘリコプター救急の方が死亡率が高い。そして軽傷グループ(スコア8-10および11-12)で低い結果となっている。しかも全てを合わせた合計では、ヘリコプター救急の方が死亡率は高い。

こうした結果が真実を示しているかどうかを検証するため、患者の重症度に関する利用可能な情報の全てを使って、さらに詳しい重症度指標をつくり、それによって生存可能性を予測する。すなわちISSやRTSによる重症度スコアに、3種類の現場処置、現場処置の総数、患者の年齢と性別、ならびに事故の種類を加える。こうした変数の一覧は表2に示す。

(2) 死亡の確率と死亡率

これらのデータからCANALS分析と呼ばれる非線形多重回帰分析をおこなう。CANALS分析は、事故に遭遇した犠牲者の死亡の確率を予測する方法である。

この分析による死亡の確率と実際の死亡率は表3の通りである。ヘリコプターを使った場合は理論的な確率と実際の死亡率がかなり合致している。しかし地上救急では、死亡の確率

表2 多発外傷患者のCANALS分析から得られた回帰の重みと相関係数

		回帰の重み	相関係数
独立変数	死亡	1.00	1.00
従属変数	年齢	0.30	0.28
	性別	0.09	0.03
	事故の種類	0.16	0.14
	処置数	0.07	0.16
	挿管処置	0.01	-0.28
	輸液	0.12	0.01
	心臓マッサージ	-0.12	-0.31
	RTS 1 (呼吸)	0.17	-0.34
	RTS 2 (血圧)	0.12	-0.08
	RTS 3 (眼球動作)	0.16	0.09
	RTS 4 (運動)	-0.20	-0.56
	RTS 5 (言語)	0.13	0.25
	RTS 6 (総合)	-0.52	-0.54
	ISS - 頭骨	0.14	0.38
	ISS - 呼吸	-0.09	0.16
	ISS - 心臓	0.02	0.26
	ISS - 内臓	-0.13	0.08
ISS - 四肢	-0.19	-0.07	
ISS - 皮膚	-0.06	0.09	
ISS - 総合	0.58	0.43	
	複合的相関係数	—	0.82

が低い患者でも実際は死亡している人が多い。つまり、救急車だけで対応していると、死ななくてもよい人が死ぬという結果になるのだ。

表3 死亡の確率と実際の死亡率

死亡の確率	ヘリコプター救急				地上救急			
	生存	死亡	合計	死亡率	生存	死亡	合計	死亡率
0.000-0.124	122	1	123	0.81%	208	7	215	3.26%
0.125-0.249	14	0	14	0.00%	12	5	17	29.41%
0.250-0.499	10	3	13	23.08%	6	5	11	45.45%
0.500-0.749	6	10	16	62.50%	4	7	11	63.64%
0.750-1.000	0	44	44	100.00%	3	50	53	94.34%
合計	152	58	210	27.62%	233	74	307	24.10%

(3) ヘリコプターの有無と死亡率

次に、ヘリコプター救急の対象になった患者 210 人について、もしヘリコプターがなければどうなったかを分析した。事故の内容、患者の年齢、負傷の程度などを詳しく調べ、その要素を入れて、ヘリコプター救急がおこなわれなかったならば死者がどのくらい増えたかを計算する。

その場合さまざまな仮定が入り、厳密な計算はできないので、死者の増え方が最も多くなる場合（最大モデル）と最も少ない場合（最小モデル）を計算し、真実はその間にあるものとみなすことにした。さらに全体の事例のほかに、交通事故だけの計算も行なった。

結果は表4のとおりである。

表4 ヘリコプターの救命効果——その1

		救急患者	死者	ヘリコプターがなかったら		ヘリコプター救命効果(A/B)
				死者増(A)	死者計(B)	
最大モデル	全事故	210	58	11.74	69.74	16.8%
	交通事故	116	27	10.57	37.57	28.1%
最小モデル	全事故	210	58	6.83	64.83	10.5%
	交通事故	116	27	8.15	35.15	23.2%

すなわちヘリコプター救急を受けた患者は、これまで見てきたように総数 210 人で、そ

のうち死者は 58 人である。この現実の数値に対して、もしもヘリコプターがなければ最大モデルの場合、死者は 11.74 人増加して 69.74 人に増えたと判定される。言い換えれば 11.74 人がヘリコプターによって死なずにすんだわけで、ヘリコプターの救命効果は $11.74 / 69.74 = 16.8\%$ ということになる。

他方、ヘリコプターがなくてもさほど死者が増えるわけではないと考える最小モデルならば、死者の数は 6.83 人増で、ヘリコプター救命効果は 10.5%ということになる。

同じようにして、交通事故の事例だけを計算すると、救命効果は最大 28.1%、最小 23.2%で、交通事故に対するヘリコプター救急の効果はとりわけ大きいことが明らかになった。

こうした結果を裏側から検証するために、ヘリコプター救急を受けなかった患者についても、上と同じような分析と計算を行なった。すなわち本調査の対象になった昼間の救急患者 517 人のうち、ヘリコプター救急を受けた 210 人以外の 307 人について、もしヘリコプター救急を受けていればどうなったか。その計算の結果が表 5 である。

表 5 ヘリコプター救命効果——その 2

		救急患者	死者(B)	ヘリコプターがあつたら		ヘリコプター救命効果(A/B)
				死者減(A)	死者計	
最大モデル	全事故	307	74	14.17	59.83	19.1%
	交通事故	180	45	12.30	32.70	27.3%
最小モデル	全事故	307	74	7.79	66.21	10.5%
	交通事故	180	45	8.76	36.24	19.5%

この表に示すように、最大モデルでは全事故の救急患者 307 人中 74 人が死亡した。しかしヘリコプターがあれば、死者は 14.17 人減って 59.83 人ですんだと判定される。したがってヘリコプターの救命効果は 19.1%ということになる。同じように交通事故だけを取り出してみると、27.3%の救命効果である。

最小モデルでは、それぞれ 10.5%と 19.5%の救命効果になる。真実はこれら両モデルの間に存在すると考えられる。

5 生活の質 (QOL)

以上のようにして救われた人びとは、その後どのような生活を送っているだろうか。完全に治癒して社会復帰を果たした人もあるし、障害が残ったためにリハビリを続けている人もあろう。あるいは、重い後遺症のために寝たきりの人もいるかもしれない。ここでは以下、その実態を見て、ヘリコプター救急の QOL (Quality of Life) への貢献を見てゆくこととする。

本調査のためにデータを集めた救急患者のうち、死亡者と、さらに居住地不明、国外居住、聴き取り拒否、オランダ語の会話不能、精神的に正常な応答不能などのために聴き取

り調査ができなかった患者を除くと、QOLの聴き取りができた患者は432人であった。そのうち202人は事故から9～15ヶ月の間の面談、187人は9ヶ月後、43人は15ヶ月後の面談である。

QOLの測定には、欧州EuroCOLグループが開発したEQ-5Dを使用した。EQ-5Dの測定方法は5つの項目——移動(mobility)、身の回りの管理(self care)、ふだんの活動(usual activities)、痛み/不快感(pain/discomfort)、不安/ふさぎこみ(anxiety/depression)について、「問題なし」「ある程度問題」「きわめて問題」という3段階で答えて貰い、その結果を、重み付けをしたスコアに変換するものである。これにより、上の5項目のいずれも問題なしとした場合はスコア1.00となり、死亡した場合はスコア0となる。

こうした聴き取り調査の結果、全体的にはヘリコプター救急を受けた患者と地上救急のみの対照グループの患者の間には差異がなかった。

9～15ヶ月後の聴き取り調査に応じた202人の患者は、そのうち33人が全ての質問項目に対して問題なしと答えた。残りのうち26%はQOLが非常に低く、スコアは0.5以下であった。また9ヶ月後の患者は平均スコアが0.67、15ヶ月後の人は0.71であった。これら9ヶ月後の人も15ヶ月後の人も、ヘリコプター救急を受けなかった対照グループよりQOLが低かった。これは元来、ヘリコプターによって救護されるような患者は、負傷の程度が重かったためである。この受傷の程度を修正すると、ヘリコプター救急の患者と地上救急の患者との間にQOLの差異は見られなくなった。また神経系統の受傷患者だけをとっても、QOLの違いはなかった。

全般的に、事故から9ヵ月後と15ヵ月後の患者については、ヘリコプター救急を受けた人も受けなかった人(対照グループ)も、QOLにはさほど大きな差異はなかった。

しかし15ヵ月後のQOLは、その6ヵ月前と比べると向上していることがうかがえた。完全に回復するまでには至っていないが、QOLの平均スコアは上昇している。こうしたQOLの向上は、患者の1～2割の人が問題は軽減したと答えていることに現れている。ただしQOL向上の程度とヘリコプター救急チームが出動したとの間に、統計的な有意性は見られなかった。

6 ヘリコプターの運航費用

救急車による搬送に費やされる予算全体のうち、A搬送と呼ばれる緊急度の高い出動に対しては、比較的多くの予算が使われている。このA搬送は1回分の費用が714ギルダーである。さらにA搬送は救急車搬送の総件数627,000件のうち53.5%がである。また救急サービスの予算総額は2億4,000万ギルダーと推定される。この金額は、多発外傷患者に使われる費用の一部にすぎない。救急費用以外にも入院費や医療費がかかるためである。

なお、1997年10月この論文が書かれた時点の外国為替交換レートはオランダの1ギルダーが約60円であった。したがって救急車の費用714ギルダーは当時の約42,800円、救急費用の総額2.4億ギルダーは約144億円に相当する。

そこで救急ヘリコプターが日中のみの12時間体制で活動するとして、オランダ全土に4.5カ所の拠点を置くとすれば、所要の経費は2,200万ギルダー（約13.2億円）となる。4.5カ所とは、4カ所が実際のヘリコプター配備拠点、0.5カ所がドイツやベルギーからの応援経費に相当すると考えたものである。したがって、救急ヘリコプター拠点1カ所あたりの経費は470万ギルダー（約2.8億円）になる。

このうち医療チームに要する経費は180万ギルダー（約1億円）で、残り290万ギルダー（約1.8億円）がヘリコプターの機材費（チャーター料または購入資金の減価償却費）、保険料、パイロットなど運航従事者の人件費、整備費、燃料費、地上施設費などの運航費である。こうした費用は一見高いように見えるが、もしも多発外傷患者への対応を救急車だけで行ない、ヘリコプターと同じような効果を上げようとするれば、間違いなくヘリコプターの数倍の費用を要することになる。

7 生存1年あたりの費用

生還した患者がその後生存してゆくにあたり、毎年どのくらいの費用がかかるか。1年あたりの費用の算出にあたっては、まずオランダの全地域を十分にカバーするため、フローニンゲン、ナイメーヘン、ロッテルダム、アムステルダムにヘリコプターが1機ずつ配備されていると想定する。現在はそうなっているが、当時はまだ実現していなかった。その他の地域は、オランダ機だけでは対応できないので、ドイツとベルギーのヘリコプターによる応援が得られるものとする。オランダのヘリコプター救急チームでカバーできる地域には1,330万人が住んでいる。オランダの全人口1,630万人の8割以上である。

これら救急ヘリコプターの対応可能な地域の多発外傷患者は、資料によって異なるが、年間2,925～3,428人である。これに外国機による応援地域の患者を加えると約5,000人になる。

これらの患者に対して、ヘリコプターはどの程度まで対応できるか。将来に向かっては増えてゆくだろうが、ここでは30%程度と想定する。しかし将来これが高くなっても、せいぜい50%程度と見るのが現実的であろう。この50%の対応は、近い将来ヘリコプター救急に対する出動要請や受け入れなどの精度が向上すると考えられる時点で現実となろう。しかし、これ以上に対応の程度が上がってゆくとは考えにくい。

こうした考え方から、多発外傷患者への対応が30%と50%の場合について計算したところ、ヘリコプター救急によって救われる多発外傷患者の下限は18人となった。これは多発外傷患者の想定数と対応率がいずれも低い場合である。他方、多発外傷患者が多く、さらにヘリコプター救急の対応率が高くなると、救われる患者数の想定は35人となる。

一方、多発外傷患者の平均年齢から考えて、救われた患者1人あたりにつき40年の余命が見込まれる。今の時点で必要な費用は、将来の費用よりも高くかかると想定する。同様に将来の効果はより軽く評価した上で計算に組み入れる。これには、いわゆる「割引係数」を考えに入れることになる。同じ費用と効果を、将来に向けて1年進むごとに、より大き

な数値で割っていく方法である。この数値は割引係数（5%がかなり一般的で、本調査でもこの数値を用いた）と、計算の基準日以降何年間について計算するかによって変わる。この割引係数を考慮すると、救われた患者1人あたりの余命の年数は、割引計算後の数値でおおよそ18年という結果が得られた。

救われた患者の余命は、ヘリコプター救急の結果だが、ヘリコプターの出動には当然のこと費用がかかる。この金額は、オランダ国内4ヵ所にヘリコプターを配備するとして、おおよそ2,000万ギルダーと想定される。さらに、患者1人の命が救われると医療費も必要になるが、その見積もりは延命1年あたり50,000ギルダーである。これには、最初の入院を終えた後のリハビリと治療の費用も含まれる。なお、この金額の計算には、患者が助かったことで引き続き職業に従事できる人数が増えることは考慮に入れていない。

以上により、多発外傷患者の人数、出動率、医療費、ヘリコプター救急の必要経費などを考慮すると、余命1年あたりの見積り費用（割引計算をした額）は33,000ギルダーから63,000ギルダーの範囲となる。

しかし、得られた余命のすべての期間で完全に健康な状態で過ごせるわけではないことを考えると、QOLに関して補正した延命1年あたりの費用は40,000ギルダー（約240万円）から83,000ギルダー（約500万円）となった。

8 調査の結論

以上により、本調査の結論としては、ヘリコプター救急の費用は、QOLについて補正した余命で表される利益と比べると、多くの医療機関にとって許容できる範囲におさまっているといえることができる。

同時に、ヘリコプター救急による患者は重症度が高いために死亡率が高く、また予後のQOLが比較的低いことが多い。したがって今後、死亡率を下げ、QOLを高めるためには、ヘリコプター救急と同時に受け入れ病院の医療の質を高めることが肝要である。言い換えれば、ヘリコプター救急の拡充だけで死亡率が下がり、QOLが上がるとは限らない。だからといって救急車だけでは手遅れになる。ヘリコプター救急は必要条件ではあるが、医師および医療施設の質の向上という十分条件が加わって初めて、ヘリコプター救急患者の救命率も上がり、QOLも良くなるであろう。

このように医療の質を高めるためには、長年にわたって広範囲に蓄積されてきた経験を活用することが重要である。そのための調査研究は、アメリカで「多発外傷転帰調査」(MTOS : Multi Trauma Outcome Studies) としておこなわれており、同じような研究はオランダでも必要かつ重要と思われる。

もうひとつ、必要条件の一つだが、ヘリコプター救急が的確に行なわれるために、傷害の程度、受傷者の年齢、事故の形態も考慮に入れた出動基準を定め、ヘリコプターが過不足なく出動するようにしてゆく必要がある。もっとも「過不足なく」という考え方を余り厳密に適用すると、真に必要なときに出勤しない恐れも出てくる。したがって多少の余裕

を持たせるべきで、一般的には 15～20%程度の過剰、すなわちオーバートライアージは許容すべきとされている。

さらに将来は、夜間の交通事故その他の救急事案に対しても、ヘリコプターが安全に出動できるような方策を考えるべきであろう。

ヘリコプター救急の実験運航は、トラウマ・ケアにおける「根拠に基づく医療」(EBM: Evidence based Medicine)、すなわち実証主義的な医療が有効であることを明らかにした。今後はヘリコプター救急を実践しながら、さらに補足的な調査研究を行ない、新たな知見を加え、実地に応用してゆく努力が必要であろう。このことによって、トラウマ・ケアの質はさらに高まることとなる。

以上のような調査研究の結果、ヘリコプター救急は救命率の向上——それも単なる救命ではなくて高い QOL をもった生存年数の延長にもつながることが明らかになった。それに要するヘリコプターの救急経費は、他の多くの医療手段にくらべて殊更に高いわけではなく、多くの国民に受け入れられる程度の金額である。

事実、このことから 1998 年 10 月、オランダ厚生省は本調査の結果にもとづき、国内 4 ヶ所に救急ヘリコプターを配備する決断を下したのである。



レンブラント「解剖学講義」