

供することができるとともに、今後の入院・在宅医療政策の推進のための科学的方向性を提示することができる。特に本研究はプライマリケア医療を念頭に置いた医療資源の再配分や医療連携の在り方を正確に反映でき、現実即した「実践的な」医療提供体制の構築に果たす役割は大きい。

在宅医療などの多くのステークホルダーが複雑に存在する場面では、各職種のやるべき業務とクライアント（患者・家族）のニーズとの間にかい離が生まれがちである。この点からも地図情報による分析は医療資源の最適配分に応用できることが期待される。

本研究の結果は、今後の高齢化社会における在宅医療、地域医療の医療制度設計において、都市部の医療と僻地の医療においては異なる方略での分析・検討が必要である可能性が示唆された。さらに今後、地理情報を医療資源とマッチングさせる分析において、地域医療における民間資源の利用を加味した、新たな分析手法の開発が必要と考えられた。

E. 結論

1. 地図情報分析による医療・予防医療資源と地理情報のマッチング手法は、今後のプライマリケア医療、在宅患者における高齢症候群（認知症、嚥下障害など）への対策について有用な分析方法であると考えられた。

2. 本研究の結果は、今後の高齢化社

会における在宅医療、地域医療の医療制度設計において、都市部の医療と僻地の医療においては異なる方略での分析・検討が必要である可能性が示唆された。

3. さらに今後、地理情報を医療資源とマッチングさせる分析において、地域医療における民間の非医療資源の利用も加味した、新たな分析手法の開発が必要と考えられた。

F. 研究発表

1. 論文発表

1. Shibano S, Yamawaki M, Nakane A, Uematsu H. Palatal augmentation prosthesis (PAP) influences both the pharyngeal and oral phases of swallowing. *Deglutition* 1:204-209, 2012.

2. 山脇正永. メソトレキサート. 日本神経学会 日本神経免疫学会 日本神経治療学会 「多発性硬化症治療ガイドライン」作成委員会 編. 多発性硬化症 治療ガイドライン. 医学書院. 2010. 東京. pp 87-89.

3. 山脇正永、新田國夫. 摂食・嚥下障害を疑ったら. 新田國夫編. “口から食べる”を支える -在宅でみる摂食・嚥下障害、口腔ケア-. 南山堂、東京: pp 9-14, 2010.

4. 山脇正永. 嚥下障害. 水澤英洋,

宇川義一 編. 神経診察: 実際とその意義. 中外医学社, 東京, 2011, p. 116-120.

5. 高橋誠, 大川淳, 山脇正永, 桃原祥人, 大岡真也, 田中雄二郎. 患者役として医学科1年生, 医師役として医学科5年生が参加したインフォームドコンセント体験合同実習の試み. 医学教育 2011;42:19-23.

6. 山脇正永. 認知症総論. 野原幹司編. 認知症患者の摂食・嚥下リハビリテーション. 南山堂. 2011. 東京. Pp 6-27.

7. 山脇正永. 摂食・嚥下障害の評価. 酒谷薫 監修. NIRS 基礎と応用. 新興医学出版, 東京, 2012, pp 169-173.

8. 山脇正永、梅崎俊郎、藤島一郎. 高

度嚥下障害を呈した Wallenberg 症候群の若年症例. 嚥下医学 1: 6-9, 2012.

2. 学会発表

1. Shibano S, Yamawaki M, Nakane A, Uematsu H. Palatal Augmentation Prosthesis (PAP) Affects Oral and Pharyngeal Functions in Patients After Surgery for Oral and Pharyngeal Tumors. Dysphagia Research Society 2012. 2012. 3. 10. Tronto, Canada.

G. 知的所有権の取得状況

該当なし。

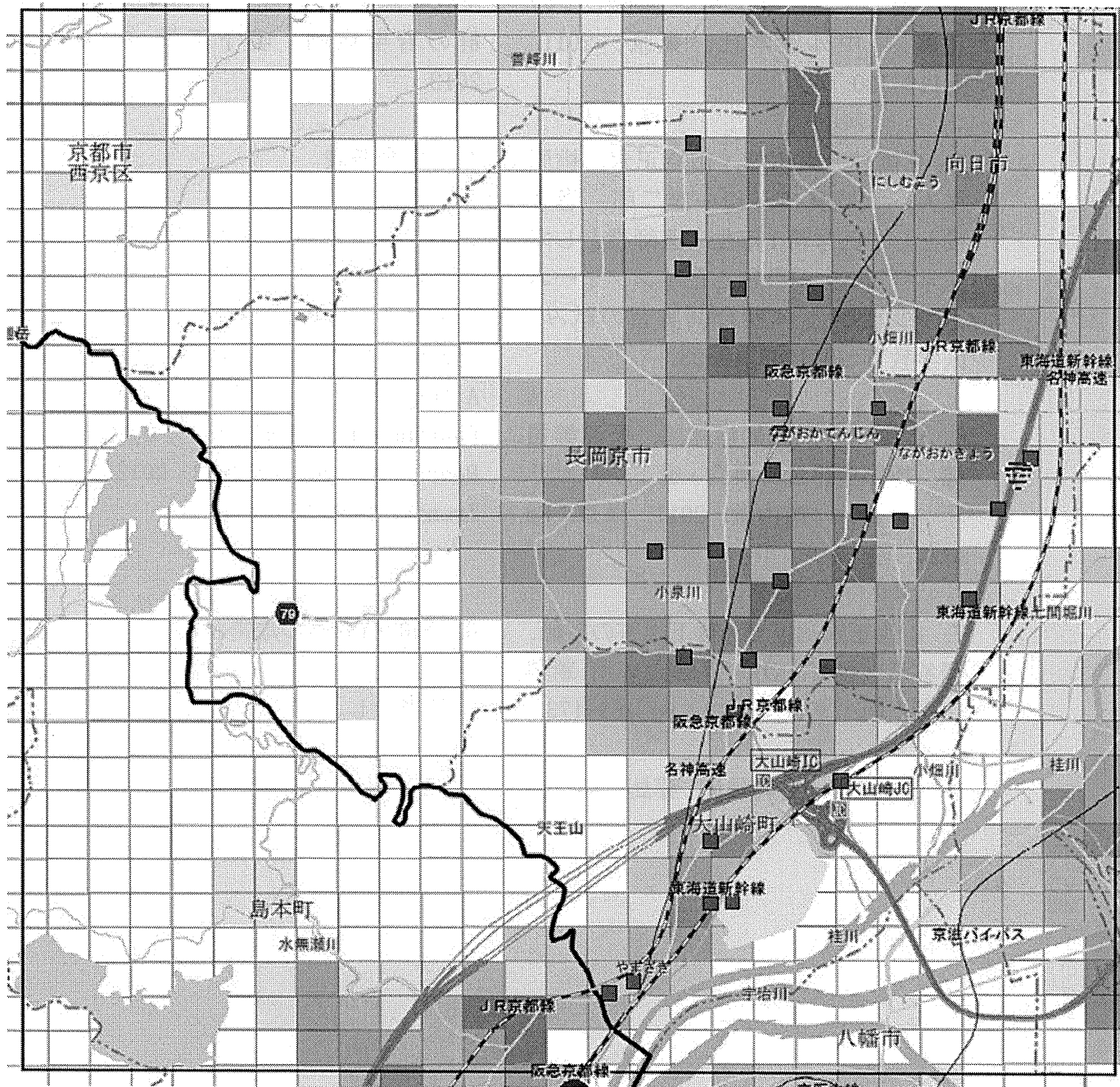


図1 対象地域のコンビニエンス・ストア

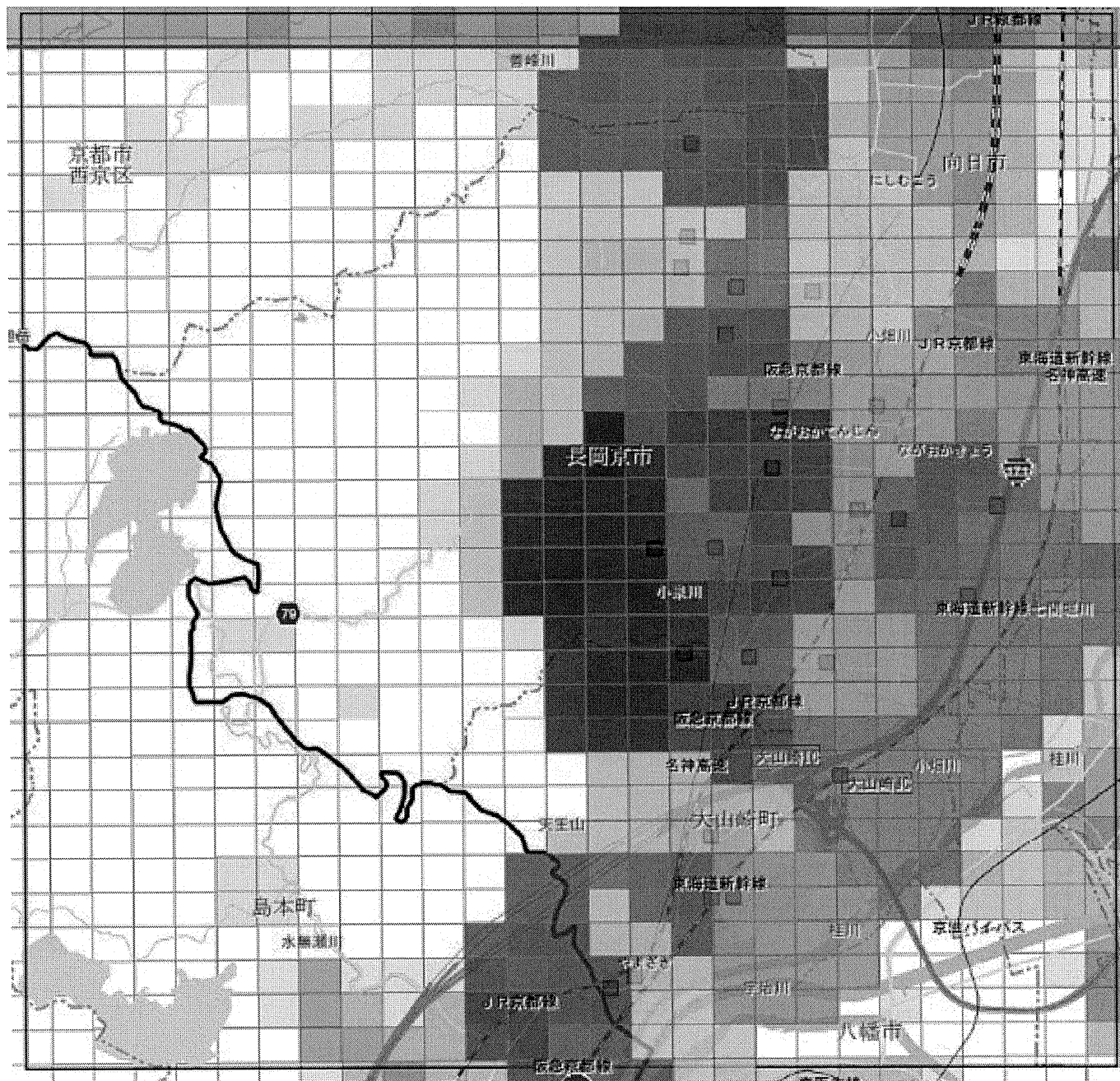


図2 ハブ分析による各ステーションのエリア



図3 Voronoi 分析によるカバーできる範囲



図4 図3の部分の拡大

表1 各コンビニエンス・ストアの
Voronoi 領域の人口分布

人口	人口10代	人口20代	人口30代	人口40代	人口50代	人口60代	人口70代	人口80代	人口90代	人口100歳以上	
2122	1075	1113	216	215	310	354	367	351	227	144	62
1959	366	1002	175	155	213	265	246	265	270	231	109
4313	2087	2232	406	353	513	701	508	678	555	335	143
3853	1715	1344	295	220	271	467	441	566	522	246	113
1364	366	333	151	134	222	274	200	282	227	124	62
2254	2056	2223	542	514	584	313	225	391	275	551	225
1332	324	252	184	173	240	262	312	226	262	141	55
3866	4236	4430	1017	522	1244	1554	284	1540	1002	325	163
2486	1284	1202	262	222	232	320	272	226	242	120	54
4826	2502	2216	562	462	741	222	565	611	420	222	80
1046	352	242	112	144	222	250	122	212	274	101	102
222	112	112	24	20	22	20	20	22	41	21	2
1717	322	272	152	162	222	246	122	252	222	164	71
2562	4224	5022	262	202	1027	1220	1022	1422	1422	571	467
2416	1172	1222	212	222	222	247	220	261	252	215	84
2026	2227	4142	220	212	1022	1424	271	1141	240	500	222
267	212	252	72	22	122	166	20	142	114	21	24
2222	1420	1522	222	222	406	565	274	260	222	205	157
2222	2541	2215	422	220	271	222	284	222	222	222	222
2222	1222	1222	222	222	426	222	422	468	407	242	122
1222	246	220	110	120	122	212	142	122	120	112	52
1222	1010	274	122	122	222	222	222	220	241	122	20
2222	2224	2122	242	222	222	222	246	1022	272	422	242
2222	2222	2222	222	222	222	222	222	222	222	222	222
12222	2222	2222	1122	1222	1222	2222	1222	2222	2222	1222	222
1222	222	246	102	112	206	271	122	120	122	102	52
2222	1247	1464	122	222	270	466	211	402	402	242	112
2222	1222	1411	222	222	220	422	206	420	270	122	120

資料

平成22年度～23年度厚生労働科学研究費補助金

(地域医療基盤開発推進研究事業)

分担研究報告書

山脇正永 京都府立医科大学大学院 総合医療・医学教育学 教授

1) 在宅医療における摂食・嚥下障害のリスクコミュニケーションの分析：
在宅医療・在宅歯科医療におけるチーム医療

2) Palatal augmentation prosthesis (PAP) influences both the pharyngeal and oral phases of swallowing.

3) “口から食べる”を支える -在宅でみる摂食・嚥下障害、口腔ケア-

4) 認知症患者の摂食・嚥下リハビリテーション.

資料 1

平成 22 年度厚生労働科学研究費補助金（地域医療基盤開発推進研究事業） 分担研究報告書

在宅医療における摂食・嚥下障害のリスクコミュニケーションの分析： 在宅医療・在宅歯科医療におけるチーム医療

山脇正永 京都府立医科大学大学院 総合医療・医学教育学 教授

第 1 章 嚥下障害とリスク

1-1 嚥下障害とリスク：ものを食べる・飲み込むということとその障害

人間にとって‘食べる‘という行為は‘栄養をとる‘という以上のさまざまな意味がある。たとえば‘疾病を予防し治療する‘ため、‘愛とか心配といった気持ちを表す‘ため、‘人間関係を維持する‘ため、‘心理的・感情的なストレスを解きほぐす‘ため‘社会的な地位を他人に知らしめる‘ため、‘信仰心を表明する‘ため、あるいは‘純粹に食事を楽しむ‘ため、などである。このように食生活には身体的・生理的な面だけでなく、心理的側面、社会的側面、文化的側面がある。‘食べる‘という行為はさまざまな価値を含んでおり、その障害である嚥下障害は我々の生活の質（Quality of life: QOL）にとって非常に重要なことといえる。

通常は食べる・飲むという動作（摂食・嚥下運動）は意識して始まる。また、一たび口からのどに入ってしまうと、その後の動作は意志では止めることができず、自動的に食物・飲物は胃に向かってゆく。食べ物を食べる、液体を飲むということは随意運動（自分の意思で運動ができる）と不随意運動（無意識にあるいは意思とは無関係な運動）によってコントロールされている。このコントロールの中枢は脳である。脳のうちで大脳および脳幹部から上記のさまざまな嚥下機能動作についての指令が起こる。この指令は末梢の脳神経へ伝わり、舌・のどの筋肉を動かす。一方で舌・のどの感覚受容器からは食物の感触を絶えず脳へ送っている。

嚥下機能は機能的及び解剖学的に後述するように5つの時期に分類される。すなわち、食べ物を理解し食べようとする（先行期）、嚙んだり唾液を混ぜて飲み込みやすいようにする（口腔準備期）、食べ物（食塊、ボラス）が舌によって咽に送り込まれる（口腔期）気管に入らないようにしてゴクリとのどに流し込む（咽頭期）、のどからおなかへ流す（食道期）、の各相に分類される。このように嚥下という動作によって食塊は随意運動と不随意運動が協調して、食物・水分が文字どおり‘流れるように‘胃へ向かう。

以上の嚥下機能をつかさどる経路である、司令塔（脳）、電線（神経）、モーター（筋肉）のどの部分に異常があっても嚥下障害は起こりえる。脳梗塞、パーキンソン病などの脳神経内科疾患は脳から筋肉にいたる経路を侵すので、嚥下障害をきたすことが多い。また、脳神経の病気以外では耳鼻科的疾患、食道・胃等の消化器疾患、頸椎など整形外科的な疾患があげられる。さらに高齢者では特に病気がなくても起こることがある。これらの疾患による嚥下障害については近年その発症メカニズムの研究が進み、障害のパターンが分類され、それぞれの病態で今後の見通し（予後）や治療・リハビリテーションなどが異なる可能性が指摘されている。

嚥下障害のリスクを考える上で重要な点は、気管に食物が落ちてしまい生命にかかわる可能性のある‘誤嚥‘という現象である。気管は呼吸の通路であるので、誤嚥によって窒息・肺炎がおこる。特にこのタイプの肺炎は誤嚥性肺炎といわれ、一般的な肺炎と異なり慢性化・重症化しやすい特徴がある。嚥下障害をきたす疾患では寿命（生命予後）を決めるのは誤嚥性肺炎であることが多い。自分では気づかないうちに少量の誤嚥が慢性的に起こるものが不顕性誤嚥といわれるもので、ある程度高齢になると健常人でも発症することが知られている。誤嚥のリスクを回避するためには、嚥下運動の際に空気と食物の通路を正確に交通整理する必要がある。嚥下障害はこの精緻な制御メカニズムの破綻によって惹起される。従来HAZOP分析は化学プラントのリスク評価に使用されている手法であったが、本書のテーマである嚥下運動についても化学プラント図として表現が可能である。

1-2 嚥下障害・誤嚥性肺炎：リスクの頻度と重症度、インパクト

1-2a 嚥下障害の現状、疫学データ

脳血管障害患者では嚥下障害を伴うことが多く、報告により 22～65%に見られるとされている。嚥下障害にはしばしば誤嚥性肺炎を伴い、患者の生命予後・QOL の低下を規定する重要な因子となっている。また米国での報告では、一回の誤嚥性肺炎あたりの在院日数は 21～40 日で、9,460～33,430 ドルの医療費が算出されるという報告もあり、医療コスト・予防医学の面からもその予測は重要である。しかしながら、わが国における嚥下障害および誤嚥性肺炎の正確な頻度は不明であった。

そこでわれわれは嚥下障害や誤嚥性肺炎の頻度、栄養摂取方法について、全国の医療機関、老人保健施設、訪問看護ステーションを対象に大規模調査を行い、合計で 2,867 施設から 50,607 例の調査票を回収した。調査内容は、①わが国の嚥下障害患者の頻度、②わが国の嚥下性肺炎の頻度、③silent aspiration の実態、④嚥下障害患者の栄養摂取方法、の 4 点とした。その結果、嚥下障害をきたしている患者は、長期療養施設 28.5 % > 訪問 17.7 % > 医療機関 14.7 % の順であった。嚥下性肺炎急性期の頻度は、嚥下障害のある患者の 3.9 ～ 11.0 % であり、全ベッド数（全患者数）のうち 1.15 ～ 1.60 % と見積もられる。また、嚥下障害の既往は 訪問 56.3 % > 医療機関 42.0 % > 長期療養施設 35.3 % であった。咳込み、むせこみがない患者での嚥下性肺炎は、嚥下性肺炎急性期の患者のうち 5.6 ～ 11.7 % にみられ、これは silent aspiration を反映していると考えられた。嚥下障害患者のうちで経口摂取をしている患者は過半数であり、経口摂取できない患者には PEG による栄養ルートが最も使用されていた。

わが国の人口の年齢構成は次第に高齢化し、65 歳以上の人口が総人口に占める割合は 2000 年の 17.2% を経て、2020 年には 26.9%、2050 年には 32.3% に達すると予想されている。高齢化に伴い介護を必要とする疾患の有病率も増加している。特に寝たきりの原因として脳卒中は高齢者の「寝たきり」の原因の約 40% を占めており、QOL（生活の質）を低下させる原因となっている。脳卒中は同時に摂食嚥下障害をきたすことが多く、医療者・介護者にとって誤嚥・肺炎の予防は喫緊の問題となっている。

また、病気の回復・進行の経過を考慮した時系列的な嚥下障害の評価も重要な視点である。脳血管障害後全期間の嚥下障害は報告に様々であるが 22～65% とされている。嚥下造影検査 (videofluoroscopic swallow study: VFSS) による検討では発症後 5 日以内に 65% の患者で障害を認め、1 週間以内では 80% が異常所見を呈すと報告されている。嚥下障害のある急性期脳血管障害患者では 51～73% に誤嚥を認め、さらに誤嚥は肺炎の相対危険度を 6.95 倍上昇させることが報告されている。脳血管障害の死亡のうち 34% が肺炎であることを考慮すると、嚥下障害・誤嚥への対策は患者の生命予後・QOL の面のみならず医療費コスト・予防医学の面からも重要である。一方急性期後では 2～4 週間以内に 80% 以上の患者の嚥下障害は回復する。Smithard の報告によると嚥下障害の有病率は発症当日 80%、7 日目 27%、1 ヶ月後 17%、6 ヶ月後 11% となっている。さらに別の解析では誤嚥性肺炎の発症は、脳血管障害発症後 1 週間以内

の全症例のうち 10.9 % /week、以後 4 週後まで 0.5 % /week、その後 12 週まで 0.2 % /week と報告されている。臨床上最も重要な点は、誤嚥のリスクも考慮して経口摂取をいつ始めるかということである。患者が経口摂取可能かどうかの判断は、医師・看護師・或いは言語療法士の経験と試行錯誤から決定されていることが多いのが現状であり、エビデンスとしては報告されていない。

誤嚥性肺炎のリスクファクターとしては、人工呼吸・多発性病変・椎骨脳底動脈系の病変・嚥下障害・入院時胸部 X 線の異常陰影、が報告されている。また、意識レベル・経管栄養の有無にも左右される。今回の検討は急性期を過ぎ経口摂取が可能であると「判断されている」症例を対象としたものであるが、誤嚥を含め依然として嚥下障害が残存している症例が多いことが確認された。

これらのデータは、今後の高齢化社会において嚥下障害のリスク評価をいかに正確に行うか、そのリスクマネージメントをいかに適切に行うか、が我々の重要な課題であることを示唆している。

1-3 嚥下運動のメカニズムとその障害：リスクはどのようなメカニズムで発生するか

1-3a 摂食・嚥下運動のメカニズム

H A Z O P 解析ではまず運動プロセスの正確な分析と記載（WBS: Work Breakdown Structure の作成、後述）から始まる。実際に嚥下運動のプロセスは化学プラント的に表現できる。嚥下運動のプロセスは機能的及び解剖学的に5つの時期に分類される。すなわち、食べ物を理解し食べようとする先行期、噛んだり唾液を混ぜてボラス（食塊）を形成する口腔準備期、ボラスを口腔から咽頭へ送り込む口腔期、ボラスが気管に入らないように咽頭を通過する咽頭期、胃へとボラスを送り込む食道期、の各相に分類される。実際の摂食・嚥下障害を考える上で重要なのは摂食（先行期～口腔準備期）と嚥下（口腔期～食道期）に大きく分類される。摂食では口腔ケア、かみ合わせの状態、認知面も含めた広い機能が関与しており、嚥下は神経反射が主となる運動となっており、ボラスの動態で理解するとわかりやすい。

表 嚥下の5期

先行期：食べ物を理解し、摂食を開始しようとする時期

口腔準備期：捕食、そしゃくを行いボラスを形成する時期

口腔期：ボラスが形成された後、口腔から咽頭へ送り込む時期

咽頭期：上気道の閉塞と喉頭蓋が下気道の閉鎖が起こり、咽頭部から食道へ流れ込む時期

食道期：食道入口部から胃までの時期

1-3b 摂食・嚥下運動に寄与する器官

A) 口腔

口腔の天井である口蓋は前2/3は骨性の硬口蓋で、後ろ1/3は骨のない軟口蓋である。食物は硬口蓋に舌で押し付けられボラスとして形成される。軟口蓋は硬口蓋の後ろから帆のような形をして垂れ下がっており、口蓋帆後縁正中には口蓋垂がある。口蓋垂は口蓋帆が弛緩しているときは、舌根の上に乗っている。口蓋垂の側方には両側性に口蓋弓というそれぞれ2条のヒダが下方へ向かっており、この部分が口腔と咽頭（中咽頭）の境界であり、咽頭期には筋性に閉鎖する。嚥下時には口蓋帆の挙上により上気道を遮断する。

舌は咀嚼、吸引、嚥下のみならず、味覚触覚に関する感覚器を持ち、言語構成にも関与する。舌筋は舌外筋と舌内筋からなる。舌外筋は下顎、舌骨及び頭蓋骨から起こる。これらの筋は舌の中へ入って放散し、舌内筋に移行する。オトガイ舌筋は最も強大であり、下顎内面から発し、舌尖から舌底に至る舌体の中へ放散する。舌外筋は舌を前方に保つ、口腔底へ引き付ける、後方へ引くなどの動作をおこなう。

舌内筋は一對の上及び下縦舌筋（舌尖から舌底へ）、横舌筋、垂直舌筋（舌背から舌下面）から構成される。舌内筋は舌体の形を変化させるように働き、舌を口蓋に押し付ける際に

は、縦舌筋と横舌筋が収縮し垂直舌筋は弛緩する。

B) 咽頭

咽頭は頭蓋底にぶら下がる役 12 cm の軟部組織の筒であり、輪状軟骨の高さで食道に移行する。咽頭の前上部には鼻腔、中部には口腔、下部には喉頭口が開いている。下咽頭（咽頭喉頭部）は喉頭蓋谷以下の部分からはじまり、喉頭口の両側にボールの主要な通路である梨状陥凹がある。咽頭は広く頭蓋底に固定されており、咽頭収縮筋と咽頭挙筋で構成されている。咽頭収縮筋は咽頭腔を狭くし、喉頭と舌骨を挙上する働きを持つ。

C) 喉頭

舌底から喉頭蓋上前面にはくぼみである喉頭蓋谷がある。喉頭蓋の縁の外側で、甲状軟骨の内側には両側に梨状陥凹があり、喉頭口の脇を通過して食塊が食道へ移送される。喉頭口より下方のスペースは2対のヒダ（前庭ヒダと声帯ヒダ）によって、3つの部分に分けられる。

喉頭前庭：喉頭口から前庭ヒダまでのスペースである。前庭ヒダは室ヒダ、仮声帯とも呼ばれている。この部分～声帯ヒダへのボールの侵入は喉頭内侵入 (penetration) である。

喉頭室：前庭ヒダと声帯ヒダの間の 1 cm 程度の部分である。この腔は嚢状に突出している。声帯ヒダ直下は筋が発達しており、VE では周囲の赤みがかかった色とは異なり灰白色に見える。

声門下腔：声門ヒダの下の部分の広がったスペースで気管につながる。この部分以下のボールの侵入は誤嚥 (aspiration) である。

D) 食道

食道は下咽頭終末から胃の噴門部へ至る 18~22 cm の筋肉の閉じたチューブである。食道は両肺の腹側で心臓・大動脈に沿って走行している。食道には3つの狭窄部がある。上食道狭窄は食道口にあたり輪状軟骨の高さにある。この部は閉鎖機能をもっており（上食道収縮：UES）、食道の中でもっとも細い部分である。交感神経支配により UES は非嚥下時には閉鎖している。嚥下時、げっぷ、嘔気の際の UES 弛緩には副交感刺激が関与し、嚥下動作中には 0.5~1 秒間弛緩して開口する。中食道狭窄は大動脈部狭窄であり、大動脈弓との交叉により生じる。下食道狭窄は横隔膜部狭窄であり横隔膜の食道裂孔を通る。この部分は UES と同様に下食道収縮 (LES) と呼ばれる構造を形成している。

1-3c 嚥下の各期のメカニズム

A) (口腔) 準備期

ボールを整える時期であり、捕食、咀嚼、ボール形成の3段階がある。

以下はいわゆる嚥下の3相である

B) 口腔期

ボーラスが形成され嚥下準備ができると、ボーラスを口腔から咽頭へ移送するために種々の動きが0.5秒の間におこる。まず声帯が内転し、舌と舌骨の動作がおこる。口唇は閉じる。さらに仮声帯が閉鎖しUESが開く。口腔期で重要なのは舌の動作であり、ボーラスを動かしながら形作り、辺縁を硬口蓋に対して固く付けボーラスを送り込む。嚥下の瞬間には外舌筋はボーラスを後方へ（奥へ）押し出すように収縮する。これらの筋により舌骨は前上方へ挙上される。舌後部は口蓋舌筋により挙上される。同時に舌の後方への移動は舌骨を下顎角の位置まで上前方に挙上し、この挙上は嚥下運動の大部分の時期まで持続する。鼻咽頭の閉鎖は軟口蓋の挙上により完成する。また、口腔期には同時に喉頭気管保護のため気道閉塞もおこる。真声帯、仮声帯の両方の閉塞が重要である。

C) 咽頭期

咽頭期はもっとも多く多くの器官が関与し、それらがダイナミックに作動する時期である。喉頭蓋、梨上窩、舌骨、甲状軟骨・輪状軟骨、喉頭、喉頭後壁などのさまざまな器官が連続的に運動する。ボーラスを送り込む筋群としては、ボーラスが到着すると咽頭を挙上し短くする。舌と舌骨の移動は甲状軟骨、輪状軟骨の移動を伴い、喉頭が前上方に挙上保持することにより気道入口部を部分的にカバーする。喉頭挙上により軟骨である喉頭蓋が気道入口上部を塞ぎ、ボーラスを気道ではなく食道に誘導する。喉頭の迅速で完全な（2～3 cm）挙上は下咽頭部に陰圧を作り出す。咽頭に流入したボーラスは舌下部から喉頭蓋谷の部分で2分され、気道を避けて通過する。図7の5箇所気道保護機序が作用する。同時に咽頭収縮筋が咽頭を狭く短くし、軟口蓋による鼻咽頭閉鎖によりボーラスに陽圧がかかる。この咽頭筋の収縮時間はボーラスサイズによらない。ボーラスは2分したまま下咽頭の梨上窩へ至り、食道入口部のUES上部で合流する。

嚥下反射終了後、舌根、喉頭蓋谷、梨状窩にボーラスが残留する状態を咽頭残留という。ベッドサイドでも咽頭部の残留感の有無を問診することは重要である。嚥下造影検査などで残留がみられた場合は、残留感の有無を必ず確認しておく。さらにこの残留が連続嚥下によって消失するかをチェックする。残留感は運動障害によるものだけでなく、唾液分泌量低下（パーキンソン病薬のなかで唾液の分泌が少なくなるものがある）による可能性もあり、口腔状態によっても変化する。残留量が多い場合は誤嚥をきたすリスクが大きくなる。

D) 食道期

UESは、上頸神経節の交感神経支配により非嚥下時には閉鎖している。嚥下時、げっぷ、嘔気の時のUES弛緩には副交感刺激が関与し開口する。さらにUESの開口には、咽頭収縮に伴うUES筋弛緩作用、舌骨挙上による物理的開口、ボーラスを食道へと押し出す下方への圧力、の3つのメカニズムも関与する。UESの開口機構にはボーラスサイズが関与しており、ボーラスが大きいと嚥下時のUESの筋活動が早期に惹起され、開口時間も長くなる。

ボーラスが食道へ入ると蠕動運動が口側から胃側へ惹起される。最初の蠕動波がもっとも大きく、蠕動の強さは咽頭部の残渣、クリアランスにより左右される。咽頭部クリアランスが良好であれば、蠕動も強くなる。同一のボーラスの複数回の嚥下動作は蠕動を抑制する。食道からボーラスを送り込む際の第2蠕動波はボーラス自体の広がりに関連して起こる。この第2蠕動波はLES開口のシグナルを送る。食道のボーラス移送はその性状によって異なるが、3～10秒間である。

1-3d 嚥下運動で注意すべき点

A) 気道の遮断

口蓋帆は持ち上げられ、咽頭後壁に押し付けられることで上気道は遮断される。さらに口腔底の収縮に伴って舌骨と喉頭が挙上し、喉頭口は喉頭蓋に接近する。喉頭蓋は舌根に押されて沈下し、喉頭口は閉鎖される。同時に声門裂の閉鎖と呼吸の停止が起こる。以上で下気道が遮断される。

表2 気道の保護機構

下気道閉鎖：声帯と仮声帯が閉鎖する

喉頭挙上：喉頭が舌根の直下に挙上され、舌根に隠れるように傾く

舌根収縮：舌を後方へ収縮させることによりボーラスを気道からとうざける

喉頭蓋反転：喉頭挙上と甲状喉頭靭帯の牽引により、喉頭蓋は喉頭口を塞ぐ

喉頭蓋谷：ボーラスが喉頭口を巻くように二分される

嚥下性無呼吸：嚥下反射時には無呼吸となる

B) ボーラスの移送

圧排され横方向に広がった形の咽頭は、喉頭が挙上すると前上方に広がる。舌は茎突舌筋と舌骨舌筋に引っ張られてボーラスを後方へしぼり出すように動き、口峽部を越えて咽頭へ押しやる。ボーラスは大部分が梨状陥凹を滑ってゆくが、一部は喉頭蓋の上も通る。下咽頭収縮筋により咽頭壁が短くなり、ボーラスより上方の咽頭収縮筋が収縮することにより、ボーラスは開大した食道を通過して噴門へ主相される。輪状の蠕動運動によっても移送される。

正常嚥下ではボーラスの口腔から胃までの速やかな移送が可能である。液体のボーラスは咽頭部を2秒以内に通過し5秒程度で胃にいたる。移送動作はボーラスを動かす筋収縮による動きと重力とによっている。筋収縮は陰圧と陽圧の部分を作り出し移送を効率的にする。この一連の圧は嚥下時に閉鎖する部位、口唇、軟口蓋、声帯、UES、LESにより効率的に形成される。舌は最初の陽圧を形成する。下の後方への移動は喉頭挙上及び舌骨の挙上をきたす。効果的な喉頭部の挙上は咽頭部に陰圧を作り出し、ボーラスを陽圧部分から陰圧部分へとすばやく安全に移送する。陽圧部分から本来陽圧である部分へボーラスが移動することは異常であり、ボーラスのスムーズな流れ、進入、残渣をきたす原因となる。

表 嚥下において開閉機構のある部分

口唇：閉鎖により口腔に陽圧をつくる

軟口蓋：鼻咽腔の閉鎖と逆流を防ぐ

声帯：下気道の保護

仮声帯：下気道の保護

食道入口部 (PES)：ボーマス侵入時に開口、逆流を防ぐ

食道下部 (LES)：ボーマス侵入時に開口、逆流を防ぐ

1-4 嚥下障害の検査：リスクに対する検知システム

HAZOP分析は前項の種々のプロセスについて、あらゆる可能性を網羅的に場合分けし(Guide WordとDeviation)、各々について対策(Layers of Protection)を立てようというものである。本項では嚥下障害に対する検知システムとしての検査法について概要をまとめる。

1-4a 嚥下造影法と嚥下内視鏡：ボータスの通過器官としての機能をみる

VFSSはボータスの通過状態を評価するものであり、また嚥下関連器官の動きも一部観察可能である。VFSSについては摂食嚥下機能のgold standardであることはいままでの間、実際の摂食・嚥下場面との乖離が見られることも事実である。VFSSは誤嚥の有無のみならず嚥下関連組織の形態・機能異常の観察を可能にする方法である。すなわちVFSSの結果は、経口的栄養摂取の適応判断だけではなく、適切な食物形態および摂食時の姿勢の設定、さらに摂食・嚥下リハビリテーションの適応決定などに広く利用できる。特にVFは嚥下運動を各相に分類できることから、どの部分に異常があるかを見ることができる。

FEESは嚥下そのものの動作を見ることはできないが(white out)、直視下に喉咽頭の部分の形態的異常、残渣の有無、声門部機能をリアルタイムに見ることができる。FEESの最大の長所はその携帯性であり、ベッドサイドでの使用が可能な点である。副作用としては被曝がないので繰り返し評価が可能である。しかしながら鼻出血、迷走神経反射などについては十分な注意が必要である。感覚機能検査を組み入れる方法(FEESST: fiberoptic endoscopic evaluation of swallowing with sensory testing)も報告されている。

VFSSとFEESの特徴と差異について表1にまとめた。両者の結果の相関については咽頭部の残留で80~92%、誤嚥は84~100%、喉頭侵入85~86%、と報告されており、高い一致率が認められる。最近の報告ではこの2種類のスタンダード検査に加えて、EMG測定、舌圧測定、嚥下圧測定、などを組み合わせる方法も報告されている。

1-4b 種々の嚥下障害検査法とVFSSとの比較

質問票、アンケート調査票形式の嚥下障害スクリーニング法としては定まった様式はなく、自己記入式、介護者記入式、医療スタッフ記入式、のものが報告されている。我々の使用している調査票(藤島式を改変)は、種々の神経疾患で異なるパターンを呈していることが明らかになっている。本調査票については3つのメリットがあると思われる。1つは自己記入式、介護者記入式、医療スタッフ記入式のいずれでも対応できる簡便な項目からなっており、かつ検者間の経験によって結果が左右されない点が挙げられる。次に具体的な摂食・嚥下場面に関する項目であるので、嚥下障害の食形態変更・リハビリテーションに直接応用できる。栄養士の嚥下障害食作成、病棟での食事場面、言語療法士による嚥下訓練、の際に患者個々に対応できるデータを提供することが可能である。さらに在宅では家族・介護者が在宅で食事を作るときの参考になる。第3のメリットとしては疾患による特徴及び、重症度のある程度判定できる点が挙げられる。

ベッドサイドで簡便に行える嚥下機能検査は、音声の変化、構音障害、うつ症状、嚥

下後の咳、dysphonia、喉頭挙上の低下、ボース 1 回に対するの複数回の嚥下、唾液の障害、肺炎の病歴、などが報告されている。さらに咽頭反射(gag reflex)異常と喉頭咽頭部の感覚低下については誤嚥との相関は認められていないものの、嚥下困難との関連は見出されている。RSST は簡便でありベッドサイドで行える検査であるが、嚥下障害において精査報告は少ない。顎の安定性により RSST が低下することが報告されている。WST については種々の報告があるが、その水分量については定まったものはない。DePippo は 3 オンス水のみテストを VFSS と比較し、嚥下中或いは後の咳き込み、湿性声が誤嚥と関連することを報告した。また、150ml の水を飲む際の時間と回数を計測する Timed test では嚥下時間の延長、咳、dysphonia は嚥下障害を示唆するとした。Daniels は種々の量の水分を嚥下する際の、喉頭挙上、声の性質、咳を解析した。Dysphonia・構音障害・自発咳の低下・嚥下後の咳・咽頭反射低下・嚥下後の声の変化の 6 項目のうち 2 項目以上存在する場合は、VFSS で高度の嚥下障害が見られるとした。

誤嚥の評価検査については、嚥下造影法 (VFSS) , 嚥下内視鏡 (VESS)、嚥下圧測定、パルスオキシメーター、シンチグラムなどが報告されている。上記検査については、非生理的な状態の嚥下をみている可能性があり、かつ検者間の信頼性(interobserver reliability)、検者内の信頼性(intraobserver reliability)にばらつきがあることが報告されている。また、パルスオキシメーターについては有意差が出ないとの報告もあり評価が分かれている。今回の検討では、嚥下障害において現在`gold standard`とされている VFSS と調査票及び WST、RSST との結果を比較したが、事後調査による誤嚥性肺炎との関連性は必ずしも一致しなかった。この理由としては、症例数が少ない（特に誤嚥性肺炎の症例数が少ない）こと、フォローアップの期間が比較的短いこと、VFSS 自体が必ずしも生理的な嚥下状態を反映しているものではないこと、が挙げられる。

1-4c 筋電図、嚥下圧測定：効果器（嚥下関連筋）の機能を評価する

ボースの移動をきたすには陽圧と陰圧を効率的にかつ sequential に産生しなければならない。圧格差を生じるメカニズムは主として筋活動によるが、その嚥下関連筋の効果を評価するために、筋電図 (EMG) , 嚥下圧測定を用いる。圧そのものを測定するために口腔内～咽頭～食道の圧測定があるが、デバイスとして口腔内（主として舌圧）用のものと咽頭～食道用のものに大別される。

舌圧測定に関するものとしては複数のセンサーを有するデバイスを硬口蓋の部分に配置するものが多い。咀嚼中の舌機能、舌のアンカー機能などの計測が可能である。咽頭から食道の嚥下圧測定はカテーテル内の複数のポイントにセンサーを配しており、咽頭、食道入口部、食道などに位置をあわせて測定する。現段階ではセンサーのある位置・方向はあらかじめカテーテルによって決まっており、解剖学的に個人差のある測定部位をどのように補正するかは今後の課題である。

圧格差を生じる筋活動の測定は EMG で行うが、侵襲的な針筋電図、非侵襲的な表面筋電図によるものがある。筋電図による嚥下関連筋の活動については時間系列によって考察す

べきであり、sequentialな運動のなかで何を見ているかが重要になる。近年の報告では輪状咽頭筋の筋電活動について詳細な検討があり、ALSやラクナ梗塞による仮性球麻痺において同筋は`hyperreflexic`な状態であることが報告されている。個々の筋の検査結果は、手術適応のみならず、将来的にはBotulinum toxin治療の適応、効果判定にも使用されると考えられる。

また、近年では誘発筋電図による評価も多く報告されている。延髄或いは脳神経を直接電気あるいは磁気により刺激して筋電図を測定すると下位ニューロンの評価が可能となる。例えば舌下神経伝導検査は、通常導出電極を埋め込んだマウスピース型の電極板を用いたり、脳波電極を耳朶に固定するクリップを用いて筋電図を導出する。磁気誘発電位(MEP)の導出は、8の字コイルまたは円形コイルを用いて片側の舌の運動野を刺激する。舌の運動野は手の運動野の少し前外側にあり脳内を後ろから前に電流が流れるように刺激する。舌下神経核からの運動神経は同側の舌の半側を支配するが一侧の脳運動野は両側の舌下神経核に投射しているので、片側の脳運動野刺激により両側の舌筋よりMEPが得られ、対側と同側へ投射する皮質延髄路の両方の評価が可能である。

1-4d 脳機能画像：嚥下運動高位制御中枢の機能を評価する

嚥下運動の中枢神経機構については、簡単な運動についてfMRI、脳磁図(MEG)、PET等をもちいた解析が報告されているが、一定の知見を得られていない。嚥下時の脳機能活動部位については、外側中心前回、補足運動野(SMA)、前帯状回、島及び前頭弁蓋、中心後回と頭頂葉、側島葉の報告がある。さらに嚥下運動の左右差について、随意嚥下(command swallow, volitional swallow)と反射嚥下(non-command swallow, reflex swallow)での活動変化についても報告がある。

脳機能画像はニューロンの電気活動そのものをみているMEGと、ニューロンの電気活動に伴う脳血流量を間接的に評価するfMRI、PET、fNIRSに分類される(表2)。後者は脳が電気活動した部位は、局所的に代謝産物が生成され代謝産物に反応して局所的に脳血流量が増える、すなわち局所脳血流量が増えたところは脳が活動したところであるという仮定に基づいている。血液量の変化を見ているためfMRIの時間分解能は秒のオーダーであり、単回の嚥下運動については時間解像度は悪い。一方脳の電気活動を直接捉えることができるMEGでは、ミリ秒オーダーの時間分解能で解析が可能である。

また我々の研究グループではfunctional NIRS(near-infrared spectroscopy)により、嚥下関連運動における脳機能活動を測定している。光トポグラフィ装置によるNIRS測定は、自由な姿勢がとることができ、口腔顔面筋を含む動作を伴う摂食・嚥下運動の脳機能解析に有用である。仰臥位でのfMRIの報告と同様に、反射嚥下に比べ随意嚥下で脳活動が広く賦活される点、NIRS信号強度の差により舌・咽頭などの運動が分離できる点が確認された。一方咀嚼運動・随意嚥下運動においては運動アーチファクトにも十分注意し解析すべきである。摂食・嚥下運動時のNIRS信号パターンの結果については、嚥下障害の機能評価、リハビリテーション評価への応用が期待される。