

2002年度 博士論文

指導教員 杉本助男

高齢者の嚥下障害に対する援助技術の
開発に関する研究

愛知淑徳大学大学院 コミュニケーション研究科
心理学専攻

020008 鎌倉やよい

「博士論文」

2002年11月29日提出

指導教員：杉本助男

高齢者の嚥下障害に対する援助技術の
開発に関する研究

愛知淑徳大学大学院
コミュニケーション研究科
心理学専攻

020008 鎌倉 やよい

【目次】

第1章 高齢者の嚥下に関する問題	1
1 高齢者の嚥下をめぐる問題概観	1
2 正常な嚥下のしくみ	2
3 嚥下障害の主な病態	5
4 加齢に伴う嚥下機能の変化	8
5 在宅高齢者の嚥下状態と生活習慣	9
6 高齢者の嚥下障害に対する援助技術開発に関する研究の意義	17
7 援助技術開発におけるオペラントとレスポナント	18
第2章 嚥下と呼吸の協調に関する基礎的研究	21
1 加齢に伴う嚥下時の呼吸の変化	21
2 嚥下と呼吸の協調への量・温度の影響	32
3 呼吸軌跡・舌骨上筋群表面筋電図と嚥下プロセスとの関係の検討	40
4 若齢者における呼吸型の再現性に関する実験	50
第3章 呼吸軌跡バイオフィードバックに関する基礎的研究	54
1 若齢者に対する声門上嚥下訓練に関する実験	55
2 高齢者に対するバイオフィードバックに関する実験	63
3 随意（オペラント）による嚥下性無呼吸惹起に関する実験	71
第4章 高齢者の嚥下障害に対する援助技術の適用	80
1 在宅高齢者の嚥下性無呼吸持続時間への年齢と性の影響	80
2 嚥下障害の在宅高齢者の特定	87
3 嚥下障害の在宅高齢者に対するバイオフィードバック訓練の適用	89
第5章 研究の総括と将来展望	100
文献	104
資料	109

第1章 高齢者の嚥下に関する問題

1. 高齢者の嚥下をめぐる問題概観

飽食の時代といわれて久しいが、テレビの画面からはグルメ情報があふれ、食べる楽しみへの関心の高さが伺われる。健康な人々にとって、食べて飲み込むことができるのは、当たり前のことである。この当然のごとく繰り返される嚥下が、実際は神経や筋が精巧に機能することによって整然と行われている。口腔内で形成された食塊が、咽頭を通過して食道に入り、さらに胃に入りきる。咽頭は、通常は呼吸のための通路であるが、嚥下反射によって、気道が一時的に閉鎖されて食物の通路となる。この合理的なシステムのいずれかが障害されると、舌の上に食塊が残ったり喉頭蓋谷・梨状窩に残るなど、嚥下に関する問題が引き起こされる。特に、誤嚥は肺炎に至る危険性、食事摂取量の減少は低栄養や脱水に至る危険性があり、これらは生命を脅かす問題となる。嚥下障害が改善しない場合には胃瘻が造設されることもあり、生活の質（quality of life: QOL）に大きく影響する問題でもある。成人・老人領域における嚥下障害の原因として、脳血管障害、口腔・咽頭癌手術、神経・筋疾患などの疾患がまず挙げられるが、疾患の影響のみならず加齢に起因する嚥下障害を忘れてはならない。

2000年には65歳以上の人口が総人口に占める割合が17.3%（厚生統計協会，2001）に達して高齢社会に突入したが、2015年には25%を超えることが予測され、わが国は確実に超高齢社会への道をたどりつつある。介護保険制度が2000年から開始され、今や高齢者介護は社会的な問題となってきた。なかでも、介護認定のための基本調査に嚥下と食事摂取の項目が含まれているように、口から食べることが障害される嚥下障害は介護上の現実的な問題である。また、高齢者の肺炎は直接的な死因となる重要な疾患であるが、誤嚥性肺炎を発症する頻度が高く、唾液や食塊のみならず逆流した消化液を誤嚥した時には重篤な肺炎を惹起させてしまうこととなる。佐々木・佐藤・中澤・目黒・関澤（1991）は肺炎と診断され入院してきた60歳以上の患者の70%が不顕性誤嚥を起こしていたと報告し、加齢による嚥下機能の低下が呼吸器に影響を及ぼす重要な問題であることを示唆している（佐々木，1994）。

さらに、人口の高齢化に伴う疾病構造の変化は医療費を高騰させる問題となり、高齢者の健康を維持増進することが社会的な重要課題となってきた。先に述べたように、高齢者の嚥下障害は、疾患に随伴するものと加齢に起因するものがあるが、脳血管障害に随伴する嚥下障害については多くの研究がなされ、その状態の診断や嚥下訓練法などが確立しつつあると考えら

れる（才藤・千野，1995）。しかし、加齢に起因する嚥下障害に関する研究は少なく、そこに焦点化された援助も確立していないのが現状である。このような状況のなか、高齢者の嚥下障害を改善し予防することが社会的要請となってきた。これに応えるべく、本研究は企画され実施されたものである。

2. 正常な嚥下のしくみ

嚥下運動を理解するために3～5つに分類されている。一つの考え方は、「相」と表現され、食物がどこにあるかで3つに分類される。食物は口から取り込まれ、飲み込みに適した形態に口腔内で調整され（食塊形成）、咽頭に送られる。咽頭に送られた食塊は蠕動様の運動によって食道に送られていく。このとき、食塊が口腔内にある時期を口腔相といい、咽頭にあれば咽頭相、食道にあれば食道相とする分類である。咽頭相の始まりは食塊の先端が咽頭に入るとき、即ち口峽部を通過したときから始まる。口腔相の終わりは食塊の後端が口峽部を通過したときである。このように、2つの相は時間的には必ず重なることとなる。もう一つの考え方は、「期」と表現され、嚥下の運動を食塊の位置ではなく人体の機能の観点から、口腔期、咽頭期、食道期と分類される。正常嚥下においては口腔期と口腔相はほぼ同じ意味となる。進（1994）はこの「相」と「期」の2つの用語を厳密に区別している。食塊の動きに注目したとき「相（phase）」を用い、口腔咽頭の神経・筋の働きに注目した時は「期（stage）」と表現される。嚥下障害患者では食塊の移動に対して神経筋活動が遅れる状態、すなわち、相に対して期が遅れる状態が生じている。

また、Logemann（1998）は食塊形成をする段階を口腔準備相として独立させて、4相に分けて解説している。さらに口から食物を摂る観点から Leopold & Kagel（1983）は、嚥下の3期に先行期、準備期を加えて5期に区分している。口腔準備期（相）を広義の口腔期の中を含む立場もある。また、実際には食物の移動と嚥下運動は円滑かつ連続的なものであるため3つの期にはある程度重なりがある。特に口腔期と咽頭期は筋活動の観点からは分離しがたいこともあり、*oropharyngeal swallowing* と表現されることもある。

ここでは、嚥下運動を「期」としての分類に従って概説し、準備期から食道期の各期において、組織がどのように機能して正常な嚥下が進行するのかを矢印で結んで図 1-1 に表した。さらに、図 1-2 には口腔・咽頭・頸部正中矢状断面図を、図 1-3 には正常嚥下の食塊口腔保持と咽頭期嚥下における喉頭挙上時の状態を示した。

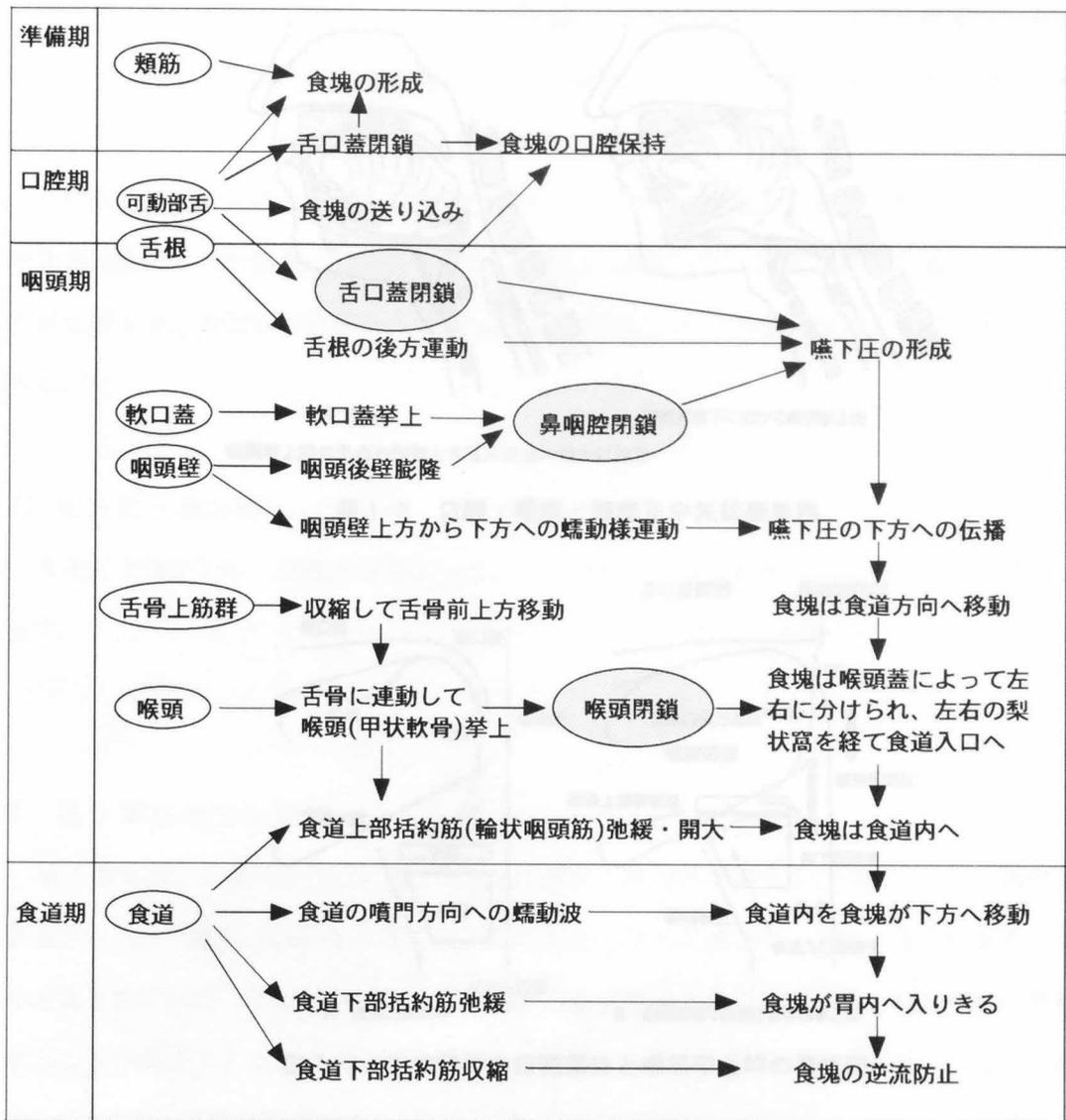


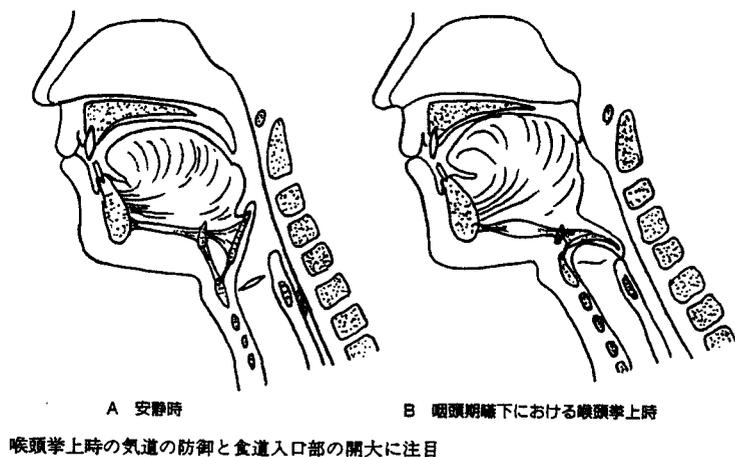
図 1-1 正常な嚥下：準備期・口腔期・咽頭期・食道期における関連図

1) 準備期

食物を口の中へ取り入れ、口唇・歯で入り口を閉鎖する（口唇閉鎖）。そして舌・歯・頬粘膜を使って食物を唾液とまぜ、咀嚼する。咀嚼は歯によって噛み砕くのみならず、舌で口内をかき混ぜ、食物がのどに流れないように舌根が持ち上がる（口腔保持）などの働きが重要である。こうして飲み込みに適した形態に加工される(食塊形成)。

2) 口腔期（随意期）

形成された食塊を咽頭に送り込む時期である。舌可動部の運動が主体となり、舌と口蓋ではさまれるようにして食塊は後方へ移動し、口峡部に至る。これは、随意的な運動である。



喉頭挙上時の気道の防御と食道入口部の開大に注目

図 1-2 口腔・咽頭・頸部正中矢状断面図

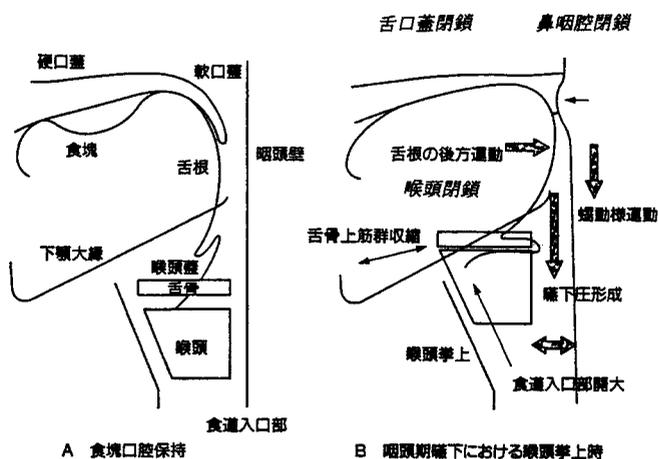


図 1-3 正常嚥下の口腔保持と喉頭挙上時の模式図

3) 咽頭期 (反射期)

咽頭期は食塊の先端が口峽部を通過した時点から、食道入口部を通過するまでをいう。時間によるとわずか 0.3~0.5 秒である。この咽頭期のわずかな時間の運動が円滑に進むかどうかにか安全な嚥下の可否がかかっている。食べ物が咽頭を通過するとき自動的に気道が閉鎖されて呼吸も止まるが、食物通過後は直ちに呼吸は再開されて発声も可能となる。舌、舌根から喉頭蓋、声帯、食道入口部の位置関係において最も重要なのは食道と気道の位置関係である。口腔、鼻腔、気管、食道はつながり、空気の流れと食物の流れは咽頭、喉頭において交叉する。

安静時 (呼吸時) に喉頭は低い位置にあり、喉頭と頸椎とはさまれて、また食道入口部は輪状咽頭筋と称される括約筋によって閉じられている。この時、気道は広く開大している。一方、嚥下時には喉頭が前上方に挙上され、喉頭蓋が倒れて喉頭を閉鎖する。喉頭の前方への移動により食道が広がりやすくなり、これにあわせて輪状咽頭筋が弛緩して食道入口部が開大さ

れる。軟口蓋は挙上し、咽頭後壁が前進して接し、食塊が逆流しないように鼻咽腔は閉鎖される。この時期、仮声帯、声帯も閉鎖して（声門閉鎖）呼吸も止まる（嚥下性無呼吸）。食塊が咽頭を通過し終わると喉頭は元の位置まで下降し、呼吸に適した配置になる。

この咽頭期に、口腔保持されていた食塊は舌根が後方へ運動して咽頭へ送り込まれるが、この後方運動によって嚥下圧が形成される。咽頭上方から下方へ向けて蠕動様運動によって嚥下圧が伝播する。食塊は喉頭蓋によって左右に分けられ、左右の梨状窩を経て食道入口部へ到達する。

4) 食道期（蠕動期）

食道に食塊が入ると蠕動運動により順に下方の胃まで運ばれる。食塊が胃に入りきるまでを表す。

3. 嚥下障害の主な病態

嚥下障害は、その原因疾患に従って器質的障害と機能的障害あるいは静的障害と動的障害に分類されたり（藤島，1993）、脳神経の障害部位に従って核上性、核性、核下性障害の視点から捉えられている（平山，1971）。嚥下障害を改善するためには、障害された機能を明らかにすることが重要である。本章では、嚥下を準備期、口腔期、咽頭期、食道期を分類しているため、それに従って嚥下障害の主な病態を図 1-4 として表した。

準備期・口腔期では、頬筋、舌可動部などの働きによって、食塊の形成・口腔保持・送り込みが行われる。ここでは、食塊形成と舌運動が問題となる。頬筋の知覚麻痺、舌可動部の運動麻痺などによって、食塊の形成不全、舌口蓋閉鎖不全、舌運動障害が引き起こされる。舌口蓋閉鎖ができないと口腔内に食塊を保持することができずに、嚥下運動の前に咽頭流入がみられたり、舌の運動障害によって食塊が送り込まれず口腔内に残る。咽頭流入は嚥下前誤嚥の問題にもつながる。

咽頭期では、嚥下圧形成の問題、咽頭クリアランス低下の問題、誤嚥の問題が挙げられる。舌による舌口蓋閉鎖や舌根の後方運動が不足したり、軟口蓋と咽頭壁による鼻咽腔閉鎖が不十分であると嚥下圧が低下する。次に、咽頭筋収縮による蠕動様運動が減弱すると嚥下圧の伝播に問題が生じる。これらの結果、咽頭クリアランスの低下が引き起こされ、喉頭蓋谷、喉頭前庭、梨状窩に食物が残留する。この状態で、嚥下運動後に吸気が後続されると、誤嚥が引き起

こされる。喉頭運動に関連した咽頭期惹起遅延、喉頭閉鎖不全、喉頭挙上の不足は誤嚥につながる。また、喉頭運動に伴って上部食道括約筋（輪状咽頭筋）が弛緩して食道入口部が開大するが、これが不十分であると咽頭クリアランスの低下につながる。

咽頭期において、最も問題になるのは、声門を越えて気管に食塊が侵入する誤嚥である。誤嚥は咽頭期嚥下障害の結果であり、嚥下造影（videofluorography：VF）の所見における喉頭挙上と誤嚥との関係から、挙上期型誤嚥、下降期型誤嚥、混合型誤嚥、嚥下運動不全型誤嚥に分類されている（平野実，1980）。また、これに前咽頭期型誤嚥を加えた分類もある（才藤・千野，1985）。一方、Logemann（1998）は嚥下前誤嚥、嚥下中誤嚥、嚥下後誤嚥に分類している。これは実際、患者の食事の場面に立ち会って観察するとき、理解しやすいことから、ここでは後者の分類に従って誤嚥を概説する。

食道期では、食道蠕動運動低下の問題、食道上下括約筋の問題が挙げられる。これらに問題があると胃食道逆流がみられる。

嚥下不全）となる原因は、喉頭挙上の点：（喉頭蓋の挙上遅延）喉頭蓋の閉鎖不全などがあ

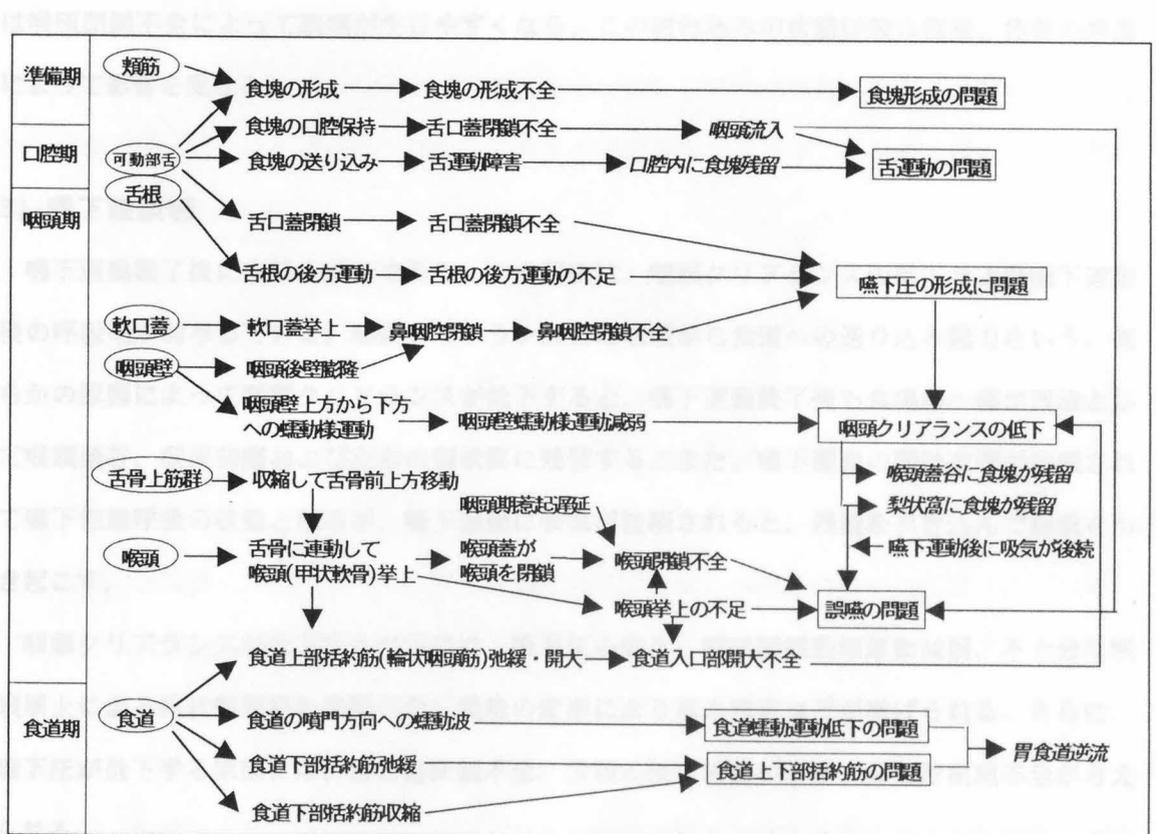


図 1-4 嚥下障害の主な病態

1) 嚥下前誤嚥

嚥下反射が引き起こされる前に喉頭内に食塊が侵入し、さらに気管内に流れ込む現象を示す。これは、口腔期、特に舌の運動障害によって、口腔内に食塊を保持することができないことに加えて、咽頭期惹起の遅延や消失が原因である。舌による送り込みができないことから、ゼリーなど粘性の高い食塊は舌の上に残り咽頭方向へ流れ込むことはない。それとは逆に、水分など粘性の低い食塊は嚥下反射の準備ができる前に咽頭へ流れ込むこと（咽頭流入）によって誤嚥を生じる。この流れ込みは、舌によるコントロールができないために、舌よりも低い位置へ流れることになる。そのため、流れ込みの状態は顎の位置、体幹の角度によって影響を受ける。

2) 嚥下中誤嚥

嚥下運動中に生じる誤嚥を示す。これは喉頭閉鎖が不十分であることから咽頭を通過する食塊の一部が喉頭内に侵入しさらに気管内に流入することによって起こる。喉頭閉鎖が不十分（喉頭閉鎖不全）となる原因は、喉頭挙上の遅れ（咽頭期惹起遅延）、喉頭挙上の不足、声門閉鎖不全などがある。粘性の高い食塊では嚥下中誤嚥を起こしにくいですが、水分など粘性の低い食塊は喉頭閉鎖不全によって誤嚥が生じやすくなる。この流れ込みの状態は顎の位置、体幹の角度によって影響を受ける。

3) 嚥下後誤嚥

嚥下運動終了後に生じる誤嚥である。この誤嚥は、咽頭クリアランスの低下および嚥下運動後の呼吸型が関与している。咽頭クリアランスとは咽頭から食道への送り込み能力をいう。何らかの原因によって咽頭クリアランスが低下すると、嚥下運動終了後も食塊の一部が残渣として喉頭蓋谷、喉頭前庭および左右の梨状窩に残留する。また、嚥下運動の間は声門が閉鎖されて嚥下性無呼吸の状態となるが、嚥下運動に吸気が後続されると、残渣を引き込んで誤嚥を引き起こす。

咽頭クリアランスが低下する原因には、嚥下圧の低下、咽頭壁蠕動様運動減弱、不十分な喉頭挙上による輪状咽頭筋の弛緩不全、頸椎の変形による通過障害などが挙げられる。さらに、嚥下圧が低下する原因には、舌口蓋閉鎖不全、舌根の後方運動の不足、鼻咽腔閉鎖不全が考えられる。

4. 加齢に伴う嚥下機能の変化

加齢に伴う歯牙の喪失、筋肉組織の緊張の減弱、靱帯のゆるみなどの退行性変化が高齢者の咀嚼、嚥下に影響を及ぼすと考えられている (Sheth & Diner, 1988)。65 歳以上の地域老人 722 人を対象とした調査では、年齢が高くなるにつれて咀嚼能力が低下すること、自分の歯が半数以上ある者では咀嚼能力が良好であったことが報告されている (永井・柴田・芳賀・上野・須山・安村・松崎・崎原・平良, 1990)。高德・瀧口・小林・矢野・筒井・張・関原・堀井 (1994) は加齢に伴う咀嚼機能の低下が、歯牙喪失、未処置う蝕、歯周炎による歯列の状況変化とは独立した現象である結果を報告し、咀嚼筋力の低下によって咀嚼機能が減退することを考察している。次に、唾液腺は加齢と共に腺房数が減少するといわれているが、その結果としての唾液分泌量の変化については研究者によって見解が異なっている。今野・伊藤・岡本 (1989) は安静時の総唾液分泌量を測定し、女性のみに加齢による減少がみられたことを報告し、女性ホルモンを中心とする内分泌系に対する加齢の影響を考察している。また、加齢に伴って舌筋は萎縮し、味覚機能は低下する (池田・富田, 1989)。これらの変化を総合すると、筋肉組織の緊張の低下と歯牙の喪失によって食物をかみ砕く能力が低下し、舌の萎縮、唾液分泌量の減少が加わると、なめらかな食塊が形成されにくい。さらに、味覚機能の低下は食べる意欲に影響し、随意運動である咀嚼が不十分になる可能性がある。ここまで述べてきた準備・口腔期における加齢に伴う変化は、高齢者の嚥下障害を助長する要因となりうるが、直接的に影響する原因は咽頭期の問題である。

喉頭の位置は加齢にしたがって下降するといわれており、古川 (1984) は嚥下運動を喉頭の前後運動と挙上運動に分けて解析している。加齢に伴い喉頭は安静時の位置では下降しているものの、嚥下咽頭期の最大挙上位置は 60 歳代まではほぼ一定に維持されて運動性にその機能が代償されている。しかし、70 歳以上になるとこの最大挙上位置も著しく下降して、代償しえない状態が生じている。これは最大挙上位置まで喉頭が移動する距離が加齢に伴って長くなることであり、口腔期の緩徐に上昇する挙上運動に要する時間のみが加齢に伴って延長している。咽頭期の喉頭運動は前上方へ挙上されることによって舌根部と接触し、声帯と仮声帯の内転、喉頭蓋の倒れ込みによって気道が閉鎖され、同時に前方へ移動することによって食道入口部の開大がはかられている。そのために、加齢に伴う変化は喉頭の閉鎖不全、食道入口部開大不全を起こす可能性があり、挙上されても舌根部との間に空間ができるために誤嚥の可能性が増大する (古川, 1989)。また、小宮山 (1986) は咽頭期の嚥下反射によって気道閉鎖されるために生じる嚥下性無呼吸時間を測定し、正常な嚥下は呼気相で生じ終了後は呼気が生じるが、

吸気が生じる症例では誤嚥が観察されると報告している。さらに、高齢の嚥下障害患者を対象にして検討されているが、加齢による嚥下性無呼吸時間への影響はまだ明らかにされていない（小宮山・宮崎・山下，1991）。

次に、嚥下咽頭期における食塊の移動は、咽頭内に生じる圧力の変化に依存している。この圧力つまり嚥下圧は下咽頭の収縮、舌根の後方運動によって生じ、軟口蓋から下咽頭、食道入口部へと3峰性に伝播していくことが測定されて嚥下圧曲線が描かれ、その圧力の状態の異常によって嚥下障害が分類されている（森・丘村，1985；森・丘村・稲木，1989；森，1992）。稲木・丘村・森（1988）は咽喉頭異常感を訴えて受診した234症例を対象として咽頭二重造影を行い、喉頭蓋谷に造影剤が滞留する所見が誤嚥の症例では全員に見られ、70歳以上ではその頻度が高かったことを報告している。また、食塊を嚥下した後、2～3回の空嚥下を行うと滞留した造影剤が食道に入ること、首の回旋により食塊は反対側梨状窩へ流入する形態が確認されている（唐帆・大前・田部・羽生・村瀬・北原・井上，1997）。さらに、丘村・稲木・森・福井・相原（1991）は、高齢者の嚥下動態について、咽頭食道透視に液体造影剤を使用して咽頭・喉頭流入、喉頭蓋運動異常が、固体造影剤を使用して喉頭蓋谷停留、咽頭分割嚥下、口腔内逆流が観察されたことを報告している。高齢者は嚥下圧が低いために、食塊が喉頭蓋谷、に残留して気管口に流入する危険性のあることが考えられる。

5. 在宅高齢者の嚥下状態と生活習慣

緒言

高齢者では誤嚥やそれに伴う肺炎が報告され、脳血管障害や加齢による嚥下機能の障害が問題となっている。加齢に伴って、歯牙の喪失、筋肉組織の緊張の減弱、靭帯のゆるみなどの退行性変化が咀嚼・嚥下に影響すると考えられ（Sheth, et al, 1988）、咀嚼能力の低下（永井・他，1990）、唾液分泌量の減少（今野他，1989）、喉頭の閉鎖不全と食道入口部の開大不全（古川，1984；1989）が報告されている。また、高齢者は嚥下圧が低いために、嚥下反射後にも喉頭蓋谷や梨状窩に食塊が残留して（稲木他，1988；丘村他，1991）気管口に流入する危険性のあることが考えられている。こうした退行性変化が加齢に起因するとしても、すべての高齢者に同様な変化が現れるとは考えにくい。岡本（1987）は高齢者の活動能力を評価する方法として握力等から算出された活動指数の有用性を報告し、その値が高齢者の日常生活を反映しうることを述べている。このように、高齢者の退行性変化は加齢現象に加えて、長期間にわた

る生活に影響されることが考えられる。

高齢者の嚥下障害を考えると、退行性変化によって誤嚥を起こす状態になった後の改善が重要であることは言うまでもないが、日常生活を調整することによってこれを予防することができないものであろうか。現在のところ、嚥下障害を呈して医療機関を受診した高齢者に関する報告はみられるが、高齢者全体の嚥下状態の実態は明らかにされていない。本研究の目的は、高齢者において嚥下に問題がある人が占める割合を明らかにして、それと加齢との関係および生活習慣との関係を検討することにある。そのために、在宅高齢者を対象として、嚥下の状態と咀嚼・嚥下関連筋の運動にかかわる生活習慣を調査した。

調査方法

1) 調査対象・方法

愛知県内のM町の老人会に所属する65歳以上の高齢者を対象として、1996年3月に嚥下の状態に関する質問紙調査を行った。質問紙は、M町の老人連合会から町内の各老人会を經由して対象者へと配布され、同様に回収されて769人から回答が得られた。M町の

表 1-1 M町の年齢別男女別人口（人）

年齢	総数	男	女
65-69	1,102	608	494
70-74	703	310	393
75-79	546	200	346
80以上	715	237	478
小計	3,066	1,355	1,711
人口総数	38,033	20,390	17,643

平成7年度刊愛知県統計年鑑による。

人口・年齢構成は、愛知県統計年鑑（平成7年度刊）によれば65歳以上の人口が3,066人と報告されていることから（表1-1）、回答が得られた769人は全体の25.1%に該当した。

2) 調査内容

調査項目は嚥下の状態と生活習慣に関する質問である。調査対象が、老人会に所属して活動している在宅高齢者であること、高齢者の嚥下障害では誤嚥が問題であることから、摂食・嚥下の分類のうち準備期、口腔期、咽頭期の状態と生活習慣に焦点を当てた。

準備期、口腔期では食物が歯によって噛み砕かれ、唾液の分泌と舌・頬筋の協調運動によって食塊が形成されて咽頭へ送り込まれる。そのために、口の中がバサバサする経験は唾液の分泌の状態を、食物が歯と頬との間に入る経験は咀嚼時の舌・頬筋の協調運動の状態を反映する質問として選択した。

咽頭期は嚥下反射によって食塊が咽頭を經由して食道に入りきるまでを表し、嚥下反射によって喉頭が挙上され喉頭蓋が気管口を閉鎖して誤嚥が予防されている。ご飯を食べてむせる経

験、お茶を飲んでむせる経験は、加齢に伴う喉頭閉鎖不全や咽頭期惹起遅延による嚥下時の誤嚥の状況を反映する質問として選択した。

また、加齢に伴う嚥下圧の低下は、気管口周囲に食物が残留するといった咽頭期の問題を引き起こす。このような状態を反映する質問として、なかなか飲み込めない経験、食べ物が喉にひっかかる感じの経験を選択した。さらに、気管口周囲に食物が残留している状態で吸気が行われると、嚥下後に時間を置いてむせる状態が生じる。このような状態を反映する質問として、食べた後にせき込む経験を選択した。これらの嚥下状態に関する質問に対して、「よくある」「時々ある」「ほとんどない」の3段階の順位尺度で回答を求めた。

生活習慣との関係をみるために、身体的活動の状態として運動の頻度と外出時間、発声の習慣として歌う頻度と笑う頻度、嗜好の状態として喫煙習慣、薬物の影響として睡眠薬の使用頻度、食事時の状況として義歯の使用と食事の楽しさを質問項目として選択した。外出時間については、半日以上から、外出しないまでの5段階で、その他の項目については3段階の順位尺度で回答を求めた。また、治療中の病気の有無を質問し、「有」の場合には、高血圧、脳卒中、心臓病、結核、糖尿病などの疾患名から選択することを求めた。さらに、高齢者の健康指標として活用されている健康度自己評価（芳賀・柴田・上野・永井・安村・須山・松崎・鈴木・岩崎・澤口，1991）を質問した。

3) 分析方法

嚥下の状態に関する質問項目については、回答を「よくある、時々ある」と「ほとんどない」に分類して年齢群との関係を比較した。生活習慣については、各回答を「ご飯にむせることがよくある、時々ある」と「ご飯にむせることがほとんどない」との2群に分類して各生活習慣との関係を比較した。回答が得られた質問紙は769人であったが、各質問項目には回答されなかった項目があるため、それらを欠測値として除外して集計した。統計的検定にはカイ2乗検定を用いて5%水準によって有意であることを判定した。また、生活習慣について、年齢等の影響を補正するために重回帰分析を用いた。

結 果

1) 在宅高齢者の嚥下状態

図1-5に、嚥下状態の各項目について「よくある・時々ある」と回答した数が全対象者に占める割合を表した。口の中がばさばさする経験と食物が歯と頬の間に入る経験が準備期・口腔

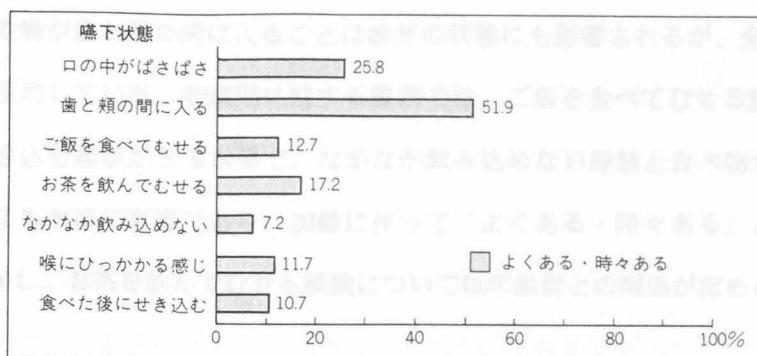


図 1-5 嚥下状態に関する症状が全対象者に占める割合

表 1-2 嚥下の状態と年齢群による比較

項目	年齢群	「よくある・時々ある」回答/該当年齢者数					有意差
		計	65-69 歳	70-74 歳	75-79 歳	80 歳以上	
口の中がばさばさ	回答数/n	176/683	52/272	58/197	35/109	31/105	p<0.05
	%	25.8	19.1	29.4	32.1	29.5	
食物が歯と頬の間に入る	回答数/n	355/684	128/272	107/199	55/106	65/107	p<0.10
	%	51.9	47.1	53.8	51.9	60.7	
ご飯を食べてむせる	回答数/n	88/692	21/270	24/204	19/109	24/109	p<0.05
	%	12.7	7.8	11.8	17.4	22.0	
お茶を飲んでむせる	回答数/n	120/697	36/272	37/204	24/112	23/109	N. S.
	%	17.2	13.2	18.1	21.4	21.1	
なかなか飲み込めない	回答数/n	49/681	11/270	11/198	14/106	13/107	p<0.01
	%	7.2	4.1	5.6	13.2	12.1	
食物が喉にひっかかる感じ	回答数/n	81/690	18/271	23/203	18/107	22/109	p<0.01
	%	11.7	6.6	11.3	16.8	20.2	
食べた後にせき込む	回答数/n	74/689	20/273	20/201	15/106	19/109	p<0.05
	%	10.7	7.3	10.0	14.2	17.4	

注) 各項目の回答を年齢群毎に「よくある・時々ある」と「ほとんどない」に分類した。回答数/n は、各年齢群の総数に対して「よくある・時々ある」と回答した数を表した。その残りが「ほとんどない」の回答数となるため表からは省略した。「よくある・時々ある」の回答と各年齢群との関係を比較した。

期の項目であるが、各々25.8%、51.9%

と咽頭期の項目に比して高い割合を表し

た。咽頭期の質問は残りの5項目である

が、7.2%から17.2%の範囲にとどまっ

た。

さらに、表 1-2 では各項目ごとに「よ

くある・時々ある」と回答した数を年齢

群別に示し、この回答数と年齢群との関

係を比較して有意差を表した。

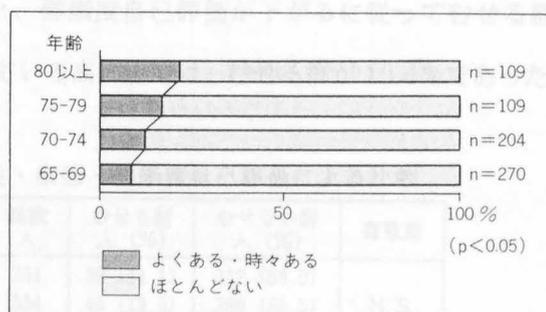


図 1-6 ご飯を食べてむせる経験の年齢群による変化

準備期、口腔期に関する質問では、口の中がばさばさする経験に年齢群との関係が認められた ($p<0.05$)。食物が歯と頬の間に入る経験は年齢群との関係は明らかではなかったが、65-69 歳と 80 歳以上の年齢群間で比較すると、80 歳以上においてその割合が有意に高かった (p

<0.05)。食物が歯と頬の間に入ることは歯牙の状態にも影響されるが、全体の 75.1%が食事時に義歯を使用していた。咽頭期に関する質問では、ご飯を食べてむせる経験（図 1-6）と食べた後にせき込む経験が 5 %水準で、なかなか飲み込めない経験と食べ物が喉にひっかかる感じの経験が 1 %水準で有意であり、加齢に伴って「よくある・時々ある」と回答した割合が増加した。しかし、お茶を飲んでむせる経験については年齢群との関係が認められなかった。

2) ご飯を食べてむせる群の性・疾患・健康度自己評価による比較

咽頭期の項目のうち、ご飯を食べてむせることが「よくある、時々ある」との回答をむせる群、「ほとんどない」との回答をむせない群として分類し、性、現在治療中の病気、健康度自己評価との関係を比較した。表 1-3 に、各項目の選択肢ごとにむせる群とむせない群に分類し、回答数とその割合を表した。さらに、各項目毎にむせる群との関係を比較して有意差を表した。現在治療中の病気については、嚥下状態に影響する疾患が脳卒中であることから、「あり」との回答を脳卒中（卒中）とそれ以外（卒中外）に分類した。

その結果、性による差はみられなかったが、現在治療中の病気および健康度自己評価においてむせる群との間に有意差がみられた ($p < 0.01$)。治療中の病気がないとの回答であっても 10.1% (21 人) がむせる群に属し、卒中外 14.5%、卒中 42.9%の順に増加した。脳卒中治療中との回答において、むせる群の占める割合は高率であったが、これは対象者全体からみると 0.9% (6 人) であった。次に、治療中の病気がないとの回答は 30.9% (207 人) であったが、健康度を「健康・まあ健康」と自己評価している高齢者は 75.5% (545 人) であった。健康度自己評価によってむせる群の割合を比較すると、健康度自己評価が下がるに従ってむせる群の割合が増加した。健康・まあ健康と自己評価している高齢者では、むせる群が 10.4%であった。

表 1-3 ご飯を食べてむせる群の性・疾患・健康度自己評価による比較

項目	総数 人	むせる群 人 (%)	むせない群 人 (%)	有意差	
性	男	351	39 (11.1)	312 (88.9)	N. S.
	女	334	45 (13.5)	289 (86.5)	
	計	685	84 (12.3)	601 (87.7)	
現在治療中の病気	なし	207	21 (10.1)	186 (89.9)	p<0.01
	あり (卒中外)	449	65 (14.5)	384 (85.5)	
	あり (卒中)	14	6 (42.9)	8 (57.1)	
	計	670	92 (13.7)	578 (86.3)	
健康度自己評価	健康	144	12 (8.3)	132 (91.7)	p<0.01
	まあ健康	401	45 (11.2)	356 (88.8)	
	あまり健康ではない	118	17 (14.4)	101 (85.6)	
	病気がち	59	19 (32.2)	40 (67.8)	
	計	722	93 (12.9)	629 (87.1)	

注) 各項目についてご飯にむせることとの関係を比較した。

3) ご飯を食べてむせる群の生活習慣による比較

表 1-4 に、各項目の選択肢ごとにむせる群とむせない群に分類して、回答数とその割合を示した。さらに、選択肢で表される生活習慣の頻度とむせる群の占める割合について、各項目毎に比較して有意差を表した。

調査した 8 項目のうち、1 日のうち外出する時間と大きな声で笑うことの 2 項目が 5 % 水準で、睡眠薬の使用と食事が楽しいの 2 項目が 1 % 水準で有意であった。1 日のうち外出する時間において、8.5% (59 人) は外出しないと回答したが、外出時間が短い高齢者にむせる群の割合が高かった。大きな声で笑うことについて、19.1% (135 人) がほとんどないと回答したが、笑う機会が少ない高齢者にむせる群の割合が高かった。

表 1-4 ご飯を食べてむせる群の生活習慣による比較

項目	総数人	むせる群人 (%)	むせない群人 (%)	有意差	
運動をしていますか	2-3 回/週	252	32 (12.7)	220 (87.3)	N. S.
	1 回/週	131	17 (13.0)	114 (87.0)	
	しない	281	38 (13.5)	243 (86.5)	
	計	664	87 (13.1)	577 (86.9)	
1 日のうち外出する時間	半日以上	217	20 (9.2)	197 (90.8)	p<0.05
	2-3 時間	196	24 (12.2)	172 (87.8)	
	1 時間程	167	19 (11.4)	148 (88.6)	
	30 分程	55	9 (16.4)	46 (83.6)	
	外出しない	59	16 (27.1)	43 (72.9)	
計	694	88 (12.7)	606 (87.3)		
カラオケで歌う機会	2-3 回/週	42	5 (11.9)	37 (88.1)	N. S.
	1 回/週	101	8 (7.9)	93 (92.1)	
	ない	553	74 (13.4)	479 (86.6)	
計	696	87 (12.5)	609 (87.5)		
大きな声で笑うこと	よくある	188	14 (7.4)	174 (92.6)	p<0.05
	時々ある	382	50 (13.1)	332 (86.9)	
	ほとんどない	135	23 (17.0)	112 (83.0)	
	計	705	87 (12.3)	618 (87.7)	
喫煙習慣	吸う	159	20 (12.6)	139 (87.4)	N. S.
	時々吸う	11	3 (27.3)	8 (72.7)	
	吸わない	515	61 (11.8)	454 (88.2)	
	計	685	84 (12.3)	601 (87.7)	
睡眠薬を使いますか	ほぼ毎日使用	17	6 (35.3)	11 (64.7)	p<0.01
	時々使用	64	14 (21.9)	50 (78.1)	
	使用しない	620	65 (10.5)	555 (89.5)	
	計	701	85 (12.1)	616 (87.9)	
食事時に義歯を使いますか	いつも使う	512	69 (13.5)	443 (86.5)	N. S.
	時々使う	29	4 (13.8)	25 (86.2)	
	使わない	179	17 (9.5)	162 (90.5)	
	計	720	90 (12.5)	630 (87.5)	
食事が楽しい	いつも思う	188	14 (7.4)	174 (92.6)	p<0.01
	時々思う	382	50 (13.1)	332 (86.9)	
	思わない	135	23 (17.0)	112 (83.0)	
	計	705	87 (12.3)	618 (87.7)	

注) 各項目についてご飯にむせることとの関係を比較した。

続いて、睡眠薬の使用状況はむせる群と関係がみられ、使用頻度が高い高齢者にその割合が高かった。さらに、食事が楽しいと思わない高齢者にご飯にむせる割合が高かった。

ここまで述べてきたように、ご飯にむせることに関係した生活習慣は外出時間、大きな声で笑うこと、睡眠薬の使用、食事が楽しい

と思うことであった。これらについて、年齢と共に各項目間の影響を補正するために、ご飯にむせることに関する尺度（よくある・時々ある・ほとんどない）を目的変数、年齢群と各項目の尺度（表 1-4）を説明変数とした重回帰分析を行った。表 1-5 に表したとおり、年齢を補正してもいずれの項目も有意な関係が認められ、これらの生活習慣がご飯にむせることと関係していることが確認された。

表 1-5 ご飯にむせることに対する各項目の関係（年齢調整後）

項目	n	標準偏回帰係数	P 値
外出する時間	694	-0.11	0.0046
大きな声で笑う	705	-0.09	0.0230
睡眠薬の使用	701	0.13	0.0006
食事が楽しい	705	-0.12	0.0020

注) ご飯にむせることがよくある・時々ある・ほとんどないの尺度に対して、表 4 に示した各項目の尺度との関係を表す。

考 察

まず、在宅高齢者のうち誤嚥を起こす可能性のある人の割合と加齢との関係について検討する。調査項目は準備期・口腔期と咽頭期に分類しているが、誤嚥に最も関係するのは咽頭期の問題である。そのなかでも、嚥下時の誤嚥を反映する質問がご飯を食べてむせる経験とお茶を飲んでむせる経験であり、前者に年齢との関係が認められた。年齢群によって比較すると、その割合は 80 歳以上では両者とも 20% に到達していた。しかし、前者は 65-69 歳では 7.8%、その後加齢に伴って増加を示したが、後者では 65-69 歳で 13.2% と既にその割合が高いために加齢に伴う差がみられなかったものと考えられた。これについては、高齢者では食物よりも水分にむせる症状が先行することも考えられた。さらに、ご飯を食べてむせる経験について健康な高齢者に限定してみると、治療中の病気のない人では 10.1%、健康度を「健康・まあ健康」と自己評価した人では 10.4% であった。このように、愛知県内の M 町の実態として、12.7% の高齢者が加齢と関連して誤嚥を起こす可能性があり、健康と考えられる高齢者であってもおよそ 10% にその可能性があると考えられた。

次に、なかなか飲み込めない経験と食べ物喉にひっかかる感じの経験はいずれも加齢との関係が認められ、7-12% の高齢者は誤嚥という顕在的な問題に至らないまでも、一度に食塊を嚥下することが困難であることが考えられた。このような状況は、1 回の嚥下後に食物残渣が気管口周囲に残留することが考えられ、10.7% が食べた後にせき込む経験ありと回答している

ことから、吸気時にこれらを誤嚥しているものと考えられた。

続いて、準備期・口腔期においては、25.8%の高齢者に唾液分泌の減少が考えられ、加齢の関係が認められた。しかし、この結果は69.1%が治療中の疾患を抱えていることから、内服薬の影響によるものとも考えられる。食物が歯列の外側に入ることは、健康な成人ではみられないが、意外にも51.9%がこの経験があると回答し、65-69歳でも47.1%と高率であった。これは歯牙の欠損、疾患などの影響が考えられるが、今回の調査では食事時の義歯の使用、治療中の病名の質問にとどまったため、それらとの関係は確認されていない。さらに、脳卒中の既往のある高齢者が0.9%に認められたが、脳卒中以外の疾患であっても疾患のない高齢者に比較してご飯にむせる人の割合が高かったことから、ここでも内服薬の影響が考えられる。しかし、疾患があっても主観的には健康であると判断している高齢者も多く、この健康度自己評価が低くなるほどむせる人の割合が高くなっていったことは興味深いことである。

一方、嚥下について問題のない高齢者がいることも事実である。どのような生活習慣が嚥下の状態と関係するのであろうか。調査結果からは、身体的活動として外出時間が有意であった。外出は運動という要素以外に、他者とのコミュニケーションが加味され、話をする頻度が高くなることも考えられる。同様に嚥下に関連する筋肉の運動習慣として発声を考えたが、笑う頻度との関係がみられた。笑うことがほとんどない人が2割近くいることにも問題があると考えられるが、このような人にむせる割合が高かった。また、睡眠薬の常用者にむせる人の割合が高かった。さらに、食事時の状況では、食事が楽しいと思わない人にむせる割合が高かった。これは、むせる経験の結果、食事を楽しいと思えなくなる可能性もある。

以上のことから、嚥下に問題がある高齢者の生活像として、何らかの病気をもち、日常では笑うこともなく、外出することもなく、食事も楽しいとは思えず、睡眠薬を常用する生活習慣が浮かんでくる。健康な嚥下状態を維持する生活の手がかりを探ってきたが、特別に企画される運動や歌よりも、「笑う」「外出する」といった日常生活に組み込まれて繰り返される生活行動が嚥下状態に影響することが考えられた。

おわりに、本調査は各調査項目について3-5段階の順位尺度を使用していることから、結果を発現頻度として判断することはできないが、在宅高齢者の嚥下状態の実態としてとらえることができる。今後、65歳未満との比較ができれば、高齢者の嚥下状態がさらに明らかになるであろう。また、調査結果からは嚥下に関連する高齢者の生活習慣の手がかりを得たが、さらに嚥下関連筋の緊張を維持することができる生活習慣を明らかにすることが重要であろう。

6. 高齢者の嚥下障害に対する援助技術開発に関する研究の意義

これまで述べてきたように、加齢に伴う歯牙の喪失、筋肉組織の緊張の減弱、靱帯のゆるみなどの退行性変化が咀嚼・嚥下に影響すると考えられ、咀嚼能力の低下、唾液分泌量の減少、喉頭閉鎖不全と食道入口部開大不全が報告されている。また、高齢者は嚥下圧が低いために、嚥下反射後にも喉頭蓋谷や梨状窩に食塊が残留して気管に流入する危険性のあることが考えられている。また、前述した在宅高齢者の調査（鎌倉・岡本・杉本，1998）からは、およそ10%の在宅高齢者に加齢に関連する嚥下の問題があることが推測され、在宅高齢者の嚥下障害に対して援助技術を開発することの意義が確認された。

高齢者の嚥下障害を考えると、退行性変化によって誤嚥を起こす状態になった後の改善が重要であることは言うまでもないが、これを予防する視点も重要である。また、高齢者の退行性変化は個体差が大きいことが予測されることから、加齢現象に加えて長期間にわたる生活の影響を無視することができない。高齢者の嚥下障害に対する援助技術を開発するためには、嚥下障害を予防する視点と障害に対する訓練の視点が必要とされる。高齢者の嚥下障害を予防する視点からは、在宅高齢者の嚥下に影響する生活要因を明らかにすると共に、嚥下に問題のある高齢者をスクリーニングするための質問紙の開発が重要であろう。さらに、スクリーニングされた高齢者に対する訓練の視点からは、高齢者が自律的に訓練を維持することが可能な援助技術を開発することが重要となろう。

援助技術開発に当たり、高齢者の嚥下障害の病態から予測される嚥下後誤嚥を予防するためにも、嚥下時の呼吸との協調に着目することが妥当であると考えられる。嚥下と呼吸の協調に関する研究として、Nishino, Yonezawa, & Honda (1985) は嚥下反射の大部分が呼気相で引き起こされて、呼気の所要時間が延長したことを報告している。Smith, Wolkove Colacone, & Kreisman (1989) も同様の結果を報告し、加えて食物嚥下時と水嚥下時との呼吸の変化を測定している。Preiksaitis, Mayrand, Robin, & Diamant (1992) は嚥下時の呼吸の型を分類し、水を嚥下する時嚥下反射が呼気相で生じ呼気を後続させる割合が高く、呼吸周期を4等分した2番目と3番目の間に嚥下が開始されたことを報告している。そして、嚥下性無呼吸の所要時間を測定し、それが嚥下する水の量によって変化すると述べている。

このように、健康な成人においての嚥下時の呼吸との協調は研究されているが、嚥下障害を視野に入れた研究はみられず、加齢による影響に関する研究は少ない。Shaker, Ren, Townsend, Dodds, Martin, Kern, & Rynders (1992) が嚥下と呼吸との協調に対する加齢、呼吸促迫、嚥下量、慢性閉塞性肺疾患の影響を研究しているものの、高齢者では若年者

に比べて吸気相に嚥下性無呼吸が起こる割合が高く、吸気が後続される割合が高かったことを報告したにとどまっている。さらに、ここでの高齢者の対象者は 63 歳から 83 歳の 11 人であり、喉頭の下降が運動性に代償される 70 歳以下が被験者に含まれていることから、嚥下と呼吸の協調への加齢の影響が明らかにされているとはいえない。

そこで、嚥下と呼吸の協調に関する基礎的研究によって加齢の影響を明らかにすることがまず必要であり、その上で具体的な援助技術に関する研究を進めることとする。嚥下と呼吸を協調させる訓練法として、声門上嚥下 (supraglottic maneuvers : SGM) が提唱されている。具体的には、十分な吸気後に息をこらえてから嚥下反射を惹起し、呼気を後続させる方法である。息をこらえることによって声門が閉鎖し、声門下圧が上昇するために食塊が気道に入りにくくなり、さらに呼気の後続によって食残渣を気道から排出することがその作用機序とされている。声門上嚥下の効果が嚥下造影検査 (videofluorography : VF) あるいはビデオ内視鏡検査によって測定されて報告されている (Lazarus, Logemann, & Gibbons, 1993; Logemann, & Kahrilas, 1990; Martin, Logemann, Shakar, & Dodds, 1993; Ohmae, Logemann, Kaiser, Hanson, & Kahrilas, 1996)。これらの研究成果をふまえて、患者自身が自律的に訓練を実施するための援助技術を検討する。

7. 援助技術開発におけるオペラントとレスポナント

嚥下は咀嚼の後に食塊を送り込む随意 (オペラント) と、その刺激で誘発される反射 (レスポナント) から構成される。嚥下と呼吸を協調させるためには、オペラントでレスポナントを制御することが重要な課題となる。具体的には、嚥下時の呼吸型が最も安全な型になるように食塊を随意的に咽頭方向へ送り込む行動 (オペラント) を制御することによって、嚥下反射の誘発刺激で惹起される嚥下関連筋群の反応 (レスポナント) を制御することとなる。嚥下反射惹起に関する随意と反射の関係は興味深いところであるが、現時点で解明されている嚥下に関する中枢機構について検討したい。嚥下反射によって惹起される咽頭期嚥下は、多数の筋群が協調し円滑に連続的に運動するが、それはいつも決まった順序、タイミングであり、極めて再現性が高い。これはこの一連の嚥下運動は単なる反射の連続ではなく中枢神経でパターンとして出力されることが推測されている。延髄に存在するこの機構が嚥下パターン形成器 (central pattern generator : CPG) と称されている (進, 1994; Umezaki, Matsuse & Shin, 1998)。嚥下反射は咽頭の粘膜から食塊の流入を、舌咽神経や上喉頭神経をとおして感知する

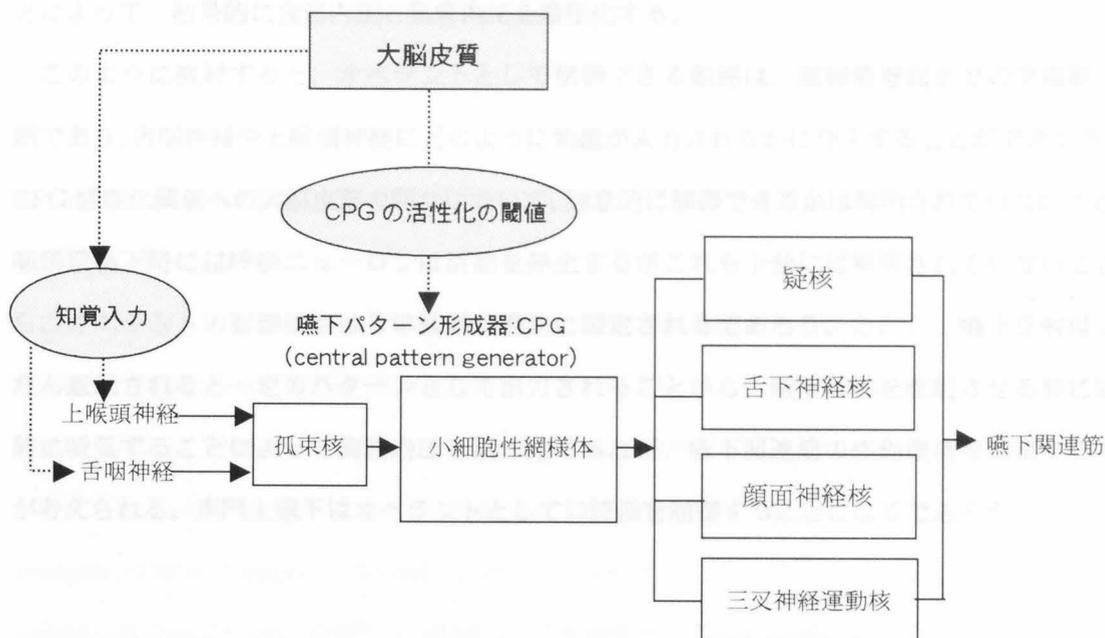


図 1-7 延髄嚥下関連ニューロンの構成と皮質嚥下関連領野の調節

注) 進 (1994) より引用し、ゴシック文字と破線を加筆修正した。

ことに始まり、延髄網様体の孤束核に入力される。そこで統合された情報が CPG に伝わり、そこで嚥下運動のプログラムが決定される。そして、その命令が疑核およびその周辺の運動核を介して、三叉神経、迷走神経、舌下神経などの遠心性神経によって嚥下関連筋に伝達される。この時、延髄より高位の中枢神経（大脳脚あるいは皮質延髄路など）は CPG に対して、上喉頭神経や舌咽神経を介した末梢知覚入力による嚥下の起こり易さを、CPG 活性化の相対的閾値を変調させることによって調節していると考えられている（図 1-7）。

また、Ertekin, Kiylioglu, Tarlaci, Turman, Secil, & Aydogdu (2001) は嚥下の随意相と反射相の電気生理学的な特徴と相の連携を報告している。随意的な水嚥下と反射による水嚥下について、舌骨上筋群筋活動の開始と喉頭挙上との時間的關係を検討し随意嚥下において有意に延長したことなどの結果から、随意嚥下が嚥下反射惹起の 0.1sec 以上前から始まりこの機構が皮質延髄—錐体路の制御下にあると考察している。

次に、嚥下と呼吸の関連では、誤嚥を防ぐために呼吸の出力系も制御に関連していることが報告されている（進, 1994）。延髄の呼吸ニューロン活動は、咽頭期嚥下の開始とともにすべての呼吸ニューロンは活動を停止するが、一部の吸息ニューロンのみ一過性の活動がみられている。これらの機能は横隔膜運動ニューロンを駆動し、それによって胸腔内圧が陰圧となるこ

とによって、結果的に食道内圧と気管内圧を陰圧化する。

このように検討すると、オペラントとして制御できる範囲は、咽頭期惹起までの準備期口腔期であり、舌咽神経や上喉頭神経にどのように刺激が入力されるかに介入することができよう。CPG 活性化閾値への大脳皮質の関与について、随意的に制御できるかは解明されていないこと、咽頭期嚥下時には呼吸ニューロンは活動を停止するがこれも十分には解明されていないことから、オペラントの制御はやはり準備期口腔期に限定されるであろう。ただし、嚥下反射はいったん惹起されると一定のパターンとして出力されることから、嚥下反射を惹起させる前に随意的に吸気することによって胸腔内圧を陰圧化するなど、嚥下関連筋の作動環境を調整することが考えられる。声門上嚥下はオペラントとして口腔期を制御することになるであろう。

第2章 嚥下と呼吸の協調に関する基礎的研究

1. 加齢に伴う嚥下時の呼吸の変化

緒言

高齢者の嚥下障害の臨床において、脳血管障害などの基礎疾患に加えて、加齢に伴う嚥下機能の低下を併せて考えることが必要である。この機能低下について、古川浩三（1984）は喉頭運動の加齢変化を報告し、筋肉組織の緊張の減弱、靭帯のゆるみなどの退行性変化による影響が研究されている（Sheth et al., 1988; Tracy, Logemann, Kahrilas, Jacob, Kobara, & Krugler, 1989; Feinberg, Knebl, Tully, & Segall, 1990; Ren, Shaker, Zamir, Dodds, Hogan, & Hoffmann, 1993）。また、在宅高齢者を対象とした調査（鎌倉他, 1998）では、その約1割に加齢に関連した嚥下機能の低下が推測されている。咽喉頭異常感を訴えた高齢者を対象に咽喉頭食道透視あるいは嚥下圧測定を行った研究は（丘村他, 1991; 稲木他, 1988）、咽喉頭クリアランス能が加齢によって低下したことを報告し、誤嚥の可能性を指摘している。さらに、高齢者の肺炎の原因として不顕性誤嚥が論議され（長沢, 1975; 佐々木他, 1991）、加齢に伴う嚥下機能の低下は、呼吸器にも影響を及ぼす重要な問題である。このような誤嚥を予防するために、嚥下時には呼吸との協調が重要であり、それに対する加齢の影響を明らかにすることが求められる。

近年、嚥下と呼吸の協調が、健康な成人を対象として、舌骨上筋群の表面筋電図と呼吸を同時に測定することによって、研究されてきている（Nishino et al., 1985; Smith et al., 1989; Preiksaitis et al., 1992; Mcfarland, Lund, & Gagner, 1994; Martin, Logemann, Shaker, & Dodds, 1994; Paydarfar, Gilbert, Poppel, & Nassab, 1995; Preiksaitis, & Mills, 1996; 林伊吹, 1996）。その成果として、嚥下時には一時的に呼吸が抑制されるため無呼吸の期間を含んだ呼吸型を表すこと、この無呼吸が呼気相で起こりさらに呼気を後続する型が最も多いことが明らかにされている。さらに、嚥下する量、粘稠度、投与方法、嚥下時の体位などの違いによる呼吸への影響が検討されている。一方、加齢の影響について、Selley, Flack, Ellis, & Brooks（1989）は高齢者において嚥下性無呼吸の持続時間が有意に延長したことを、Shaker et al.（1992）は高齢者において吸気相に嚥下性無呼吸が起こる割合が高かったことを報告した。Nilsson, Ekberg, Olsson, & Hindfelt（1996）はコップからストローを介して嚥下するテストを行い、高齢者群では嚥下後の呼吸が吸気によって再開される割合が有意に増加したことを報

告した。しかし、前者では 60 歳代から 80 歳以上まで一括して高齢者群の被験者として比較されていること、後者ではストローを介した嚥下は自然な状態での嚥下とは異なる可能性があることから、加齢の影響が十分に明らかにされてはいない。

本研究は、高齢者の加齢に伴う嚥下障害に関する援助技術を確立するための基礎研究として、嚥下時の呼吸の協調に対する加齢の影響を明らかにすることを目的としている。そのために、非侵襲的に舌骨上筋群の表面筋電図と鼻孔での呼吸を同時に測定し、呼吸の型、呼吸周期、嚥下性無呼吸および舌骨上筋群の筋活動が加齢に伴ってどのように変化するかを検討した。

研究方法

1) 被験者

若齢群の被験者は、研究参加の同意が得られた 15 歳から 29 歳までの学生 20 人（男 4 人、女 16 人、年齢 19.5 ± 2.7 歳）である。初老群の被験者は、K市の福祉祭りに開催された健康教室に自発的に訪れ、測定を希望した 60 歳から 69 歳までの 10 人（男 5 人、女 5 人、年齢 64.8 ± 3.2 歳）である。高齢群の被験者は特別養護老人ホームに入所している高齢者のうち、被験者として了解が得られた 81 歳から 92 歳までの 17 人（男 3 人、女 14 人、年齢 85.6 ± 2.9 歳）である。いずれも日常生活上嚥下に問題がないと自覚し、肺疾患および脳血管障害の既往はなかった。

2) 測定装置

2ch 標準 MacLab システム：MacLab/2e、標準ソフト：MacLabV3.5.2、バイオアンプ：BioAmp（ADInstruments）、ノート型パーソナルコンピュータ：PowerBook540c（アップルコンピュータ）を使用して、嚥下時の呼吸と舌骨上筋群の表面筋電図を同時に測定した。呼吸の測定には、銅とコンスタントンの 2 本の線から成る熱センサーを鼻孔部の前面に貼付して使用し、温度変化が MacLab/2e に入力され電位に変換された。熱センサーであることから、皮膚温の影響を受けないように、皮膚から 2~3mm 浮かし、吸気あるいは呼気の温度が反映するように鼻孔から 2~3mm 離れた位置に貼付した。MacLabV3.5.2 の測定条件は、電圧レンジ 2mv、サンプリング速度 100/s とした。次に、表面筋電図は、舌骨とオトガイ骨の中間に銀皿電極（直径 10mm）を貼付して電極間隔 20mm で双極性に導出し、BioAmp を介して MacLab/2e に入力された。これは、オトガイ舌骨筋、顎舌骨筋、顎二腹筋前腹を総合した舌骨上筋群の嚥下時の筋活動を測定するものである。MacLabV3.5.2 の測定条件は、電圧レンジ

1mv、サンプリング速度 1000/s、周波数域 10Hz から 200Hz とした。これらの呼吸軌跡と筋電図が PowerBook540c ディスプレイ上にリアルタイムに表示された。

3) 測定方法

被験者は装置の説明を受けた後に、呼吸センサーと皿電極を貼付された。続いて、測定中は鼻で呼吸し発音を避けること、各自のタイミングで水を嚥下することが教示された。その後、被験者は椅座位の姿勢をとり、ディスプレイ上の呼吸軌跡と筋電図が安定した後に測定が開始された。まず、安静時の状態が測定され、続いて水嚥下の状態が測定された。1 回の水嚥下では、被験者が 10ml (25℃) の水を口に含んだ状態で呼吸が安定したことを測定者が確認した後に記録を開始し、3 回の呼吸周期を経た後に口の中の水を嚥下するように指示が与えられた。

これは、嚥下以外の動作による筋電図への影響を避けるためである。続いて、嚥下後 3 回の呼吸周期が記録されるまで測定を行った。その間、測定者は被験者の喉頭の動きを観察し、喉頭挙上時にディスプレイ上にイベントマークを入力することによって、筋電図上の筋活動が嚥下時の活動であることを確認した。また、測定中ディスプレイ上に表された呼吸軌跡と筋電図の波形を被験者が見ることはなかった。水嚥下の測定を若齢群では 10 回、初老群および高齢群では原則として 3 回連続して実施した。

4) 分析方法

(1) 呼吸型

呼吸軌跡は、呼気の温度がセンサーに感知されることによって電圧が上昇し、吸気の結果とりにこまれる外気によって電圧が下降して描画される。従って、嚥下性無呼吸が呼気において引き起こされた場合、センサーは呼気の温度から外気温へ向かう変化を感知するため、電圧が下降して描画される。しかし、嚥下性無呼吸が吸気において引き起こされた場合、吸気時の温度と外気温に変化がなければ、同様な電圧として描画されることとなる。図 2-1 に示したように、嚥下性無呼吸期間は嚥下反射による筋活動に一致して通常の呼吸周期を中断して開始された期間であって、吸気あるいは呼気が再開するまでの期間として特定した。続いて、電圧の上昇曲線の基部、電圧の下降曲線の基部を基準として呼気、吸気を判別した。測定した総数は若齢群 200 嚥下、初老群 30 嚥下、高齢群 47 嚥下であったが、初老群では呼吸軌跡の判別が困難であった 2 嚥下を分析対象から除外した。嚥下時の呼吸型について、嚥下性無呼吸 (a) の前後が吸気 (i) であるか、呼気 (e) であるかを確認し、これらの記号を組み合わせで分類した。さ

らに、水を口に含んだ状態で安定した呼吸（呼吸周期）について、各被験者ごとに平均持続時間を求め、吸気と呼気の別に3等分して図2-2のとおり1~3の番号を付した。その番号を用いて嚥下性無呼吸前の吸気(i)と呼気(e)の持続時間を記号化し、細分類を行った。図2-2の代表例のひとつである2i1eは、吸気から呼気への移行が2iの位置で起こり、1eの持続時間の範囲内の呼気に引き続いて無呼吸となり、さらに呼気が後続されている。こうして得られた呼吸型の発現率について、若齢群と他の2群間で各々比率の差の検定を行い、5%水準によって有意であることを判定した。

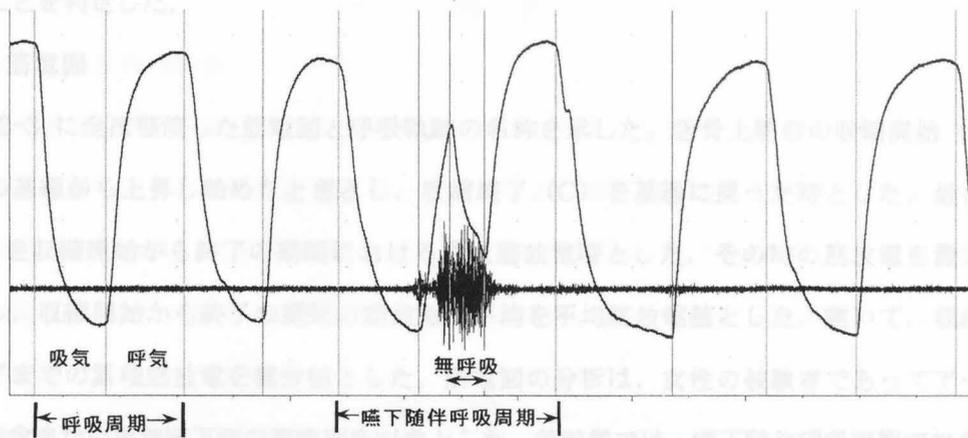


図 2-1 嚥下時の呼吸軌跡の名称

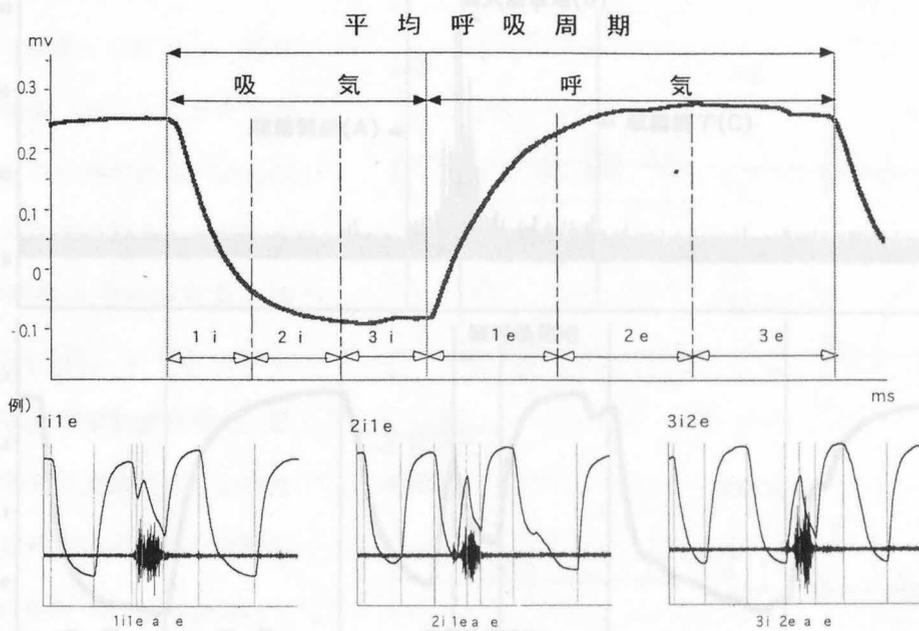


図 2-2 呼吸型細分類のための基準と代表例

(2) 呼吸周期・嚥下性無呼吸の持続時間

1 回の嚥下ごとに、呼吸周期と嚥下を随伴した呼吸（嚥下随伴呼吸周期）について、吸気、呼気および嚥下性無呼吸の持続時間（ms）を測定した。呼吸周期の総数は、初老群では 28 呼吸、高齢群では 46 呼吸であった。若齢群では、他の 2 群と比較するために、最初の 3 試行を採用して 60 呼吸を分析した。嚥下随伴呼吸周期では、1 回の嚥下反射で終了した嚥下（単独嚥下）を対象とし、若齢群 54 嚥下、初老群 25 嚥下、高齢群 33 嚥下を分析した。こうして得られた呼吸周期、嚥下性無呼吸の持続時間について、3 群間で比較した。統計的検定には一元配置分散分析を用い、事後検定として最小有意差法によって多重比較を行い、5%水準で有意であることを判定した。

(3) 筋電図

図 2-3 に全波整流した筋電図と呼吸軌跡の名称を示した。舌骨上筋群の収縮開始 (A) を筋電図の基線から上昇し始めたときとし、収縮終了 (C) を基線に戻った時とした。最大筋放電 (B) を収縮開始から終了の期間における最大筋放電時とした。その時の筋放電を最大筋放電値とし、収縮開始から終了の期間の筋放電の平均を平均筋放電値とした。続いて、収縮開始から終了までの累積筋放電を積分値とした。筋電図の分析は、女性の被験者であってアーチファクトを含まない単独嚥下時の筋電図を対象とした。若齢群では、嚥下随伴呼吸周期で対象とし

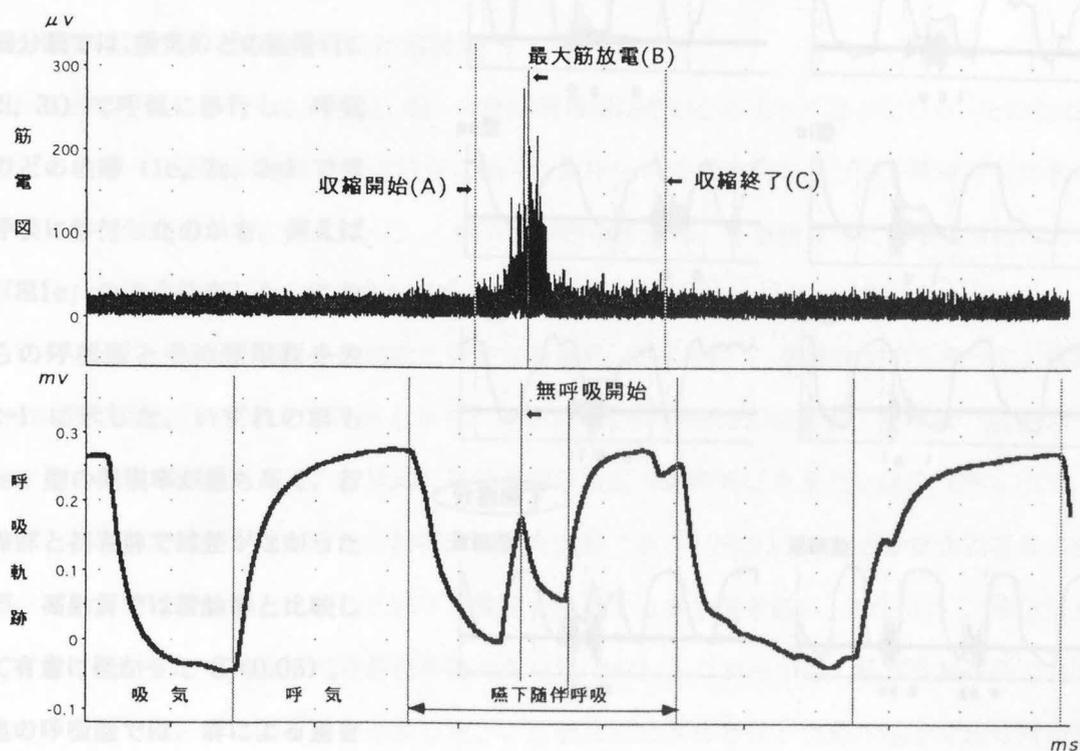


図 2-3 嚥下時の呼吸軌跡と舌骨上筋群筋活動の名称

た 54 嚔下のうち、上記の条件を満たした 42 嚔下（被験者 14 人、年齢 20.1 ± 2.6 歳）を分析した。高齢群では被験者 14 人（年齢 85.2 ± 2.0 歳）に対して上記の条件を満たした 28 嚔下を分析した。そして、筋活動量として、各嚔下時の最大筋放電値、平均筋放電値、積分値を測定した。続いて、筋収縮持続時間として、筋収縮開始から終了まで、筋収縮開始から最大筋放電時まで、筋収縮開始から嚔下性無呼吸開始まで、無呼吸開始から最大筋放電時までの時間を測定した。若齢群と高齢群と比較するために、統計的検定には一元配置分散分析を用い、5%水準で有意であることを判定した。

結果

1) 嚔下に伴う呼吸の型

呼吸の型は、その呼吸軌跡から 1 回の嚔下反射で呼吸が回復する型（単独嚔下）、2～3 回嚔下反射が繰り返される型（分割嚔下；連結）および嚔下随伴呼吸周期が 2 回 3 回と連続する型（分割嚔下；連続）に分類された。さらに、単独嚔下は、嚔下性無呼吸後に呼気を後続する型（eae, ae, iae）と吸気に移行する型（eai, ai, iai）の 6 つの型に分類された（図 2-4）。こ

のうち、ae 型、ai 型は呼気の終末時に無呼吸（a）が現れる

型であった。さらに、eae 型の細分類では、吸気のどの段階（1i, 2i, 3i）で呼気に移行し、呼気のどの段階（1e, 2e, 3e）で無呼吸に移行したのかを、例えば

「3ile」のように表した。これらの呼吸型とその発現数を表

2-1 に示した。いずれの群も eae 型の発現率が最も高く、若齢群と初老群では差がなかったが、高齢群では若齢群と比較して有意に低かった（ $P < 0.05$ ）。

他の呼吸型では、群による差を認めなかった。

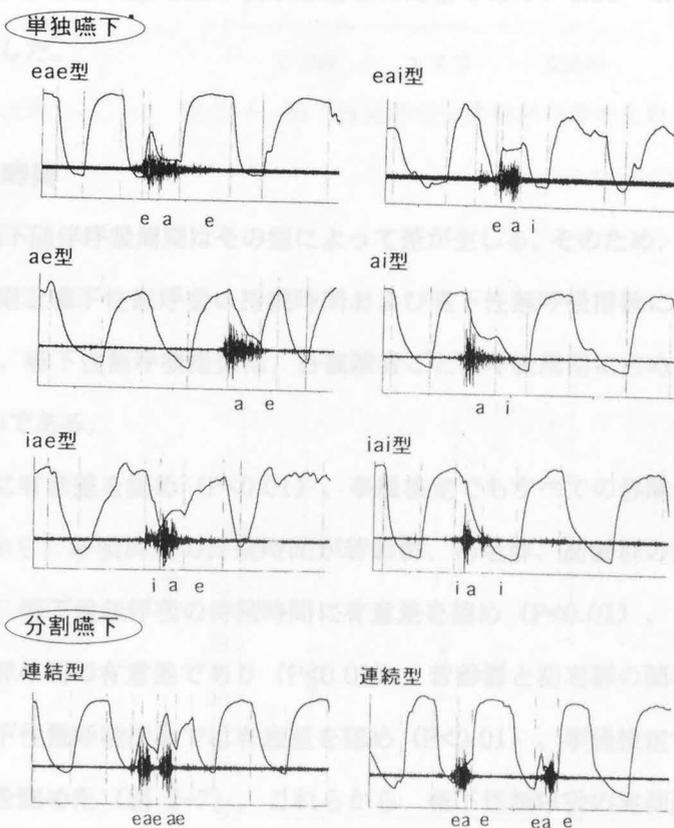


図 2-4 嚔下時の呼吸型分類

表 2-1 呼吸型分類と発現率

被験者	嚙下数 (%)	単独嚙下										分割嚙下			合計
		eae				ae	iae	eai	ai	iai	小計	連結	連続	小計	
		1i1e	2-3i1e	2-3i2e	小計										
若齢群	n	17	92	12	121	17	6	9	1	4	158	32	10	42	200
	%	8.5	46.0	6.0	60.5	8.5	3.0	4.5	0.5	2.0	79.0	16.0	5.0	21.0	100
初老群	n	5	4	9	18	4	3	0	0	0	25	3	0	3	28
	%	17.9	14.3**	32.1**	64.3	14.3	10.7	0	0	0	89.3	10.7	0	10.7	100
高齢群	n	2	8	10	20	7	3	1	2	0	33	5	9	14	47
	%	4.3	17.0**	21.3**	42.6*	14.9	6.4	2.1	4.3	0	70.2	10.6	19.1	29.8	100

注) 全嚙下に対する各呼吸型の発現率について、若齢群と初老群の間、若齢群と高齢群の間で比率の差の検定を行った。 ** P<0.01 * P<0.05

有意差を認めた eae 型について細分類をみると、3 群とも吸気のいずれの段階 (1i~3i) でも呼気が惹起されていた。若齢群では 2i1e・3i1e の発現率が 46%を占め、他の 2 群に比較して有意に高かった (P<0.01)。一方、2i2e・3i2e の発現率は若齢群に比較して初老群、高齢群において有意に高かった (P<0.01)。前者は、十分な吸気後、短い呼気によって無呼吸が惹起されているが、後者は、長い呼気によって無呼吸が惹起されている。また、1i1e は吸気が不十分な状態で短い呼気によって無呼吸が惹起されているが、この発現率は年齢群による差を認めなかった。なお、ae 型は呼気を吐ききった状態で無呼吸が惹起された型であり、2i3e・3i3e および 3e の範囲を超えた嚙下が該当した。

2) 呼吸周期、嚙下性無呼吸の持続時間

呼吸型の分類にみられたように、嚙下随伴呼吸周期はその型によって差が生じる。そのため、呼吸型による影響を受けない呼吸周期と嚙下性無呼吸の持続時間および嚙下性無呼吸指数について、3 群間で比較した (表 2-2)。嚙下性無呼吸指数は、各被験者ごとに呼吸周期に占める無呼吸の持続時間の割合を表したものである。

比較の結果、呼吸周期の持続時間に有意差を認め (P<0.01)、事後検定でもすべての群間に 1%水準で有意差を認めた。これらから、呼吸周期の持続時間が若齢群、初老群、高齢群の順に有意に減少した (図 2-5)。次に、嚙下性無呼吸の持続時間に有意差を認め (P<0.01)、これは若齢群と高齢群、初老群と高齢群の間の有意差であり (P<0.01)、若齢群と初老群の間に差はなかった (図 2-6)。一方、嚙下性無呼吸指数では有意差を認め (P<0.01)、事後検定でもすべての群間に 1%水準で有意差を認めた (図 2-7)。これらから、嚙下性無呼吸の実測値においては高齢群のみが有意に延長したが、呼吸周期に占める嚙下性無呼吸の持続時間の割合は、若齢群、初老群、高齢群の順に有意に増加した。

表 2-2 呼吸周期・嚥下性無呼吸の持続時間と嚥下性無呼吸指数

被験者	呼吸数 n	呼吸周期 mean ± SD (sec)	嚥下数 n	嚥下性無呼吸 mean ± SD (sec)	嚥下数 n	嚥下性無呼吸指数 mean ± SD
若齢群	60	4.39 ± 1.10	54	0.94 ± 0.20	54	22.2 ± 6.64
初老群	28	3.50 ± 0.63	25	1.02 ± 0.20	25	29.5 ± 8.00
高齢群	46	2.95 ± 0.44	33	1.36 ± 0.46	33	46.3 ± 14.2
F値 有意差		F (2,131) =39.2 P< 0.01		F (2,109) =20.2 P< 0.01		F (2,109) =61.2 P< 0.01

注) 嚥下性無呼吸指数は、各被験者の呼吸周期に占める嚥下性無呼吸の持続時間の割合を示す。

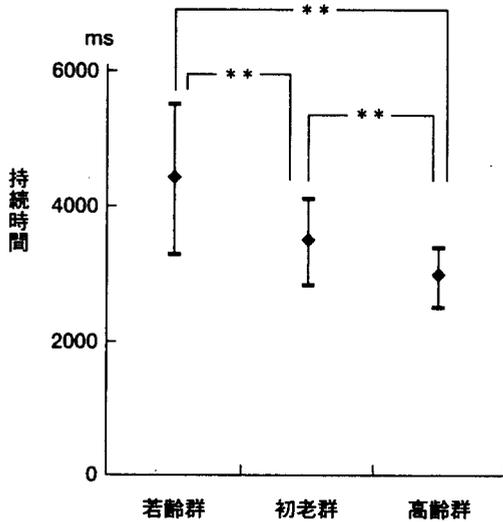


図 2-5 呼吸周期持続時間の群別比較

(**p<0.01)

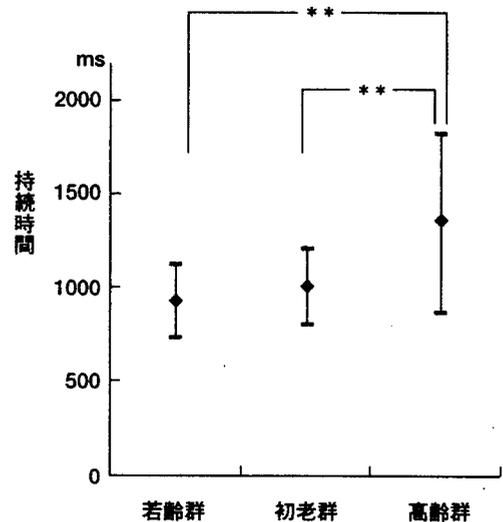


図 2-6 嚥下性無呼吸持続時間の群別比較

(**p<0.01)

3) 舌骨上筋群の筋活動と嚥下性無呼吸

開始との時間的關係

嚥下性無呼吸時間が高齢群で有意に延長した要因を舌骨上筋群の筋活動の視点から分析した結果を表 2-3 に示した。嚥下時の筋活動は、主に山型で頂点に向かって振幅が徐々に増加し、頂点から基線に向かって徐々に減少した。高齢群では、若齢群と比較して頂点に対する振幅の増加・減少の勾配が緩徐であった。舌骨上筋群の収縮開始から終了までの持続時間は、高齢群では有意に延長した

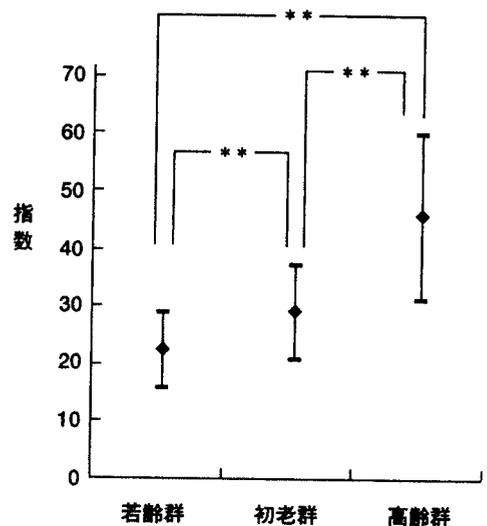


図 2-7 嚥下性無呼吸指数の群別比較

(**p<0.01)

($P<0.05$)。その持続時間のなかで、収縮開始から最大筋放電までの時間が高齢群で有意に延長したが ($P<0.01$)、最大筋放電時から収縮終了までの時間は 2 群間ではほぼ同値を示した。筋活動量を示す平均筋放電値と積分値は、高齢群ではそれぞれ 5%水準、1%水準で有意に増加した。また、最大筋放電値は 2 群間で差がみられなかった。

続いて、舌骨上筋群の収縮開始時と嚥下性無呼吸開始時との時間的關係をみると、筋収縮は無呼吸に先だって開始され、その持続時間は高齢群では有意に延長した ($P<0.01$)。次に、嚥下性無呼吸開始時と最大筋放電時との時間的關係をみるために、無呼吸開始時を起点とした時間軸に従い、最大筋放電が無呼吸開始前に生じた際の時間差を負の値として処理した。こうして、無呼吸開始時から最大筋放電時までの時間は、高齢群で有意に延長していた ($P<0.01$)。

表 2-3 嚥下時の呼吸と舌骨上筋群筋活動の關係

被験者	嚥下数	収縮開始-収縮終了	収縮開始-最大筋放電	最大筋放電-収縮終了	最大筋放電値	平均筋放電値	積分値	収縮開始-無呼吸開始	無呼吸開始-最大筋放電
	n	sec	sec	sec	μV	$\mu\text{V}\cdot\text{msec}$	$\mu\text{V}\cdot\text{msec}$	sec	sec
若齢群	42	1.90 \pm 0.78	0.49 \pm 0.27	1.41 \pm 0.65	202.7 \pm 76.6	23.5 \pm 7.81	43.6 \pm 20.3	0.45 \pm 0.27	0.04 \pm 0.08
高齢群	28	2.57 \pm 1.33	1.01 \pm 0.59	1.56 \pm 0.98	228.1 \pm 93.6	27.5 \pm 8.40	67.4 \pm 31.2	0.80 \pm 0.60	0.26 \pm 0.30
F値 (1, 68)		6.86	24.0	0.58	1.49	4.05	14.6	10.3	18.9
有意差		$P<0.05$	$P<0.01$	NS	NS	$P<0.05$	$P<0.01$	$P<0.01$	$P<0.01$

(値: mean \pm SD)

考 察

咽頭は通常は呼吸のための通路であるが、嚥下時は嚥下反射によって瞬間的に呼吸が抑制されて、食塊の通路となる。そのために、嚥下障害に対する援助技術を考えるとき、呼吸との協調を明らかにすることが重要となる。本研究の結果から、嚥下時の呼吸の型は 6 型 (eae, ae, iae, eai, ai, iai) に分類された。Preiksaitis et al. (1992) は呼気と吸気の組み合わせから呼吸型を 4 型に分類しているのに対し、Smith et al. (1989) Shaker et al. (1992) は呼気の終末時に嚥下性無呼吸が生じる型を加えて分類している。本研究では、後者に従ってこれらを ae 型、ai 型として独立させて分類した。こうして分類された呼吸型の発現率をみると、eae 型が最も高い値であった。これは、嚥下性無呼吸が呼気相で引き起こされ、呼気に後続される型であり、従来からの報告を支持する結果であった。呼吸型の発現率を 3 群間で比較した結果からは eae 型のみ差がみられ、その発現率は初老群は若齢群と同様であったが、高齢群になると有意に減少していた。嚥下障害によって食残渣が気管口周囲に残留した場合、嚥下性無呼吸後に吸気が後続することによって、これらを誤嚥することとなる。その意味から、無呼吸後に呼気で終

了する型 (eae, ae, iae) は安全な呼吸型であるといえる。しかし、eae 型であっても無呼吸前の呼気の持続時間が様々であり、その呼気への移行は吸気の様々な段階でみられた。eae 型の細分類の結果からは、若齢群では 2i1e・3i1e が 46.0% を占め、これは初老群、高齢群と比較して有意に高い発現率であった。一方、初老群、高齢群では、2i2e・3i2e の発現率が有意に高かった。嚥下性無呼吸に後続する呼気量が多いほど誤嚥を予防すると考えられることから、eae 型の中でも 2i1e・3i1e がより安全な呼吸型であろう。これらの型の発現率は加齢によって減少することが考えられた。

次に、呼吸周期の持続時間は若齢群、初老群、高齢群の順に有意に短縮した。これは加齢に伴って呼吸数が増加することからも推測することができる。嚥下性無呼吸の持続時間は、若齢群 ($0.94 \pm 0.20\text{sec}$) と初老群 ($1.02 \pm 0.20\text{sec}$) に比較して、高齢群 ($1.36 \pm 0.46\text{sec}$) では有意に延長したが、指数による比較では若齢群、初老群、高齢群の順に有意に増加した。嚥下性無呼吸の持続時間そのものは高齢群において延長するが、各被験者の呼吸周期に占める無呼吸の割合は加齢によって増加したといえる。嚥下性無呼吸時間が延長した要因を検討するために、若齢群と高齢群について舌骨上筋群の表面筋電図による筋活動との関係を分析した。高齢群では筋収縮持続時間が有意に延長し、これは筋収縮開始から最大筋放電までの時間の延長に起因していた。最大筋放電は喉頭最大挙上に先行する筋収縮であることが推測されている (Ertekin, Pehlivan, Aydogdu, Ertas, Uludag, Celebi, Colakoglu, Sagduyu, & Yuceyar, 1995) ことから、この延長は、喉頭の緩徐に上昇する時間が加齢によって延長したとの古川 (1984) の報告と矛盾しない結果であった。また、最大筋放電値は両群ほぼ同値であったが、平均筋放電値は高齢群で有意に高く、喉頭運動のために若齢群よりも大きな筋活動を要していることが考えられた。積分値が有意に増加したことはこの平均筋放電値の増加と筋収縮持続時間の延長によると考えられた。

さらに、本研究は鼻孔での熱センサーを使用していることから、嚥下性無呼吸の持続時間には軟口蓋による閉鎖と、喉頭挙上に連動する喉頭蓋による閉鎖が反映している。若齢群では、無呼吸開始から $0.04 \pm 0.08\text{sec}$ 後に最大筋放電が生じ、無呼吸開始と最大筋放電がほぼ一致した。高齢群では無呼吸開始から $0.26 \pm 0.30\text{sec}$ 後に最大筋放電が出現し、若齢群に比較して有意に遅延した。舌骨上筋群最大筋放電に喉頭最大挙上が続くことから (Ertekin et al., 1995)、若齢群では軟口蓋の閉鎖と喉頭最大挙上がほぼ同時に生じるが、高齢群では喉頭最大挙上が遅れることが考えられた。また、筋収縮開始から最大筋放電までの時間が高齢群で有意に延長したことは、無呼吸開始から最大筋放電までの時間が有意に延長したことのみにならず、

筋収縮開始から無呼吸開始までの時間も有意に延長していた。これを高齢群における呼吸型の変化と考え合わせると、呼吸周期の吸気から呼気へ変化する時間軸において、同じ時期に筋収縮が開始されても、高齢群では無呼吸開始の時期が遅れることとなる。呼吸周期の持続時間が加齢によって短縮されたことから、無呼吸開始の位置が時間軸に沿って呼気の終末の方向へ移動し、これが高齢群における呼吸型の変化に影響していることが考えられた。

結 論

加齢に伴う嚥下時の呼吸の変化について、呼吸軌跡と舌骨上筋群の表面筋電図の同時測定を行い、若齢群、初老群、高齢群間で比較した結果、次の結論を得た。

- 1) 嚥下時の呼吸型は、単独嚥下と分割嚥下に大別され、単独嚥下は嚥下性無呼吸後に呼気を後続する型 (eae, ae, iae) と吸気に後続する型 (eai, ai, iai) の6つの型に分類された。3群とも eae 型の発現率が最も高い値であったが、若齢群と初老群に比較して高齢群では有意に低かった。この eae 型の細分類をみると、十分な吸気後に短い呼気を伴って無呼吸となる型 (2i1e, 3i1e) の発現率が若齢群で有意に高かったが、十分な吸気後に長い呼気を伴って無呼吸となる型 (2i2e, 3i2e) の発現率が初老群、高齢群で有意に高かった。
- 2) 呼吸周期の持続時間は若齢群、初老群、高齢群の順に有意に短縮した。嚥下性無呼吸の持続時間は高齢群で他の2群に比較して有意に延長した。さらに、呼吸周期に占める嚥下性無呼吸の割合は若齢群、初老群、高齢群の順に有意に増加した。
- 3) 高齢群における嚥下性無呼吸の持続時間の延長と舌骨上筋群の筋活動との関係を若齢群と比較すると、筋収縮開始から最大筋放電までの時間と収縮開始から無呼吸開始までの時間が高齢群で有意に延長した。さらに、若齢群では最大筋放電が無呼吸開始とほぼ一致していたが、高齢群では有意に遅延して出現した。また、筋活動量を示す平均筋放電値と積分値は高齢群で有意に増加したが、最大筋放電値は2群間で差がなかった。

要 約

高齢者の嚥下障害に対する援助技術を開発するための基礎研究として、加齢に伴う嚥下時の呼吸の変化を検討した。研究参加の同意が得られた被験者は、若齢群 20 人 (年齢 19.5 ± 2.7 歳)、初老群 10 人 (年齢 64.8 ± 3.2 歳)、高齢群 17 人 (年齢 85.6 ± 2.9 歳) であった。常温水 10ml を嚥下した時の呼吸軌跡と舌骨上筋群の表面筋電図を同時に測定した。そして、嚥下時の呼吸型を分類し、その発現率を統計的に比較した。さらに、安静時の呼吸周期と嚥下性無

呼吸の持続時間 (sec) を 3 群間で比較した。筋収縮持続時間、最大筋放電値、平均筋放電値、積分値を若齢群と高齢群の間で比較した。

呼吸型は、単独嚥下では無呼吸後に呼気を後続する型 (eae, ae, iae) と吸気に移行する型 (eai, ai, iai) の 6 つの型に分類された。3 群とも eae 型 (呼気-無呼吸-呼気) の発現率が最も高かったが、若齢群 (60.5%) と初老群 (64.3%) に比較して高齢群 (42.6%) では有意に低かった ($P<0.05$)。呼吸周期の持続時間は若齢群 ($4.39 \pm 1.10\text{sec}$)、初老群 ($3.50 \pm 0.63\text{sec}$)、高齢群 ($2.95 \pm 0.44\text{sec}$) の順に有意に短縮した ($P<0.01$)。嚥下性無呼吸の持続時間は若齢群 ($0.94 \pm 0.20\text{sec}$) と初老群 ($1.02 \pm 0.20\text{sec}$) に比較して、高齢群 ($1.36 \pm 0.46\text{sec}$) では有意に延長した ($P<0.01$)。筋活動との関係では、高齢群では筋収縮開始から最大筋放電までの時間と筋収縮開始から無呼吸開始までの時間が有意に延長した ($P<0.01$)。若齢群では、無呼吸開始から $0.04 \pm 0.08\text{sec}$ 後に最大筋放電が生じ、無呼吸開始と最大筋放電がほぼ一致していた。高齢群では無呼吸開始から $0.26 \pm 0.30\text{sec}$ 後に最大筋放電が有意に遅延して出現した。また、平均筋放電値と積分値は、高齢群において有意に増加したが、最大筋放電値は差がなかった。

これらの結果から、加齢に伴い嚥下時の呼吸型と嚥下性無呼吸時間が変化することが示唆された。

2. 嚥下と呼吸の協調への量・温度の影響

緒言

嚥下時には一時的な無呼吸 (嚥下性無呼吸) を生じて、呼吸との協調がなされている。この呼吸との協調は嚥下訓練においても重要である。嚥下障害によって咽頭クリアランス能が低下して喉頭前庭や梨状窩に食塊の一部が残留する場合、嚥下性無呼吸に吸気が後続されたならば、容易に誤嚥を引き起こすこととなる。声門上嚥下はこれに対するひとつの訓練法であり、十分な吸気のあとに息をこらえて嚥下し、呼気を後続させることを指導するものである。これは嚥下と呼吸との協調を図るものであるが、嚥下反射が引き起こされる前に十分吸気していることが重要な視点となっている。

このように、嚥下障害に対する援助において、嚥下時の呼吸への影響を明らかにすることは

重要な要素となってくる。これまで、嚥下する量、温度、粘性、投与方法などの相違による嚥下時の呼吸への影響が、嚥下造影検査 (videofluorography:VF)、インダクタンスプレチスモグラフィ、舌骨上筋群の表面筋電図などによって測定されてきた (Ertekin, Aydogdu, & Yuceyar, 1996; Ertekin, Aydogdu, Yuceyar, Pehlivan, Ertas, Uludag, & Celebi, 1997; Preiksaitis et al., 1992; Preiksaitis et al., 1996; Bisch, Logemann, Rademaker, Kahrilas, & Lazarus, 1994; 苺安・吉田, 1994; Dodds, Man, Cook, Kahrilas, Stewart, & Kern, 1988; Dantas, Kern, Massey, Dodds, Kahrilas, Bresseur, Cook, & Lang, 1990)。量の増加による影響については、量の増加に伴い嚥下時の筋電図の全持続時間が有意に延長した報告 (Ertekin et al., 1996; 1997)、量の増加に伴って嚥下性無呼吸持続時間が延長したが有意ではなかったとする報告 (Preiksaitis et al., 1992; 1996) がみられる。また、温度の影響に関して、0℃の1mlの液体で喉頭閉鎖が有意に早くなったことの報告 (Bisch et al., 1994)、5-6℃のバリウムが喉頭蓋谷までの咽頭期所要時間を短縮させたとする報告 (苺安他, 1994) がみられる。しかし、嚥下と呼吸との協調に焦点を当てた研究は少なく、呼吸型への影響も十分に明らかにされてはいない。

嚥下時の呼吸の型は、呼吸周期上における嚥下性無呼吸の位置によって分類され、呼気相で嚥下性無呼吸が始まり呼気が後続される型 (eae 型) が最も多いことが報告されてきた (Preiksaitis et al., 1992; Smith et al., 1989; Mcfarland, Lund et al., 1994; 林, 1996)。しかし、この呼気相の持続時間と呼気相に先行する吸気相の持続時間が様々であることが観察されたことから、我々はこれを加味した分類を試みた (鎌倉・杉本・深田, 1998)。本研究は、この分類を使用して、嚥下時の呼吸型、嚥下性無呼吸の持続時間に、飲水の量および温度が与える影響を検討した。

研究方法

1) 被験者

研究参加の同意が得られた学生 15 人(男 4 人、女 11 人、年齢 20.4 ± 3.1 歳)を被験者とした。いずれも呼吸器疾患、神経・筋疾患など嚥下に影響をおよぼす既往はなかった。

2) 測定装置

「1. 加齢に伴う嚥下時の呼吸の変化」と同様の測定装置を用いた (p.22)。ただし、MacLab システムの標準ソフトは MacLabV3.5.7 を、ノート型パーソナルコンピュータは PowerBook

2400c (アップルコンピュータ) を使用した。

3) 測定方法

基本的な測定方法は、第2章「1. 加齢に伴う嚥下時の呼吸の変化」測定方法 (p.23) と同様である。

4) 手続き

実験には飲水の量として10ml および20ml を、温度として5℃、25℃ および50℃ を用いた。これらを組み合わせると、被験者1人について5℃/10ml、5℃/20ml、25℃/10ml、25℃/20ml、50℃/10ml および50℃/20ml の6通りの条件となる。1回の実験に各条件の嚥下を各5回、計30回を設定し、これを2回実施した。飲水の各条件は、温度を固定して、量を乱数表に基づいて決定した一定の順序に従って提示された。温度の提示順序は、第1回実験では25℃・5℃・50℃、第2回には25℃・50℃・5℃であった。このようにして、第1回は、25℃/10ml・25℃/20ml (各5回)、5℃/10ml・5℃/20ml (各5回)、50℃/10ml・50℃/20ml (各5回) の順に、第2回は25℃/10ml・25℃/20ml (各5回)、50℃/10ml・50℃/20ml (各5回)、5℃/10ml・5℃/20ml (各5回) の順に実施された。

5) 分析方法

(1) 呼吸軌跡の判別

「1. 加齢に伴う嚥下時の呼吸の変化」における「4」分析方法(1)呼吸型」と同様に呼吸軌跡を判別した (p.23)。

(2) 呼吸型の分類

従来、嚥下時の呼吸型は、1回の喉頭運動による嚥下性無呼吸を含んだ呼吸周期のみが対象とされ、無呼吸前後が吸気であるか呼気であるかによって分類されてきた。しかし、10mlの水嚥下時には2回以上喉頭運動がくり返される呼吸型が観察された。さらに、呼気相で嚥下性無呼吸が始まり呼気が後続される型が最も多いことが報告されてきたが、無呼吸に先行する呼気と吸気の持続時間が様々であった。そのため、これらを加味した嚥下時の呼吸型の細分類を既に報告し(鎌倉他, 1998)、本研究ではこの分類に従った。以下に、細分類を含めた呼吸型全体の分類方法を詳述した。

まず、1 回の水嚥下において、1 回の喉頭運動で呼吸が回復する型を単独嚥下、連続した 2 回以上の喉頭運動の後に呼吸が回復する型を分割嚥下と表した。食塊を数回に分けて嚥下する動作が分割嚥下と表わされてきたが、嚥下時の呼吸型からは 2 種類に分類された。1 つの嚥下を随伴する呼吸周期（嚥下随伴呼吸周期）において嚥下性無呼吸期間が 2 回以上繰り返される型を分割嚥下：連結型と表し、嚥下随伴呼吸周期が 2 回以上連続する型を分割嚥下：連続型と表した（図 2-4, p26）。

単独嚥下については、従来分類に従って嚥下性無呼吸（a）の前後が吸気（i）であるか、呼気（e）であるかを確認し、これらの記号を組み合わせて eae・iae・eai・iai の 4 種類に分類した。（図 2-4, p26）。これに加味した分類として、嚥下性無呼吸に先行する吸気（i）と呼気（e）の持続時間に基づいて細分類を行った。まず、各被験者ごとに安静時の呼吸周期の吸気と呼気の平均持続時間を求め、各々 3 等分して時間軸に沿って $1i \cdot 2i \cdot 3i$ 、 $1e \cdot 2e \cdot 3e$ の記号を付した（図 2-2, p24）。さらに、各被験者の無呼吸前の吸気あるいは呼気の持続時間からこれらの記号を組み合わせて型を表した。lileae 型を例に挙げると、呼吸周期における平均吸気持続時間の 1/3 以内の吸気後に、平均呼気持続時間の 1/3 以内の呼気が続き、引き続いて無呼吸が開始され、呼気が後続したことになる。また、 $3e$ あるいは $3e$ を越える呼気持続時間の型であって無呼吸後に呼気が後続される型は ae 型に、吸気が後続される型は ai 型に分類した。従来、ae 型は 2 つの呼吸周期の間に無呼吸-呼気が出現する型として視覚的に判断されてきた（Preiksaitis et al., 1992; Shaker et al., 1992）。この分類では、これを呼吸周期上の呼気の終末に無呼吸が惹起された eae 型あるいは eai 型と考えて、ae 型と ai 型に関する判断基準を明らかにした。

（3）呼吸型の発現率

呼吸型における単独嚥下の発現率および eae 型の発現率への飲水の量と温度の影響について、二元配置分散分析を用いて各々比較した。

さらに、飲水量の相違による各呼吸型の発現率については、母比率の差の検定によって比較した。

（4）嚥下性無呼吸持続時間

安静時の呼吸周期と嚥下随伴呼吸周期について、吸気、呼気および嚥下性無呼吸の持続時間（ms）を測定した。

まず、被験者 15 人について、5℃/10ml、5℃/20ml、25℃/10ml、25℃/20ml、50℃/10ml および 50℃/20ml の嚥下性無呼吸持続時間の各群ごとに正規分布を確認し、外れ値をグラブスの棄却検定によってデータから削除した。続いて、eae 型における嚥下性無呼吸の持続時間への飲水の量と温度の影響については、二元配置分散分析を用いて比較した。

なお、統計的検定には SPSS (Ver. 8.0) を使用し、5%水準によって有意であることを判定した。

結 果

1) 呼吸型の発現率への量と温度の影響

呼吸の型は単独嚥下と分割嚥下に分類し、さらに前者は eae・ae・iae・eai・ai・iai 型に、後者は連結・連続型に分類した。これらの呼吸型の発現数を、飲水の量と温度の別に表 2-4 に示した。

まず、単独嚥下の発現率への量と温度の影響について二元配置分散分析を行った結果を表 2-5 および図 2-8 に示した。量と温度の交互作用はみられず、単独嚥下の発現率は量のみ有意差を認め、20ml において減少した[F(1,84)=9.51, P=0.003]。

次に、単独嚥下に含まれる呼吸型のうち最も発現率の高い eae 型について、同様に分析した結果を表 2-6 および図 2-9 に示した。量と温度の交互作用はみられず、eae 型の発現率は量のみ有意差を認め、20ml において減少した[F(1,84)=4.03, P=0.048]。

以上から、飲水の量は呼吸型の発現率へ影響を与えたが、温度による影響はなかった。飲水量が 10ml から 20ml に増加することによって、単独嚥下の発現率が減少し、eae 型の発現率も減少した。

表 2-4 呼吸型別嚥下数と発現率への量と温度の影響

量	温度	単独嚥下											分割嚥下			合計		
		eae				ae	iae			eai	ai	iai	小計	連結	連続		小計	
		i1e	i2e	2-3i1e	2-3i2e		小計	i1	2-3i									小計
10ml	5℃	27	1	64	15	107	14	5	12	17	1	2	1	142	5	3	8	150
	25℃	28	2	61	14	105	16	3	15	18	2	1	0	142	6	2	8	150
	50℃	23	2	73	11	109	14	7	14	21	4	2	0	150	0	0	0	150
	total	78 *	5	198**	40	321**	44	15	41**	56**	7	5	1	434**	11**	5**	16**	450
	(%)	(17.3)	(1.1)	(44.0)	(8.9)	(71.3)	(9.8)	(3.3)	(9.1)	(12.4)	(1.6)	(1.1)	(0.2)	(96.4)	(2.4)	(1.1)	(3.6)	(100.0)
20ml	5℃	13	2	44	13	72	8	7	23	30	6	2	0	118	24	8	32	150
	25℃	15	0	46	17	78	9	8	20	28	2	1	0	118	27	5	32	150
	50℃	26	3	43	11	83	14	7	26	33	2	2	0	134	6	9	15	149
	total	54 *	5	133**	41	233**	31	22	69**	91**	10	5	0	370**	57**	22**	79**	449
	(%)	(12.0)	(1.1)	(29.6)	(9.1)	(51.9)	(6.9)	(4.9)	(15.4)	(20.3)	(2.2)	(1.1)	(0.0)	(82.4)	(12.7)	(4.9)	(17.6)	(100.0)

注) 全嚥下に対する各呼吸型の発現率について、10mlと20ml間で母比率の差の検定を行った。 **P<0.01 *P<0.05

2) 飲水量の相違による呼吸型の発現率

飲水量が 10ml から 20ml に増加することによって、eae 型の細分類を含む各呼吸型の発現率がどのように変化したかを確認するために、母比率の差の検定を行った。

まず、eae 型の細分類は、1i1e・1i2e・2-3i1e・2-3i2e の 4 つの型として示した(表 2-4)。2-3i1e は 2i1e と 3i1e を併せたものであり、2-3i2e は 2i2e と 3i2e を併せたものである。これは、十分な吸気の後には嚥下性無呼吸が惹起される型が呼吸との協調の視点から安全であると考えられていることから、2i と 3i の範囲内の吸気持続時間であれば、十分な吸気がなされていると判断したためである。

その結果、eae 型においては 1i1e 型が 20ml で有意に減少し ($p < 0.05$)、2-3i1e も 20ml で有意に減少した ($p < 0.01$)。その一方で、iae 型は 20ml で有意に増加した ($p < 0.01$)。iae 型の細分類をみると、量の増加に対して 1i 型が 15 嚥下 (3.3%) から 22 嚥下 (4.9%) へと有意な増加を認めず、2-3i 型は 41 嚥下 (9.1%) から 69 嚥下 (15.4%) へと有意に増加した ($p < 0.01$)。また、ae 型、eai 型、ai 型および iai 型については飲水量の増加によって、発現率に有意な変化を認めなかった。

また、分割嚥下では、連結型および連

表 2-5 単独嚥下の発現率 分散分析表

要因	偏差平方和	自由	平均平方	F値	P値
量	4551.11	1	4551.11	9.513	0.003 **
温度	1280.00	2	640.00	1.338	0.268
量×温度	142.22	2	71.11	0.149	0.862
誤差	40186.67	84	478.41		
全体	46160.00	89			** $p < 0.01$

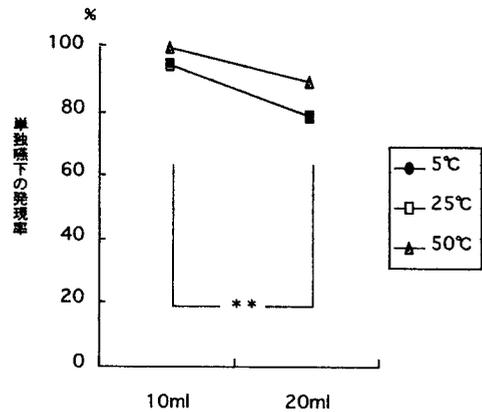


図 2-8 単独嚥下発現率への量と温度の影響

(* * $p < 0.01$)

表 2-6 eae 型の発現率 分散分析表

要因	偏差平方和	自由	平均平方	F値	P値
量	3070.38	1	3070.38	4.030	0.048 *
温度	718.70	2	359.35	0.472	0.626
量×温度	845.01	2	422.50	0.555	0.576
誤差	63990.78	84	761.80		
全体	68624.88	89			* $p < 0.05$

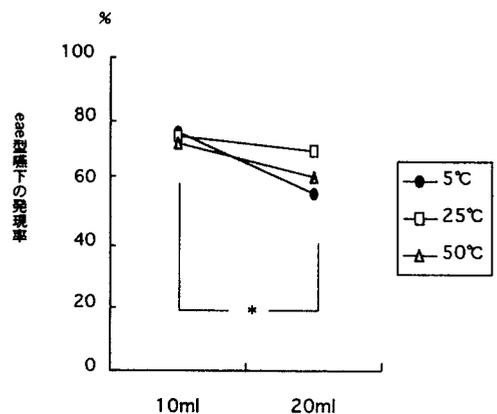


図 2-9 eae 型発現率への量と温度の影響

(* $p < 0.05$)

続型とも 20ml で有意に増加した ($p < 0.01$)。分割嚥下において、繰り返された無呼吸に吸気が後続される割合が、10ml では 2 嚥下 (0.4%)、20ml では 20 嚥下 (4.5%) であり、20ml で有意に増加した ($p < 0.01$)。単独嚥下においては、10ml で 13 嚥下 (2.9%)、20ml で 16 嚥下 (3.6%) と差を認めなかった。

以上から、飲水量が 10ml から 20ml に増加することによって、単独嚥下が減少して分割嚥下が増加した。単独嚥下においては、eae 型のうち lile 型と 2-3ile 型が有意に減少し、iae 型のうち 2-3i 型が有意に増加した。分割嚥下においては、連結型および連続型とも増加し、繰り返された無呼吸に吸気が後続される割合が増加した。

3) 単独嚥下 eae 型の嚥下性無呼吸持続時間

呼吸型を eae 型に限定して、飲水の量と温度の別に嚥下性無呼吸の持続時間 (sec) の平均値を表 2-7 に示した。さらに、嚥下性無呼吸持続時間への量と温度の影響について二元配置分散分析を行った結果を表 2-8 および図 2-10 に示した。量と温度による交互作用はみられず、量のみ有意差が認められ、20ml の嚥下性無呼吸持続時間が有意に延長した [$F(1,544) = 5.95$, $P = 0.015$]。

表 2-7 eae 型の量・温度別嚥下性無呼吸時間(sec)

	5°C	25°	50°	計
10ml	0.85±0.16	0.83±0.14	0.87±0.20	0.85±0.17
20ml	0.89±0.20	0.88±0.18	0.89±0.20	0.89±0.19
計	0.87±0.18	0.85±0.16	0.88±0.20	0.87±0.18

値: mean±SD

表 2-8 eae 型の嚥下性無呼吸時間 分散分析表

要因	偏差平方和	自由	平均平方	F値	P値
量	195081.76	1	195081.76	5.953	0.015*
温度	55276.30	2	27638.15	0.843	0.431
量×温度	16457.29	2	8228.64	0.251	0.778
誤差	17826330.71	544	32768.99		
全体	18101900.95	549			* $p < 0.05$

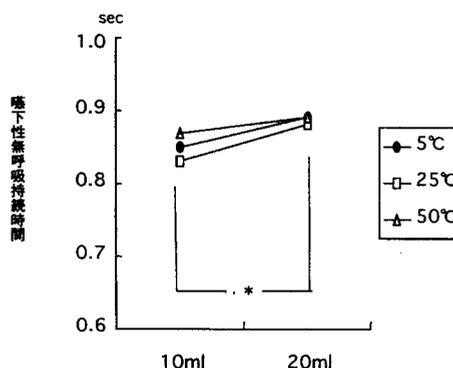


図 2-10 eae 型発現率への量と温度の影響 (* $p < 0.05$)

考 察

まず、呼吸型の発現率に対する量と温度の影響を検討したい。単独嚥下および eae 型の発現率に対して、量のみ有意差が認められ、温度の影響は認められなかった。単独嚥下の発現率は、1回の飲水量が 10ml から 20ml に増加することによって有意に減少し、分割嚥下の発現率が増加した。Ertekin et al. (1996) は 20-70 歳の健康な 30 人を被験者とした実験で 20ml

の水を 1 回で嚥下したと、本研究とは異なる結果を報告している。また、本研究と同様に、5-10ml の水嚥下で分割嚥下を認める報告 (Dziadzioala, Hamlet, Michou, et al., 1992; Fanucci, Cerro, Ietto, and Fanucci, 1997) もあるが、被験者に 62 歳あるいは 70 歳までを含むため加齢の影響を考慮する必要がある。今回の結果は、若齢者でも 10ml の水嚥下において分割嚥下があることが確認され、20ml でさらに増加することが確認された。これは、喉頭運動を繰り返すことによって量の増加に適応していることが考えられた。分割嚥下の内容をみると、1 回の呼吸周期の中で嚥下性無呼吸が 2 回以上繰り返される連結型の割合が高いものの、嚥下随伴呼吸周期を 2 回以上繰り返す連続型も 20ml で増加していた。また、高齢者において、分割嚥下の嚥下性無呼吸に吸気が後続されることを我々は経験しているが、若齢者であっても量が増加することによって吸気を後続させた呼吸型の発現率が有意に高くなっていた。この吸気の後続によって、喉頭前庭や梨状窩への水の残留があった場合には容易に誤嚥することが予測できることから、分割嚥下を認める高齢者では、誤嚥に注意を要するであろう。

eae 型の発現率は量の増加によって減少し、単独嚥下の減少は eae 型の減少に起因していることが考えられた。嚥下時の呼吸との協調の視点からみると、十分な吸気後に嚥下性無呼吸が惹起されて、さらに十分な呼気が後続される呼吸型が安全な嚥下につながると考えられる。本研究の測定方法では吸気量や呼気量を測定することができないが、規則的な呼吸周期の連続における吸気持続時間や呼気持続時間がそれらを反映していると考えた。その意味から、eae 型のうち通常の吸気持続時間後に嚥下反射を惹起させる 2-3i1e 型および 2-3i2e 型がより安全であると考えられる。量の増加によって、eae 型のなかでも 2-3i1e 型が減少し、iae 型のなかでも 2-3i 型が有意に増加していた。これは、eae 型の 2-3i1e 型が吸気後に嚥下性無呼吸に移行して呼気を後続させる iae 型の 2-3i 型に変化したことが考えられる。iae 型は嚥下性無呼吸の後に呼気を後続させることから eae 型と同様に安全な呼吸型であると考えられるが、短い吸気持続時間で無呼吸に移行する 1i 型よりも十分な吸気持続時間で無呼吸に移行する 2-3i 型がより安全であると考えられた。また、eae 型のなかでも、わずかな吸気の状態で無呼吸に移行する 1i1e 型は減少し、誤嚥しやすい呼吸型として嚥下性無呼吸に吸気を後続させる eai 型・ai 型・iai 型は量による変化はみられなかった。これらから、eae 型 (1i1e 型、2-3i1e 型) の発現率が減少し iae 型 (2-3i 型) が増加したことは、嚥下時の安全の視点から見ると特に問題はない。しかし、嚥下性無呼吸に吸気を後続させる型の発現率が増加したことを考えると、分割嚥下の増加は安全な嚥下の視点からは問題となろう。

次に、嚥下性無呼吸持続時間への量と温度の影響を比較すると、量のみ有意差が認められ、

温度の影響は認められなかった。無呼吸持続時間は、1回の飲水量が10mlから20mlに増加することによって有意に延長した。また、Preiksaitis et al. (1992)は量の増加によって、嚥下性無呼吸時間が延長する群と短縮する群に分類されたことを報告している。これは、本研究では呼吸型を eae 型に限定していることから、それによる相違であることも考えられる。eae 型は呼吸周期における喉頭挙上のタイミングは変化するものの、嚥下性無呼吸の前後が呼気であり1回の喉頭運動で嚥下している型である。嚥下性無呼吸持続時間を延長させて量の増加に対応していることが考えられた。

結 論

嚥下時の呼吸型および嚥下性無呼吸の持続時間に飲水の量と温度が与える影響を明らかにするために、量 10ml・20ml、温度 5℃・25℃・50℃を組み合わせた6条件の水を、青年期の被験者に嚥下させた時の呼吸軌跡と舌骨上筋群の表面筋電図を同時に測定し、以下の結論を得た。

- 1) 呼吸型として、単独嚥下（1回の喉頭運動で呼吸が回復する型）および eae 型（呼気-嚥下性無呼吸-呼気を示す型）の発現率について、量と温度の交互作用はみられず、量のみにより有意差を認めた。10mlから20mlへ増加することによって発現率が減少した。
- 2) 量の相違による各呼吸型の発現率について、eae 型の 1ile 型・2-3ile 型が20mlにおいて有意に減少し、iae 型の 2-3i 型が有意に増加した。
- 3) eae 型の嚥下性無呼吸持続時間が量と温度の交互作用はみられず、量のみにより有意差を認め、20mlにおいて有意に延長した。

以上から、嚥下時の呼吸型の発現率、嚥下性無呼吸持続時間は飲水の量によって影響されたが、温度には影響されなかった。10mlから20mlに増加した量を嚥下するために、eae 型（1ile 型・2-3ile 型）を減少させ、iae 型（2-3i 型）と分割嚥下を増加させ、嚥下性無呼吸持続時間を延長して呼吸と協調していることが示唆された。

3. 呼吸軌跡・舌骨上筋群表面筋電図と嚥下プロセスとの関係の検討

緒 言

嚥下時の呼吸との協調を測定する装置として、Maclab システムを使用して嚥下時の舌骨上筋群表面筋電図(EMG)と熱センサーを用いた鼻孔での呼吸軌跡(R)との同時記録を実施してきた。

これまでに、舌骨上筋群の最大筋放電に後続して喉頭が挙上されることが報告され、それを前提として研究を進めてきた。しかし、実際に我々の用いた測定方法で表される EMG と R の波形では実証していないため、嚥下時の生理学的プロセスとどのような関係にあるかを明らかにすることが課題であった。

そのためには、EMG・R の同時測定に加えて、嚥下造影(videofluorography:VF)を同時に測定することが必要となる。これらは異なる装置による記録であるため、どのように同期させるかが問題であった。さらに、MacLab システムではサンプリング速度が 1000/sec であるが、嚥下造影の VHS テープを画像分析するためには 30 フレーム/sec となるために、どのように両記録を分析するかが次の問題であった。その解決方法として、「pa」の発声による EMG と VF 画像の変化を両記録装置の同期指標として用い、その指標からの所要時間を測定することによって比較することが可能となった。

そこで、嚥下時の表面筋電図と呼吸軌跡の変化が、嚥下造影で記録される嚥下のプロセスとどのような関係であるのかを検討した。

研究方法

1) 被験者

研究参加の同意が得られ、嚥下に影響する既往歴のない若齢者（男性 2 人、21 歳）を被験者とした。倫理的手続きとして、研究が X 線透視下で実施されるがプロテクターを着用して防護すること、測定そのものは 15 分程度の所要時間であることなどの内容を説明し、書面による承諾を得た。

2) 測定装置

X 線透視下での VF 画像をビデオ (VHS) に記録するとともに、標準 MacLab システム：MacLab/2e、標準ソフト：MacLabV3.5.7、バイオアンプ：BioAmp (ADInstruments)、ノート型パーソナルコンピュータ：PowerBook2400c (アップルコンピュータ) を使用して、嚥下時の呼吸 (respiration:R) と舌骨上筋群の表面筋電図 (electromyogram:EMG) を同時に記録した。

嚥下時の EMG・R 同時測定の装置は、第 2 章「1. 加齢に伴う嚥下時の呼吸の変化」と同様である (p.22)。ただし、MacLab システムの標準ソフトは MacLabV3.5.7 を、ノート型パーソナルコンピュータは PowerBook2400c (アップルコンピュータ) を使用した。

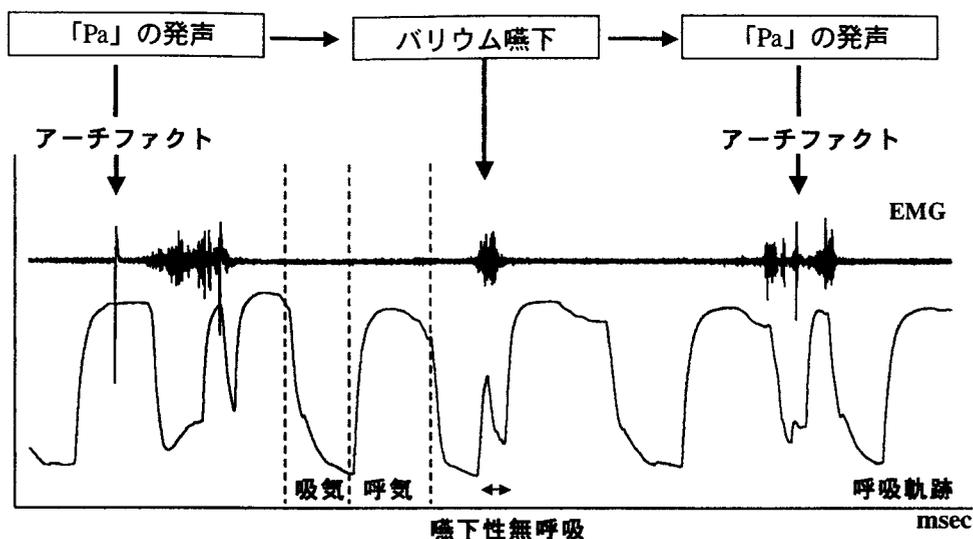


図 2-11 呼吸軌跡と舌骨上筋群表面筋電図の測定手順

3) 測定方法

被験者は装置の説明を受けた後に、呼吸センサーと皿電極を貼付された。続いて、測定中は鼻で呼吸し発音を避けること、各自のタイミングで嚥下することが教示された。その後、被験者は立位の姿勢で透視台に立ち、ディスプレイ上の呼吸軌跡と筋電図が安定した後にそれらの測定と透視画像の記録が開始された。まず、安静時の状態が測定され、続いて 40%バリウム (Ba) 嚥下の状態が測定された。

同期指標として、「pa」の発声を嚥下の前後に実施した (図 2-11)。これによって、嚥下の前後に EMG 上ではアーチファクトが、VF 上では開口画像が記録された。その間、測定者は被験者の喉頭挙上時と「pa」発声時にディスプレイ上にイベントマークを入力した。被験者 1 人につき、40%バリウム 5ml と 10ml の嚥下を各 5 回実施した。1 回の嚥下では、被験者が「pa」の発声後 40%バリウムを口に含んで、呼吸が安定した後にこれを嚥下し、呼吸が安定後に「pa」を発声することが繰り返された。その間、VHS と EMG・R は継続して記録された。

4) 分析方法

EMG・R については嚥下前の「pa」を基準にして、図 2-12 に示したように、嚥下を随伴する呼吸周期上の呼気終了時(A)、吸気終了時(B)、嚥下性無呼吸開始時(C)、無呼吸終了時(D)、次の呼吸周期の吸気開始時(E)、EMG 筋収縮開始(F)、EMG 最大筋放電(G)、EMG 筋収縮終了(H)までの経過時間を測定した。さらに、嚥下前の「pa」から嚥下後の「pa」までの時間を測定し

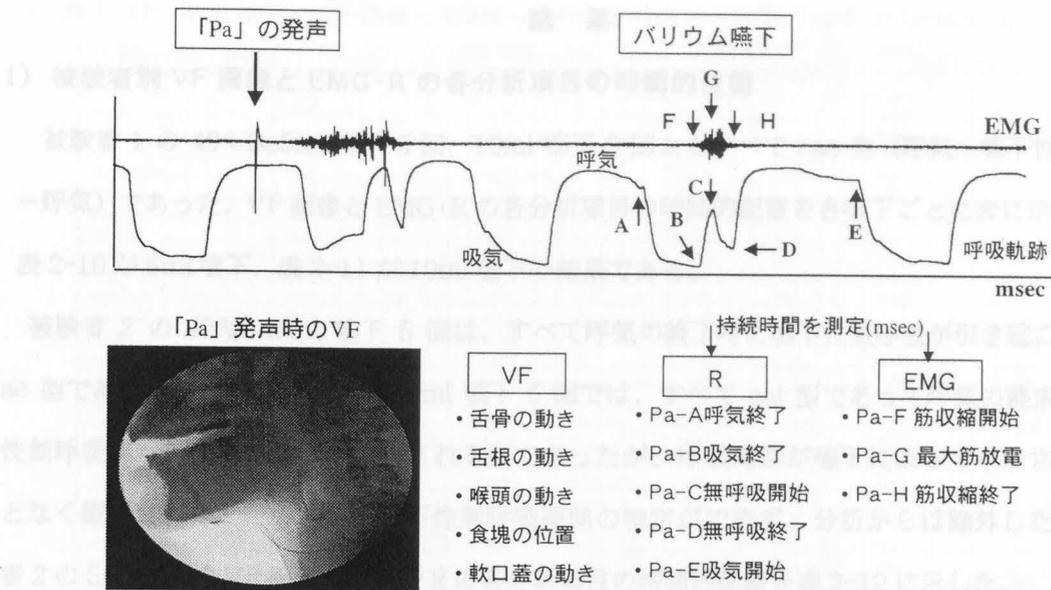


図 2-12 VF 画像と同期させるための呼吸軌跡・舌骨上筋群表面筋電図測定方法

これらの時間は 1000/s の速度で表されるが、これを VF 画像と比較できるように 30/s の速度に換算した。

次に、VF の解析には Adobe premiere5.0 を使用し 1 秒間に 30 フレームの静止画像として分析した。まず、嚥下前の「pa」の開口画像から嚥下後の「pa」の開口画像までの時間を測定し、先に測定した EMG・R の所要時間との一致を確認した。次に、VF 画像上の嚥下前の「pa」を基準にして毎秒 30 フレームの時間軸上において、舌骨・舌根・喉頭・軟口蓋・食塊の動き (表 2-9) がどのフレームに位置するのかを確認した。

続いて、VF で解析された各フレームの時間に、EMG・R での測定結果を合致させることによって、比較した。

表 2-9 VF 画像分析項目

舌骨	舌根	喉頭	食塊	軟口蓋
1a 上昇開始	2a 後方運動開始	3a 挙上開始	4a 先端が下顎骨下縁到達	5a 挙上開始
1b 前方移動開始	2b 咽腔閉鎖開始	3b 最大挙上	4b 先端が喉頭蓋谷到達	5b 下降開始
1c 下降開始	2c 咽腔開放開始	3d 下降開始	4c 先端が梨状窩到達	
1d 位置復帰	2d 位置復帰	3e 位置復帰	4d 食道入口部開大	
			4e 後端が下顎骨下縁通過	
			4g 食道入口部閉鎖	

結果

1) 被験者別 VF 画像と EMG・R の各分析項目の時間的位相

被験者 1 の 40%Ba5ml 嚥下 5 回、10ml 嚥下 5 回ともすべて eae 型（呼気-嚥下性無呼吸-呼気）であった。VF 画像と EMG・R の各分析項目の時間的配置を各嚥下ごとに表に示した。

表 2-10 が 5ml 嚥下、表 2-11 が 10ml 嚥下の結果である。

被験者 2 の 40%Ba5ml 嚥下 5 回は、すべて呼気の終了時に嚥下性無呼吸が引き起こされる ae 型であった。しかし、40%Ba10ml 嚥下 5 回では、すべて eai 型であって呼気の終末に嚥下性無呼吸が惹起されて吸気が後続される型であったが、呼吸周期が嚥下によって中断されることなく継続された。そのため、嚥下性無呼吸期間の特定ができず、分析からは除外した。被験者 2 の 5ml 嚥下の VF 画像と EMG・R の各分析項目の時間的配置を表 2-12 に示した。

表 2-10 被験者 1 の VF 画像と EMG・R の各分析項目の時間的位相 (5mlBa 嚥下時)

Sml-1	VF(pa-pa:25;17)					25;168	Sml-2	VF(pa-pa:29;29)					30;003	Sml-3	VF(pa-pa:25;02)					25;03	Sml-4	VF(pa-pa:27;24)					27;276	Sml-5	VF(pa-pa:28;288)					28;29		
VFTime	舌骨	舌根	喉頭	食道入口	R	EMG	VFTime	舌骨	舌根	喉頭	食道入口	R	EMG	VFTime	舌骨	舌根	喉頭	食道入口	R	EMG	VFTime	舌骨	舌根	喉頭	食道入口	R	EMG	VFTime	舌骨	舌根	喉頭	食道入口	R	EMG		
12.29							12.12							13.27																				16.23		
13							12.13							13.28																				16.24		
13.01							12.14							13.29																				16.25		
13.02							12.15							14																				16.26		
13.03	1a	2a					12.16							14.01																				16.27		
13.04							12.17	1a	2a					14.02	1a	2a																		16.28		
13.05							12.18							14.03																				16.29		
13.06							12.19							14.04																					17	
13.07							F	12.2						14.05							F	14.24						F	17.01					17.02		
13.08							12.21							14.06							B	14.25												17.03		
13.09							12.22						F	14.07								14.26												F	17.04	
13.1		4a			B		12.23			4a				14.08			4a				14.27						B	17.05					17.06			
13.11		4b					12.24			4b		B		14.09			4b				14.28				4a									17.07		
13.12							12.25							14.1							14.29				4b									17.08		
13.13							12.26							14.11							15													17.09		
13.14	1b	3a	5a				12.27	1b	3a	5a				14.12	1b	3a	5a				15.01	1b	3a	5a				17.08	1b	3a	4a	5a	B	17.10		
13.15			5a				12.28			5a				14.13			5a				15.02			5a					17.09			4b	5a		17.11	
13.16							12.29							14.14							15.03														17.12	
13.17						G	13							14.15							G	15.04						G	17.11						17.13	
13.18		4c					13.01			4c		G	14.16		4c						15.05		4c					17.12	4c					G	17.14	
13.19		4d					13.02			4d			14.17		4d						15.06		4d					17.13	2b	4d4e				C	17.15	
13.2	2b	4e	c				13.03	2b	4e	C			14.18	2b	4e	C					15.07	2b	4e					17.14						17.16		
13.21							13.04						14.19								15.08						C	17.15							17.17	
13.22		3b					13.05			3b			14.2								15.09							17.16							17.18	
13.23							13.06						14.21			3b					15.1		3b					17.17		3b					17.19	
13.24							13.07						14.22								15.11							17.18							17.20	
13.25							13.08						14.23								15.12							17.19							17.21	
13.26							13.09						14.24								15.13							17.2							17.22	
13.27							13.1						14.25								15.14							17.21	1c	2c	3d	4g	5b		17.23	
13.28		4g					13.11	1c	2c	3d	4g	5b	14.26								15.15	1c	2c	3d	4g	5b		17.22						17.24		
13.29	1c	3d	5b				13.12						14.27	1c	2c	3d	4g	5b			15.16							17.23							17.25	
14	2c		5b	H			13.13						14.28								15.17						H	17.24							17.26	
14.01							13.14						14.29								15.18							17.25							17.27	
14.02							13.15						15								15.19							17.26							17.28	
14.03							13.16						15.01								15.2							17.27							17.29	
14.04							13.17						15.02								15.21							17.28							17.30	
14.05							13.18						15.03	1d	2d	3e					15.22	1d	2d	3e			17.29							17.31		
14.06							13.19	1d	2d	3e		D	15.04								D	15.23					D	18	1d	2d	3e				D	17.32
14.07	1d	2d	3e				13.2						15.05								15.24							18.01								17.33
14.08							13.21						15.06								15.25							18.02								17.34
14.09							13.22						15.07								15.26							18.03								17.35
14.1							13.23						15.08								15.27							18.04								17.36
14.11							13.24						15.09								15.28							18.05								17.37

注 1) VF 舌骨 (1) の記号は、上昇開始 (1a)、前方移動開始 (1b)、下降開始 (1c)、位置復帰 (1d) を表わす。
 注 2) VF 舌根 (2) の記号は、後方運動開始 (2a)、咽腔閉鎖開始 (2b)、咽腔開放開始 (2c)、位置復帰 (2d) を表わす。
 注 3) VF 喉頭 (3) の記号は、挙上開始 (3a)、最大挙上 (3b)、下降開始 (3d)、位置復帰 (3e) を表わす。
 注 4) VF 食道 (4) の記号は、先端が下顎骨下縁到達 (4a)、先端が喉頭蓋谷到達 (4b)、先端が梨状窩到達 (4c)、食道入口部開大 (4d)、後端が下顎骨下縁通過 (4e)、食道入口部閉鎖 (4g) を表わす。
 注 5) VF 軟口蓋 (5) の記号は、挙上開始 (5a)、下降開始 (5b) を表わす。
 注 6) 呼吸軌跡 (R) の記号は、呼吸周期状の呼吸開始時 (B)、嚥下性無呼吸開始時 (C)、嚥下性無呼吸終了時 (D) を表わす。
 注 7) 表面筋電図 (EMG) の記号は、筋収縮開始 (F)、最大筋放電 (G)、筋収縮終了 (H) を表わす。

表 2-11 被験者 1 の VF 画像と EMG・R の各分析項目の時間的位相 (10mlBa 嚥下時)

10ml-1	VF(pa-pa:29:1)				29:105	10ml-2	VF(pa-pa:29:16)				29:168	10ml-3	VF(pa-pa:27:01)				2:033	10ml-4	VF(pa-pa:26:11)				26:114	10ml-5	VF(pa-pa:23:14)				23:159											
VFTime	舌骨	舌根	喉頭	食道入口	R	VFTime	舌骨	舌根	喉頭	食道入口	R	EMG	VFTime	舌骨	舌根	喉頭	食道入口	R	EMG	VFTime	舌骨	舌根	喉頭	食道入口	R	EMG	VFTime	舌骨	舌根	喉頭	食道入口	R	EMG							
19.03						13.08							12.14							12.08													13.09							
19.04						13.09	1a	2a					12.15							12.09												13.1								
19.05						13.1							12.16							12.1													13.11							
19.06						13.11							12.17							12.11													13.12							
19.07	1a	2a				13.12							12.18	1a	2a					12.12													13.13							
19.08						13.13							12.19							12.13	1a	2a										13.14	1a	2a						
19.09						13.14							12.2							12.14														13.15						
19.1						13.15							12.21							F	12.15												13.16							
19.11					F	13.16							12.22							12.16													13.17							
19.12						13.17			4a				12.23			4a				12.17													13.18							
19.13			4a			13.18			4b				12.24			4b	B			12.18			4a	B								F	13.19							
19.14			4b	B		13.19				B			12.25							12.19			4b										13.2	4a						
19.15						13.2							12.26							12.2														13.21	4b					
19.16						13.21							12.27							12.21														13.22						
19.17				5a		13.22							12.28							12.22														B	13.23					
19.18	1b	3a	5a	G		13.23	1b	3a	5a				12.29	1b	3a	5a				12.23	1b	3a	5a										13.24	1b	3a	5a				
19.19						13.24				5a			13							12.24															13.25					
19.2			4c			13.25			4c				13.01							12.25															13.26					
19.21			4d			13.26			4d	G			13.02			4c				12.26			4c	G										13.27						
19.22						13.27							13.03			4d				12.27			4d											13.28	4c					
19.23						13.28							13.04							G	12.28													13.29	4d	G				
19.24		2b	4e	C		13.29							13.05							12.29														14						
19.25						14	2b	4e	C				13.06						C	13	2b	4e												14.01						
19.26			3b			14.01			3b				13.07			2b	4e			13.01			3b											14.02						
19.27						14.02							13.08			3b				13.02														14.03	2b	4e	C			
19.28						14.03							13.09							13.03															14.04	3b				
19.29						14.04							13.1							13.04															14.05					
20						14.05							13.11							13.05															14.06					
20.01						14.06							13.12	1c	2c	3d	4g	5b			13.06	1c	2c	3d	4g	5b								14.07						
20.02	1c	3d	4g	5b		14.07	1c	2c	3d	4g	5b		13.13							13.07														14.08						
20.03		2c				14.08							13.14							13.08															14.09	1c	3d	4g	5b	
20.04						14.09							13.15							H	13.09														14.1	2c				
20.05					H	14.1							13.16							13.1															14.11	H				
20.06						14.11							13.17							13.11																14.12				
20.07						14.12							13.18							13.12																14.13				
20.08						14.13							13.19							13.13																14.14				
20.09						14.14							13.2							13.14																14.15				
20.1						14.15	1d	2d	3e				13.21	1d	3e					13.15															14.16					
20.11	1d	2d	3e			14.16							13.22		2d					13.16	1d	2d	3e												14.17					
20.12						14.17							13.23							13.17																14.18	1d	2d	3e	D
20.13						14.18							13.24							13.18																	14.19			
20.14						14.19							13.25							13.19																	14.2			
20.15						14.2							13.26							13.2																	14.21			

注 1) VF舌骨 (1) の記号は、上昇開始 (1a)、前方移動開始 (1b)、下降開始 (1c)、位置復帰 (1d) を表わす。
 注 2) VF舌根 (2) の記号は、後方運動開始 (2a)、咽腔閉鎖開始 (2b)、咽腔開放開始 (2c)、位置復帰 (2d) を表わす。
 注 3) VF喉頭 (3) の記号は、挙上開始 (3a)、最大挙上 (3b)、下降開始 (3d)、位置復帰 (3e) を表わす。
 注 4) VF食塊 (4) の記号は、先端が下顎骨下縁到達 (4a)、先端が喉頭蓋谷到達 (4b)、先端が梨状窩到達 (4c)、食道入口部開大 (4d)、後端が下顎骨下縁通過 (4e)、食道入口部閉鎖 (4g) を表わす。
 注 5) VF軟口蓋 (5) の記号は、挙上開始 (5a)、下降開始 (5b) を表わす。
 注 6) 呼吸軌跡 (R) の記号は、呼吸周期状の呼吸開始時 (B)、嚥下性無呼吸開始時 (C)、嚥下性無呼吸終了時 (D) を表わす。
 注 7) 表面筋電図 (EMG) の記号は、筋収縮開始 (F)、最大筋放電 (G)、筋収縮終了 (H) を表わす。

(1) 被験者 1

吸気の途中で、舌根の後方運動 (2a) が始まり、それに連動して舌骨上昇が開始された (1a)。その 1~5 フレーム (0.03~0.17sec) の範囲内で EMG の筋収縮が開始 (F) された。その直後から 4 フレーム (0.13sec) の範囲内で呼吸が吸気から呼気に移行し (B)、ほぼ同時期に食塊の先端が下顎下縁 (4a) から喉頭蓋谷に到達した (4b)。この呼気の中に、舌骨の前方移動 (1b)、喉頭挙上開始 (3a)、軟口蓋挙上 (5a) が同時期に惹起された。軟口蓋挙上に遅れて 4~8 フレーム (0.13~0.27sec) の範囲内で、嚥下性無呼吸が開始され (C)、ほぼ同時に舌根によって咽腔が閉鎖され (2b) 食道入口部が開大し (4d) 食塊の後端が下顎骨下縁を通過した (4e)。引き続いて、喉頭が最大挙上位置 (3b) となった。

一方、食塊は最大筋放電 (G) 前後には梨状窩へ到達し (4c)、5ml 嚥下では食道入口部開大 (4d)、食塊後端の下顎骨下縁通過 (4e) が連動したが、10ml 嚥下では食道入口部開大 (4

d) の2~3 フレーム後に、食塊の後端が下顎骨下縁を通過した (4e)。さらに、5ml 嚥下、10ml 嚥下とも、嚥下性無呼吸の間に舌骨が下降を開始 (1c)、舌根が咽腔開放開始 (2c)、喉頭下降開始 (3d)、食道入口部閉鎖 (4g)、軟口蓋下降開始 (5b) がほぼ同時に生じた。そして、嚥下性無呼吸の終了は、喉頭の位置復帰 (3e) にほぼ一致した。

(2) 被験者 2

呼吸の終了時に、食塊の先端が下顎下縁を通過し喉頭蓋谷へ到達 (4ab) すると同時期に、舌骨上筋群が収縮を開始し、舌根は動かないまま舌骨が上昇を始め (1a)、喉頭挙上を開始され (3a)、軟口蓋が挙上した (5a)。続いて、舌骨が前方移動を開始 (1b) した後に最大筋放電 (G) が生じた。その後に、舌根が咽腔を閉鎖し (2b)、喉頭が最大挙上されて前方へせり出した (3b)。その時期に先立って食道入口部が開大し始め (4d)、食塊は梨状窩へ到達した後、喉頭が最大挙上された時期に食塊後端が下顎骨下縁を通過した (4e)。嚥下性無呼吸は軟

表 2-12 被験者 2 の VF 画像と EMG・R の各分析項目の時間的位相 (5mlBa 嚥下時)

Smi-1	VF(pa-pa:24;11)	24;114	Smi-2	VF(pa-pa:21;26)	21;276	Smi-3	VF(pa-pa:20;279)	20;28	Smi-4	VF(pa-pa:19;132)	19;12	Smi-5	VF(pa-pa:18;273)	20;11
VFTime	舌骨	舌根	喉頭	喉頭	喉頭	舌骨	舌根	喉頭	舌骨	舌根	喉頭	舌骨	舌根	喉頭
12.12				13.04		12.28			11.04				11.14	
12.13				13.05		12.29			11.05				11.15	2a
12.14				13.06		13			11.06				11.16	
12.15				13.07		13.01			11.07				11.17	
12.16				13.08		13.02			11.08				11.18	
12.17				13.09		13.03			11.09	2a			11.19	
12.18				13.1		13.04			11.1				11.2	
12.19				13.11		13.05			11.11				11.21	
12.2				13.12		13.06			11.12				11.22	
12.21				13.13		13.07	1a 不動	3a	11.13				11.23	
12.22	1a 不動	3a	5a	F	13.14	1a 不動	3a	5a	13.08	1a	3a	4a	5a	11.24
12.23		4a	5a		13.15		4a	F	13.09		4a	F	11.25	4a
12.24		4b			13.16		4b	F	13.1		4b		11.26	4b
12.25					13.17				13.11				11.27	
12.26					13.18				13.12				11.28	
12.27	1b		C		13.19	1b			13.13		1b		11.29	
12.28					13.2		4d		13.14	1b			12	C
12.29		4c	G		13.21		C	G	13.15		4c		12.01	1b
13	2b	3b	4d		13.22	2b	3b	4e	13.16		4d		12.02	4d
13.01	前方	4e			13.23	前方			13.17		2b	3b	4e	12.03
13.02		3b			13.24			G	13.18	2b	3b	4e	12.04	
13.03					13.25	3b			13.19	前方			12.05	
13.04					13.26				13.2		3b		12.06	2b
13.05					13.27		3b		13.21				12.07	3b
13.06					13.28				13.22				12.08	
13.07					13.29				13.23				12.09	
13.08					14	1c			13.24	1c			12	1c
13.09	1c				14.01				13.25				12.11	1c
13.1					14.02	3d	4g	5b	13.26		3d		12.12	3d
13.11	2c	3d	4g	5b	14.03	2c			13.27	2c	3d	4g	5b	12.13
13.12					14.04				13.28				12.14	
13.13					14.05				13.29				12.15	
13.14					14.06				14				12.16	
13.15					14.07		H		14.01				12.17	
13.16					14.08				14.02				12.18	
13.17					14.09				14.03				12.19	1d
13.18					14.1				14.04				12.2	
13.19					14.11	1d	2d	3e	14.05	1d	2d	3e	12.21	2d
13.2					14.12				14.06				12.22	
13.21					14.13				14.07	1d	2d	3e	12.23	
13.22	1d	2d	3e		14.14				14.08				12.24	H
13.23					14.15				14.09			H	12.25	
13.24					14.16				14.1				12.26	
13.25					14.17				14.11				12.27	
13.26					14.18				14.12		H		12.28	
13.27					14.19				14.13				12.29	

注1) VF舌骨(1)の記号は、上昇開始(1a)、前方移動開始(1b)、下降開始(1c)、位置復帰(1d)を表わす。
 注2) VF舌根(2)の記号は、後方運動開始(2a)、咽腔閉鎖開始(2b)、咽腔開放開始(2c)、位置復帰(2d)を表わす。
 注3) VF喉頭(3)の記号は、挙上開始(3a)、最大挙上(3b)、下降開始(3d)、位置復帰(3e)を表わす。
 注4) VF食塊(4)の記号は、先端が下顎骨下縁到達(4a)、先端が喉頭蓋谷到達(4b)、先端が梨状窩到達(4c)、食道入口部開大(4d)、後端が下顎骨下縁通過(4e)、食道入口部閉鎖(4g)を表わす。
 注5) VF軟口蓋(5)の記号は、挙上開始(5a)、下降開始(5b)を表わす。
 注6) 呼吸軌跡(R)の記号は、呼吸周期状の呼吸開始時(B)、嚥下性無呼吸開始時(C)、嚥下性無呼吸終了時(D)を表わす。
 注7) 表面筋電図(EMG)の記号は、筋収縮開始(F)、最大筋放電(G)、筋収縮終了(H)を表わす。

口蓋挙上に遅れて開始され (C)、無呼吸の終了時に舌骨 (1d)、舌根 (2d) と喉頭 (3e) が元の位置に復帰した。

2) VF 画像と EMG・R の時間的位相

舌根の後方運動 (2a) に連動して舌骨の上昇が開始される (1a) が、これは被験者によって差が見られた。喉頭挙上 (3a) と軟口蓋挙上 (5a) は同時に惹起され、嚥下性無呼吸は軟口蓋挙上に遅れて開始された。舌骨上筋群の収縮開始 (F) は被験者によって差があるが、最大筋放電は舌骨の前方移動開始から喉頭最大挙上 사이에生じていた。舌根による咽腔閉鎖時 (2b) には食塊の後端が下顎骨下縁を通過し (4e)、喉頭は最高の位置に挙上されていた (3b)。喉頭は、その後に前方にせり出すように移動した。また、舌根による咽腔閉鎖が始まる前に、食道入口部が開大された (4d)。舌骨が下降しはじめると (1c)、舌根 (2c)、喉頭 (3d) も下降を開始し、食道入口部が閉鎖された。さらに、15 嚥下中の 11 嚥下において、喉頭が下降し終えた時に嚥下性無呼吸が終了した (図 2-13、図 2-14)。

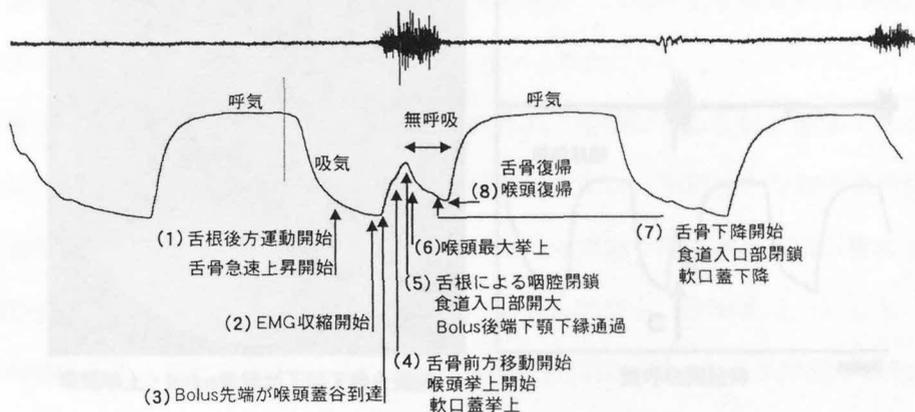


図 2-13 被験者 1 における時間的位相 (呼吸型: eae 型)

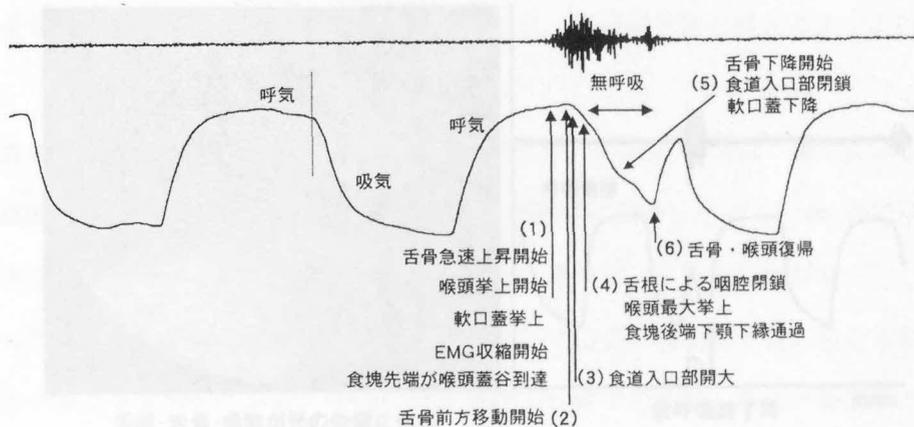


図 2-14 被験者 2 における時間的位相 (呼吸型: ae 型)

3) 被験者 1 における呼吸軌跡上の BCD の位置における VF 画像

図 2-15、2-16、2-17 に各時期における VF 画像を示した。B 時期には、食塊が下顎骨下縁に到達していることが観察できる。C では既に食道入口部が開大し、食道内への造影剤の流入が観察される。D では、喉頭が下降して、嚥下運動前の状態に復帰していることが観察される。

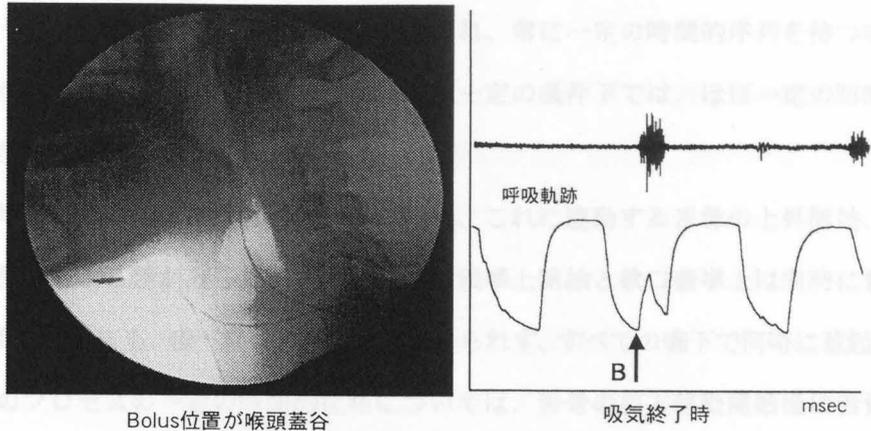


図 2-15 呼吸軌跡「B」における VF 画像

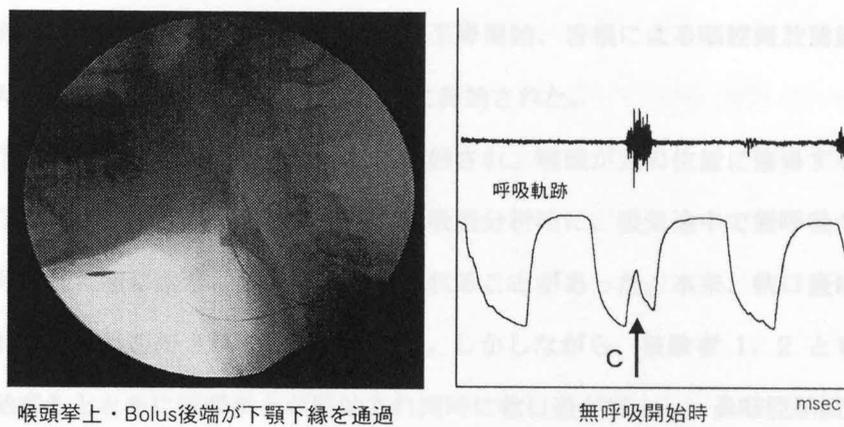


図 2-16 呼吸軌跡「C」における VF 画像

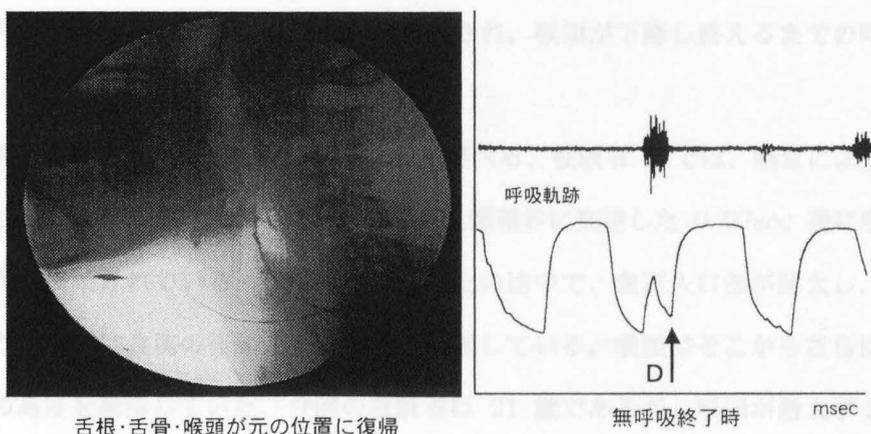


図 2-17 呼吸軌跡「D」における VF 画像

考 察

嚥下随伴呼吸周期について、呼吸型を分析し、嚥下性無呼吸時間を測定してきた。嚥下は末梢性の入力刺激によって、嚥下中枢において一連の嚥下運動のパターンを形成すると考えられ、その中枢は嚥下パターン形成器（central pattern generator：CPG）と称されている。延髄網様体でプログラミングされた一連の興奮は伝達され、常に一定の時間的序列を持つ嚥下関連筋群の運動が引き起こされる。今回の結果からも、一定の条件下では、ほぼ一定の時間的配列を観察することができた。

嚥下開始時の舌根の後方運動は随意であるため、これに連動する舌骨の上昇開始、舌骨の前方移動は被験者による差がみられた。しかし、喉頭挙上開始と軟口蓋挙上は同時に惹起されることは被験者によっても、嚥下量によっても差はみられず、すべての嚥下で同時に惹起された。次に、嚥下のプロセスの一定の時間的位相については、舌骨の前方移動開始後に舌骨上筋群の最大筋放電がみられること、その後に喉頭の最大挙上がみられ、その位置から喉頭は前方へせり出していくこと、喉頭が最大挙上される前に食道入口部が開大されていることなどをパターンとして捉えることができる。さらに、舌骨の下降開始、舌根による咽腔開放開始、喉頭下降開始、食道入口部閉鎖、軟口蓋下降がほぼ同時に開始された。

また、嚥下性無呼吸は軟口蓋挙上に遅れて開始され、喉頭が元の位置に復帰することにほぼ一致して終了していた。これまで、嚥下時の呼吸型分析時に、吸気途中で無呼吸が引き起こされる時、無呼吸前に後に非常に短い呼気がみられることがあった。本来、軟口蓋による鼻咽腔閉鎖が生じれば呼気は感知されないはずである。しかしながら、被験者 1、2 とも、舌骨が前方移動を開始するとともに喉頭挙上を開始され同時に軟口蓋が挙上し、鼻咽腔閉鎖後に平均 0、18sec の呼気の後に、無呼吸が開始されている。これは、軟口蓋挙上に伴うわずかな空気の鼻孔方向への移動が、熱センサーに呼気として感知されていることが考えられた。そのため、嚥下性無呼吸持続時間は、軟口蓋挙上に遅れて開始され、喉頭が下降し終えるまでの時間を示していた。

次に、食塊の移動と喉頭挙上との関係について述べる。被験者 1 では、随意によって舌根の後方運動が始ると舌骨の挙上を開始され、食塊が喉頭蓋谷に到達した 0、07sec 後に喉頭挙上と軟口蓋の挙上を開始されている。さらに、喉頭挙上の途中で、食道入口部が開大し、最大挙上位置となったときには食塊の後端が下顎下縁を通過している。喉頭はそこからさらに前方にせり出し、その高さを維持していた。今回の被験者は 21 歳であるが、喉頭が最大挙上位置となるときには、食塊のほとんどは咽頭を通過し食道内に入っていた。その後に喉頭閉鎖が維持さ

れることは、誤嚥を予防する安全機構であろう。

今回、若齢者での測定であるが、高齢者ではこれらがどのように変化するかを、検討することが重要であると考えられた。

結 論

若齢者を被験者として、MacLab システムを使用して嚥下時の舌骨上筋群表面筋電図(EMG)と熱センサーを用いた鼻孔での呼吸軌跡(R)との同時記録に加えて、嚥下造影 (VF) との同時記録を実施した。これらの測定機器によって記録される EMG と R の波形が VF 上で記録される嚥下時の生理学的プロセスとどのような関係にあるかを検討し、以下の結論を得た。

- 1) 鼻孔で熱センサーを使用して記録される嚥下性無呼吸期間は、軟口蓋閉鎖に遅れて開始され、喉頭が元の位置に復帰した時間とほぼ一致して終了した。軟口蓋挙上に伴って鼻腔内に生じる鼻孔方向への気流をセンサーが呼気と感知していることが考えられた。
- 2) 嚥下開始時の舌根の後方運動は随意であるため、これに連動する舌骨の上昇開始、舌骨の前方移動は被験者によって変化した。喉頭挙上開始と軟口蓋挙上は同時に惹起された。これは、被験者あるいは嚥下量にかかわらず、すべての嚥下で同時に惹起された。
- 3) 嚥下のプロセスの一定の時間的位相は次のとおりである。舌骨の前方移動開始後に舌骨上筋群の最大筋放電がみられ、その後に喉頭が最大挙上されてさらに前方へせり出した。舌骨の下降開始、舌根による咽腔開放開始、喉頭下降開始、食道入口部閉鎖、軟口蓋下降がほぼ同時に開始された。
- 4) 食塊の喉頭蓋谷到達と同時にあるいは遅れて喉頭挙上と軟口蓋挙上を開始された。食道入口部は喉頭の最大挙上前に開大され、喉頭が最大挙上された時には、食塊の後端は下顎骨下縁を通過し大半が食道内に入っていた。

4. 若齢者における呼吸型の再現性に関する実験

目 的

嚥下時の呼吸型は各被験者内で一定に規定されるものではなく、様々な呼吸型が出現することが前提となった研究が報告されている。しかし、一定量の水を口に含み各自のタイミングで自由に嚥下することを求めると、嚥下性無呼吸を惹起するタイミングが被験者によって規定さ

れていることが観察された。嚥下時の呼吸型は各個人によって規定されているのか否か、嚥下時の呼吸型に関する被験者内での再現性を明らかにすることが目的である。

研究方法

1) 被験者

研究参加に同意が得られた健康な女性 11 人（年齢 19.45 ± 0.7 歳）を被験者とした。いずれも呼吸器疾患、神経・筋疾患など嚥下に影響を及ぼす既往はなかった。

2) 測定装置

第 2 章「1. 加齢に伴う嚥下時の呼吸の変化」と同様の測定装置が用いられた (p.22)。

ただし、MacLab システムは MacLab/8s を、ノート型パーソナルコンピュータは PowerBook G3 (アップルコンピュータ) が使用された。

3) 測定方法

基本的な測定方法は、第 2 章「1. 加齢に伴う嚥下時の呼吸の変化」測定方法 (p.23) と同様である。

4) 手続き

被験者の嚥下時の呼吸型を 1 ヶ月の間隔を置いて 2 回測定した。1 回の実験において、10ml の水嚥下時の呼吸と舌骨上筋群の表面筋電図の同時測定を 10 回繰り返した。

5) 分析方法

まず、10ml 水嚥下 (1 回目)、10ml 水嚥下 (2 回目) における嚥下時の呼吸型について、第 2 章「2. 嚥下と呼吸の協調への量と温度の影響」(p.34) に記した呼吸型分類方法に従って分類した。続いて、各条件別に各呼吸型別の発現数と発現率を求めた。

続いて、単独嚥下の発現率および eae 型の発現率について、10ml 水嚥下 (1 回目) と 10ml 水嚥下 (2 回目) の間での相関を表した。

結果

10ml 水嚥下 (1 回目)、10ml 水嚥下 (2 回目) における単独嚥下の発現率は被験者別に図

2-18 に示し、eae 型の発現率を

同様に図 2-19 として示した。

また、表 2-13 には呼吸型別の発現数を表した。

単独嚥下と eae 型の発現率は、10ml 水嚥下（1 回目）では各々 62.7%、55.5% であり、10ml 水嚥下（2 回目）では各々 74.5% 66.4% であった。この単独嚥下

発現率と eae 型発現率について、1 回目と 2 回目の測定間における相関を確認した。単独嚥下発現率では相関係数 $r=0.827$ 、eae 型発現率では $r=0.756$ であった。

10ml 水を口に含んで 2-3 回の呼吸周期を経てから嚥下する条件において出現する呼吸型は、1 ヶ月間を経ても単独嚥下発現率と eae 型発現率において相関関係が確認された。

次に、被験者別では、被験者 F・G・J は分割嚥下の発現率が高く、単独嚥下においては eae 型を示していた。被験者 D が 2 回の測定間で呼吸型の発現率が大きく異なっていた。単独嚥下と eae 型の発現率とも、10ml 水嚥下（1 回目）では 0%、10ml 水嚥下（2 回目）では 70% であった。これを詳しく見ると、10ml 水嚥下（1 回目）の呼吸型は、分割嚥下：連結（eaeae 型）の発現率が 70%、分割嚥下：連続（eaeae 型）が 30% であった。いずれも喉頭運動が 2 回繰り返されているが、嚥下性無呼吸後に呼気が後続される安全な呼吸型といえる。10ml 水嚥下（2 回目）の呼吸型は、単独嚥下の eae 型が 70% であり、残りの 30% は分割嚥下：連続（eaeae 型 20%、eaeai 型 10%）であった。分割嚥下：連結（eaeae 型）が単独嚥下の eae 型に変化していた。

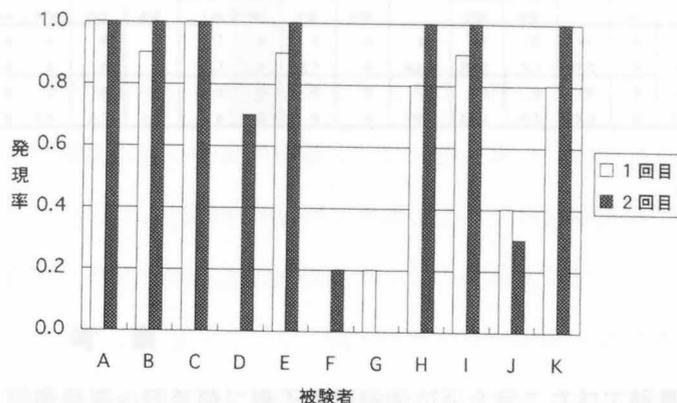


図 2-18 10ml 嚥下における単独嚥下発現率の再現性

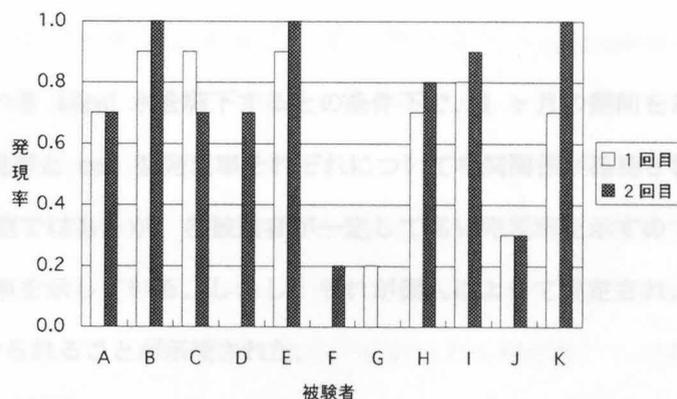


図 2-19 10ml 嚥下における eae 型発現率の再現性

表 2-13 教示別呼吸型の発現数と発現率

嚥下時期の教示	単独嚥下														分割嚥下			合計		
	eae				ae	eai				ai	iae			iai	計	連続	連続		計	err
	1i1-2eae	2-4i1eae	2-4i2eae	小計	小計	1i1eai	2-4i1eai	2-4i2eai	小計	小計	1iae	2-4iae	小計	小計	小計	小計	小計		小計	
通常教示 n	12	27	22	61	5	0	0	0	0	0	3	0	3	0	69	31	10	41	0	110
10ml (1回目) %	10.9	24.5	20.0	55.5	4.5	0	0	0	0	0	2.7	0	2.7	0	62.7	28.2	9.1	37.3	0	100
通常教示 n	24	34	15	73	4	1	0	2	3	2	0	0	0	82	22	6	28	0	110	
10ml (2回目) %	21.8	30.9	13.6	66.4	3.6	0.9	0	1.8	2.7	1.8	0	0	0	74.5	20.0	5.5	25.5	0	100	

注 1) n: 嚥下数 %: 総数に対する発現率を表す

注 2) 嚥下時の最も安全な呼吸型を表す

考 察

これまで、嚥下時の呼吸型として、呼吸周期の呼気時に嚥下性無呼吸が引き起こされて呼気を後続する型が多いことが報告されてきた。しかし、個人内で嚥下時の呼吸型が規定されているか否かは明らかにされてはいない。仮に、個人内で嚥下時の呼吸型が規定されているのであれば、嚥下と呼吸の協調に問題のある個人に対して、協調訓練を行うことに意義があることとなる。

今回の実験において、口に含んでいる 10ml 水を嚥下するとの条件下で、1 ヶ月の期間をあけた前後各 1 回測定し、単独嚥下発現率と eae 型発現率それぞれについて相関関係が確認された。さらに、eae 型が最も多い呼吸型ではあるが、各被験者が一定して高い発現率を示すのではなく、被験者によっては低い発現率を示している。しかし、それが個人によって規定され、嚥下時の呼吸型として個人に特徴づけられることが示唆された。

ただし、eae 型の細分類については相関が認められず、吸気のどの位置で呼気に移行し嚥下性無呼吸が惹起されるかは、各嚥下で変化することが示唆された。

結 論

水を口に含んでから嚥下する条件における呼吸型の発現率について、1 ヶ月の間隔をあけた前後を比較した結果、単独嚥下発現率 ($r=0.827$) と eae 型発現率 ($r=0.756$) のそれぞれに相関関係を認め、呼吸型に関する再現性が確認された。若齢者では、これらの発現率が個人によって規定されていることが示唆された。

第3章 呼吸軌跡バイオフィードバックに関する基礎的研究

嚥下時の呼吸との協調においては十分な吸気後に嚥下反射が惹起されて、呼気相の早期に嚥下性無呼吸が生じ、さらに十分な呼気が後続される呼吸型が望ましい。第2章 1. 加齢に伴う嚥下時の呼吸の変化（鎌倉他，1998）において、加齢に伴い呼吸軌跡上の嚥下性無呼吸開始の時点が、吸気から呼気に変化する時間軸において呼気方向に移動することが考えられた。これは、呼気の終了時に嚥下反射が惹起されることを意味するが、嚥下性無呼吸に後続される呼気は短縮されたり、吸気を後続させることが予測される。さらに、加齢に伴って嚥下圧が低下することが報告されているが（丘村他，1991）、この場合、嚥下反射後にも気管口周囲に食残渣が残ることが予測される。嚥下反射後の十分な呼気によって誤嚥が予防されるが、前述した嚥下時の呼吸型の変化が加わると誤嚥を生じることとなる。

これらの誤嚥を予防するための嚥下訓練の方法論として声門上嚥下（supraglottic maneuvers: SGM）が提唱されている。具体的には、十分な吸気後に息をこらえてから嚥下反射を惹起し、呼気を後続させる方法である。息をこらえることによって声門が閉鎖し、声門下圧が上昇するために食塊が気道に入りにくくなり、さらに呼気の後続によって食残渣を喉頭前庭や梨状窩から排出することがその作用機序とされている。声門上嚥下の効果が嚥下造影検査（video fluorography : VF）あるいはビデオ内視鏡検査によって記録されて報告されている（Ohmae et al., 1996; Martin et al., 1993）。しかし、患者自身が自律的に訓練を実施するための方法論はまだ報告されていない。

そこで、高齢者の嚥下障害に対して声門上嚥下訓練を自律的に維持する方法を開発することを目的として、嚥下時の呼吸軌跡のバイオフィードバックを介入条件とした効果を検討した。嚥下に問題のある2人の被験者を対象として実験を実施した。1人は嚥下量の増加に伴い嚥下反射を繰り返して分割嚥下のみられる若齢者であり、他1人は呼気の終了時に嚥下反射が惹起される呼吸型の70歳の女性である。

次に、声門上嚥下訓練は通常の呼吸型を変更させる訓練でもある。その効果を検討するに当たり、呼吸型が場面場面で変わるものではなく、個人に規定されていることが前提条件となる。そのために、嚥下時の呼吸型の再現性に関する実験を実施した。さらに、呼吸軌跡のバイオフィードバックは、視覚的に呼吸軌跡を見ることによって、随意的に嚥下性無呼吸を惹起させ、それが妥当であったかが嚥下時の呼吸軌跡として即時的にフィードバックされる方法である。

そのため、図を用いた教示によって、随意的に呼吸周期上のどの位置でも嚥下性無呼吸を惹起させることができるかを、基礎的実験として実施した。

1. 若齢者に対する声門上嚥下訓練に関する実験

目的

分割嚥下の状態から声門上嚥下によって 10ml の嚥下量が 1 回の嚥下反射で嚥下できることを目的とした。そのために、コンピュータディスプレイ上の呼吸軌跡に従った誘導ならびに呼吸軌跡の即時フィードバックの効果が検討された。

実験方法

1) 被験者

嚥下量の増加に伴い嚥下反射を繰り返して分割嚥下となる 21 歳の女性である。嚥下反射の回数を自覚し、1 回で嚥下するための訓練を志願した被験者である。

2) 測定装置

第 2 章「1. 加齢に伴う嚥下時の呼吸の変化」と同様の測定装置が用いられた (p.22)。

ただし、ノート型パーソナルコンピュータは PowerBook 2400c/180 (アップルコンピュータ) が使用された。

3) 測定方法

基本的な測定方法は、第 2 章「1. 加齢に伴う嚥下時の呼吸の変化」測定方法 (p.23) と同様である。

4) 手続き

1 日を午前と午後に分け、半日を単位として 5 セッションが行われた。実験デザインはシェイピングを目的として、嚥下量 2ml からベースライン条件 (2mlBL) を開始した。1 セッションにおいて、5 回の嚥下の試行がなされ、5 回のうち分割嚥下 (複数回の喉頭運動を繰り返して嚥下を終了させる嚥下時の呼吸型) が発現した試行数を測定した。目標は 5 セッションとも

その発現回数が2回以下となって安定することであり、目標が到達されると嚥下量を2ml増加させた次のフェイズ(4mlBL)へ進んだ。このように4ml、6ml、8ml、10mlと順に行われた。

実験条件としての独立変数は、介入条件1(F1)ではコンピュータディスプレイ上にリアルタイムで表示される被験者の呼吸軌跡に合わせて声門上嚥下を誘導することであり、従属変数は嚥下時に惹起される嚥下反射の回数である。介入条件2(F2)としてコンピュータディスプレイによる嚥下時の呼吸軌跡の即時的なフィードバックが計画された。各セッションにおける分割嚥下の回数が3回以上となって固定したとき、以下に記す介入条件が与えられた。各条件の効果は、セッションにおける分割嚥下を認めた試行数の変化によって判定された。介入条件によって目標到達したとき、次のフェイズではベースライン条件に戻すが、介入条件が与えられた後であることから、そのフェイズは「F0」と表された。

また、訓練の効果を判定するための確認テストを実施した。訓練開始前に5回、訓練中に2回、訓練終了後に1回行われた。訓練の時間的推移を明らかにするために、この確認テストの初回の測定が実施された午前をNO.1と表し、半日の単位で1を加算して示した。さらに、訓練前後でVF検査が実施されて、嚥下状態がX線による透視下で確認された。

(1) ベースライン条件 (BL)

測定方法で述べた通常の教示に加えて、「今から訓練を開始します。少ない量からはじめますから、1回で嚥下することを努力して下さい。」との教示が加えられた。被験者がコンピュータディスプレイをみることはなかった。

(2) 介入条件1 (F1)

F1は、測定者がディスプレイ上にリアルタイムに表示される被験者の呼吸軌跡に合わせて声門上嚥下を誘導することである。被験者に対して、「1回で嚥下するために、十分息を吸った後に息をこらえてからゴクンと口の中の水を飲み込み、すぐにフーと息を吐いてください。画面に現れる呼吸に合わせて誘導しますから、私の声に従ってください。」と教示を与えた。具体的には、測定者がディスプレイ上にリアルタイムで表示される被験者の呼吸を確認しながら、「吸って、吐いて、吸って、止めて、ゴクン、吐いて」と声で誘導した。

(3) 介入条件2 (F2)

F2は、介入条件1の効果を得られなかったときに与えることが計画された。それは、コンピュータディスプレイ上にリアルタイムで示される呼吸軌跡と筋電図波形を被験者に見せて、声門上嚥下の呼吸軌跡を視覚的に即時フィードバックすることである。

(4) 嚥下量と分割嚥下の発現数に関する確認テスト

1回の確認テストにおいて、2、4、6、8、10mlの嚥下量を各5回ずつ計25回の各嚥下量が、ランダム化された提示順によって被験者に与えられた。その場合、被験者は2~10mlの5種類の嚥下量によって嚥下の状態がどのように変化するかを測定すると教示されたが、嚥下量の提示順については教示されなかった。訓練は半日を単位として、各セッションが実施されたが、確認テストは1日を単位として実施され、訓練開始前に5回、訓練中に2回、訓練後に1回行われた。

結果

1) 訓練開始前の嚥下状態

表3-1に嚥下量による喉頭運動回数と訓練に伴う変化を示した。NO.1、10、11、14、91の5回の測定が訓練前の結果を示している。2ml量では、1回の喉頭運動であった。4mlでは、NO.1において2回の喉頭運動を5試行すべてに認めたが、初回から45日経過したNO.91には、それが1試行に減少した。喉頭運動回数がNO.1からNO.91の経過によって、6mlでは平均2.4回から1.8回へ、8mlでは3.4回から3.0回へ、10mlでは4.2回から3.0回へ変化した。訓練前における嚥下量と喉頭運動回数との関係を図3-1に表した。その結果から、 $y=0.31x+0.436$ の直線式で表され、相関関係が認められた($r=0.89$ $p<0.01$)。

NO.52に実施されたVF検査の結果では、嚥下運動は良好であり咽頭に造影剤の残留は認められなかった。しかし、口腔内に造影剤の残留が認められ、分割嚥下は舌によって少量の造影剤が連続して送り込まれることによって生じていた。そのため、嚥下量が増加することによる造影剤の連続の送り込みに対して、嚥下反射が対応しきれない場合に誤嚥する現象が認められた。

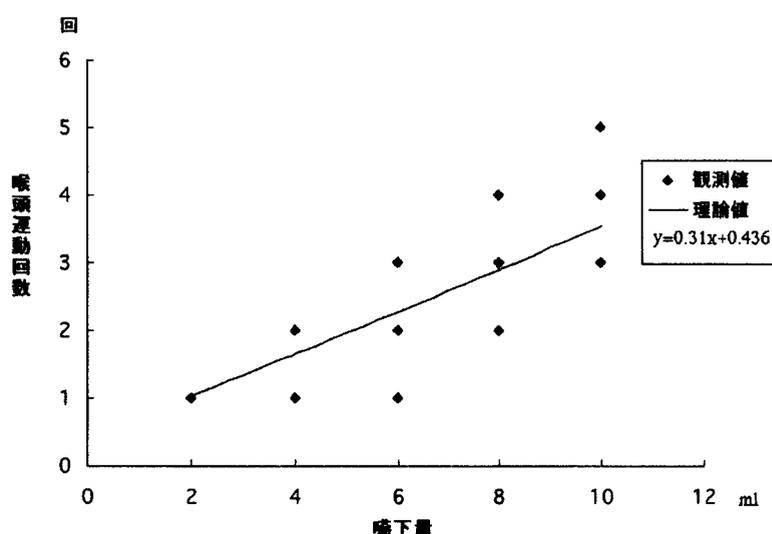


図3-1 訓練前における嚥下量と喉頭運動回数の相関
($r=0.89$ $p<0.01$)

表 3-1 嚥下量による喉頭運動回数と訓練に伴う変化

訓練 経過	訓練前喉頭運動回数					訓練後喉頭運動回数		
	訓練前					NO.103後		NO.161後
	NO.1 1回	NO.10 2回	NO.11 3回	NO.14 4回	NO.91 5回	NO.104 6回	NO.131 7回	NO.162 8回
2	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	2	1	1
2	1	1	1	1	1	2	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1
4	2	1	2	1	1	1	1	1
4	2	2	2	2	2	1	1	1
4	2	2	2	2	1	1	1	1
4	2	2	2	1	1	1	1	1
4	2	2	2	2	1	1	1	1
6	2	3	2	2	2	1	1	1
6	2	3	3	2	2	1	1	1
6	3	2	2	2	2	1	1	1
6	3	3	2	2	1	1	1	1
6	2	3	3	2	2	1	1	1
8	3	3	3	3	3	1	1	1
8	4	3	3	3	3	1	1	1
8	3	3	3	3	3	1	1	1
8	3	3	3	3	3	1	1	1
8	4	3	3	2	3	1	1	1
10	5	3	3	3	3	1	1	1
10	4	4	4	3	3	1	1	1
10	3	4	3	3	3	2	1	1
10	4	3	4	3	3	1	1	1
10	5	4	3	3	3	1	1	1

ランダムな順序で提示された嚥下量を嚥下した結果発現した喉頭運動回数について、訓練前と訓練後の状態を示した。NO.は、1日を午前と午後に分けて測定初日をNO.1とした数を示した。これによって、訓練に伴う時間経過を表した。

呼吸と嚥下の協調について、NO.1 における 10ml 嚥下の 4 回の喉頭運動、5 回の喉頭運動の状況を図 3-2、図 3-3 に示した。図 3-3 では、5 回の喉頭運動が繰り返され、その呼吸型は「eaeaeiaieaeae」であり、「eaeaeiae」と「eaeae」の 2 回の嚥下随伴呼吸周期が連続している。先の周期では呼気相で嚥下性無呼吸が惹起され呼気が後続されることが 2 回繰り返されたが、3 回目の無呼吸後には吸気が後続されている。さらに、次の周期では吸気の持続時間は短縮されたものの、呼気相で無呼吸が生じて呼気が後続され、2 回目の無呼吸後も呼気が後続されている。こ

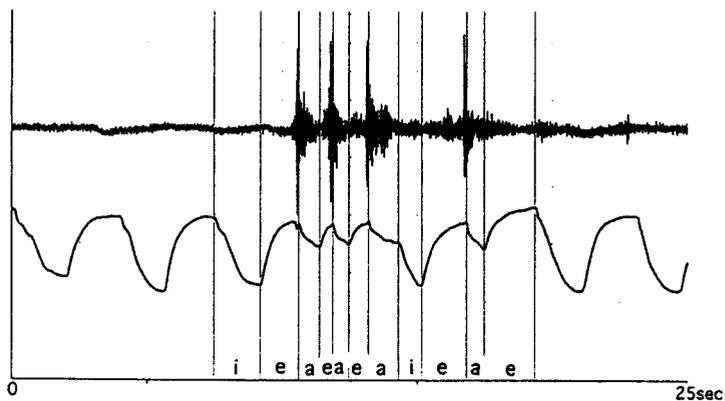


図 3-2 訓練経過 NO.1 における 10ml 嚥下時の呼吸型 (eaeaeiaieae)

ここでは誤嚥を認めなかったが、喉頭運動が連続することによって、嚥下性無呼吸後に吸気を後続する呼吸型が出現していることから、誤嚥を生じる可能性があることが確認された。

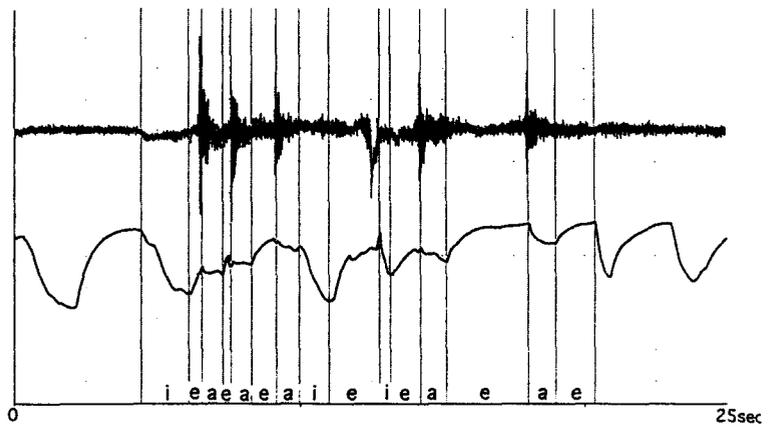


図 3-3 訓練経過 NO.1 における 10ml 嚥下時の呼吸型 (eaeaeaeieieaeae)

2) 訓練の経過と介入条件の効果

嚥下訓練に伴う各試行毎の喉頭運動の回数の変化を表 3-2 に示した。また、各セッション毎の分割嚥下の発現数の推移を図 3-4 に表した。嚥下訓練は、NO.91 において 2ml 嚥下が 1 回の喉頭運動であったことから、4ml のベースライン条件から開始された。第 4、5 セッションとも分割嚥下の発現数が 1 試行であったため、6ml ベースライン条件に進んだ。4mlBL における平均喉頭運動回数は 1.32 回であった。6mlBL では、第 2 セッションにおいて 4 試行、第 3、4、5 セッションにおいて 3 試行に分割嚥下が発現した（平均喉頭運動回数：1.64 回）。再度 6mlBL を実施した結果、第 4、5 セッションにおいて分割嚥下の発現数が 1 試行となった（平均喉頭運動回数：1.32 回）ことから、8ml のベースライン条件（8mlBL）に進んだ。8mlBL では全てのセッションにおいて分割嚥下がみられたことから（平均喉頭運動回数：2.0 回）、次に介入条件（8mlF1）を実施した。

その結果、第 1、2、3、5 セッションにおいて分割嚥下の発現数が 0 試行、第 4 セッションにおいて 1 試行となり、介入条件による効果が認められた。平均喉頭運動回数は 1.04 回に減少した。次に、ベースライン条件に戻したが（8mlF0）、第 1、2、3、5 セッションにおいて分割嚥下の発現数が 1 試行、第 4 セッションにおいて 0 試行となり、般化されたと判断し

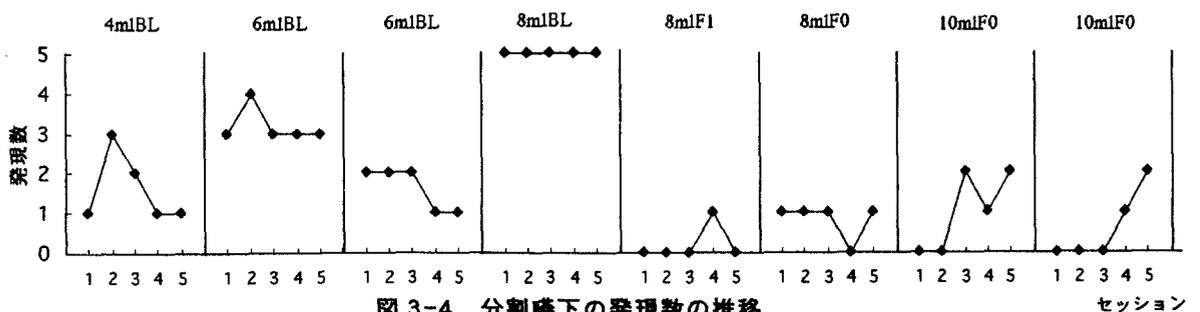


図 3-4 分割嚥下の発現数の推移

表 3-2 訓練による喉頭運動回数の変化

訓練経過 試行	喉頭運動回数									
	NO.93 4mIBL	NO.94 6mIBL	NO.95 6mIBL	NO.96 8mIBL	NO.97 8mF1	NO.98 8mFO	NO.99 10mlFO	NO.103 10mlFO	NO.132 10mlFO	NO.161 10mlFO
1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1
2	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1
3	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1
4	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1
5	1	1	2	2	1	3	1	1	1	1
1	2	2	1	2	1	1	1	1	2	1
2	2	2	1	2	1	1	1	1	1	1
3	2	1	2	2	1	2	1	1	1	1
4	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1
5	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1
1	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1
2	1	2	1	2	1	1	3	1	1	1
3	2	1	2	2	1	3	1	1	1	1
4	1	2	1	2	1	1	2	1	1	1
5	2	1	2	2	1	1	1	1	1	3
1	1	1	1	2	1	1	2	2	1	1
2	2	1	1	2	2	1	1	1	1	1
3	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1
4	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1
5	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1
1	2	1	1	2	1	1	2	2	1	1
2	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1
3	1	2	2	2	1	3	1	2	1	1
4	1	1	1	2	1	1	3	1	1	1
5	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1
平均	1.32	1.64	1.32	2.00	1.04	1.28	1.28	1.12	1.04	1.08

訓練に伴う喉頭運動回数の変化を示した。BLはベースライン条件を、F1は介入条件を、FOは介入条件提示後のベースライン条件を示した。

た。平均喉頭運動回数は 1.28 回であった。同様に 10ml の嚥下 (10mlFO) を実施した結果、第 1、2 セッションでは分割嚥下の発現数が 0 試行であったが、第 3、4、5 セッションでは 2、1、2 試行であった (平均喉頭運動回数 : 1.28 回)。いずれも 2 試行以内であったことから、訓練経過 NO.103 において 10mlBL を再度実施した。分割嚥下の発現数が、第 1、2、3 セッションでは 0 試行であったが、第 4、5 セッションと後半になると 1 試行、2 試行を認めた (平均嚥下反射回数 : 1.12 回)。訓練経過 NO.132、161 と同様に実施し般化されたことが確認された。平均喉頭運動回数は各々 1.04 回、1.08 回であった。

3) 訓練による嚥下状態の変化

前述した訓練が訓練経過 NO.93 から開始されて NO.103 までの 8 回の訓練の後 NO.104、131 において、その後 2 回の訓練後 NO.162 において、嚥下量と分割嚥下の発現数に関する確認のための測定が行われた。その結果が表 3-1 に示されている。訓練経過 NO.162 では 2ml から 10ml までの 25 回の嚥下すべてが 1 回の喉頭運動であったことから、訓練の目的が達成されたと判断して終了した。また、NO.206 において VF 検査を実施したが全ての嚥下が 1 回の喉頭運動であった。

次に、嚥下と呼吸の協調について、訓練前後でどのように変化したかを、各嚥下量ごとに、図 3-5~3-14 に表した。図 3-5 は 2ml 嚥下の訓練前の状態、図 3-6 は訓練後の状態を表し、

図 3-14 まで同様に示した。訓練前には、図 3-9 に表されているように、6ml の嚥下であつても 2 回目の嚥下性無呼吸後には吸気を後続させることが認められた。また、図 3-11 にみられるように、喉頭運動を繰り返すことによって 3 回目の嚥下性無呼吸後に呼気を後続しているものの持続時間が短縮されて吸気に移行していることが認められた。訓練後は、全ての嚥下量が 1 回の喉頭運動で嚥下され、呼吸型も十分な吸気の後には嚥下して呼気を後続させる望ましい型に変化したことが確認された。

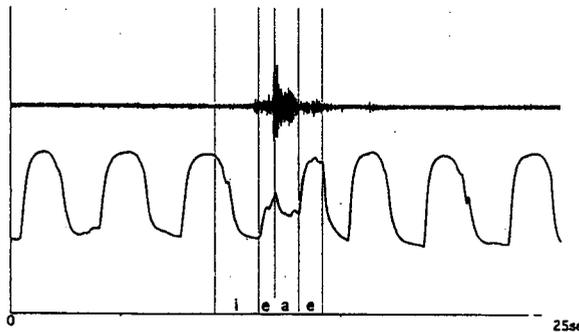


図 3-5 訓練前 2ml 嚥下時の呼吸型
(経過 NO.14 : eae)

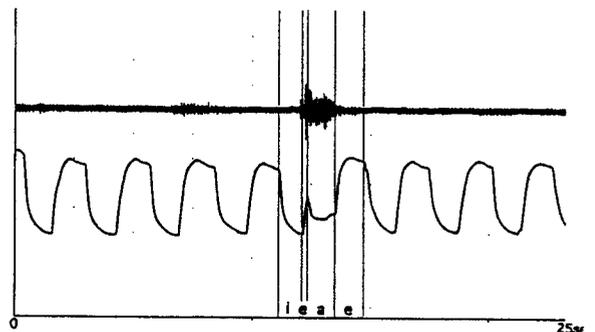


図 3-6 訓練後 2ml 嚥下時の呼吸型
(経過 NO.162 : eae)

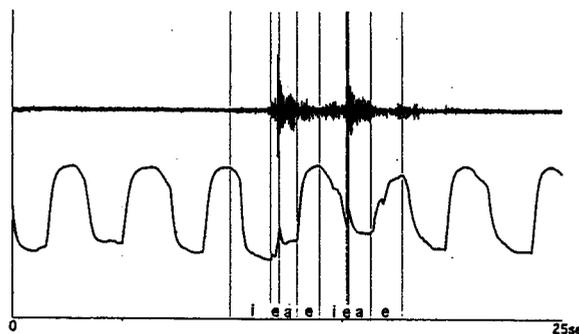


図 3-7 訓練前 4ml 嚥下時の呼吸型
(経過 NO.14 : eaeieae)

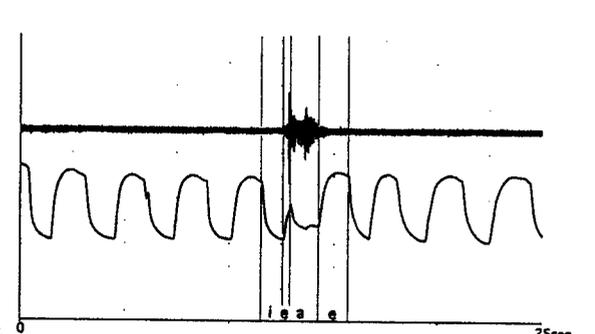


図 3-8 訓練後 4ml 嚥下時の呼吸型
(経過 NO.162 : eae)

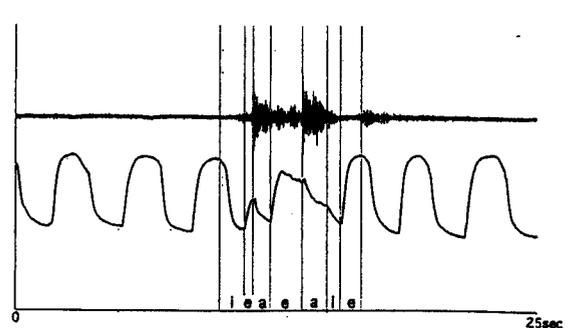


図 3-9 訓練前 6ml 嚥下時の呼吸型
(経過 NO.14 : eaealie)

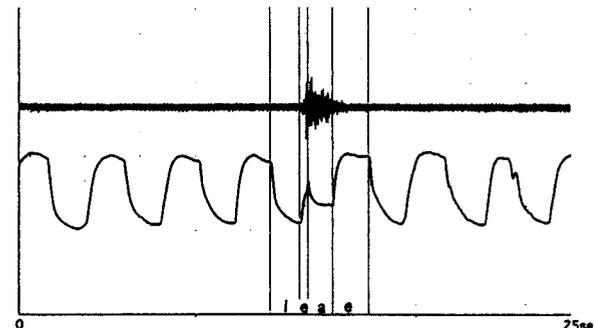


図 3-10 訓練後 6ml 嚥下時の呼吸型
(経過 NO.162 : eae)

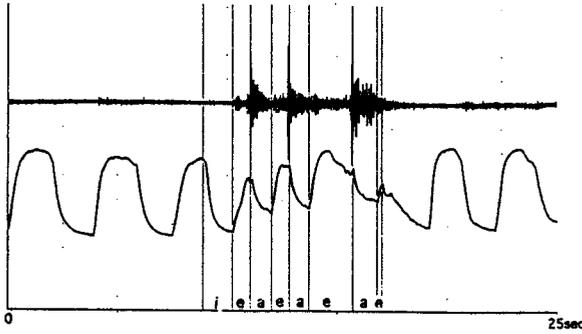


図 3-11 訓練前 8ml 嚥下時の呼吸型
(経過 NO.14 : eaeaeae)

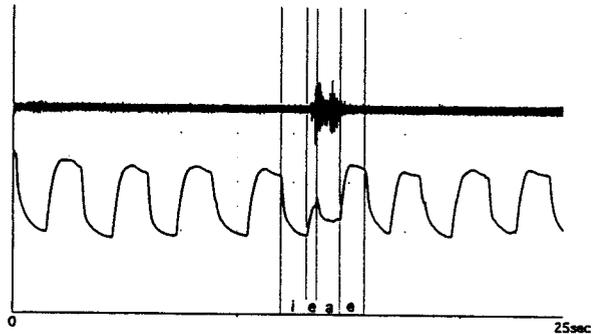


図 3-12 訓練後 8ml 嚥下時の呼吸型
(経過 NO.162 : eae)

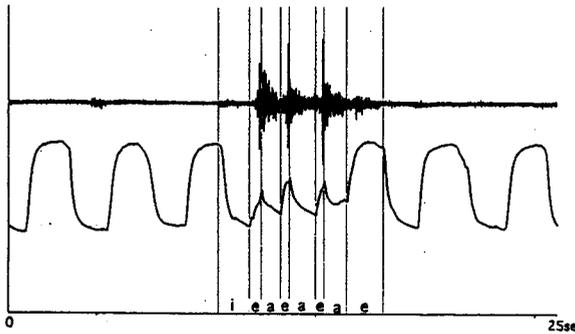


図 3-13 訓練前 10ml 嚥下時の呼吸型
(経過 NO.14 : eaeaeae)

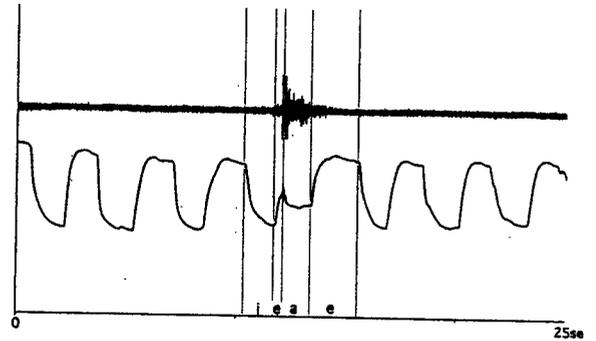


図 3-14 訓練後 10ml 嚥下時の呼吸型
(経過 NO.162 : eae)

考 察

当該被験者は「嚥下と呼吸の協調への水の量・温度の影響」の実験被験者に応募し、その測定時に著明な分割嚥下が認められ、20ml の嚥下量になると誤嚥が認められた。通常、若齢者では 20ml 量までは 1 回の喉頭運動で嚥下できることから、嚥下に問題がある被験者と言えるであろう。被験者は、日常生活上 1 回の嚥下量が少量であることを自覚していたこともあって、訓練を受けることを希望していた。そのため、喉頭運動の回数を自ら数えて把握することができたこと、訓練以外の時間に練習していたこと、訓練には 1 回の喉頭運動で嚥下しようと臨んでいたことが、被験者の特徴としてあげられる。訓練前の嚥下状態は嚥下反射そのものは問題がなかったが、喉頭運動が繰り返されることによって嚥下性無呼吸の後に吸気が現れること、誤嚥を生じる可能性があることが問題であった。

訓練開始前に、嚥下量と分割嚥下の発現数に関する確認テストが各嚥下量について 25 回ずつ実施されたが、その過程において嚥下反射の回数が減少した。2ml では問題がなかったため 4ml からの訓練開始となった。先に述べたように、被験者は嚥下時の喉頭運動の回数を自覚し

ていたことから、それが感覚情報として即時フィードバックの機能を果たしていたことが考えられる。ベースライン条件のみで 6ml までは目標到達したが、8ml になると全てのセッションで分割嚥下となった。「努力したが 2 回反射してしまう」との被験者の発言が聞かれた。

介入条件 1 (F1) として、第 5 セッション (8mlF1) で被験者の呼吸軌跡に合わせて声門上嚥下を誘導した結果、2 回の喉頭運動を 1 試行に認めたもののそれ以外は 1 回であったことから、F1 の効果が認められ、同時に声門上嚥下の効果が確認された。さらに、次の 8mlF0 でも目標が到達され、10mlF0 でも同様であったことから、般化されたと考えられた。訓練終了後の各嚥下量の呼吸軌跡から、2ml 嚥下時の呼吸軌跡と同様に声門上嚥下が実行されていたことが確認された。

また、被験者は随意運動であるはずの舌の運動が、不随意的に 2 ml ごとに送り込み、それに対して嚥下反射が惹起されていた。そのため、今回の結果からは、舌が 10ml の水を送り込むことができるようになったことを示している。声門上嚥下訓練が、随意的に制御できる舌の運動 (オペラント) を改善させ、結果的に、嚥下反射 (レスポナント) をコントロールしたとも言える。

2. 高齢者に対するバイオフィードバックに関する実験

目的

嚥下時の呼吸との協調においては十分な吸気後に嚥下性無呼吸が惹起され、十分な呼気が後続される呼吸型が望ましい。呼気の終了時に嚥下反射を惹起させる呼吸型を吸気の終了時に嚥下反射を惹起させる呼吸型へ変更することが目的である。そのために、声門上嚥下訓練に関して、コンピュータディスプレイ上にリアルタイムで描画される嚥下時の呼吸軌跡を即時的にフィードバックすることによる効果が検討された。

実験方法

1) 被験者

日常生活上ときどき誤嚥することを自覚し、呼気の終末時に嚥下性無呼吸を惹起させる呼吸型 (2i3e・3i3e) の発現率の高い 70 歳の女性を被験者とした。研究参加の同意が得られ、訓練を希望していた。

2) 測定装置

第2章「1. 加齢に伴う嚙下時の呼吸の変化」と同様の測定装置を用いた (p.22)。ただし、MacLab システムの標準ソフトは MacLabV3.5.7 を、ノート型パーソナルコンピュータは PowerBook 2400c/180 (アップルコンピュータ) を使用した。

3) 測定方法

基本的な測定方法は、第2章「1. 加齢に伴う嚙下時の呼吸の変化」測定方法 (p.23) と同様である。

4) 手続き

10ml の水嚙下 10 試行を1セッションとし、1日に1セッションの測定が実施された。実験デザインは ABAB デザインが採用され、ベースライン条件 (BL)、介入条件1 (F1)、介入条件2 (F2) が実施された。また、介入条件1を中止した状態を F0 と表した。訓練スケジュールは BL、F1、F0、F1、F0、F2、F0 の順に実施され、各条件におけるセッション数は従属変数の値が安定したことの判断によって決められた。

実験条件としての独立変数は、F1 では望ましい呼吸型の提示と、嚙下時の呼吸軌跡のコンピュータディスプレイによる即時的なフィードバックである。F2 では F1 に加えて、十分に吸気した後に息をこらえてゴックンと嚙下するとの嚙下時の感覚情報の提供と成功に対する賞賛である。これらに対する従属変数は嚙下随伴呼吸周期の呼吸型ならびにその周期における吸気 (swin)、呼気 (swex1)、嚙下性無呼吸 (apnea)、呼気 (swex2) の持続時間である。

呼吸型は、十分な吸気の後に嚙下反射を生じ嚙下性無呼吸後に十分な呼気が後続される型が最も安全な呼吸型であることから、2i1e、3i1e、2i2e、3i2e の発現数を従属変数とした。

(1) ベースライン条件 (BL)

測定方法に述べた通常の教示のみで測定が開始された。被験者がコンピュータディスプレイをみることはなかった。

(2) 介入条件1 (F1)

ベースライン条件に加えて以下の手続きが実施された。F1 の第1セッションでは、被験者に吸気と呼気を実行させながらディスプレイを見せ、吸気が下降する曲線、呼気が上昇する曲線であることを教示した。続いて、BLで記録された「3i3e」の呼吸型が誤嚙を生じやすいこと、画面の曲線ができる限り下へ行ったときにゴックンと飲み込むことを教示した。また、第2セ

セッションからは、ディスプレイを見せて、画面の曲線ができる限り下へ行ったときにゴックンと飲み込むことを教示した。

(3) 介入条件 2 (F2)

介入条件 1 によって般化されないとき介入条件 2 の手続きが実施された。F2 では F1 に加えて、各セッションの開始時に吸気と呼気を確認した上で「十分に息を吸った後に息をこらえてゴックンと口の中の水を飲み込んで下さい」と教示がなされ、さらに、成功した時には「上手ですね」と賞賛が与えられた。

結果

各セッションにおける各試行毎に出現した呼吸型を表 3-3 に示した。2i1e と 3i1e (2/3i1e) が最も安全な呼吸型であり、次に続く安全な呼吸型が 2i2e と 3i2e (2/3i2e) である。誤嚥を生じやすい呼吸型が 2i3e と 3i3e (2/3i3e) であるが、これらの呼吸型について、各条件における発現頻度と嚥下随伴呼吸周期における持続時間を表 3-4 に示した。また、実験スケジュールに従って各条件のセッションにおける 2/3i1e の発現数の推移を図 3-15 に、2/3i1e に 2/3i2e を加えた発現数の推移を図 3-16 に示した。

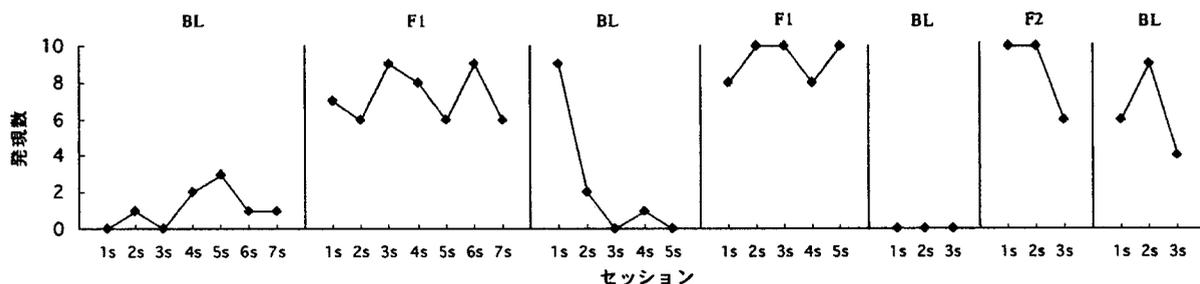


図 3-15 2/3i1e の呼吸型の発現推移

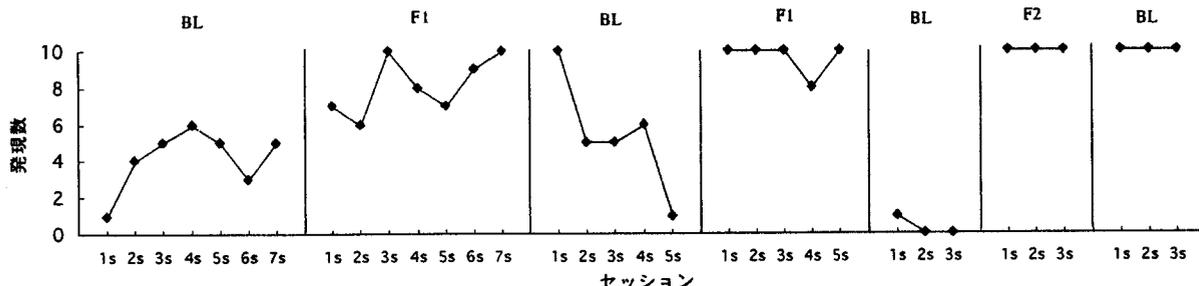


図 3-16 2/3i1e・2/3i2e の呼吸型の発現推移

表 3-3 各試行における呼吸型

フェイス	条件	セッション	試行									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	BL	1	3i3e	3i3e	3i3e*	分割嚥下	3i3e	3i2e	3i3e*	3i3e	分割嚥下	分割嚥下
		2	1i1e	3i3e*	3i3e*	2i2e	3i2e	2i2e	2i1e	3i3e*	3i3e	3i3e
		3	分割嚥下	3i2e	3i2e	3i2e	3i3e*	2i2e	3i3e	3i3e	3i3e	3i2e
		4	3i2e	1i1e	1i1e	3i3e	2i1e	3i2e	2i2e	3i1e	3i3e	2i2e
		5	3i2e	3i3e*	3i2e	2i1e	3i3e*	2i1e	3i3e*	1i2e	3i1e	3i3e*
		6	2i3e	3i2e	3i1e	3i3e	2i2e	3i3e	2i3e	3i3e	3i3e	1i1e
		7	3i3e*	3i3e	3i2e	3i3e	3i2e	3i3e	3i2e	3i1e	3i3e	2i2e
2	F1	1	2i1e	2i1e	2i1e	2i1e	1i2e	2i1e	2i1e	1i1e	2i1e	2i3e
		2	2i1e	1i1e	2i1e	3i3e	2i1e	2i1e	3i1e	分割嚥下	分割嚥下	2i1e
		3	2i1e	2i1e	2i1e	2i1e	2i2e	2i1e	2i1e	2i1e	2i1e	2i1e
		4	2i1e	2i1e	2i1e	1i1e	2i1e	3i1e	2i1e	1i1e	2i1e	2i1e
		5	1i2e	2i1e	2i1e	2i1e	1i1e	2i1e	2i1e	2i1e	1i2e	2i2e
		6	1i1e	2i1e	2i1e	2i1e	3i1e	2i1e	2i1e	2i1e	2i1e	2i1e
		7	2i1e	2i1e	3i2e	3i2e	3i2e	3i1e	3i1e	3i1e	3i1e	3i2e
3	F0	1	3i1e	2i1e	2i1e	2i1e	3i1e	3i1e	3i2e	3i1e	3i1e	3i1e
		2	3i1e	3i1e	3i2e	3i2e	3i3e	3i2e	3i3e	3i3e	3i3e	2i3e
		3	3i2e	3i2e	3i2e	3i2e	3i3e	3i2e	3i3e	1i1e	3i3e	3i3e
		4	3i2e	3i2e	3i2e	3i2e	3i1e	3i3e	3i2e	3i3e	3i3e	3i3e
		5	3i2e	3i3e								
4	F1	1	2i1e	2i2e	3i1e	2i1e	3i1e	2i2e	2i1e	2i1e	2i1e	2i1e
		2	3i1e	2i1e	2i1e	3i1e						
		3	2i1e	3i1e	2i1e	2i1e						
		4	2i1e	2i1e	1i1e	2i1e	2i1e	2i1e	2i1e	2i1e	2i1e	1i1e
		5	2i1e	2i1e	2i1e	2i1e	2i1e	2i1e	3i1e	2i1e	2i1e	3i1e
5	F0	1	3i3e	3i2e	3i3e	3i3e	3i3e*	1i1e	3i3e*	3i3e*	3i3e*	3i3e*
		2	3i3e*	3i3e	3i3e	3i3e*	3i3e*	3i3e	3i3e	3i3e	3i3e*	3i3e*
		3	3i3e	1i2e	3i3e	3i3e	3i3e*	3i3e*	3i3e*	3i3e*	3i3e	3i3e
6	F2	1	3i1e									
		2	3i1e									
		3	3i1e	3i1e	3i1e	3i1e	3i1e	3i2e	3i2e	3i2e	3i2e	3i1e
7	F0	1	3i2e	3i1e	3i2e	3i1e	3i1e	3i2e	3i2e	3i1e	3i1e	3i1e
		2	3i1e	3i1e	3i1e	3i1e	3i1e	3i1e	3i2e	3i1e	3i1e	3i1e
		3	3i2e	3i2e	3i2e	3i1e	3i2e	3i1e	3i2e	3i2e	3i1e	3i1e

1) 各試行毎に呼吸型を表した。□ は2/3i1eを表し、■ は2/3i2eを表し、■ は2/3i3e・3i3e*を表し、呼吸型ae型に該当する。また、3i3e*は3eの範囲を越えた呼吸を表す。■ は1i1e・1i2e、分割嚥下などを一括して表した。

1) ベースライン条件において発現した呼吸型

BL では7セッションが実施され、70 試行のうち単独嚥下は 66 試行(94.3%)、分割嚥下が 4 試行(5.7%)であった。単独嚥下は全て eae 型であったが、望ましい呼吸型としての 2/3i1e は 8 試行

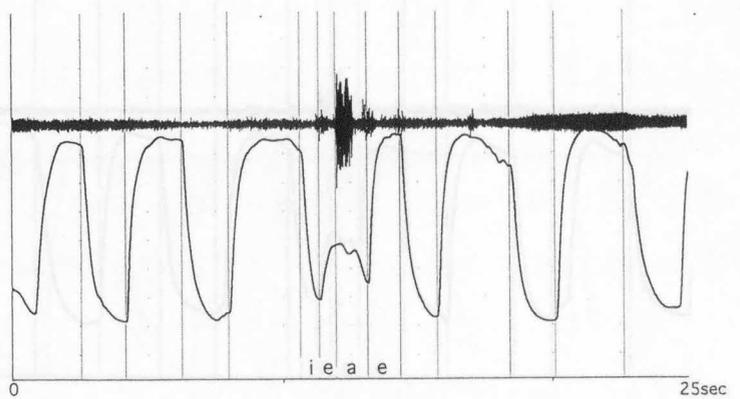


図 3-17 第1フェイス BL 条件における呼吸型 (2i1e)

(11.4%)、2/3i2e は 21 試行 (30.0%) であった。図 3-17 に 2i1e の嚙下時の呼吸軌跡を表した。誤嚙を起こしやすい呼吸型としての 2/3i3e は 32 試行 (45.7%)、1i1e と 1i2e は 5 試行 (7.1%) であった。

各セッション毎の発現数の推移をみると 2/3i1e では (図 3-15) 0~3 試行の範囲であり、2/3i2e を加えると 1~6 試行の範囲 (図 3-16) であった。

2) 介入条件 1 の効果

介入条件の効果が従属変数としての呼吸型 2/3i1e と 2/3i2e の発現数の増減によって判定された。第 2 フェーズにおいて 2/3i1e が 6~9 試行、2/3i2e を加えると 6~10 試行であり、BL に比較して増加した。第 3 フェーズにおいて BL に戻したところ、第 1 セッションでは 2/3i1e が 9 試行、2/3i2e を加えて 10 試行であったが、セッションが進むに従って第 5 セッションでは 0 試行となった。さらに、第 4 フェーズにおいて F1 を加えると 2/3i1e、2/3i2e とも 8~10 試行と増加した。介入条件 1 は望ましい呼吸型の提示と、嚙下時の呼吸軌跡のコンピューターディスプレイによる即時的

なフィードバックである。第 3 フェーズにおいて、嚙下時の呼吸軌跡のコンピューターディスプレイによる即時的なフィードバックが中止されると発現数が減少し、第 4 フェーズにおいてディスプレイ

による即時的なフィードバックが再開されると発現数が増加したことから、介入条件 1 は望ましい呼吸型の発現数を増加させたことが確認された。しかし、12 セッションの訓練を経過しても、ディス

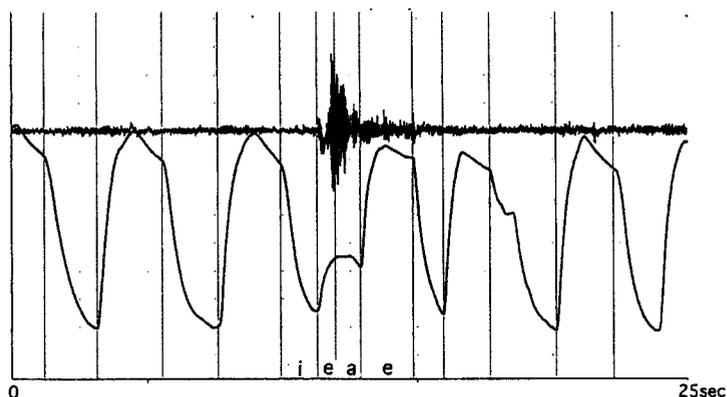


図 3-18 第 2 フェーズ F1 条件における呼吸型 (3i1e)

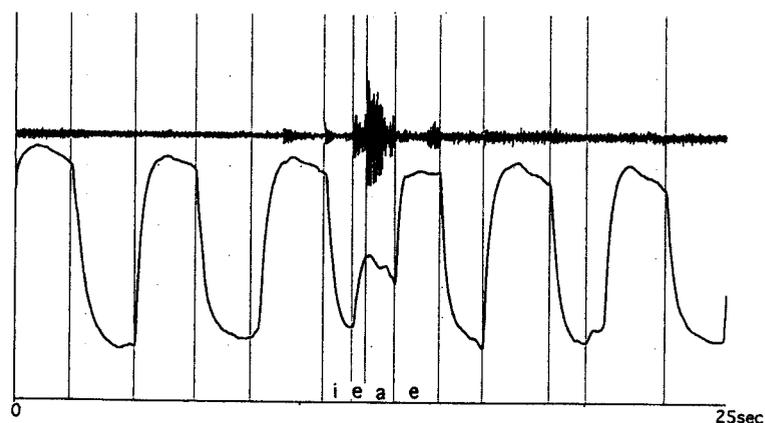


図 3-19 第 4 フェーズ F1 条件における呼吸型 (2i1e)

プレイによる即時的なフィードバックを中止すると望ましい嚥下行動が維持されなかった。

3) 介入条件2の効果

第5フェイズにおいて、2/3i1e の発現数が 0 試行、2/3i2e を加えても 0~1 試行と第1フェイズよりも減少した。このフェイズにおいて発現した呼吸型は表 3-4 にみられるように、2/3i3e が 90%を占め、一定の呼吸型が出現する変化がみられた。第3セッション後に、「息

を吐ききった時にゴックンと飲むようにしている」との被験者の発言から、ディスプレイによる即時的なフィードバックがあれば、吸気終了後に嚥下反射を起こしていたが、F1 を中止すると画面上の吸気と呼気を被験者は逆転させて理解していた。

第6フェイズでは F1 に加えて、十分に吸気した後息をこらえてゴックンと嚥下するとの嚥下時の感覚情報の提供と成功に対する賞賛を加えた。2/3i1e の発現数は第1・2セッションでは 10 試行、第3セッションでは 6 試行であった。2/3i2e を加えると全てのセッションにおいて 10 試行と増加した。続いて、第7フェイズの第1セッション開始前に被験者から「画

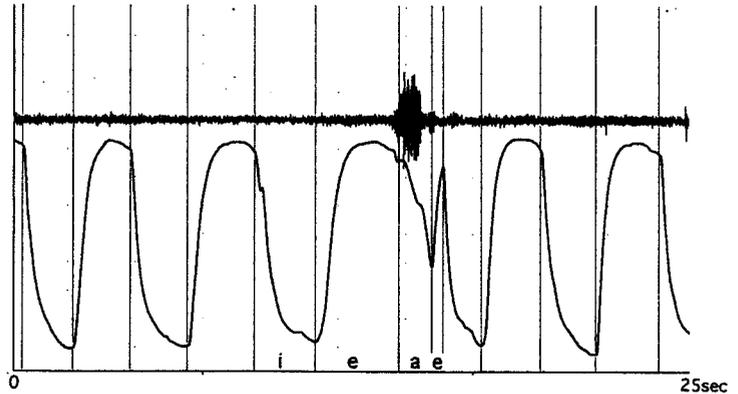


図 3-20 第5フェイズ F0 条件における呼吸型 (3i3e)

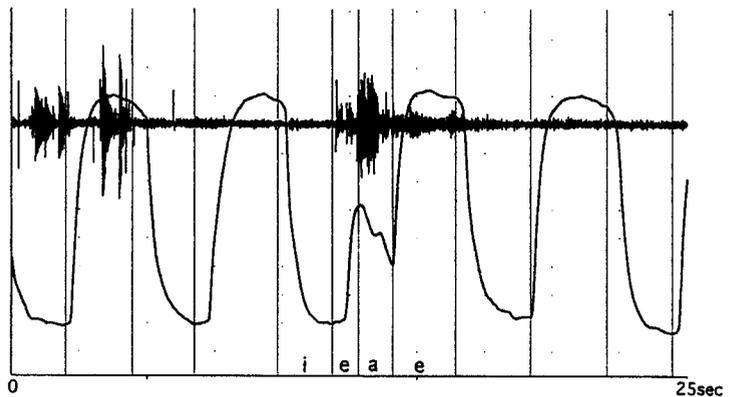


図 3-21 第6フェイズ F2 条件における呼吸型 (3i2e)

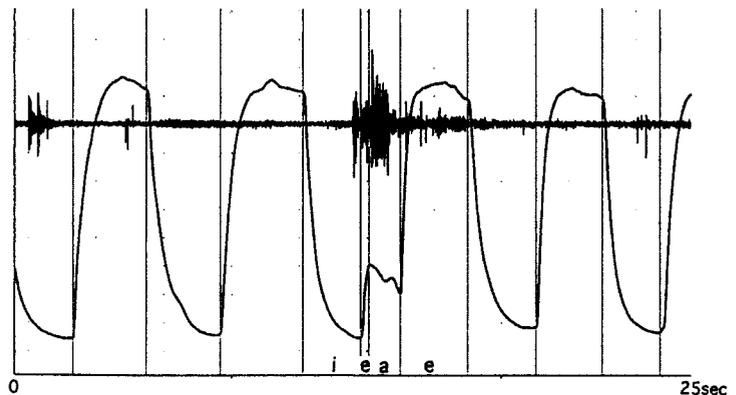


図 3-22 第6フェイズ F2 条件における呼吸型 (3i1e)

面上の上向きの曲線が吸気で下向きの曲線が呼気であるか」との質問があった。この時点でも吸気と呼気の混乱がみられた。このフェイズではディスプレイによる即時的なフィードバックのみを中止した。その結果、2/3i1eの発現数は第1・2・3セッションでは各々6・9・4試行、2/3i2eを加えると全てのセッションにおいて10試行と発現数が維持され、般化されたことが確認された。これによって、感覚情報の提供が望ましい呼吸型の維持に効果を認めた。

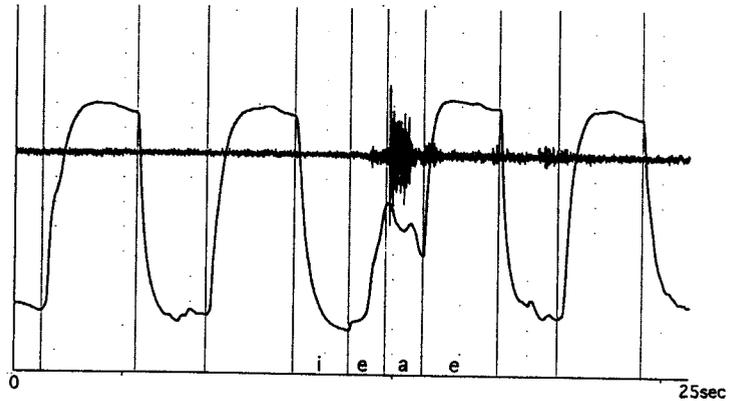


図 3-23 第7フェイズ F0 条件における呼吸型 (3i2e)

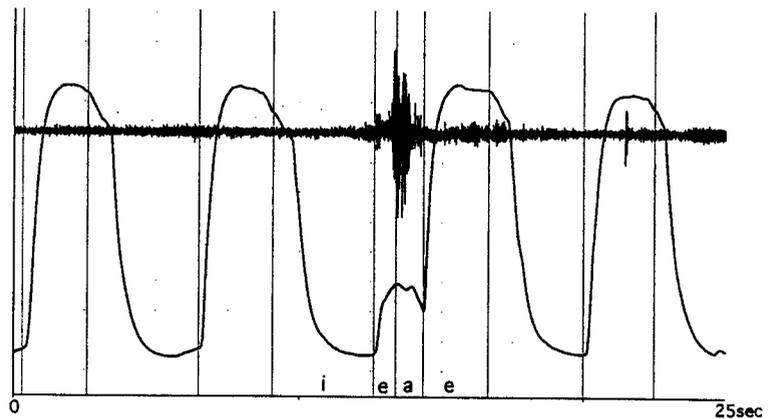


図 3-24 第7フェイズ F0 条件における呼吸型 (3i1e)

4) 呼吸型における持続時間の変化

2i1e あるいは 3i1e の嚥下時の呼吸軌跡について、第1フェイズ (BL) は図 3-17、第2フェイズ (F1) は図 3-18、第4フェイズ (F1) は図 3-19、第6フェイズ (F2) は図 3-21・3-22、第7フェイズ (F0) は図 3-23・3-24 に示した。第5フェイズ (F0) については、3i3e の嚥下時の呼吸軌跡を図 3-20 に示した。図 3-22 (3i1e) では、十分な吸気の後には嚥下性無呼吸が生じ十分な呼気が後続されていることが確認できる。さらに、嚥下を随伴した呼吸周期と前後の呼吸周期とを比較しても吸気の持続時間が同様であって安定していることが視覚的に判断できる。図 3-24 (3i1e) でも同様であった。これらを図 3-17 (BL-2i1e)、図 3-18 (F1-3i1e) と比較すると、吸気の持続時間では第2フェイズにおける F1-2/3i1e が $0.91 \pm 0.32 \text{sec}$ であったのに対して、第6フェイズにおける F2-2/3i1e が $2.27 \pm 0.28 \text{sec}$ 、第7フェイズでは 3.00

表 3-4 単独嚙下における呼吸型の発現頻度と嚙下随伴呼吸周期における持続時間 (mean±SD)

フェイズ	条件	呼吸型	n	%	swin (sec)	swex1 (sec)	apnea (sec)	swex2 (sec)	EX (sec)
1	BL	2/3i1e	8	11.4	1.33±0.42	0.71±0.16	1.12±0.15	1.82±0.42	3.65±0.49
		2/3i2e	21	30	1.44±0.39	1.33±0.38	1.21±0.18	1.82±0.47	4.35±0.52
		2/3i3e	32	45.7	1.60±0.27	2.69±0.56	1.34±0.25	0.97±0.60	5.00±0.68
2	F 1	2/3i1e	51	72.9	0.91±0.32	0.54±0.10	1.00±0.09	1.57±0.62	3.10±0.62
		2/3i2e	6	8.6	1.38±0.49	0.93±0.11	0.95±0.19	2.07±0.70	3.95±0.86
		2/3i3e	2	2.9	1.28±0.00	2.89±0.04	1.39±0.06	2.37±0.31	6.65±0.21
3	FO	2/3i1e	12	24	1.38±0.26	0.59±0.11	1.14±0.19	1.88±0.64	3.61±0.65
		2/3i2e	15	30	1.67±0.30	1.57±0.30	1.20±0.17	0.85±0.50	3.63±0.42
		2/3i3e	22	44	1.72±0.27	2.28±0.35	1.22±0.17	0.47±0.14	3.97±0.49
4	F 1	2/3i1e	46	92	1.11±0.23	0.54±0.12	0.97±0.10	1.40±0.40	2.91±0.38
		2/3i2e	2	4	0.99±0.01	0.69±0.03	0.86±0.01	0.96±0.18	2.51±0.22
		2/3i3e	0	0					
5	FO	2/3i1e	0	0					
		2/3i2e	1	3.3	1.81	1.84	1.21	0.46	3.51
		2/3i3e	27	90	1.98±0.37	2.67±0.38	1.19±0.12	0.44±0.13	4.30±0.37
6	F 2	2/3i1e	26	86.7	2.27±0.28	0.56±0.18	1.10±0.08	2.29±0.35	4.06±0.46
		2/3i2e	4	13.3	2.39±0.25	0.96±0.04	1.19±0.09	2.41±0.10	4.56±0.14
		2/3i3e	0	0					
7	FO	2/3i1e	19	63.3	3.00±0.35	0.89±0.14	1.15±0.13	2.62±0.40	4.67±0.52
		2/3i2e	11	36.7	2.74±0.51	1.37±0.21	1.24±0.11	2.56±0.42	5.17±0.49
		2/3i3e	0	0					

1) BL1・F1は70試行における呼吸型の発現数をnで発現頻度を%で表した。同様に、BL2・F2は50試行、BL3・F3・BL4は30試行における発現数と発現頻度である。
 2) swinは嚙下随伴呼吸周期における吸気を、apneaは嚙下性無呼吸を、swex1は無呼吸前の吸気を、swex2は無呼吸後の呼気の持続時間を表す。
 さらに、EXは呼気の開始から終了まで (swex1+apnea+swex2) の持続時間を表す。

±0.35sec と延長していた (表 3-4)。また、2/3i3e についてみると、図 3-20 にみられるように呼気の終了時に嚙下性無呼吸が惹起されるために、無呼吸後の呼気が短縮され、次の呼吸周期の吸気に移行していることがわかる。これを呼気 (swex2) 持続時間でみると、第1フェイズの 2/3i1e が 1.82±0.42sec であるのに対し 2/3i3e では 0.97±0.60sec であった。第6フェイズの 2/3i1e が 2.29±0.35sec であるのに対し、第5フェイズの 2/3i3e が 0.44±0.13sec と、いずれも 2/3i3e において短縮されていることが認められた。

考 察

訓練前の嚙下時の呼吸型は呼気相で嚙下性無呼吸が惹起される eae 型であったものの、呼気相の終末時に引き起こされる 3i3e 型が 45.7% を占めていた。「第2章 1 加齢に伴う嚙下時の呼吸の変化」で述べた呼吸型の発現率と比較しても高率であるといえる。また、3i3e 型において嚙下性無呼吸に後続する呼気は 0.97±0.60sec であり、2/3i1e の 1.82±0.42sec に対して短縮されている。呼吸軌跡からも、この呼気が短縮されてすぐに吸気に移行していることがわかる。加えて、嚙下随伴呼吸周期の始まりの吸気後、次の呼吸周期の吸気までの持続時間は 5.00±0.68sec であり、3i3e 型では 2/3i1e の 3.65±0.49sec に対して延長されていた。被験者が 70 歳であることから、加齢に伴って嚙下性無呼吸開始が呼吸周期の時間軸に沿った呼気方向に遅れ、そのために嚙下性無呼吸後の呼気が不十分なまま次の呼吸周期の吸気へと移行していると考えられる。これは誤嚙を起こしやすい状況であり、日常生活上「時々むせる」との被験者の言葉がうなづける呼吸型であった。

今回、被験者のコンピュータディスプレイ上の呼吸軌跡をフィードバックすることによって、2/3i1e が 72.9%に増加した。介入条件を中止したフェイズでは、第1セッションにおいて維持されたものの、その後は徐々に 2/3i1e の発現率が下がり、結果的に呼吸型の発現率はベースライン条件と同様であった。しかし、再度条件を導入することによって 2/3i1e の発現率は 92.0%と増加している。以上から、介入条件 1 は 2/3i1e の発現率を増加させる効果が確認された。これは、吸気と呼気がリアルタイムに表示されるため、嚥下反射を起こす時期の手がかりがつかめること、その結果が即時的にフィードバックされることの効果であることが考えられた。しかし、第5フェイズにおいて般化されることはなかった。被験者の発言から、ディスプレイ上の呼吸軌跡の下がったところで反射を起こすことが理解されていたが、下向きの呼吸軌跡が呼気であると判断され、呼気の終了時に嚥下すると理解されていた。

介入条件2において、セッション毎に感覚情報として十分に吸気した後に息をこらえてゴクンと飲み込むように教示することによって、2/3i1e の吸気の持続時間は第6フェイズでは $2.27 \pm 0.28 \text{sec}$ であり、第1フェイズの $1.33 \pm 0.42 \text{sec}$ に比較して延長していることから、十分な吸気がなされるように変化したことがわかる。さらに、嚥下性無呼吸後の呼気も十分に なされるように変換し、より安全な呼吸型へと変化した。第7フェイズでディスプレイを取り除いた時、吸気と呼気を混同する発言がみられたが、介入条件2を継続することで 2/3i1e は 63.3%の発現率で維持された。2/3i2e が 36.7%発現したことは、嚥下性無呼吸前の呼気が延長していることを示している。これは、ディスプレイを取り除くことによって、嚥下反射を起こすタイミングがわずかに遅れることが考えられた。

また、吸気と呼気は、吸気で上昇して呼気で下降するように画像がイメージされていることが示唆された。今後の訓練法として、吸気が下降曲線、呼気が上昇曲線を表す現行の表示を逆転させることが必要であろう。

3. 随意（オペラント）による嚥下性無呼吸惹起に関する実験

目 的

嚥下時の呼吸軌跡を視覚的即時的にフィードバックすることによる訓練の可能性を検討するために、若齢者および高齢者が呼吸周期のいずれの位置でも、随意的に嚥下性無呼吸を惹起させることが可能であるのかを明らかにすることが目的である。

研究方法

1) 被験者

若齢者の被験者は、研究参加に同意が得られた健康な女性 11 人（年齢 19.45 ± 0.7 歳）であった。高齢者の被験者は、養護老人ホームに入居中の高齢者のうち、研究参加に同意が得られた男性 11 人（年齢 71.5 ± 3.7 歳）であった。いずれも呼吸器疾患、神経・筋疾患、脳血管障害など嚥下に影響を及ぼす既往はなかった。

2) 測定装置

第 2 章「1. 加齢に伴う嚥下時の呼吸の変化」と同様の測定装置が用いられた (p.22)。

ただし、ノート型パーソナルコンピュータは PowerBook2400c/180 (アップルコンピュータ) が使用された。

3) 測定方法

基本的な測定方法は、第 2 章「1. 加齢に伴う嚥下時の呼吸の変化」測定方法 (p.23) と同様であった。

4) 手続き

(1) 若齢者

第 2 章「4. 嚥下時の呼吸型の再現性に関する実験」の 2 回目の測定に引き続いて、実験を実施した。水を口に含み、コンピュータディスプレイ上の呼吸軌跡を見ながら、A (呼気終了時)、B (吸気途中)、C (吸気終了時)、D (呼気途中) の呼吸周期上の時期を図で示し (図 3-25)、被験者はこの A から D ま

でのいずれか実験者が指示する時期で嚥下するよう教示された。ABCD の各時期は、被験者ごとにランダムに提示され、椅座位でカップを使用した常温水の水 10ml の嚥下が 1 つの時期につき 5

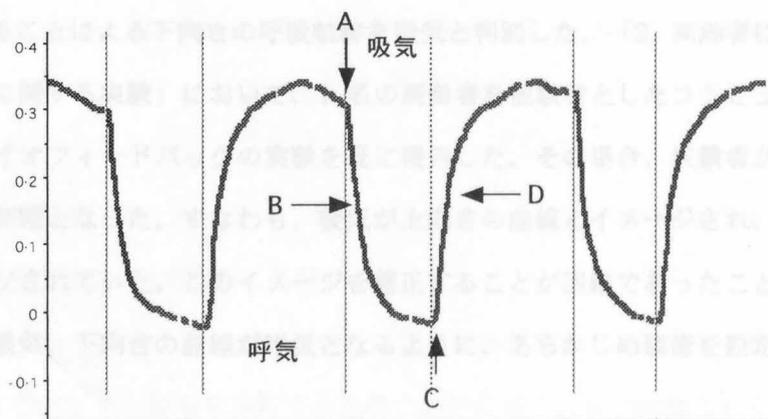


図 3-25 呼吸周期上の嚥下時期の教示図 (若齢者)

回実施された。

(2) 高齢者

被験者が 5ml の常温水を嚥下する時の呼吸と舌骨上筋群の表面筋電図の同時測定を実施した。まず、被験者が装置になれて呼吸が安定したことを確認した後に、安静時の呼吸周期として 10

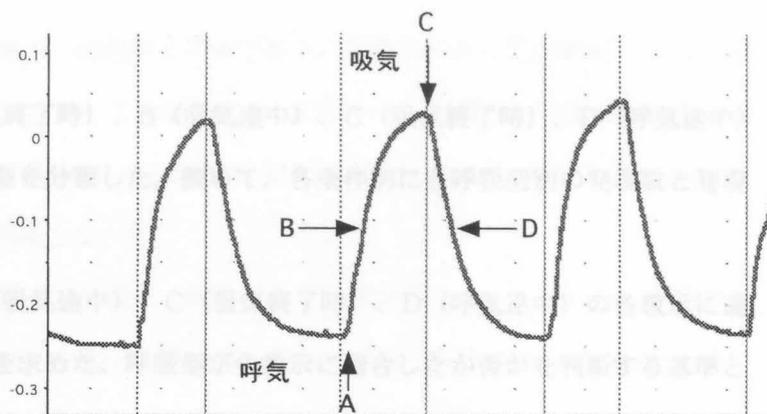


図 3-26 呼吸周期上の嚥下時期の教示図 (高齢者)

回が測定された。

続いて、コンピュータディスプレイ上の呼吸軌跡を見ない状態で、通常教示、吸気終了時教示、呼気終了時教示の順に、5ml 水嚥下がそれぞれ 5 回実施された。通常教示は、被験者のタイミングで口の中の水を嚥下する教示である。吸気終了時教示は「息を十分吸った後に口の中の水を飲み込んで下さい」であり、呼気終了時教示は「息を十分吐いた後に口の中の水を飲み込んで下さい」との教示である。

次に、被験者が椅座位の姿勢をとり、正面に呼吸軌跡を見ることができる位置に、液晶プロジェクターを用いてディスプレイ画像が映写された。被験者は呼吸軌跡を見ながら、A (呼気終了時)、B (吸気途中)、C (吸気終了時)、D (呼気途中) の呼吸周期上の時期を図で示され (図 3-26)、この A から D までのいずれか実験者が指示する時期で嚥下するように教示された。ABCD の各時期は、被験者ごとにランダムに提示され、椅座位でカップを使用した常温 (25℃) の水 5ml の嚥下が 1 つの時期につき 5 回実施された。

また、従来の呼吸型に関する判別方法は、温度が上昇することによる上向きの呼吸軌跡を呼気と判別し、温度が下降することによる下向きの呼吸軌跡を吸気と判別した。「2. 高齢者に対するバイオフィードバックに関する実験」において、1 名の高齢者を被験者としたコンピュータディスプレイを用いたバイオフィードバックの実験を既に報告した。その場合、被験者が吸気と呼気を混同することが問題となった。すなわち、吸気が上向きの曲線とイメージされ、呼気が下向きの曲線とイメージされていた。このイメージを修正することが困難であったことから、今回は上向きの曲線が吸気、下向きの曲線が呼気となるように、あらかじめ装置を設定した上で実施した。

5) 分析方法

(1) 若齢者

まず、10ml 水嚙下、A（呼気終了時）、B（吸気途中）、C（吸気終了時）、D（呼気途中）の各教示における嚙下時の呼吸型を分類した。続いて、各条件別に各呼吸型別の発現数と発現率を求めた。

次に、A（呼気終了時）、B（吸気途中）、C（吸気終了時）、D（呼気途中）の各教示に適合する呼吸型の発現数と発現率を求めた。呼吸型が各教示に適合したか否かを判断する基準と教示に適合したと判断される呼吸型を以下に示す。

A（呼気終了）の教示では、呼気条件として「3-4e」が満たされ、さらに吸気条件として「3-4i」を満たす呼吸型を教示に適合した呼吸型と判断した。その結果、適合した呼吸型は、eae 型では 3i3eae・3i4eae・4i3eae・4i4eae、eai 型では 3i3eai・3i4eai・4i3eai・4i4eai の 8 種類となった。

B（吸気途中）の教示では、吸気条件として「1-2i」が満たされ、さらに呼気条件として「1e」を満たす呼吸型を教示に適合した呼吸型と判断した。その結果、適合した呼吸型は eae 型では 1i1eae・2i1eae、eai 型では 1i1eai・2i1eai、iae 型では 1iae・2iae、iai 型では 1iai・2iai の 8 種類となった

C（吸気終了）の教示では、吸気条件として「3-4i」が満たされ、さらに呼気条件として「1e」を満たす呼吸型を教示に適合した呼吸型と判断した。その結果、適合した呼吸型は、eae 型では 3i1eae・4i1eae、eai 型では 3i1eai・4i1eai、iae 型では 3iae・4iae、iai 型では 3iai・4iai の 8 種類となった。

D（呼気途中）の教示では、呼気条件として「1-2e」が満たされ、さらに吸気条件として「3-4i」を満たす呼吸型を教示に適合した呼吸型と判断した。その結果、適合した呼吸型は、eae 型では 3i1eae・3i2eae・4i1eae・4i2eae、eai 型では 3i1eai・3i2eai・4i1eai・4i2eai の 8 種類となった。

(2) 高齢者

5ml 水嚙下、吸気終了時、呼気終了時、A・B・C・D の各教示における嚙下時の呼吸型を分類した。続いて、各条件別に各呼吸型別の発現数と発現率を求めた。

次に、吸気終了時・呼気終了時・A・B・C・D の各教示に適合する呼吸型の発現数と発現率を求めた。呼吸型が各教示に適合したか否かを判断する基準と教示に適合したと判断される呼吸型を以下に示す。ただし、A・B・C・D の各教示については、既に若齢者の項で述べたので、

吸気終了時教示と呼気終了時教示について、以下に述べる。

吸気終了時の教示は C (吸気終了) の教示と同様であり、吸気条件として「3-4i」が満たされ、さらに呼気条件として「1e」を満たす呼吸型を教示に適合した呼吸型と判断した。その結果、適合した呼吸型は、eae 型では 3i1eae・4i1eae、eai 型では 3i1eai・4i1eai、iae 型では 3iae・4iae、iai 型では 3iai・4iai の 8 種類となった。

呼気終了時の教示は A (呼気終了) の教示と同様であり、呼気条件として「3-4e」が満たされ、さらに吸気条件として「3-4i」を満たす呼吸型を教示に適合した呼吸型と判断した。その結果、適合した呼吸型は、eae 型では 3i3eae・3i4eae・4i3eae・4i4eae、eai 型では 3i3eai・3i4eai・4i3eai・4i4eai の 8 種類となった。

結 果

1) 若 齢 者

呼吸型の即時的視覚的フィードバックを実施した上で、A (呼気終了時)、B (吸気途中)、C (吸気終了時)、D (呼気途中) の各教示に適合した呼吸型の発現数と適合率を表 3-5 に示した。A (呼気終了時) では総数 55 嚙下のうち 29 嚙下 (52.7%) が適合した呼吸型であった。同様に、B (吸気途中) では 39 嚙下 (70.9%) が、C (吸気終了時) では 28 嚙下 (50.9%) が、D (呼気途中) では 26 嚙下 (47.3%) であった。

次に、各呼吸型の発現率を表 3-6 に示した。通常教示では分割嚙下が 10ml (1 回目) 37.3%、10ml (2 回目) 25.5% を占めたのに比較して、A・C・D の各教示では 0%、B 教示では 1.8% であった。A・B・C・D の各教示による試行 220 回の嚙下のうち 214 回を単独嚙下が占め、A・C・D の各教示では 98.2%、B 教示では 94.5% であった。

表 3-5 教示に適合した呼吸型の発現率と適合率 (若 齢 者)

嚙下時期の教示	適合eae型		適合eai型		適合iae型		適合iai型		計	総数	適合率 (%)
A (呼気終了時)	3i3eae	6	3i3eai	0					29	55	52.7
	3i4eae	0	3i4eai	0							
	4i3eae	3	4i3eai	6							
	4i4eae	11	4i4eai	3							
B (吸気途中)	1i1eae	18	1i1eai	2	1iae	0	1iai	2	39	55	70.9
	2i1eae	16	2i1eai	1	2iae	0	2iai	0			
C (吸気終了時)	3i1eae	10	3i1eai	2	3iae	0	3iai	0	28	55	50.9
	4i1eae	16	4i1eai	0	4iae	0	4iai	0			
D (呼気途中)	3i1eae	8	3i1eai	0					26	55	47.3
	3i2eae	3	3i2eai	0							
	4i1eae	2	4i1eai	0							
	4i2eae	9	4i2eai	4							

表 3-6 教示別呼吸型の発現数と発現率（若齢者）

嚥下時期の教示	単独嚥下													分割嚥下			合計				
	ese				ae	eai				ai	iae		iai	計	連結	連続		計	err		
	1i1-2eae	2-4i1eae	2-4i2eae	小計	小計	1i1eai	2-4i1eai	2-4i2eai	小計	小計	1iae	2-4iae	小計		小計	小計				小計	
通常教示	n	12	27	22	61	5	0	0	0	0	0	3	0	3	0	69	31	10	41	0	110
10ml (1回目)	%	10.9	24.5	20.0	55.5	4.5	0	0	0	0	0	2.7	0	2.7	0	62.7	28.2	9.1	37.3	0	100
通常教示	n	24	34	15	73	4	1	0	2	3	2	0	0	0	0	82	22	6	28	0	110
10ml (2回目)	%	21.8	30.9	13.6	66.4	3.6	0.9	0	1.8	2.7	1.8	0	0	0	0	74.5	20.0	5.5	25.5	0	100
A(呼吸終了)	n	3	0	10	13	20	6	0	5	11	9	0	0	0	1	54	0	0	0	1	55
	%	5.5	0	18.2	23.6	36.4	10.9	0	9.1	20.0	16.4	0	0	0	1.8	98.2	0	0	0.0	1.8	100
B(吸気途中)	n	18	19	5	42	2	2	1	0	3	2	0	1	1	2	52	1	0	1	2	55
	%	32.7	34.5	9.1	76.4	3.6	3.6	1.8	0	5.5	3.6	0	1.8	1.8	3.6	94.5	1.8	0	1.8	3.6	100
C(吸気終了)	n	0	46	1	47	0	0	3	0	3	0	0	4	4	0	54	0	0	0	1	55
	%	0	83.6	1.8	85.5	0	0	5.5	0	5.5	0	0	7.3	7.3	0	98.2	0	0	0.0	1.8	100
D(呼吸途中)	n	3	26	12	41	6	0	2	4	6	1	0	0	0	0	54	0	0	0	1	55
	%	5.5	47.3	21.8	74.5	10.9	0	3.6	7.3	10.9	1.8	0	0	0	0	98.2	0	0	0.0	1.8	100

注1) n: 嚥下数 %: 総数に対する発現率を表す

注2) 嚥下時の最も安全な呼吸型を表す

また、嚥下時の最も安全な呼吸型は声門上嚥下時の呼吸型であり、十分な吸気後に嚥下性無呼吸を惹起して呼気を後続させる型である。嚥下時の呼吸型の細分類に従えば、2-4i1-2eae型と2-4iae型となる。この最も安全な呼吸型の割合は、A教示は呼吸終了時に嚥下することを図示するため、18.2%であった。B(吸気途中)教示では45.4%、C(吸気終了時)教示では92.8%、D(呼吸途中)では69.1%であった。

2) 高齢者

吸気終了時、呼気終了時、A(呼吸終了時)、B(吸気途中)、C(吸気終了時)、D(呼吸途中)の各教示に適合した呼吸型の発現数と適合率を表3-7に示した。吸気終了時では総数55嚥下のうち18嚥下(32.7%)が適合した呼吸型であった。同様に、呼気終了時では28嚥下(50.9%)、A(呼吸終了時)では24嚥下(43.6%)が適合した呼吸型であった。同様に、B(吸気途中)では11嚥下(20.0%)が、C(吸気終了時)では25嚥下(45.5%)が、D(呼吸途中)では22嚥下(40.0%)であった。

次に、通常教示を含めて、嚥下時期の教示別に呼吸型の発現数と発現率を表3-8に示した。まず、分割嚥下の発現率が、通常の教示による5ml水嚥下では13.0%であったが、吸気終了時・呼気終了時の教示では7.3%、呼吸型の即時的視覚的フィードバックを伴うA~Dの教示では3.6~5.5%であった。

また、嚥下時の最も安全な呼吸型は声門上嚥下時の呼吸型であり、十分な吸気後に嚥下性無呼吸を惹起して呼気を後続させる型である。嚥下時の呼吸型の細分類に従えば、2-4i1-2eae

型と 2-4iae 型となる。この最も安全な呼吸型の割合は、通常教示では 35.1%であった。それに反して、嚙下性無呼吸後の呼気持続時間が短縮される ae 型の発現率が 41.6%と高かった。嚙下時の安全な呼吸型の発現率では、嚙下時期の教示別に、吸気終了時では 72.7%、呼気終了時では 20.1%、A（呼気終了時）では 30.9%、B（吸気途中）では 67.3%、C（吸気終了時）83.6%、D（呼気途中）では 54.5%であった。また、ae 型は、吸気終了時では 16.4%、呼気終了時では 50.9%、A（呼気終了時）では 34.5%、B（吸気途中）では 14.5%、C（吸気終了時）3.6%、D（呼気途中）では 20.0%であった。

表 3-7 教示に適合した呼吸型の発現率と適合率（高齢者）

嚙下時期の教示	適合eae型	適合eai型	適合iae型	適合iai型	計	総数	適合率 (%)
吸気終了時	3i1eae 10	3i1eai 0	3iae 1	3ai 0	18	55	32.7
	4i1eae 4	4i1eai 0	4iae 3	4ai 0			
呼気終了時	3i3eae 2	3i3eai 0			28	55	50.9
	3i4eae 4	3i4eai 0					
	4i3eae 5	4i3eai 0					
	4i4eae 13	4i4eai 4					
A（呼気終了時）	3i3eae 1	3i3eai 0			24	55	43.6
	3i4eae 0	3i4eai 0					
	4i3eae 4	4i3eai 2					
	4i4eae 14	4i4eai 3					
B（吸気途中）	1i1eae 4	1i1eai 0	1iae 2	1iai 0	11	55	20.0
	2i1eae 5	2i1eai 0	2iae 0	2iai 0			
C（吸気終了時）	3i1eae 11	3i1eai 0	3iae 0	3iai 0	25	55	45.5
	4i1eae 11	4i1eai 0	4iae 3	4iai 0			
D（呼気途中）	3i1eae 0	3i1eai 0			22	55	40.0
	3i2eae 7	3i2eai 0					
	4i1eae 6	4i1eai 0					
	4i2eae 9	4i2eai 0					

表 3-8 教示別呼吸型の発現数と発現率（高齢者）

嚙下時期の教示	単独嚙下												分割嚙下			合計			
	eae				ae		eai		ai		iae		iai	計	連結		連続	計	
	1i1eae	2-4i1eae	2-4i2eae	小計	小計	1i1eai	2i1eai	小計	小計	1iae	2iae	小計	小計	小計	小計		小計	小計	err
通常教示 (5ml水嚙下)	n 1	11	13	25	32	1	0	1	2	4	3	7	0	67	5	5	10	0	77
	% 1.3	14.3	16.9	32.5	41.6	1.3	0.0	1.3	2.6	5.2	3.9	9.1	0	87.0	6.5	6.5	13.0	0	100
吸気終了時	n 0	17	18	35	9	0	0	0	0	2	5	7	0	51	1	3	4	0	55
	% 0	30.9	32.7	63.6	16.4	0	0	0	0	3.6	9.1	12.7	0	92.7	1.8	5.5	7.3	0	100
呼気終了時	n 3	3	3	9	28	1	0	1	4	1	5	6	3	51	3	1	4	0	55
	% 5.5	5.5	5.5	16.4	50.9	1.8	0	1.8	7.3	1.8	9.1	10.9	5.5	92.7	5.5	1.8	7.3	0	100
A(呼気終了)	n 4	10	6	20	19	0	1	1	5	6	1	7	0	52	2	0	2	1	55
	% 7.3	18.2	10.9	36.4	34.5	0	1.8	1.8	9.1	10.9	1.8	12.7	0	94.5	3.6	0	3.6	1.8	100
B(吸気途中)	n 4	26	6	36	8	0	0	0	0	2	5	7	1	52	1	2	3	0	55
	% 7.3	47.3	10.9	65.5	14.5	0	0	0	0	3.6	9.1	12.7	1.8	94.5	1.8	3.6	5.5	0	100
C(吸気終了)	n 3	23	19	45	2	0	0	0	0	0	4	4	0	51	2	1	3	1	55
	% 5.5	41.8	34.5	81.8	3.6	0	0	0	0	0	7.3	7.3	0	92.7	3.6	1.8	5.5	1.8	100
D(呼気途中)	n 3	11	17	31	11	0	0	0	3	5	2	7	0	52	1	1	2	1	55
	% 5.5	20.0	30.9	56.4	20.0	0	0	0	5.5	9.1	3.6	12.7	0	94.5	1.8	1.8	3.6	1.8	100

注1) n: 嚙下数 %: 総数に対する発生率を表す
 注2) 嚙下時の最も安全な呼吸型を表す

考 察

若齢者と高齢者に対する実験結果を総合的に考察するためには、ここで両者の実験方法の相違点を確認する必要がある。まず、1回の水嚙下の量が、若齢者では10mlであり、高齢者では5mlであった。次に、フィードバックの方法が、若齢者ではコンピュータディスプレイの画面であり、高齢者では正面に映写された液晶プロジェクターの画面であった。また、呼吸軌跡の画像が、若齢者では吸気が下向き、呼気が上向きであったが、高齢者では逆に設定された。さらに、通常教示による水嚙下後に嚙下時期の教示 A~D をランダムに提示することに関しては両者とも同様であったが、高齢者では水嚙下後に言語的な吸気終了時教示と呼気終了時教示が加えられた。そのため、高齢者においては、この2つの教示による練習効果が加わる可能性があった。これらの相違点を前提にして考察を進めたい。

嚙下時の呼吸軌跡を視覚的即時的にフィードバックすることによる訓練の可能性を検討するために、若齢者および高齢者が呼吸周期のいずれの位置でも、随意的に嚙下性無呼吸を惹起させることが可能であるのかを検討した。各教示に適合した呼吸型の発現率が随意的に嚙下性無呼吸を惹起させる可能性を示すこととなる。若齢者では、A（呼気終了時）、C（吸気終了時）、D（呼気途中）の各教示に適合した呼吸型の発現率が約50%であったのに比較して、B（吸気途中）教示では70.9%と高い割合を示し、吸気途中が随意的に無呼吸を惹起させやすかったといえる。高齢者における各教示に適合した呼吸型の発現率をみると、言語的教示による吸気終了時と呼気終了時にはそれぞれ32.7%、50.9%であり、視覚的即時的フィードバックによるC（吸気終了時）・A（呼気終了時）・D（呼気途中）教示では約40~45%であった。これに比較して、B（吸気途中）教示では20.0%と低い割合を示し、若齢者とは異なる結果であった。高齢者では、B（吸気途中）教示のように呼吸との協調の視点からは望ましくない呼吸型の遂行が求められたとしても、これを随意的に惹起させることが難しく、むしろより安全な呼吸型へと自ずと変化することが考えられた。

また、通常嚙下における分割嚙下の発現率が、若齢者では25%を超えているのに比較して、高齢者では13.0%と低い値を示した。一般的には、高齢者に分割嚙下が増加するが、今回の実験では高齢者における嚙下量が少ないことから、この嚙下量の相違が影響していることが考えられた。また、呼吸軌跡のフィードバックを実施した上で、嚙下時期を図示したA~D教示では、若齢者、高齢者とも分割嚙下の発現率が著しく減少した。これは、嚙下することに意識を集中させた効果であることも考えられる。さらに、通常教示において呼気の終了時に嚙下性無呼吸を惹起させるae型・ai型の発現率が、高齢者では41.6%・2.6%と若齢者に比較して高率

であった。これは、嚙下性無呼吸を惹起させる呼吸軌跡上の位置が高齢者では呼気の終末方向へと変化することが考えられた（鎌倉他，1998）。

次に、嚙下時期の教示 A～D における各呼吸型の発現率について、嚙下時に安全な呼吸型の視点から検討したい。結果で述べたように、声門上嚙下における呼吸型が嚙下時の最も安全な呼吸型である。この安全な呼吸型の発現率が、若齢者と高齢者とも C（吸気終了時）教示において各々92.8%、83.6%と最も高く、同様の傾向を示した。高齢者の結果をみると、吸気終了時教示では72.7%が、C（吸気終了時）教示では83.6%が安全な呼吸型に該当した。この両教示を比較すると、言語的教示である吸気終了時に比較して、視覚的即時的フィードバックを伴う C（吸気終了時）において最も安全な呼吸型が増加し、ae 型の発現率が著しく減少した。吸気終了時教示、呼気終了時教示による試行後に A～D をランダムに提示して試行しているため、この変化は順序性による効果であることも考えなければならない。しかし、A・B・D に比較して C において、安全な呼吸型の発現率が明らかに高かった。言い換えるならば、教示として C（吸気終了時）の位置で嚙下することを図示すると共に、視覚的即時的に呼吸軌跡をフィードバックする方法によって、安全な呼吸型を確保できることが確認された。この結果は、今後嚙下と呼吸の協調を目指して声門上嚙下訓練のプログラムを開発するにあたり、フィードバックによる訓練の妥当性を支持することが示唆された。

結 論

呼吸周期上の A（呼気終了時）、B（吸気途中）、C（吸気終了時）、D（呼気途中）の位置で随意的に嚙下性無呼吸を惹起させることが可能であるのかを検討した。

- 1) 各嚙下時期に合致した呼吸型の発現率が随意的に惹起させる可能性を示すが、B 教示において若齢者（70.9%）と高齢者（20.0%）で合致率が異なったが、その他の教示では若齢者が50%前後、高齢者が43%前後であった。
- 2) 嚙下時の最も安全な呼吸型（2-4i1-2eae 型/2-4iae 型）の発現率は、C（吸気終了時）教示において若齢者（92.8%）・高齢者（83.6%）とも高かった。
- 3) C（吸気終了時）を教示後、呼吸軌跡を視覚的即時的にフィードバックすることによって、声門上嚙下に該当する嚙下時の最も安全な呼吸型を確保することができた。本法による訓練プログラムを開発することが、声門上嚙下訓練として妥当であることが示唆された。

第4章 高齢者の嚥下障害に対する援助技術の適用

1 在宅高齢者の嚥下性無呼吸持続時間への年齢と性の影響

緒言

嚥下時には呼吸との協調が重要である。これまで、呼気相において嚥下性無呼吸が惹起され、呼気が後続される型（eae型）が最も多いことが報告されてきた（Nishino et al., 1985; Smith et al., 1989; Preiksaitis et al., 1992; Mcfarland et al., 1994; Martin et al., 1994; Paydarfar et al., 1995; Preiksaitis et al., 1996; 林伊吹, 1996）。我々は、加齢に伴う嚥下時の呼吸の変化（鎌倉他, 1998）を既に報告し、そこでは嚥下時の呼吸型、嚥下性無呼吸持続時間について、20歳代（学生）、60歳代（在宅高齢者）および80歳代（特別養護老人ホーム入所者）の3群間で比較した。さらに、嚥下性無呼吸と舌骨上筋群筋活動との時間的關係について、20歳代と80歳代の2群間で比較した。嚥下時の呼吸型は、これまでの報告どおり eae型の発現率が最も高い値であったが、20歳代と60歳代に比較して80歳代では有意に低いことが明らかになった。筋電図上では、筋収縮開始から嚥下性無呼吸開始までの時間が80歳代で延長し、20歳代では最大筋放電と無呼吸開始がほぼ一致するが、80歳代では有意に遅延していた。また、呼吸周期持続時間は年齢群が高くなるほど短縮するが、嚥下性無呼吸持続時間は80歳代で延長した結果を得た。

このように、60歳代に比較して80歳代において加齢現象が明らかになるが、その変化する過程として70歳代が重要であり、嚥下と呼吸の協調への加齢の影響を検討することが必要であると考えられた。第1章に詳述した在宅高齢者の嚥下状態に関する調査（鎌倉他, 1998）からも、嚥下状態が年齢群と関係することが予測された。また、先の80歳代高齢者は、母集団が特別養護老人ホーム入所高齢者であることから、在宅で活動的に生活する高齢者を対象にして、嚥下への加齢の影響を検討することが課題として残された。さらに、先の報告では、高齢者を被験者として協力を得ることの限界があったため性別を併せて比較したが、やはり性差が与える影響を明らかにすることが課題となった。そこで、本研究ではこれらの課題を明らかにすることを目的とする。

研究方法

1) 被験者

愛知県内尾張旭市のシニアクラブに所属する在宅高齢者 2508 人に対して、嚥下状態と生活習慣に関する自記式質問紙調査を実施した（深田・鎌倉・北池・野尻, 2002; 深田・鎌倉・北池, 2002）。この調査では、倫理的手続きとして、シニアクラブ連合会で同意が得られた後、会長をとおして調査用紙を会員へ配付し、返信用封筒にて回答を返送する方法をとった。回収率は 34.2% (858 人)、有効回答率は 76.7% (658 人) であり、この返送によって、調査への参加に関する承諾を得たと判断した。

その調査用紙に「水飲みテストのお願い」として、嚥下時の表面筋電図と呼吸の測定への参加協力を求めた。その依頼に対して研究参加を承諾して、自らの連絡先を回答した在宅高齢者に対して、舌骨上筋群の表面筋電図と呼吸軌跡の測定内容と方法を再度説明した上で、書面にて承諾書が得られた 90 人を被験者とした。年齢群ごとに性別人数と平均年齢を表 4-1 に示した。いずれも、呼吸器疾患、神経・筋疾患など嚥下に影響を及ぼす既往はなかった。

2) 測定装置

第 2 章「1. 加齢に伴う嚥下時の呼吸の変化」と同様の測定装置が用いられた (p.22)。

ただし、MacLab システムは MacLab/8s および標準ソフト PowerLabV3.6/s が、ノート型パーソナルコンピュータは PowerBook G3 (アップルコンピュータ) が使用された。

3) 測定方法

基本的な測定方法は、第 2 章「1. 加齢に伴う嚥下時の呼吸の変化」測定方法 (p.23) と同様であった。

表4-1 被験者の年齢群別性別人数と平均年齢

年齢群	全体		男性		女性	
	人数	mean±SD	人	mean±SD	人	mean±SD
60-69歳	24	66.5±2.6	11	66.9±2.3	13	66.2±2.9
70-74歳	23	72.1±1.4	12	72.1±1.4	11	72.2±1.3
75-79歳	19	77.1±1.4	8	77.1±1.4	11	77.1±1.4
80歳以上	24	83.2±3.4	15	83.3±2.2	9	83.1±4.8
	90		46		42	

4) 手続き

測定は、尾張旭市の中心部に位置する尾張旭市健康センターで実施された。被験者には測定日時と場所が葉書で通知され、各被験者が自ら来所して測定が開始された。測定は、被験者 1 人につき 5ml 水嚥下が 10 回実施された。

5) 分析方法

まず、被験者ごとにそれぞれ 10 回実施した 5ml 水嚥下について、嚥下を随伴した呼吸周期の吸気持続時間、嚥下性無呼吸持続時間、無呼吸前後の呼気あるいは吸気の持続時間を測定して、呼吸型を判別した。呼吸軌跡の判別方法と呼吸型の分類法は、第 2 章 (p.23,34,35) に詳述した。

こうして得られた 10 回の各被験者の呼吸型のうち、60%以上を占める呼吸型を、被験者を代表する呼吸型とした。

次に、全嚥下に対する各呼吸型の発現率について、性別に 60-69 歳群と各年齢群との間で母比率の差の検定による比較を行なった。

さらに、判別された呼吸型のうち、eae 型および ae 型 (呼気-無呼吸-呼気) を対象として、嚥下性無呼吸持続時間について各被験者ごとに正規分布を確認し、外れ値をグラブスの棄却検定によってデータから削除した。続いて、平均値を求め、これを各被験者の代表値とし、嚥下性無呼吸持続時間への年齢群と性別の影響について、二元配置分散分析を用いて比較した。さらに、多重比較を行なった。統計的検定には SPSS (Ver.9.0) を使用し、5%水準によって有意であることを判定した。

結 果

1) 被験者別呼吸型

被験者を代表する呼吸型について、年齢群別性別に表 4-2 に示した。嚥下時の呼吸型は、単独嚥下、分割嚥下および単独・分割の 3 型に分類された。言い換えれば、単独嚥下が 60%以上発現する型、分割嚥下が 60%以上発現する型、単独嚥下と分割嚥下が各 50%発現する型である。

単独嚥下の呼吸型は、eae/ae 型、eai 型、iae 型および特定できない混合型に分類された。eae/ae 型は嚥下性無呼吸を惹起する位置によって ae 型として分類されるため、ここでは一括して eae/ae 型として表している。すなわち、単独嚥下は eae/ae 型が 60%以上発現する型、eai 型が 60%以上発現する型、iae 型が 60%以上発現する型、およびいずれの型も 60%未満の発現率

であって呼吸型を特定できない型に分類された。

60-69 歳群では全員が単独嚙下であったが、70 歳以上の群になると分割嚙下が出現した。また、単独嚙下を示す被験者では eae/ae 型が 90%以上を示した。

表4-2 被験者別呼吸型

年齢群	性別	人数	単独嚙下				分割嚙下	単独/分割各50%
			eae/ae	eai	iae	混合		
60-69歳	男	11	10 (91%)	1 (9%)				
	女	13	11 (85%)		1 (8%)	1 (8%)		
70-74歳	男	12	7 (58%)				3 (25%)	2 (17%)
	女	11	6 (55%)				5 (45%)	
75-79歳	男	8	3 (38%)				5 (63%)	
	女	11	9 (82%)				2 (18%)	
80歳以上	男	15	7 (47%)	1 (7%)			4 (27%)	3 (20%)
	女	9	7 (78%)			1 (11%)	1 (11%)	

注1) 10回の試行のうち60%以上発現した型を被験者を代表する型とした。

注2) (%)は年齢群別性別の人数を100%としたときの値である。

2) 年齢群別性別呼吸型の発現率

被験者のすべての嚙下を対象として、表 4-3 に年齢群別性別の呼吸型の発現数と発現率を表した。さらに、単独嚙下における各呼吸型の発現率と分割嚙下の発現率について、年齢群別に図 4-1 に男性を、図 4-2 に女性を表した。単独嚙下の発現率をみると、男性では、60-69 歳群が 93.6% であったが、70-74 歳群では 65.8%、75-79 歳群では 51.3%、80 歳以上群では 66.7%と有意に減少した (p<0.01)。女性では、60-69 歳群 90.0%から 70-74 歳群では 58.2% (p<0.01)、75-79 歳群では 79.1% (p<0.05) と有意に減少し、80 歳以上群では 86.7%と差を認

表4-3 呼吸型分類と発現率

被験者年齢群	性別	人数	嚙下数 (%)	単独嚙下										分割嚙下			合計	
				eee				ae	iae	eai	ai	iai	小計	連続	連続	小計		err
				111-2e	2-41e	2-42e	小計											
60-69	男	n	12	21	25	58	34	1	3	7	0	103	2	3	5	2	110	
	11	(%)	10.9	19.1	22.7	52.7	30.9	0.9	2.7	6.4	0	93.6	1.8	2.7	4.5	1.8	100	
	女	n	13	33	27	73	34	10	0	0	0	117	2	10	12	1	130	
	13	(%)	10	25.4	20.8	56.2	26.2	7.7	0	0	0	90	1.5	7.7	9.2	0.8	100	
70-74	男	n	9	18	24	51	21	7	0	0	0	79	19	19	38	3	120	
	12	(%)	7.5	15	20	42.5	17.5	5.8	0	0	0	65.8**	15.8	15.8	31.7	2.5	100	
	女	n	7	19	16	42	19	2	0	1	0	64	21	24	45	1	110	
	11	(%)	6.4	17.3	14.5	38.2**	17.3	1.8	0	0.9	0	58.2**	19.1	21.8	40.9	0.9	100	
75-79	男	n	3	14	14	31	8	2	0	0	0	41	16	23	39	0	80	
	8	(%)	3.8	17.5	17.5	38.8	10	2.5	0	0	0	51.3**	20	28.8	48.8	0	100	
	女	n	18	24	17	59	22	6	0	0	0	87	14	8	22	1	110	
	11	(%)	16.4	21.8	15.5	53.6	20	5.5	0	0	0	79.1*	12.7	7.3	20	0.9	100	
80以上	男	n	23	15	23	61	25	5	7	1	1	100	18	28	46	4	150	
	15	(%)	15.3	10	15.3	40.7	16.7	3.3	4.7	0.7	0.7	66.7**	12	18.7	30.7	2.7	100	
	女	n	8	21	22	51	21	1	0	5	0	78	7	4	11	1	90	
	9	(%)	8.9	23.3	24.4	56.7	23.3	1.1	0	5.6	0	86.7	7.8	4.4	12.2	1.1	100	
計	男	n	47	68	86	201	88	15	10	8	1	323	55	73	128	9	460	
	46	(%)	10.2	14.8	18.7	43.7	19.1	3.3	2.2	1.7	0.2	70.2	12.0	15.9	27.8	2.0	100	
	女	n	46	97	82	225	96	19	0	6	0	346	44	46	90	4	440	
	42	(%)	10.5	22.0	18.6	51.1	21.8	4.3	0	1.4	0	78.6	10	10.5	20.5	0.9	100	

注) 全嚙下に対する各呼吸型の発現率について、60-69歳群と各年齢群との間で母比率の差の検定を行なった。

(* * p<0.01 * p<0.05)

めなかった。それに連動するが、分割嚙下は男性では、75-79 歳群が 48.8%と、女性では 70-74 歳群が 40.9%と 60-69 歳に比較して有意に高かった。

次に、単独嚙下における呼吸型の詳細をみると、eae 型の発現率が、男性では 60-69 歳群が 52.7%であったが、70 歳以上の年齢群では差がなかった。女性では、70-74 歳群が 38.2%と有意に減少したが、その他の年齢群では差を認めず、男性 60-69 歳群と同様であった。

さらに、細分類では嚙下時の安全な呼吸型として、2-4i1eae 型と 2-4i2eae 型があげられる。男性では、60-69 歳群が 41.8%であったが、70-74 歳群では 35.0%、75-79 歳群 35.0%、80 歳以上群 25.3%であった。女性では、60-69 歳群が 46.2%であったが、70-74 歳群では 31.8%、75-79 歳群 37.3%と減少、80 歳以上群では 47.7%と 60-69 歳群と同様であった。

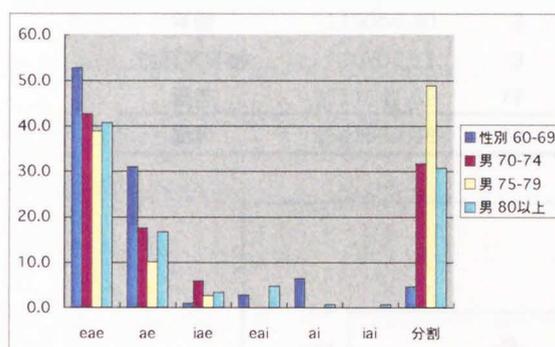


図 4-1 呼吸型の発現率（男性）

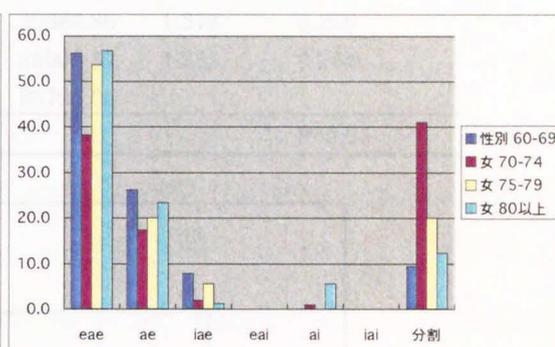


図 4-2 呼吸型の発現率（女性）

2) 年齢群と性による嚙下性無呼吸時間への影響

呼吸型を eae/ae 型に限定した各被験者の代表値を用いて、年齢群別、性別に嚙下性無呼吸持続時間の平均値と標準偏差を表 4-4 に示した。嚙下性無呼吸持続時間への年齢と性の影響について、二元配置分散分析を行なった結果を表 4-5 および図 4-3 に示した。性においてのみ有意差が認められ ($p < 0.05$)、交互作用は認められなかった。

従って、嚙下性無呼吸持続時間には性差が影響しているといえる。各年齢群で比較すると、

表4-4 年齢群別性別嚙下性無呼吸持続時間

年齢群	性別	男性		女性	全体
	n (人数)	43		42	85
60-69歳	23	0.870 ± 0.14		0.996 ± 0.19	0.941 ± 0.18
70-74歳	21	0.957 ± 0.13		1.061 ± 0.13	1.007 ± 0.14
75-79歳	17	0.841 ± 0.08		0.973 ± 0.15	0.919 ± 0.14
80歳以上	24	0.952 ± 0.25		0.905 ± 0.15	0.934 ± 0.21
全体	85	0.916 ± 0.18		0.987 ± 0.16	0.951 ± 0.17

値はmean±SD(sec)

60-69 歳群と 70-74 歳群、75-79 歳群において、男性に比較して女性の嚥下性無呼吸持続時間が延長していた。しかし 80 歳以上群では差を認めなかった。

次に、性別に嚥下性無呼吸持続時間の年齢群による推移をみる（図 4-3）。男性では 60-69 歳群に比較して 70-74 歳群で延長したが、75-79 歳群では逆に短縮されて 60-69 歳群と同様になり、再度 80 歳以上群では 70-74 歳群と同様に延長した。女性では、60-69 歳群に比較して 70-74 歳群において持続時間は延長し、75-79 歳群では 60-69 歳群と同様に短縮され、80 歳以上群でさらに短縮された。

表4-5 嚥下性無呼吸持続時間 分散分析表

要因	偏差平方和	自由度	平均平方	F値	P値
性別	127976.31	1	127976.31	4.445	0.038 *
年齢	119066.40	3	39688.80	1.378	0.256
性別×年齢	116701.11	3	38900.37	1.351	0.264
誤差	2217141.59	77	28794.05		
総和	2541639.48	84			* P<0.05

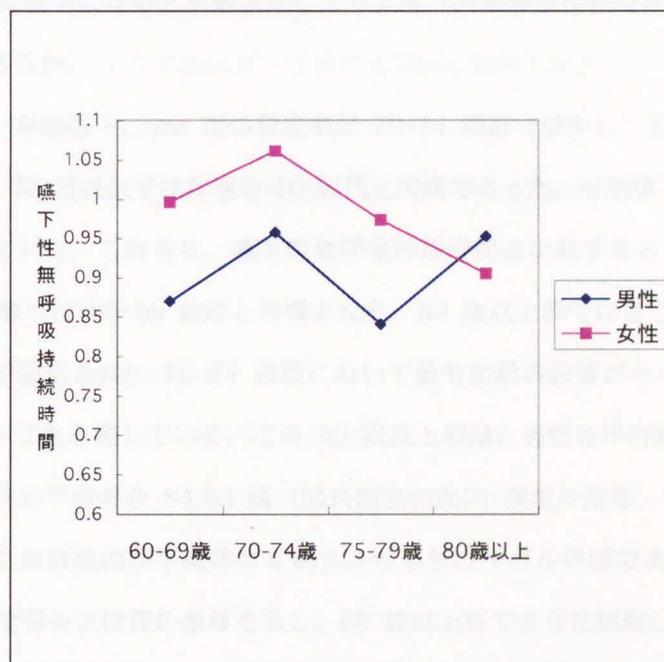


図 4-3 嚥下性無呼吸持続時間(sec)への年齢と性の影響

考 察

嚥下時の呼吸との協調に対する加齢と性による影響を明らかにすることを目的に、在宅高齢者を被験者として 5ml 水嚥下時の呼吸型と嚥下性無呼吸持続時間を年齢群別、性別に比較した。

性による嚥下性無呼吸持続時間への影響が認められたことから、性別に結果を検討したい。

まず男性では、呼吸型の発現率が 60 歳代に比較して 70 歳以上の群で単独嚥下が減少し、安全な呼吸型である eae 型でも同様に減少した。これは、5ml 水を 1 回の喉頭運動によって安全な呼吸型で嚥下することができる割合が、70 歳以上で減少することを示している。それに伴って分割嚥下が増加したことも特徴的であったが、特に 75-79 歳群において著明に増加していた。

これらを、嚥下性無呼吸持続時間と比較すると、70-74 歳群では 60 歳代群よりも無呼吸時間が延長し、これは加齢現象によるものと考えられた。しかし、75-79 歳群では持続時間が短縮されて、再度 80 歳以上群では 70-74 歳群と同様に延長する N 型を示した。75-79 歳群が 60 歳代群と同様であることを示すが、何を意味するのであろうか。75-79 歳群は男性の平均寿命 78.07 歳（国民衛生の動向・厚生指標、2002）に該当する年齢群であることから、この母集団は平均寿命を健康に生き抜いたサバイバル集団であったことが考えられる。実際にも、今回被験者となった在宅高齢者は、地域のシニアクラブ会員として活動し、研究に参加するために測定を実施した施設まで徒歩、自転車、市営交通、自家用車などの交通手段で参加していた。その母集団が 80 歳以上になると加齢現象によって嚥下性無呼吸持続時間が延長したと考えることができないだろうか。

一方、女性では、単独嚥下、eae 型の発現率が 70-74 歳群で減少し、男性の 70 歳以上と同様の値を示したが、75 歳以上では女性の 60 歳代と同様であった。分割嚥下も同様に 70-74 歳群で著明に増加していた。これらを、嚥下性無呼吸持続時間と比較すると、70-74 歳群で最長を示し、75-79 歳群では 60-69 歳群と同様となり、80 歳以上群ではさらに短縮されていることがうかがえた。呼吸型と共に 70-74 歳群において最も加齢の影響がみられ、80 歳以上群では加齢の影響がないことを表している。この 80 歳以上群は、男性の平均寿命が 75-79 歳群であったように、女性の平均寿命 84.93 歳（国民衛生の動向・厚生指標、2002）に該当する年齢群であるため、この母集団が平均寿命を延長させるサバイバル集団であったことが考えられる。75-79 歳群まで男性と同様の推移を示し、80 歳以上群でさらに短縮していることは、平均寿命との関係から興味深い。男性のように N 型を示すかは、80 歳以上群を 5 歳ごとに群別して検討することが必要となろう。

さて、高齢者の直接的な死因として肺炎が重要であり、なかでも誤嚥性肺炎の発症する頻度が高いことが知られている。高齢者の健康を考えると、嚥下機能を良好に維持することが重要な要素と言える。今回の結果からは、高齢者の嚥下機能を分けるのは 70 歳代であることが推測された。特に男性、女性とも 70-74 歳が重要であり、この年齢群へ嚥下障害を予防するための介入をすることが必要であろう。そのためには、嚥下障害のリスクのある高齢者をスクリ

ーニングする方法論を確立すること、嚙下時の呼吸型や嚙下性無呼吸持続時間と高齢者の身体機能・生活習慣をあわせて検討することがさらなる課題となる。

結 論

嚙下時の呼吸との協調に対する加齢の影響を明らかにするために、在宅高齢者を被験者として、呼吸軌跡と舌骨上筋群の表面筋電図の同時測定を行い、嚙下時の呼吸型および嚙下性無呼吸持続時間について 60-69 歳群、70-74 歳群、75-79 歳群、80 歳以上群の 4 群間で性別に比較した結果、以下の結論を得た。

- 1) 嚙下時の呼吸型における単独嚙下の発現率が、男性では 60 歳代群に比較して 70 歳以上の群で有意に減少した。女性では 70-74 歳群、75-79 歳群が有意に減少した。
- 2) 嚙下性無呼吸持続時間は性による有意差が認められ ($p < 0.05$)、女性において延長した。
- 3) 嚙下性無呼吸持続時間は、男性では 60 歳代から 70-74 歳群へ延長し、75-79 歳群で短縮されて、再度 80 歳以上で延長する N 型を示し、短縮された 75-79 歳群は男性の平均寿命に該当した。女性でも 75-79 歳群までは男性と同様に推移したが、80 歳以上群で短縮された。短縮された 80 歳以上は女性の平均寿命に該当する年齢群であった。
- 4) 以上から、嚙下障害を予防するためには 70-74 歳群へ介入する妥当性が示唆された。

2 嚙下障害の在宅高齢者の特定

前項「在宅高齢者の嚙下性無呼吸時間への年齢と性の影響」における被験者の項でも触れたが、愛知県尾張旭市のシニアクラブに所属する在宅高齢者 2508 人に対して、嚙下状態と生活習慣に関する自記式質問紙調査を実施した（深田他，2002）。目的は、在宅高齢者の嚙下障害をスクリーニングする方法を開発することと、在宅高齢者の嚙下機能に影響する生活要因を明らかにすることであった。同時に、在宅高齢者から嚙下障害のある高齢者を特定して、訓練のための被験者として依頼することであった。

本研究で対象とする「嚙下障害のある在宅高齢者」は、明らかな嚙下障害を自覚して医療機関を受診する高齢者ではなく、むしろ症状があったとしても嚙下障害とは自覚しないで日常生活を送る高齢者である。そのため、尾張旭市の協力のもとに、尾張旭市シニアクラブ連合会とおして在宅高齢者の調査を実施して「嚙下障害のある在宅高齢者」を特定することが必要であった。

この調査では、シニアクラブ連合会で同意が得られた後、会長をとおして調査用紙を会員へ配付し、会員が返信用封筒にて回答を返送する方法をとった。返信は高齢者本人の意志にゆだねられる方法であることから、この返送によって調査参加に関する承諾を得たと判断された。回収率は 34.2% (858 人)、有効回答率は 76.7% (658 人) であった。その調査用紙に「水飲みテストのお願い」として、嚥下時の表面筋電図と呼吸の測定への参加協力を求めた。その依頼に応じて自らの連絡先を回答した在宅高齢高齢者 (約 200 人) に対して、日程的な実施可能性から調整し、さらに舌骨上筋群の表面筋電図と呼吸軌跡の測定内容と方法を再度説明して書面にて承諾書が得られた高齢者 90 人を、前項「在宅高齢者の嚥下性無呼吸時間への年齢と性の影響」の被験者として依頼した。

1) 嚥下造影検査に関する被験者の特定

先の在宅高齢者 90 人について、3-oz 水飲みテスト (DePippo, Holas, Reding, 1992)、5ml 水嚥下時の呼吸型、嚥下反射惹起に関する観察、嚥下障害リスク評価尺度から、嚥下状態を総合的に評価した。その基準は以下に示すとおりである。嚥下障害リスク評価尺度については、開発途中段階であったため、参考として利用するにとどまった。

各評価項目に全く該当しない在宅高齢者を除外し、いずれかの評価項目が該当する高齢者は 35 人であった。さらに、嚥下造影検査の概要を説明し、研究参加の同意が得られた高齢者は 18 人となった。

(1) 3-oz 水飲みテスト

90ml の水をコップから全量を休まずに飲むテストである。判定基準はテスト中やテスト 1 分後までに誤嚥に伴う咳嗽がある時に、「リスクあり」と判定される。そのため、誤嚥の有無、頸部聴診による湿性嚙声の有無の確認、頸部聴診による水残留音の有無の確認の結果から、症状があれば問題ありと判定した。

(2) 5ml 水嚥下時の呼吸型

水嚥下 10 試行のうち、単独嚥下 (1 回の喉頭運動で終了する呼吸型) と分割嚥下 (複数回の喉頭運動が繰り返される型) の発現率において分割嚥下が 100% であること、嚥下性無呼吸後に吸気で終了する呼吸型の発現率が 30% 以上あることを問題ありと判定した。

(3) 嚥下反射惹起に関する確認

綿棒を用いて、前口蓋弓を刺激して嚥下反射を確認し、惹起されない場合に問題ありと判定した。

2) 嚥下訓練に関する被験者の特定

嚥下造影検査（videofluorography:VF）は和田内科病院（名古屋市千種区）において万歳登茂子医師（和田内科病院）、藤本保志医師（名古屋大学病院）の協力のもとに実施された。

また、被験者が高齢者であることから、研究者が高齢者を自宅へ送迎する方法をとった。

検査はX線透視下で行われ、40%バリウム 5ml の嚥下時、バリウムゼリーの嚥下時、バリウムクッキーの咀嚼嚥下時の画像を VHS ビデオに録画した。検査結果は終了後に被験者に説明され、嚥下障害を認める被験者には被験者に対し生活上の注意を説明するとともに、家族へ連絡した。VF の結果、3人（A：85 歳男性、B：80 歳女性、C：84 歳男性）は喉頭運動終了後に梨状窩への貯留と気道内への造影剤の流入があり、誤嚥が認められた。この 3 人が嚥下訓練の対象として考えられた。

さらに、6 ヶ月後に上記 3 人に対して同様に VF の再検査を実施した。その結果、在宅高齢者 A（85 歳男性）と C（84 歳男性）は変化がなく、嚥下障害が確定された。一方、在宅高齢者 B（女性 80 歳）は嚥下障害が改善されていた。再検査までの 6 ヶ月間に運動、咀嚼、嚥下時の注意を実行したとのことであった。

これらの結果から、在宅高齢者 A・C が訓練の対象として考えられた。訓練の実施に関する具体的な日程などは、2 人の高齢者の都合によって調整されることとなったが、結果的に訓練が開始されるまでに在宅高齢者 A は誤嚥性肺炎によって入院する事態となっていた。訓練開始が遅れたことが悔やまれた。

3 嚥下障害の在宅高齢者に対するバイオフィードバック訓練の適用

目的

嚥下時の呼吸軌跡と表面筋電図の測定画像をリアルタイムに映写し、それを視覚的即時的にバイオフィードバックとして機能させることによって、声門上嚥下として嚥下と呼吸の協調がなされるかを明らかにする。さらに、バイオフィードバックを除去しても自律的に訓練が維持されるかを確認する。また、訓練によって嚥下造影検査における嚥下状態が改善されるかを確認することである。

研究方法

1) 被験者

前項、「2 嚥下障害のある在宅高齢者の特定」において、嚥下障害が確定された在宅高齢者 1 名（男性、85 歳）を被験者とした。倫理的手続として、訓練内容を説明し書面による同意を得た。

2) 測定装置および訓練装置

第 2 章「1. 加齢に伴う嚥下時の呼吸の変化」と同様の測定装置が用いられた (p.22)。ただし、MacLab システムは MacLab/8s 及び標準ソフト PowerLabV3.6/s が、ノート型パーソナルコンピュータは PowerBook G3 (アップルコンピュータ) が使用された。

バイオフィードバック訓練には上記の測定装置によって入力された PowerBook G3 ディスプレイ上の画像を、液晶プロジェクター (EPSON : ELP7500) を使用して映写した。

3) 測定方法

基本的な測定方法は、第 2 章「1. 加齢に伴う嚥下時の呼吸の変化」測定方法 (p.23) と同様であった。1 回の訓練において 5ml 水嚥下を 10 回実施した。

4) 手続き

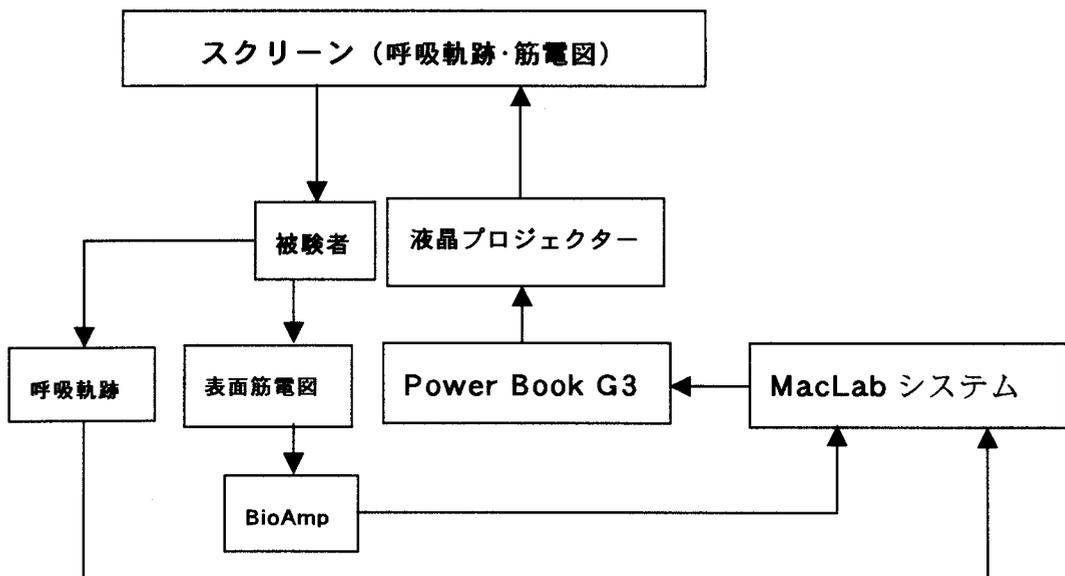


図 4-4 バイオフィードバックシステム

(1) バイオフィードバック

先に記した測定方法によって嚥下時の呼吸軌跡と表面筋電図が記録されるが、その記録をリアルタイムに液晶プロジェクターによって映写し、その画像を被験者が即時的に確認することができるシステムである。

被験者は椅座位の姿勢で訓練を受け、その正面に映写がなされた。そのため、被験者は姿勢を維持した状態で、その画像を見ることができた。また、呼吸軌跡は、高齢者が吸気と呼気を混同しないように、吸気が上向きの曲線、呼気が下向きの曲線として設定された。

(2) 訓練方法

訓練は1日を1セッションとして5ml水嚥下を10試行実施された。まず、ベースライン条件（BL）から開始され、条件1（F1）、条件2（F2）による介入が行なわれた。

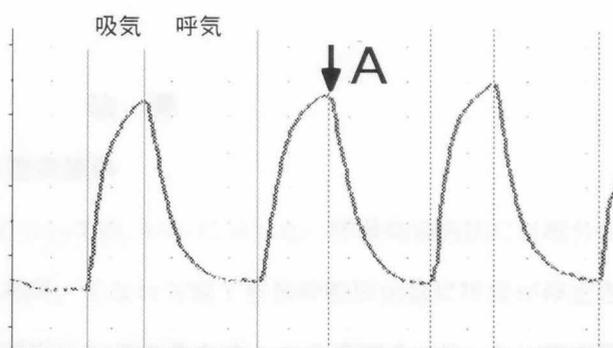


図 4-5 呼吸周期上の嚥下時期の教示図

BL では通常の教示による

測定が実施され、呼吸型が安定したことを確認した時点で F1 が導入された。次に、F1 における呼吸型が安定した時点で、F1 の提示を除去して維持されるかを確認した。維持されない場合には、F2 による介入がなされた。

介入条件 1（F1）は、呼吸軌跡のバイオフィードバックと、嚥下時期の教示図（図 4-5）を被験者に示し、呼吸軌跡 A の位置で口の中の水を飲み込むようにとの言語的教示である。具体的には、吸気によってスクリーン上では上向きの線が描画され、呼気によって下向きの線が描画されることを訓練者が説明しながら、吸気と呼気を言語的に誘導して被験者に体験させた。さらに、呼吸軌跡が最も上昇した「A」の位置で飲み込むように説明した。また、これらの教示は行なわず、バイオフィードバックのみの提示を（F0）として表した。

介入条件 2（F2）は F1 に加えて、声門上嚥下の方法に関する言語的教示として、吸気の後息をこらえて飲み込む誘導を実施した。

4) 分析方法

まず、被験者ごとにそれぞれ 10 回実施した 5ml 水嚥下について、嚥下を随伴した呼吸周期の吸気持続時間、嚥下性無呼吸持続時間、無呼吸前後の呼気あるいは吸気の持続時間を測定し

て、呼吸型を判別した。呼吸軌跡の判別方法と呼吸型の分類法は、第2章に詳述した。

こうして判別された嚙下時の呼吸型が介入条件によってどのように変化するかを分析した。各セッション10試行のうち、声門上嚙下が実行できた呼吸型を従属変数とし、従属変数がどのように推移するかをグラフとして表した。さらに、介入条件を除去しても声門上嚙下が維持されるか否かを判断した。

また、訓練によって嚙下状態が改善されたかを、嚙下造影検査(VF)によって判断した。VFは40%バリウム5ml嚙下と10ml嚙下を実施した。

結果

1) 訓練の経過による嚙下時の呼吸型の推移

嚙下訓練に伴う各試行毎の呼吸型について表4-6に示した。呼吸型の判別には細分類を使用した。しかし、従来は現れなかった期間、すなわち嚙下性無呼吸開始前に呼吸が停止されている期間が確認できた。明らかに、無呼吸とは異なるため、この期間を「S」として表現した。

表4-6 訓練経過による嚙下時の呼吸型の推移

NO	経過 日数	条件	試行									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N01	1	BL1	iaaeae 連続	iaaeae 連続	iSaeaeae	ieSaeSai	4iSae SGM	iaeia 連続	iaeia 連続	iaeia 連続	iSaeiae 連続	isaeae 連続
N02	3	BL2	4iSae SGM	3iSae SGM	3iSae SGM	4iS1eae SGM	3iae SGM	4iSae SGM	2iSae SGM	iSaeiae 連続	ieaeae 連続	iSaeiae 連続
N03	5	BL3	3i1eae SGM	ieaeae 連続	iSaeiae 連続	iSaeae 連続	3i1eae SGM	1i1eae 連続	ieaeae 連続	4iS1i1eae SGM	iSaeiae 連続	iSaeae 連続
N04	8	BL4	ieaeae 連続	ieaeae 連続	ieaeae 連続	ieaeae 連続	ieaeiae 連続	iSaeiae 連続	ieaeae 連続	4iae SGM	2i1eae 連続	4i1eae SGM
N05	10	BL5	iaeia/iae 連続	4iSae SGM	ieaeae 連続	ieaeae 連続	ieaeae 連続	2i1eae 連続	2iSae SGM	4i1eae SGM	1i1eae 連続	2i1eae 連続
N06	15	F1-1	iSaeiae 連続	1iae 連続	4iae SGM	3iSae SGM	3iSae SGM	3iSae SGM	4iSae SGM	4iSae SGM	2iSae SGM	2iSae SGM
N07	16	F1-2	4iSae SGM	2iSae SGM	iaeSae 連続	3i2eae SGM	2iSae SGM	3iS1iae SGM	2iSae SGM	iaeia 連続	iSaeae 連続	iSaeSae 連続
N08	17	F1-3	4iS1i1eae SGM	4iS1i1eae SGM	ieaeiae 連続	iSaeiae 連続	iSaeiae 連続	4iSae SGM	4iS1i1eae SGM	1iae 連続	iSaeiae 連続	iSaeiae 連続
N09	23	F1-4	4iSae SGM	4iS1i1eae SGM	4iS1i1eae SGM	3iSae SGM	4iS1i1eae SGM	4iS1i1eae SGM	3iSae SGM	4iSae SGM	3iSae SGM	4iS1i1eae SGM
N010	24	F1-5	ieaeae 連続	1i1eae 連続	3i2eae SGM	3iS1i1eae SGM	2i1eae SGM	3iSae SGM	1i1eae SGM	4iSae SGM	3iSae SGM	2iS1i1eae SGM
N011	27	F1-6	4iSae SGM	3iSae SGM	4iSae SGM	4iS1i1eae SGM	4iS1i1eae SGM	iacae 連続	4iSae SGM	4iSae SGM	4i1eae SGM	1i1eae 連続
N012	29	F1-7	4iSae SGM	4iS1i1eae SGM	4i2eae SGM	4iSae SGM	3iSae SGM	4iSae SGM	4iSae SGM	4iSae SGM	4iS1eae SGM	4iS1eae SGM
N013	55	F1-8	2iae 連続	4iSae SGM	4iSae SGM	4iSae SGM	1i1eae 連続	4i1eae SGM	4i1eae SGM	4i1eae SGM	4iSae SGM	4i1eae SGM
N014	58	F1-9	2iSae 連続	3i1eSae SGM	3iSae SGM	3iSae SGM	4iSae SGM	4iSae SGM	4iSae SGM	4iSae SGM	4iSae SGM	3iSae SGM
N015	62	F1-10	4i2eae SGM	4iSae SGM	4iSae SGM	4iSae SGM	3iS1eae SGM	2iS2eae SGM	2i1eae SGM	4iSae SGM	1i1eae 連続	1iSae 連続
N016	64	F0-1	2i1eae 連続	1i1eae 連続	1i1eae 連続	1i1eae 連続						
N017	65	F0-2	2i1eae 連続	1i1eae 連続	1i1eae 連続	2i1eae 連続	1i1eae 連続	2i1eae 連続	1i1eae 連続	1i1eae 連続	1i1eae 連続	1i1eae 連続
N018	69	F2-1	4iSaeSae SGM	4iSae SGM	4iSae SGM	4iSae SGM	4i2eSae SGM	4i2eSae SGM	3iSae SGM	1i1eae SGM	2i2eSae SGM	4iSae SGM
N019	73	F2-2	4iS1eae SGM	4iSae SGM	4iS1eae SGM	4iS1eae SGM	4iSae SGM	4iSae SGM	4iSae SGM	4iS1eae SGM	4iS1eae SGM	2iS1eae SGM
N020	76	F2-3	4iS1eae SGM	4iSae SGM	4iSae SGM	4iSae SGM	3iS1i1eae SGM	4iS1i1eae SGM	4iSae SGM	4iSae SGM	4iSae SGM	1iSae 連続
N021	78	F0-3	4iSae SGM	4i1eae SGM	3iSae SGM	4iSae SGM	3iSae SGM	4iSae SGM	4iSae SGM	3iSae SGM	4iSae SGM	4iSae SGM
N022	79	F0-4	ieaeiae 連続	3iS1eae SGM	4i2eSae SGM	3i2eSae SGM	3i1eae SGM	1i1eae 連続	2i1eae 連続	3i2eS1i1eae SGM	1i1eae 連続	1i1eae 連続

例えば、「4iSae」では、安静時の呼吸周期における吸気持続時間以上の吸気がなされ（3i）、そのまま維持され（S）、嚙下性無呼吸が惹起され（a）、呼気を生じた（e）ことを示している。

次に、判別された呼吸型について、声門上嚙下が実行されたならば「SGM」、連続あるいは連続嚙下であれば「分割嚙下」、SGM 以外の単独嚙下であれば「単独嚙下」と表し、表 4-6 の呼吸型の下段に示した。声門上嚙下が実行されたことの判断基準は以下の（1）～（4）のとおりである。

- （1） 1回の喉頭運動で嚙下が終了する単独嚙下であること。
- （2） 嚙下性無呼吸前の吸気持続時間が「3i」あるいは「4i」であること。ただし、吸気の途中で「S」が入り、「2iS1i」の場合には「3i」とみなした。
- （3） 嚙下性無呼吸前の呼気が「1e」あるいは「2e」であること。
- （4） 嚙下性無呼吸後には呼気が随伴されていること。

2) 訓練の経過と介入条件の効果

図 4-6 に訓練経過における声門上嚙下数の推移を表した。各セッションごとに、嚙下 10 試行のうち声門上嚙下が遂行された数を、ベースライン条件（BL）、介入条件 1（F1）、介入条件 2（F2）の別に示した。同様に、分割嚙下の発現数の推移について、図 4-7 に示した。

まず、声門上嚙下の発現数では BL において第 2 セッションでは 6 回遂行されたが、第 5、第 6 セッションでは 2 回に安定した。F1 を導入することで第 6 セッションでは 6 回と発現数が増加し、その後も 6 回から 10 回の間で推移した。F0 でバイオフィードバックを除去すると発現数は 0 回となった。これらから、介入条件 1 が声門上嚙下を発現させる効果が確認された。しかし、維持されることはなかった。そのため、F2 を導入したところ発現数は増加し、F2 の効果が確認された。再度 F0 に戻したところ、第 21 セッションでは発現数 10 となり、F2 が声門上嚙下の遂行を維持する効果が推測できた。しかし、第 22 セッションでは発現数が 4 回と減少したため、長期的に維持する効果を確認することはできなかった。

しかし、第 22 セッションの翌日に嚙下造影が行われ、呼吸軌跡と舌骨上筋群の表面筋電図の同時測定を実施した。40%5ml バリウム（Ba）嚙下を 10 試行実施したところ 9 試行は声門上嚙下が 1 試行は単独嚙下が遂行された。これらの結果から、F2 は声門上嚙下を維持する効果があることが確認された。

次に、分割嚙下の発現数では、BL において第 1 セッションでは 9 回であったが、第 2 セッションでは 3 回と減少した。しかし、その後は 7 回から 4 回と推移した。F1 においてセッ

セッションが進むに従って減少し、第 12 セッションからは発現数が 0 回となった。第 22 セッションにおいて 1 回の分割嚥下を認めたが、翌日の嚥下造影時の 40%5ml Ba 嚥下における呼吸型では分割嚥下は 0 回であった。これらの結果から、F1 は分割嚥下を減少させる効果が認められ、さらにそれを維持する効果が認められた。

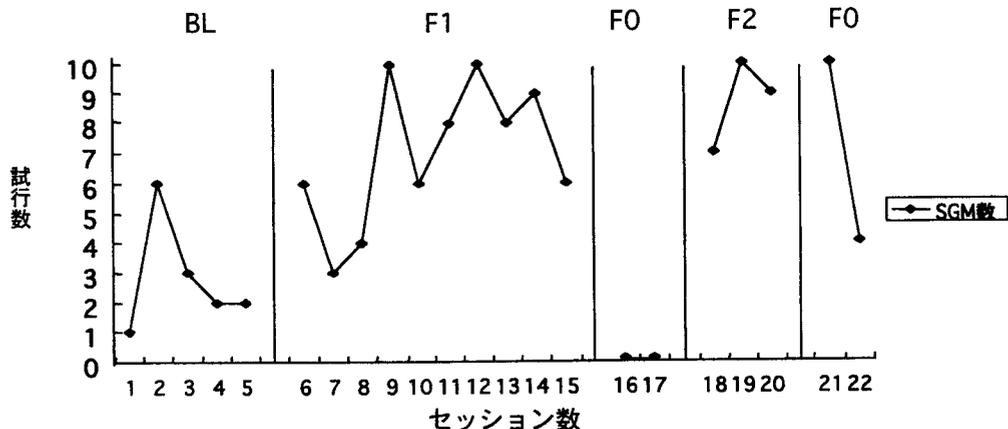


図 4-6 訓練経過における声門上嚥下数の推移

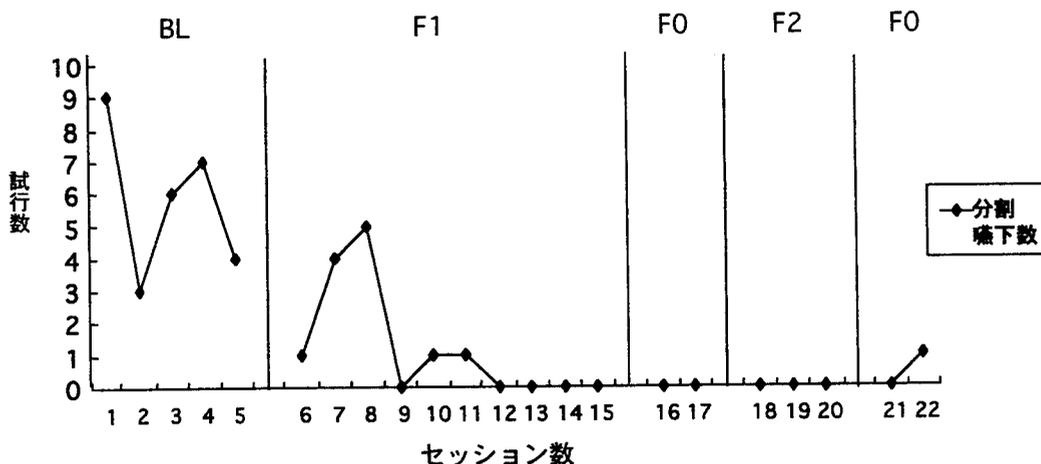


図 4-7 訓練経過における分割嚥下数の推移

3) 訓練による嚥下時の呼吸型の変化の具体例

呼吸軌跡と舌骨上筋群の表面筋電図の記録を図 4-8～図 4-11 に示した。図 4-8 は第 1 セッションの第 2 試行で認められた分割嚥下（連結型：iaae）である。吸気の途中で筋電図が収縮を始め、最大筋振幅とはほぼ同時に嚥下性無呼吸が開始され呼気が後続されたが、その後に 2 回目の喉頭運動による筋振幅を認める。2 回目の嚥下性無呼吸終了後はわずかな呼気から吸気に移行している。嚥下後誤嚥が生じやすい呼吸型であった。

図 4-9 は第 16 セッション第 1 試行で認められた単独嚥下（eae 型：lileae）である。吸気の途中で呼気に移行し、嚥下性無呼吸が引き起こされ、呼気が後続している。

図 4-10 は第 13 セッション第 4 試行で認められた声門上嚥下 (SGM : 4iSae) であり、図 4-11 は第 19 セッション第 5 試行で認められた声門上嚥下 (SGM : 4iSae) である。いずれも十分に吸気がなされ、嚥下性無呼吸後も十分な呼気が後続していた。

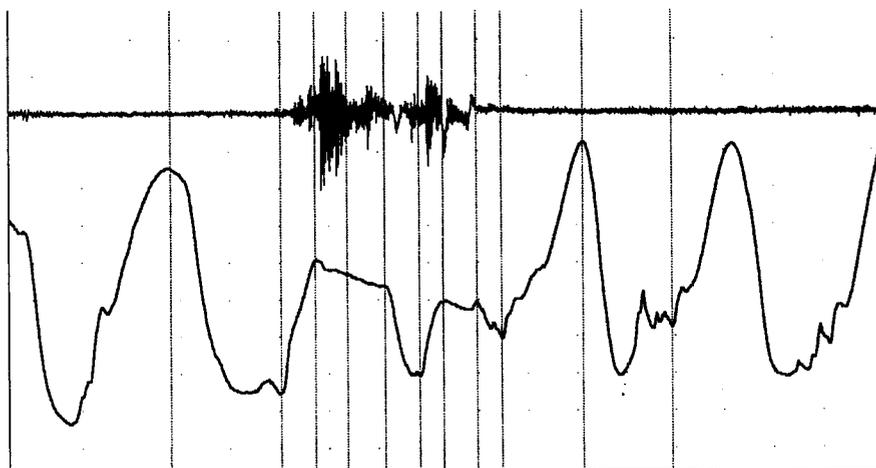


図 4-8 BL 条件における嚥下時の呼吸軌跡 (分割嚥下連結型 : iaeae)

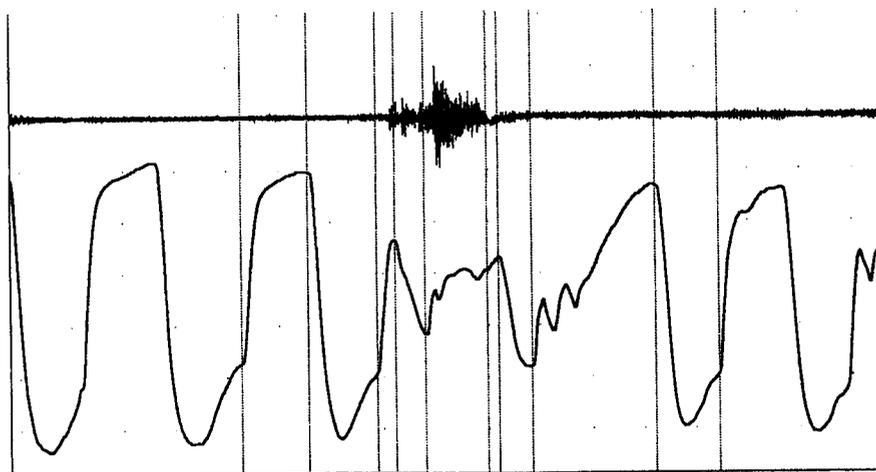


図 4-9 F0 条件における嚥下時の呼吸軌跡 (単独嚥下 eae 型 : iileae)

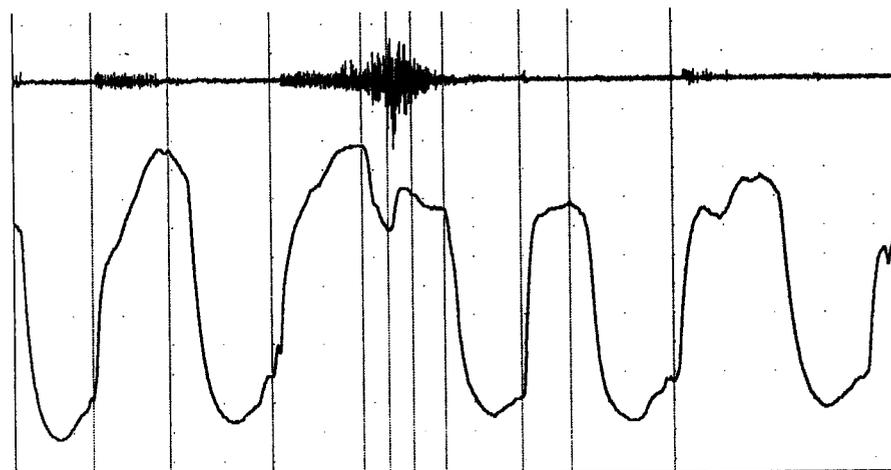


図 4-10 F1 条件における嚥下時の呼吸軌跡 (SGM : 4iSae)

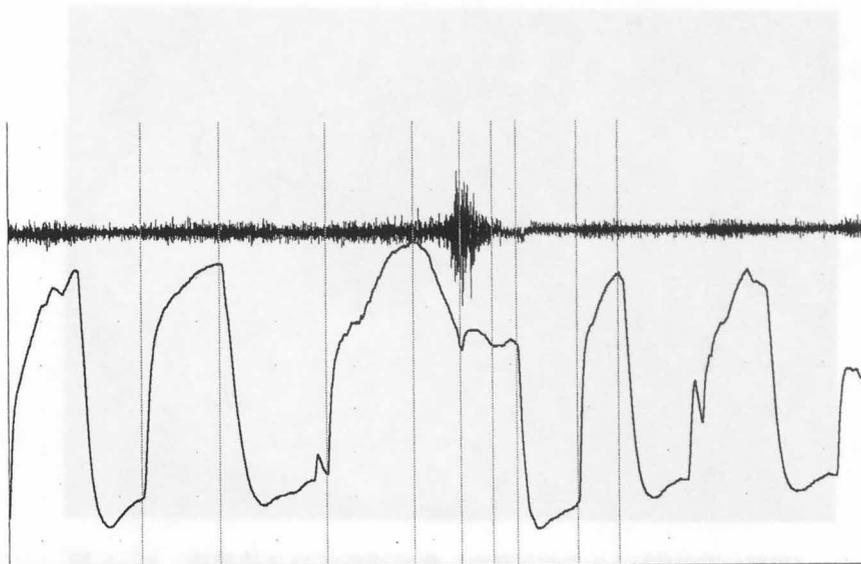


図 4-11 F2 条件における嚥下時の呼吸軌跡 (SGM : 4iSae)

4) 訓練による嚥下造影画像の変化

訓練前の画像が図 4-12、図 4-13 である。5ml40%Ba 嚥下後、梨状窩に貯留していることがわかる。訓練後の画像が図 4-14、図 4-15 である。

図 4-14 ではバリウムが梨状窩から食道入口部を経て食道内へ順調に入る透視画像であり、図 4-15 は喉頭が下降した後も梨状窩への貯留を認めなかった透視画像である。

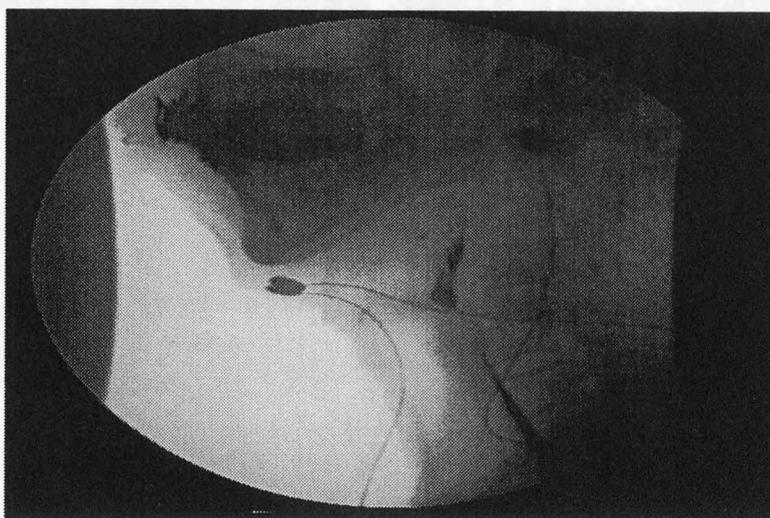


図 4-12 訓練前の嚥下造影画像 (喉頭挙上時 Ba が梨状窩に残留)

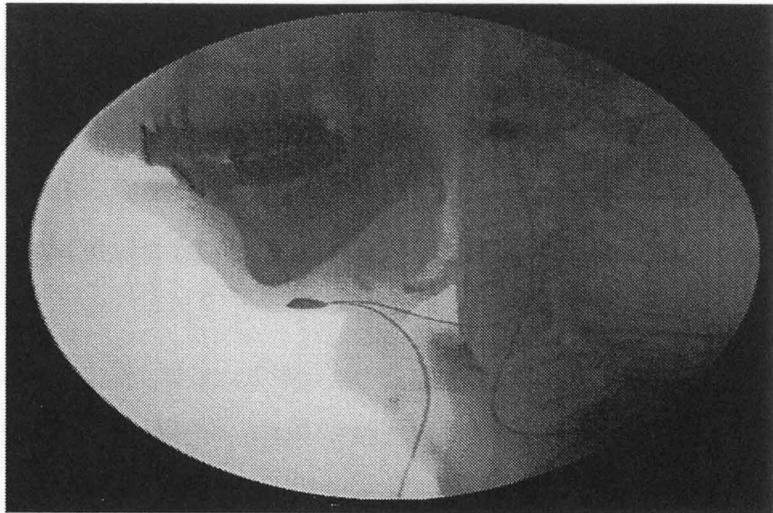


図 4-13 訓練前の嚥下造影画像（喉頭下降後 Ba が梨状窩に残留）

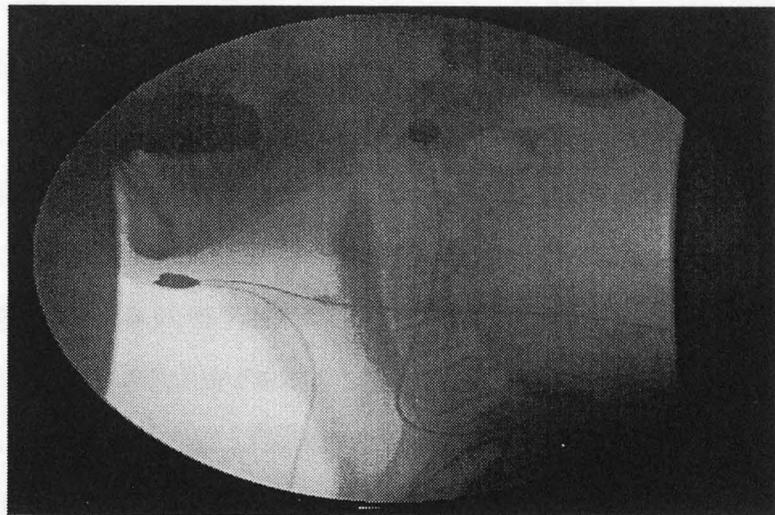


図 4-14 訓練後の嚥下造影画像（喉頭挙上時 Ba が食道入口部を通過）

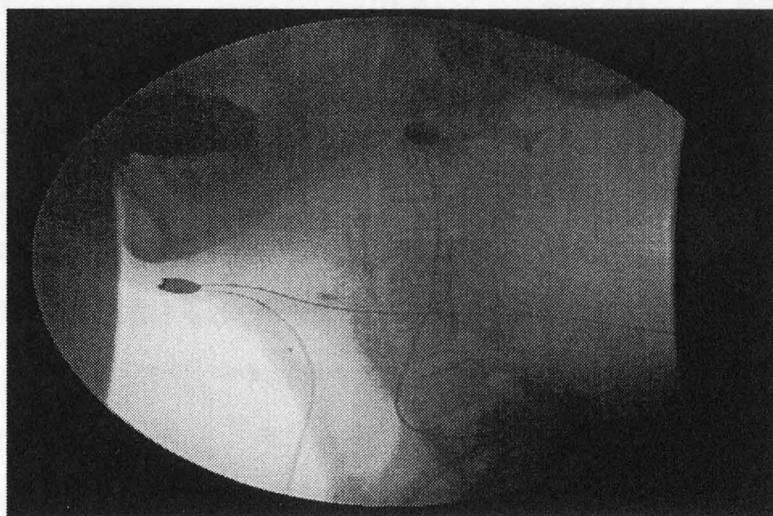


図 4-15 訓練後の嚥下造影画像（喉頭下降後 Ba クリアランス良好）

考 察

今回訓練の対象となった在宅高齢者は、嚥下障害の自覚はなかったが、嚥下状態の調査をとおして研究に参加し、その過程において嚥下障害が確定された高齢者であった。嚥下造影の結果からは、喉頭運動後に梨状窩にバリウムが残留し、それを吸気によって声門下まで流入することによって嚥下後誤嚥が引き起こされていた。そのため、当初の計画どおりの声門上嚥下訓練が実施された。

訓練の目的は、声門上嚥下によって嚥下と呼吸の協調がなされ、安全な呼吸型が発現すること、介入条件を除去しても安全な呼吸型が維持されること、嚥下造影検査でも機能的に嚥下状態が改善されることであった。さらに、これらをとおして、介入条件の効果を明らかにすることであった。介入条件 1 (F1) は、呼吸軌跡のバイオフィードバックと、教示図を被験者に示し、呼吸軌跡が一番上に行った位置で口の中の水を飲み込むようにとの言語的教示である。介入条件 2 (F2) は F1 に加えて、吸気の後息をこらえて飲み込む誘導であった。

結果からは、介入条件 1 について声門上嚥下を遂行する頻度を増加させることに効果が認められた。しかしながら、バイオフィードバックを除去すると声門上嚥下の遂行数は 0 回となり、ベースライン条件における遂行数を下回る結果であった。これは、バイオフィードバックとして用いた呼吸軌跡の画像が、嚥下のタイミングの手がかり刺激となっていたと考えられる。その意味で、今回の方法は声門上嚥下を増加させることに有効な訓練技術であろう。

しかしながら、次のステップとしては通常の生活において訓練が般化されることが重要であろう。今回の結果からは、バイオフィードバックのみでは声門上嚥下の遂行を維持することができないことが明らかとなった。訓練の経過において、スクリーンに提示される呼吸軌跡の吸気は自らの吸気によって描かれ、呼気は自らの呼気によって描画されることを学習し、被験者は画像を呼吸によって操作するであろうと考えていた。しかし、実際は、被験者は自らの呼吸でスクリーン上の画像を操作するには至らなかった。これを、再度学習させる介入が条件 2 であった。これによって、被験者は声門上嚥下の遂行数を増加させることができ、さらにバイオフィードバックの手がかり刺激を中止しても、遂行数が維持された。

次に、分割嚥下の発現数をみると、介入条件 1 において発現数が著しく減少し 0 回となり、その後介入条件 1 を中止しても、それは維持された。介入条件 1 について分割嚥下を減少させる効果が認められた。

さらに、訓練終了後に嚥下機能が改善されていることが重要であるが、嚥下造影の結果からは、声門上嚥下が遂行されれば、梨状窩への残留が軽減されることが示唆された。

結 論

嚥下障害のある在宅高齢者（男性 85 歳）を被験者として、嚥下時の呼吸軌跡を視覚的即時的にバイオフィードバックすることによって、声門上嚥下の発現数が介入条件によってどのように推移するかを測定し、以下の結論を得た。

- 1) 嚥下時の呼吸軌跡を視覚的即時的にバイオフィードバックを用いた声門上嚥下訓練は、声門上嚥下の遂行数を増加させることができたが、維持することはできなかった。
- 2) 声門上嚥下をスクリーン上の画像に一致させて誘導することは、声門上嚥下を維持することに効果が認められた。
- 3) 嚥下時の呼吸軌跡を視覚的即時的バイオフィードバックとして用いた声門上嚥下訓練は、分割嚥下を減少させることができ、それを維持する効果が認められた。
- 4) 声門上嚥下訓練によって、誤嚥が改善された。

第 5 章 研究の総括と将来展望

我が国が、高齢者社会から超高齢社会に向かいつつあるなかで、高齢者が如何に健康を維持増進するかは社会的な重要課題となってきた。なかでも、「口から食べること」が障害される嚥下障害は、高齢者の生活の質をも脅かす問題であり、これを予防し改善することが社会的な要請となった。これに応えるべく、本研究は総合的に計画され実施された。

近年、嚥下障害に関する研究が急増してきた。これは日本摂食・嚥下リハビリテーション学会が設立されたことと大きく関係するが、その前提としては先に述べた高齢化の問題があり、臨床場面、在宅ケア場面でも、嚥下障害に関する知識、改善のための方法論が求められてきている。今回、高齢者の嚥下障害に焦点を当て、基礎研究から応用研究へと発展させてきた。

基礎研究は、在宅高齢者の嚥下状態に関する調査から開始された。我が国における在宅高齢者の嚥下障害については全く調査されていなかったため、本研究第 1 章で報告した在宅高齢者の嚥下状態と生活習慣（鎌倉他, 1998）が嚥下障害に焦点を当てた初めての調査といえよう。そこで、明らかになったことは、在宅高齢者のおよそ 10%には嚥下に関連した問題のあることが推測されることであり、その割合は加齢と関係して年齢群が高くなるにしたがって増加した。さらに、嚥下に問題のない高齢者も多数存在することから、在宅高齢者の嚥下障害は疾患のみならず生活習慣が関与していることが予測された。

在宅高齢者の嚥下障害に対する援助技術を検討するにあたり、まずは嚥下障害を引き起こした高齢者に対する援助技術の開発は重要な課題である。しかし、在宅高齢者では嚥下の問題が潜在するため、嚥下障害を予防するための健康教育が重要であり、嚥下機能に関連する生活要因を明らかにする必要がある。さらに、嚥下障害のリスクのある在宅高齢者をスクリーニングする方法を確立することであり、スクリーニングされた高齢者に対して嚥下障害を改善する介入の方法論を確立することが課題となろう。これらの 3 つの視点、1) 訓練の方法論、2) スクリーニング方法の確立、3) 嚥下機能に関連する生活要因の解明、から研究を総括したい。

1) 訓練の方法論

高齢者の嚥下障害の病態が、咽頭クリアランスの低下とそれに伴う嚥下後誤嚥であることから、嚥下と呼吸の協調に焦点を当て、呼吸軌跡をバイオフィードバックすることによる声門上嚥下訓練の効果を検討した。測定用具として、嚥下時の呼吸軌跡と舌骨上筋群の表面筋電図の

同時記録を使用し、呼吸型と嚥性無呼吸持続時間を中心に分析してきた。まずは、この方法論の妥当性と信頼性を確認するための基礎研究を実施した。そこから得られた知見は、嚥下性無呼吸持続時間は加齢に伴って延長されること（鎌倉他，1998）、食塊の温度には影響を受けないが量の増加に伴って延長されること（鎌倉他，2000）、嚥下性無呼吸持続時間は軟口蓋挙上に遅れて始まり喉頭が下降し終えるまでの持続時間を表すこと、などが判明した。同じ嚥下方法であれば、呼吸型は嚥下の場面ごとに変化するのではなく、個人に規定されていること（鎌倉，2001）、高齢者では分割嚥下の発現率が高くなること（鎌倉他，1998）などが明らかになった。また、嚥下時の呼吸型について従来の分類方法に加えて、細分類を提案して分類方法を明確にした。さらに、訓練のための予備実験を実施した（鎌倉，1999）

次に、呼吸軌跡を液晶プロジェクターを使用して視覚的即時的にバイオフィードバックする方法論は、声門上嚥下の遂行数を増加させる効果が認められた。しかし、フィードバックを中止すると、その効果を維持することはできず、呼吸軌跡の映写が嚥下のタイミングのための手がかり刺激となっていた。そのため、被験者自身の呼吸によって呼吸軌跡を操作できるように声門上嚥下を誘導する方法を加味することによって、フィードバックを中止しても声門上嚥下の遂行が維持された。一方、分割嚥下はバイオフィードバックの提示によって減少する効果が確認され、フィードバックを中止しても、その効果は維持された。これらから、在宅で、自律的に声門上嚥下を維持するためには、呼吸周期上のどこで嚥下反射を惹起させるか、そのタイミングを判断するための手がかり刺激があることが望ましい。具体的には、一定量の吸気が必要で熱センサーの温度が下降すると音が鳴り、それを手がかり刺激として嚥下反射を惹起させることができるような、簡便な自律訓練器具へ発展させることを考えたい。

また、今回の方法論はレスポネントである嚥下反射の誘発刺激をオペラントで随意的に制御する方法であった。嚥下反射によって惹起される咽頭期嚥下は、単なる反射の連続ではなく中枢神経系（嚥下パターン形成器）でパターンとして出力されていることが推測されている（進，1994）。いったん入力された求心性の刺激は一定のパターンとして嚥下関連筋を駆動することとなる。そのため、オペラントで制御することは、これらの嚥下関連筋の環境をオペラントで制御することになる。具体的には、声門上嚥下として十分に吸気することによって胸腔内圧をさらに陰圧にすることが食道内圧を間接的に下げることに伴って食道入口部に食塊が入りやすくなる。吸気後に息を止めることは声門を内転させて声門閉鎖を強くすることとなる。このように嚥下環境を随意的に制御することで、誘発刺激から一連の反射によって食塊がうまく嚥下された結果が、声門上嚥下を強化することになる。今回の方法論として採用したバイオフ

ードバックは有効な手がかり刺激となるであろう。

従来、オペラントとレスポナントは個々に基礎的実験と研究が重ねられてきた。人間の行動は自律神経系と随意筋とがうまく調和されて成立している。今回の嚥下のように、臨床場面ではオペラントとレスポナントが連動していることが多い。これら両者を視野に入れた研究が重要であろう。

2) スクリーニングの方法論の確立

先の調査（鎌倉他，1998）を発展させて、在宅高齢者のための嚥下障害リスク評価に関する尺度開発（深田他，2002）を深田を中心とした共同研究を実施した。その研究成果として、表5-1に示すように、在宅高齢者を対象にした「嚥下障害リスク評価尺度」を開発した。藤島他（2000）は脳血管障害患者を対象にして質問紙を開発したが、在宅高齢者を対象とした質問紙は見当たらない。そのため、「嚥下障害リスク評価尺度」の実用化が期待される。今回は高齢者の自記による回答であったが、介護者からの他者評価を加え、嚥下造影などの客観的な評価基準を加味することによって、この尺度を精緻化することが今後の課題となろう。

表 5-1 嚥下障害リスク評価尺度

あなたのここ3ヶ月くらいの食事に出現する症状についておたずねします。次の症状がどれくらいあったか1~4の中から1つ選んで○をくけてください。

No.	質問項目	1.いつもある	2.時々ある	3.まれにある	4.ほとんどない
1	口がバサバサしていると感じる	1.いつもある	2.時々ある	3.まれにある	4.ほとんどない
2	口から食べ物がこぼれる	1.いつもある	2.時々ある	3.まれにある	4.ほとんどない
3	食べ物を飲み込んだ後に舌の上に食べ物が残る	1.いつもある	2.時々ある	3.まれにある	4.ほとんどない
4	水分が飲み込みにくい	1.いつもある	2.時々ある	3.まれにある	4.ほとんどない
5	ご飯が飲み込みにくい	1.いつもある	2.時々ある	3.まれにある	4.ほとんどない
6	食べ物や水分が鼻にあがる	1.いつもある	2.時々ある	3.まれにある	4.ほとんどない
7	食べ物がのどにひっかかる感じがする	1.いつもある	2.時々ある	3.まれにある	4.ほとんどない
8	食べ物がのどに残る感じがする	1.いつもある	2.時々ある	3.まれにある	4.ほとんどない
9	食事中や食後にガラガラした声に変わる	1.いつもある	2.時々ある	3.まれにある	4.ほとんどない
10	食べ物を飲み込もうとする前にむせたりせき込む	1.いつもある	2.時々ある	3.まれにある	4.ほとんどない
11	食べ物を飲み込む時にむせたりせき込む	1.いつもある	2.時々ある	3.まれにある	4.ほとんどない
12	食べ物を飲み込んだ後にむせたりせき込む	1.いつもある	2.時々ある	3.まれにある	4.ほとんどない
13	水分を飲むときにむせる	1.いつもある	2.時々ある	3.まれにある	4.ほとんどない
14	ご飯を飲み込むときにむせる	1.いつもある	2.時々ある	3.まれにある	4.ほとんどない
15	食べ物や酸っぱい液が胃からのどに裏ってくる	1.いつもある	2.時々ある	3.まれにある	4.ほとんどない
16	食べ物が胸につかえる感じがする	1.いつもある	2.時々ある	3.まれにある	4.ほとんどない
17	胸やけがする	1.いつもある	2.時々ある	3.まれにある	4.ほとんどない

注) 嚥下障害リスク評価尺度は17項目からなり、4つの下位尺度：誤嚥（No.10～14）、咽頭クリアランスの低下（No.6～9）、咽頭への送り込み及び咽頭期惹起の障害（No.1～5）、食道期の嚥下障害（No.15～17）がある。

3) 嚥下機能に関連する生活要因の解明

先の調査（鎌倉他，1998）では、在宅高齢者の嚥下機能に関係する生活習慣として、外出の

頻度、笑う頻度、睡眠薬の使用の頻度が関係していた。在宅高齢者の嚥下機能に影響する要因（深田他，2002）では、運動習慣と咀嚼力が嚥下機能に影響する要因であった。いずれも、毎日継続される軽い運動の習慣と嚥下関連筋を使用することが関係していると考えられた。これらは、嚥下障害を予防し嚥下機能を維持するためには重要なことであるため、さらに介入研究へと発展させることを検討したい。

さらに、これらの研究は社会に還元されて活用されてこそ、応用研究としての意味を持つと考える。そのため、ここまで述べてきたように、在宅高齢者の嚥下障害をスクリーニングして、嚥下状態を改善させる技術を提供することと、嚥下障害を予防するための知識の普及を総合的にシステムとして定着させることによって、在宅高齢者の嚥下障害に対する援助技術が確立されると考える。今後の課題として取り組みたい。

謝 辞

本論文を提出するにあたり、長期間にわたってご指導いただいた杉本助男教授に感謝の意を表したい。研究を開始した当初、嚥下と呼吸の協調に関する測定方法として MacLab システムをご指導いただいた。嚥下性無呼吸時間が測定できたときの感激は今も新鮮によみがえる。

また、バイオフィードバックの基礎研究として、数々のアイデアをご示唆いただき、それが次の研究へとつながっていったことが思い起こされる。また、研究の進行を暖かく見守って下さり、研究を進める励ましをいただいた。言葉では言い尽くせない感謝の気持ちと、杉本先生のご健康を祈念申し上げたい。

次に、嚥下障害に関する共同研究者の愛知県立看護大学深田順子講師に感謝申し上げたい。嚥下障害に関する課題は広く、単独での研究には限界があった。共同研究として活動することによって、このテーマがさらに発展することから、今後ともよろしくお願い申し上げたい。

さらに、研究協力者として、嚥下造影のご協力をいただいた名古屋大学医学部耳鼻咽喉科藤本保志医師、和田内科病院万歳登茂子医師に感謝申し上げたい。

最後に、長期間にわたり励まし支えてくれた家族にも感謝したい。

文 献

- Bisch, E.M., Logemann, J.A., Rademaker, A.W., Kahrilas, P., and Lazarus, C. 1994 Pharyngeal effects of bolus volume, viscosity, and temperature in patients with dysphagia resulting from neurologic impairment and in normal subjects. *J. Speech. Hear. Res.*, 37, 1041-1049.
- Dantas, R.O., Kern, M.K., Massey, B.T., Dodds, W.J., Kahrilas, P.J., Brasseur, J.G., Cook, I.J., and Lang, I.M. 1990 Effect of swallowed bolus variables on oral and pharyngeal phases of swallowing. *Am. J. Physiol.*, 258, G675-G681.
- Dodds, W.J., Man, K.M., Cook, I.J., Kahrilas, P.J., Stewart, E.S., and Kern, M.K. 1988 Influence of bolus volume on swallow-induced hyoid movement in normal subjects. *AJR*, 150, 1307-1309.
- Dziadzioala, J., Hamlet, S., Michou, G., et al. 1992 Multiple swallows and piecemeal deglutition ; observations from normal adults and patients with head and neck cancer. *Dysphagia*, 7, 8-11.
- Ertekin, C., Aydogdu, I., and Yuceyar, N. 1996 Piecemeal deglutition and dysphagia limit in normal subjects and in patients with swallowing disorders. *J. Neurol., Neurosurg. Psychiatry.*, 61, 491-496.
- Ertekin, C., Aydogdu, I., Yuceyar, N., Pehlivan, M., Ertas, M., Uludag, B., and Celebi, G. 1997 Effects of bolus volume on oropharyngeal swallowing: an electrophysiologic study in man. *Am. J. Gastroenterol.*, 92, 2049-2053.
- Ertekin, C., Kiylioglu, N., Tarlaci, S., Turman, A.B., Secil, Y., and Aydogdu, I. 2001 Voluntary and reflex in man. *Dysphagia*, 16 (40) , 16-40.
- Ertekin, C., Pehlivan, M., Aydogdu, I., Ertas, M., Uludag, B., Celebi, G., Colakoglu, Z., Sagduyu, A., and Yuceyar, N. 1995 An electrophysiological investigation of deglutition in man, *MUSCLE & NERVE*, 18, 1177-1186.
- Fanucci, A., Cerro, P., Ietto, F., Fanucci, E. 1997 Ultrasonographic evaluation of piecemeal deglutition in normal adults. *Dento-maxillo-facial radiol.*, 26, 354-356.
- Feinberg, M.J., Knebl, J., Tully, J., and Segall, L. 1990 Aspiration and elderly, *Dysphagia*, 5, 61-71.

- 藤島一郎 1993 脳卒中の摂食・嚥下障害. 第1版, 医歯薬出版, p2.
- 藤島一郎・大熊るり・他 2000 摂食・嚥下障害に対する質問紙の開発 厚生省厚生科学研究費補助金総合研究 平成10年度研究報告.
- 深田順子・鎌倉やよい・北池正 2002 在宅高齢者の嚥下機能に影響する要因. 日摂食嚥下リハ会誌, 6 (1), 38-48.
- 深田順子・鎌倉やよい・北池正・野尻雅美 2002 在宅高齢者のための嚥下障害リスク評価に関する尺度開発. 日本看護研究学会, 25 (1), 87-99.
- 古川浩三 1984 嚥下における喉頭運動のX線学的解析—特に年齢変化について. 日耳鼻, 87, 169-181.
- 古川浩三 1989 老人の嚥下 設楽哲也(編)耳鼻・頭頸部MOOK12・老年者と耳鼻咽喉科 金原出版 pp145-150.
- 林伊吹 1996 嚥下前の呼吸位相の違いが嚥下に与える影響, 大阪医大誌, 55 (2), 28-42.
- 平野実 1980 誤嚥の臨床的分類とその意義. 日気食会報, 31 (4), 285-290.
- 平山恵造 1971 神経症候学 文光堂 1971.
- 池田稔・富田寛 1989 老人の味覚 設楽哲也(編)耳鼻・頭頸部MOOK12・老年者と耳鼻咽喉科 金原出版, pp161-169.
- 稲木匠子・丘村熙・森敏裕 1988 食道透視と嚥下圧測定よりみた咽喉頭異常感症の嚥下機能. 耳鼻臨床, 補23, 40-45.
- 鎌倉やよい 1999 高齢者の嚥下障害に対する呼吸曲線のフィードバックによる援助技術の開発. 平成9年度～10年度科学研究費補助金(基盤研究(C)(1))研究成果報告書.
- 鎌倉やよい 2001 口腔・中咽頭癌術後嚥下障害における嚥下と呼吸の協調に関する研究. 平成11年度～12年度科学研究費補助金(基盤研究(C)(2))研究成果報告書.
- 鎌倉やよい・藤本保志・深田順子 2000 嚥下障害ナーシング. 医学書院, pp10-28.
- 鎌倉やよい・深田順子・杉本助男 2000 嚥下と呼吸の協調への量と温度の影響. 日摂食嚥下リハ会誌, 4 (2), 38-46.
- 鎌倉やよい・岡本和士・杉本助男 1998 在宅高齢者の嚥下状態と生活習慣. 総合リハ, 26 (6), 581-587.
- 鎌倉やよい・杉本助男・深田順子 1998 加齢に伴う嚥下時の呼吸の変化, 日摂食嚥下リハ会誌, 2, 13-22.
- 唐帆健浩・大前由紀夫・田部哲也・羽生耀子・村瀬優子・北原哲・井上鐵三 1997 頸部回旋

- による咽頭の形態的变化および嚥下機能の変化. 日気食会報, 48, 242-248.
- 莉安誠・吉田香奈 1994 バリウムの温度による嚥下咽頭期時間の変化, 総合リハ, 22, 49-50.
- 小宮山荘太郎・宮崎洋・山下弘之 1991 咽頭の生理と病態機能からみた特徴. 日気食会報, 42, 111-115.
- 小宮山荘太郎 1986 気道食道の内圧検査とその意義. 日気食会報, 37, 108-114.
- 今野昭義・伊藤永子・岡本美孝 1989 老人の唾液腺機能 設楽哲也(編)耳鼻・頭頸部 MOOK12・老年者と耳鼻咽喉科, 金原出版 pp151-160.
- Lazarus, C., Logemann, J.A., and Gibbons, P. 1993 Effects of maneuvers on swallowing function in a dysphagic oral cancer patient. HEAD & NECK, 15, 419-424.
- Leopold, N.A., Kagel, M.C. 1983 Swallowing ingestion and dysphagia; A reappraisal. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 64, 371-373.
- Logemann, J.A. 1998 Evaluation and treatment of swallowing disorders PRO-ED texas.
- Logemann, J.A., and Kahrilas, P.J. 1990 Relearning to swallow after stroke – application of maneuvers and indirect biofeedback; A case study. Neurology, 40, 1136-1138.
- Martin, B.J. W., Logemann, J.A., Shaker, R., and Dodds, W.J. 1994 Coordination between respiration and swallowing: respiratory phase relationships and temporal integration, J. Appl. Physiol., 76, 714-723.
- Martin, B.J.W., Logemnn, J.A., Shakar, R., and Dodds, W.J. 1993 Normal laryngeal valving patterns during three breath-hold maneuvers; A pilot investigation. Dysphagia, 8, 11-20.
- Mcfarland, D.H., Lund, J.P., and Gagner, M. 1994 Effects of posture on the coordination of respiration and swallowing, J. Neurophysiol., 72, 2431-2437.
- 森敏裕 1992 嚥下第Ⅱ期における嚥下圧動態の研究. 日耳鼻, 95, 1022-1034.
- 森敏裕・丘村熙 1985 嚥下圧曲線よりみた嚥下障害の分類の試み. 日気食会報, 36, 363-370.
- 森敏裕・丘村熙・稲木匠子 1989 嚥下圧伝搬速度の評価法. 耳鼻臨床, 82, 1441-1445.
- 永井晴美・柴田博・芳賀博・上野満雄・須山靖男・安村誠司・松崎俊久・崎原盛造・平良一彦 1990 地域老人における咀嚼能力の健康状態への影響. 日本老年医学会雑誌, 27, 63-68.
- 長沢潤 1975 老年者における嚥下性肺炎, その呼吸器に及ぼす影響, 嚥下性肺炎, 日気食会報, 26, 126-130.

- Nilsson, H., Ekberg, O., Olsson, R., and Hindfelt, B. 1996 Quantitative aspects of swallowing in an elderly nondysphagic population, *Dysphagia*, 11, 180-184.
- Nishino, T., Yonezawa, T., and Honda, Y. 1985 Effects of swallowing on the pattern of continuous respiration in human adults, *Am. Rev. Respir. Dis.*, 132: 1219-1222.
- Ohmae, Y., Logemann, J.A., Kaiser, P., Hanson, D.G., and Kahrilas, P.J. 1996 Effects of two breath-holding maneuvers on oropharyngeal swallow. *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.*, 105, 123-131.
- 岡本和士 1987 高齢者の活動能力の評価方法の作成とその応用に関する研究. 愛知医科大学医学雑誌, 15, 801-815.
- 丘村熙・稲木匠子・森敏裕・福井康二・相原隆一 1991 高齢者の嚥下機能－咽頭食道透視よりの観察－, 日気食会報, 42, 116-120.
- Paydarfar, D., Gilbert, R.J., Poppel, C.S., and Nassab, P.F. 1995 Respiratory phase resetting and airflow changes induced by swallowing in humans, *J. Physiol.*, 483.1, 273-288.
- Preiksaitis, H.G., and Mills, C.A. 1996 Coordination of breathing and swallowing: effects of bolus consistency and presentation in normal adults, *J. Appl. Physiol.*, 81, 1707-1714.
- Preiksaitis, H.G., Mayrand, S., Robins, K., and Diamant, N.E. 1992 Coordination of respiration and swallowing: effect of bolus volume in normal adults. *Am. J. Physiol.*, 263, R624-R630.
- Ren, J., Shaker, R., Zamir, Z., Dodds, W.J., Hogan, W.J., and Hoffmann, R.G. 1993 Effect of age and bolus variables on the coordination of the glottis and upper esophageal sphincter during swallowing, *Am. J. Gastroenterol.*, 88, 665-669.
- 才藤栄一・千野直一 1985 嚥下障害のリハビリテーション. 理学療法, 2 (3), 181-189.
- 才藤栄一・千野直一 1995 嚥下障害. 総合リハ, 15(3), 215-222.
- 佐々木英忠 1994 高齢者の嚥下の問題. 琵琶湖長寿科学シンポジウム実行委員会 (編) 高齢者の日常生活とありふれた病気 医歯薬出版 pp 20-28.
- 佐々木英忠・佐藤和彦・中澤秀喜・目黒謙一・関澤清久 1991 老年者の呼吸器ケア, 総合臨, 40 : 476-480, 1991.
- Selley, W.G., Flack, F.C., Ellis, R.E., and Brooks, W.A. 1989 Respiratory patterns

- associated with swallowing: part 1. the normal adult pattern and changes with age, *Age. Ageing.*, 18, 168-172.
- Shaker, R., Li, Q., Ren, J., Townsend, W.F., Dodds, W.J., Martin, B.J., Kern, M.K., and Rynders, A. 1992 Coordination of deglutition and phases of respiration: effect of aging, tachypnea, bolus volume, and chronic obstructive pulmonary disease. *Am. J. Physiol.* 263, G750-G755.
- Sheth, N. and Diner, W.C. 1988 Swallowing problems in the elderly, *Dysphagia*, 2, 209-215.
- 進武幹 1994 嚥下の神経機序とその異常. *耳鼻*, 40, 239-422.
- Smith, J., Wolkove, N., Colacone, A., and Kreisman, H. 1989 Coordination of eating, drinking and breathing in adults. *Chest*, 96, 578-582.
- 高德幸男・瀧口徹・小林清吾・矢野正敏・筒井昭仁・張旌旗・関原敬・堀井欣一 1994 咀嚼機能に及ぼす加齢の影響について. *日本咀嚼学会雑誌*, 4, 41-50.
- Tracy, J.F., Logemann, J.A., Kahrilas, P.J., Jacob, P., Kobara, M., and Krugler, C. 1989 Preliminary observations on the effects of age on oropharyngeal deglutition, *Dysphagia*, 4, 90-94.
- Umezaki, T., Matsuse, T., Shin, T. 1998 Medullary swallowing-related neurons in the anesthetized cat. *Neuro Report*, 9, 1793-1798.
- 芳賀博・柴田博・上野満雄・永井晴美・安村誠司・須山靖男・松崎俊久・鈴木一夫・岩崎清・澤口進 1991 地域老人における健康度自己評価からみた生命予後. *日本公衆衛生雑誌*, 38, 783-789.

資 料

あなたの健康と日常生活に関するおたずね

このアンケートは65歳以上の方を対象に、健康状態と日常の生活習慣についておたずねし、すこやかな長寿社会をつくるための資料とさせていただくものです。回答は他の人に一切わからないように取り扱いますし、統計的に処理いたしますので、ありのままをお答えください。

お答えなりにくい質問、あるいは失礼な質問もあるかと存じますが、アンケートの主旨をご理解の上ご了承願いたく存じます

ご多忙のところ恐れ入りますが、よろしくご協力お願いいたします

なお、氏名のご記入につきましては記名、無記名にいずれでも結構でございますが、生年月日につきましては資料の整理上必要となりますので、かならずご記入をお願いいたします。

平成8年

愛知県立看護大学公衆衛生学教室

記入の方法

質問表は全部で4ページあります。それぞれの質問には回答が用意されています。

あなたの状態や考えに、最も近いと思われるものに○をつけてください。

また、下線部分には適当な数字か、語句を記入してください。

問1 あなたのお名前 _____ 男・女

生年月日 (1) 明治

(2) 大正 _____年 _____月 _____日 年齢 _____歳

(3) 昭和

問2 今の健康状態についてどのように思われますか

(1) 健康 (2) まあ健康 (3) あまり健康でない (4) 病気がち

問3 あなたの世帯は次のうちどれにあたりますか

(1) 一人暮らし世帯 (2) 夫婦のみの世帯 (3) 子あるいは孫夫婦などとの同居世帯

問4 現在配偶者はありますか

(1) いる (2) いない

問5 現在治療中の病気がありますか。あればその番号に○をおつけください。

(1) なし

(2) あり

その病気は ① 高血圧 ② 脳卒中 ③ 心臓病 (心筋梗塞、狭心症、心不全など)

④ 結核 ⑤ 糖尿病 ⑥ 肝臓病 ⑦ 胃・十二指腸潰瘍 ⑧ 貧血

⑨ 腎臓病 ⑩ 神経痛 ⑪ 関節の病気

⑫ その他()()()

問6 最近の血圧はどのくらいですか

(1) 最高血圧 _____ - 最低血圧 _____ mmHg 程度

(2) わからない

問7 健康診断は受けていますか

(1) 毎年受けている (2) 2~3年に1回受けている (3) いいえ

問 8 生活の中で次のような状態がありますか

① 便通はどうか	(1) ほとんど毎日 (2) どちらかという便秘がち
② 首や肩がこりますか	(1) いつも (2) 時々 (3) いいえ
③ 手や指が使いにくいですか	(1) 大へん (2) 少し (3) いいえ
④ 歩きにくいですか	(1) 大へん (2) 少し (3) いいえ
⑤ 関節が痛むことがありますか	(1) いつも (2) 時々 (3) いいえ
それはどこですか	1.手指 2.手首 3.腰 4.膝 5.足首 6.その他()

問 9 あなたの生活についておたずねします

① たばこは吸いますか	(1) 吸う()本 (2) 時々 (3) やめた (4) 吸わない
② 酒類をのみますか	(1) 毎日飲む (2) 時々 (3) やめた (4) 飲まない
③ 運動をしていますか	(1) 週2~3回以上 (2) 週1回程度 (3) しない
④ 階段をよく使う	(1) はい (2) いいえ
⑤ 自転車によく乗る	(1) はい (2) いいえ
⑥ 近くても、出かける時は自家用車が多い	(1) はい (2) いいえ
⑦ 朝食を食べますか	(1) 毎日食べる (2) 時々 (3) 食べない
⑧ 間食を食べますか	(1) 毎日1回以上 (2) 時々 (3) 食べない
⑨ 睡眠時間は何時間ですか	平均__時間
⑩ 睡眠薬を使いますか	(1) ほとんど毎日 (2) 時々 (3) いいえ
⑪ 大きな声で笑うこと	(1) 良くある (2) 時々ある (3) ほとんどない
⑫ 食事が楽しいと	(1) いつも思う (2) 時々思う (3) あまり思わない
⑬ カラオケなどで 歌う機会は	(1) 週2~3回以上 (2) 週1回程度 (3) あまりない
⑭ 1日のうち外出する時間は	(1) 半日以上 (2) 2~3時間程度 (3) 1時間程度 (4) 30分程度 (5) ほとんど外出しない
⑮ 食事の時、入れ歯を使いますか	(1) いつも使う (2) 時々使う (3) 入れ歯はない

問 10 食事の仕方についておたずねします

①食事のかみ方は	(1) 良くかむ方	(2) あまりかまない方	
②食べる早さは(周囲の人と比べ)	(1) 早い方	(2) 同じくらい	(3) 遅い方
③食べ物はどちらかといえば	(1) 固いものが好き	(2) やわらかいものが好き	
④御飯は何回くらいかんで飲み込んでいますか	(1) 5回前後 (2) 10回前後 (3) 20回前後 (4) 30回以上		
⑤夕食を食べおえるまでの時間は	(1) 10分前後	(2) 20分前後	(3) 30分前後

問 11 食べているときの状況についておたずねします

①ご飯を食べてむせることは	(1) よくある	(2) 時々ある	(3) ほとんどない	
②お茶をのんでむせることは	(1) よくある	(2) 時々ある	(3) ほとんどない	
③食べ物が歯と頬の間に入ることは	(1) よくある	(2) 時々ある	(3) ほとんどない	
④口の中がパサパサすることは	(1) よくある	(2) 時々ある	(3) ほとんどない	
⑤食べ物がのどにひっかかる感じは	(1) よくある	(2) 時々ある	(3) ほとんどない	
⑥食べた後にせき込むことは	(1) よくある	(2) 時々ある	(3) ほとんどない	
⑦なかなか飲み込めないことは	(1) よくある	(2) 時々ある	(3) ほとんどない	
⑧食事のメニューに好きなものは	(1) よくある	(2) 時々ある	(3) ほとんどない	
⑨食べるときの姿勢は	(1) 正座	(2) あぐら	(3) 椅子に腰掛けて	(4) ねたまま

問 12 日頃の生活についておたずねします

①手先や指を使う機会は	(1) 比較的多い	(2) 少ない	(3) ほとんどない
②物忘れや置き忘れをすること	(1) よくある	(2) 時々	(3) ほとんどない
③同じことを何度も聞く	(1) よくある	(2) 時々	(3) ほとんどない
④最近の出来事を忘れること	(1) よくある	(2) 時々	(3) ほとんどない
⑤健康についての記事や番組に関心がありますか	(1) ある	(2) ない	
⑥定期的によむ本や雑誌がありますか	(1) はい	(2) いいえ	

問 13 日頃の生活でお感じになっていることについておたずねします

①日頃暇な時間が少ない方ですか	(1) はい	(2) いいえ		
②身体の調子はよいほうだと思いますか	(1) はい	(2) いいえ		
③家族ものが自分に気を使ってくれていると思いますか	(1) はい	(2) いいえ		
④友達が多い方だと思いますか	(1) はい	(2) いいえ		
⑤自分はまわりの人に役立っていると思いますか	(1) はい	(2) いいえ		
⑥毎日が楽しくこのままの生活が続いて欲しいと思いますか	(1) はい	(2) いいえ		
⑦心配なことがたくさんありますか	(1) はい	(2) いいえ		
⑧さびしいと感じることがありますか	(1) はい	(2) いいえ		
⑨若いときと同じように幸福だと思いますか	(1) はい	(2) いいえ		
⑩今の生活に満足していますか	(1) かなり満足	(2) 少し満足	(3) いいえ	
⑪家族と話をしますか	(1) よくする	(2) 時々する	(3) あまりしない	
⑫人間関係で悩むことはありますか	(1) いつも	(2) 時々	(3) 特にない	
⑬日頃イライラを感じることは特に	(1) ない	(2) 家庭内	(3) 家庭外	(4) 両方
⑭会うと心が落ち着き安心できる人	(1) いる	(2) 特にいない		
⑮あなたの行動や考えに賛成して支持してくれる人	(1) いる	(2) 特にいない		
⑯個人的な気持や秘密を打ち明けることが出来る人	(1) いる	(2) 特にいない		
⑰おたがいに気の合う友人や親戚がいますか	(1) いない	(2) なんともいえない	(3) いる	
⑱友人達と楽しめる趣味がありますか	(1) ない	(2) なんともいえない	(3) ある	
⑲今すんでいる地域に愛着がありますか	(1) ない	(2) なんともいえない	(3) ある	