

Topographical features of the vagal nerve at the
cervical level in an aging population evaluated by
ultrasound

(頰椎レベルでの迷走神経局在と加齡の關係:超音波
検査による解明)

氏名 稲村 彰紀

所属 山口大学大学院医学系研究科

システム統御医学系専攻 脳神経外科学分野

平成 29 年 11 月

目次

1. 要旨	1
2. 研究の背景および目的	2
3. 対象および方法	
(1) 対象	4
(2) 方法	5
(3) 解析	7
4. 結果	8
5. 考察	10
6. 結語	12
7. 参考文献	13

要旨

てんかんに対する迷走神経刺激療法(VNS)のために刺激装置を植え込む際、頸部の迷走神経(VN)が総頸動脈(CCA)の背側に位置する患者と腹側に位置する患者がいることに気づく。頸動脈超音波検査を用いて測定したVNの位置と患者年齢との相関を分析し、年齢からVNの位置が予測可能か否かを検討した。VNS装置植込術の手術支援画像としての同検査の有用性も検討した。

山口大学医学部附属病院脳神経外科で頸動脈超音波検査を行った443人の患者(71.8±10.6歳; 男性332人、女性121人)を対象とした。VN、CCA、内頸静脈(JV)を甲状軟骨の高さで同定し、CCAとJVとの中心を結んだ線(C線)よりも表層にVNがあるものを表層型、深層にあるものを深層型と分類した。両群の年齢差と、C線からVNまでの距離と年齢との相関を解析した。

VNは443例全てでCCAとJVとの間に同定でき、全てのVNがC線を基準として深層に6mmから表層に7mmの範囲に存在していた。深層型の患者は389人(87.8%)、表層型の患者は54人(12.2%)であった。平均年齢は深層型が72.3±9.9歳、浅層型が68.3±14.1歳であり、深層型の方が有意に高齢であった($p = 0.0095$)。しかしながらC線からVNとの距離と年齢との相関係数は0.246 ($p < 0.001$)に留まった。

深層型の患者群が表層型の患者群よりも高齢であることは判明したが、C線からVNへの距離と年齢との相関は弱く、年齢からVNの深さを推定することはできなかった。VNの位置が全例で把握できたことから、同検査はVNS装置植込術の手術支援画像を提供できると考えられた。

研究の背景および目的

迷走神経刺激療法(vagal nerve stimulation: VNS)は難治性てんかんの治療として、1997年に米国FDAの認証を得た後、広く行われるようになった。2013年のガイドラインによれば、VNS装置植込術の感染合併率は3-4%と報告されており[1]、装置の摘出など深刻な結果となることもある。手術手技の改善によって合併症率を低減させるべきであり、迷走神経(vagal nerve: VN)を素早く同定し、手術を短時間で完遂することはその方法の一つである。標準的なVNS装置植込術の手術手技は、頭部を右に回旋させ、甲状軟骨の高さで皮膚割線に沿った切開線を置き、頸動脈鞘を露出した後にVNを同定し、これに電極を巻き付ける、というものである。

頸部でのVNは、頭側では頸動脈鞘の背側を走行し、総頸動脈(common carotid artery: CCA)と内頸静脈(internal jugular vein: JV)との間を通過して、甲状腺の高さで腹側に位置を変える[2]。この走行には個人差があるため、VNS装置植込術中のVNの同定に難渋する場合がある。VNの位置を術前に推測することができれば、植込術の時間短縮が可能である。本手術以外にも頸動脈内膜剥離術、脳動脈瘤に対する開頭クリッピング術の際の頸動脈一時遮断、頸椎前方固定術、経皮的正常神経節ブロックの際など、術前のVNの位置把握が有用になる術式は多い。CCAが加齢とともに腹側に移動するというSyoら[3]の報告に基づくと、VNとCCAの位置関係は年齢に相関する。従って年齢からVNの位置が推測可能であるという仮説が成立する。

VNは超音波検査で同定可能と報告されている[2, 4, 5]が、全ての脳神経外科医が頸部超音波検査に慣れているわけではない。このため、超音波検査を使用しなくてもVNの位置が推測できるデータがあれば有用である。本研究ではVNの位置と患者の年齢について、443症例分のデータを用いてその相関を

検討した。

対象および方法

対象

本研究は山口大学病院の倫理委員会の承認を受け、2012年11月から2015年6月まで当科で頸動脈超音波検査を施行した連続443症例(平均年齢 71.8 ± 10.6 歳; 男性332人、女性121人)の検査結果を用いた。このうち2人の女性てんかん患者(29歳、41歳)にVNS装置植込術を行った。

方法

超音波検査法と測定項目

2 人の認定脳神経超音波検査士により検査を行った。Prosound α -7 ultrasound system (Hitachi Aloka Medical, Tokyo, Japan) を用い、プローベは 5.0/13.0 MHz のリニア探蝕子を用いた。

患者を仰臥位とし、頭部を可及的に右方回旋させ、頸部を伸展位とした。頸動脈鞘を短軸像で頸動脈分岐部から鎖骨まで描出すると、VN は既報の通り、細い円形の低音響強度の構造物として、分岐部レベルでは CCA 直下に描出され、鎖骨レベルでは CCA の前方に移動することが観察された[2] [4] [5]。次に VN を甲状軟骨の高さで同定し、CCA と JV の中心を結んだ線(C 線)より表層に VN があるものを表層型、深層にあるものを深層型と 2 つに分類した (Fig. 1)。分類に加えて、VN、CCA の直径、および C 線から VN までの距離を測定した。

12 症例(76.4 \pm 8.0 歳、男性 11 名、女性 1 名)については、頭部を正中位に戻して同様の観察と測定を行った。

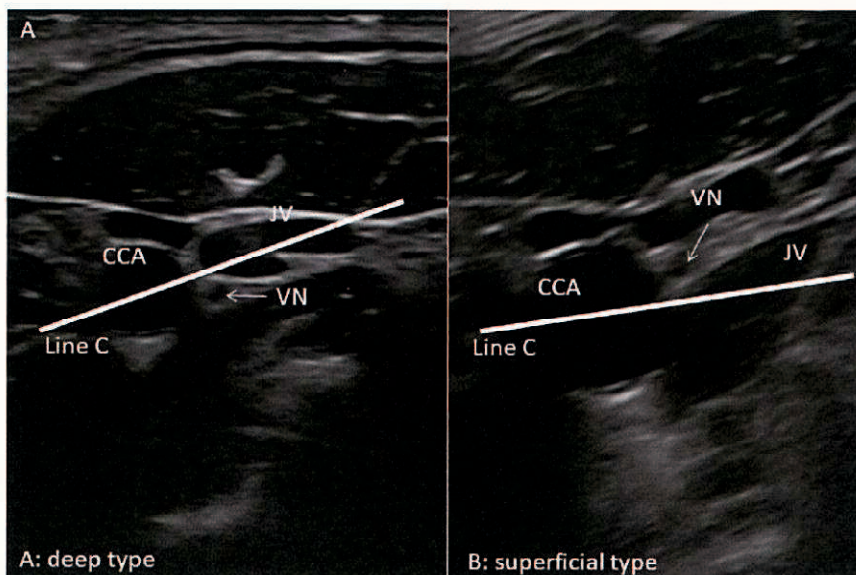


Fig. 1

頸動脈鞘の短軸像。迷走神経(VN)が総頸動脈(CCA)と内頸静脈(JV)の中心を結んだ線(line C)よりも深層に位置するものを deep type (A)、浅層に位置するものを superficial type (B)とした。

手術

2例の難治性てんかん患者において、VNS装置植込術中にも頸部超音波検査を行った。

解析

表層型、深層型の割合を算出し、それぞれの分類に属する患者背景の項目について独立 2 標本 t 検定、 χ^2 検定を行った。年代別のそれぞれの分類の比率を分析した。C 線から VN までの距離と年齢との相関係数を求めた。

	deep type	superficial type	total
number of patients	389 (87.8%)	54 (12.2%)	443
age [years]	72.3 ± 9.9*	68.3 ± 14.1*	71.8 ± 10.6
men	288 (74.0%)	34 (63.0%)	322 (72.7%)
diameter of VN [mm]	1.44 ± 0.33	1.49 ± 0.47	1.45 ± 0.35
diameter of CCA [mm]	8.27 ± 1.30	8.11 ± 1.40	8.25 ± 1.31
distance between VN and line C [mm]	2.61 ± 1.33	-2.70 ± 1.31	2.04 ± 2.03

* : p < 0.01

Table 1

Deep type、superficial type それぞれの患者背景と超音波での計測結果一覧。

2 標本 t 検定を用いた単変量解析では、2 群間の年齢で有意差を認めた(*: p < 0.01)。

結果

443 例全例において VN は甲状腺の上縁から下縁まで同定できた。VN の心臓枝は描出不能だった。VN と CCA の直径はそれぞれ平均で 1.45 ± 0.35 mm、 8.25 ± 1.31 mm であった。

VN は全例で CCA の腹側端よりも深層に存在し、54 例(12.2%)では CCA 背側端よりもさらに深層に存在した。全ての VN は C 線の 7mm 深層から 6mm 表層の範囲に収まっていた。深層型は 389 人 (87.8%, 72.3 ± 9.9 歳, 男性 288 人, 女性 101 人)であり、表層型は 54 人 (12.2%, 68.3 ± 14.1 歳, 男性 34 人, 女性 20 人)であった。両群間には年齢以外の有意差を認めなかった(Table 1)。深層型に属する患者は表層型に属する患者よりも有意に年齢が高かった($p = 0.0095$)。しかしながら重回帰分析では患者年齢と VN から C 線までの距離との間の相関は弱いことが示された($R = 0.246$, $p < 0.01$) (Fig. 2)。

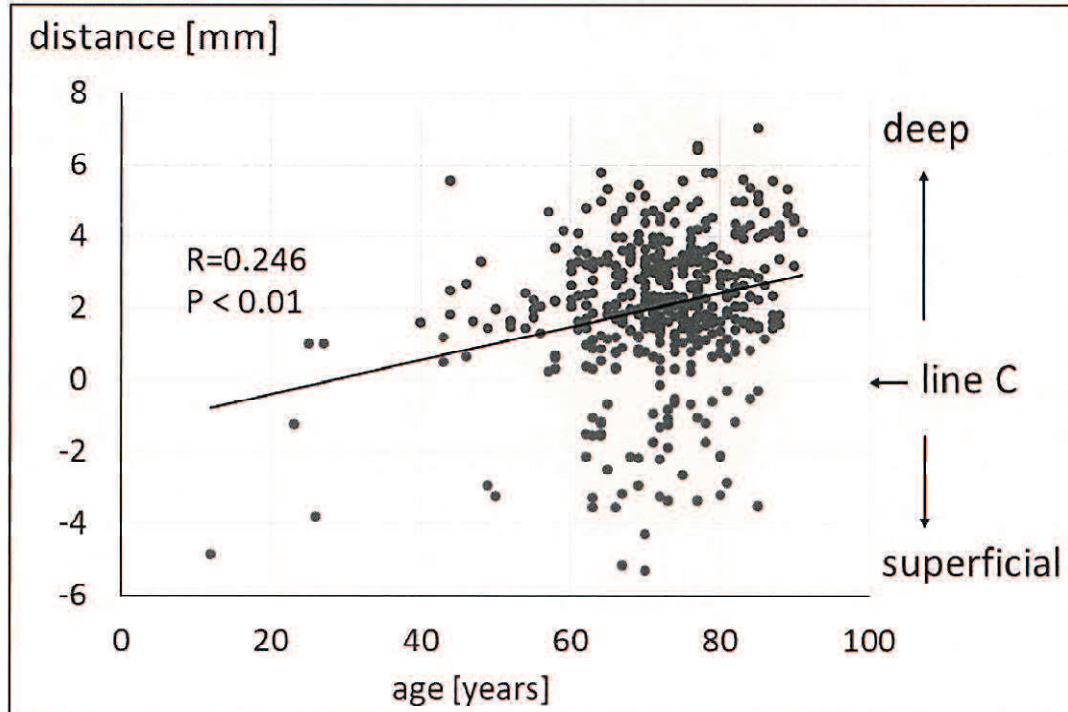


Fig. 2

患者年齢と VN から line C 間の距離との散布図。Line C よりも深層の方向を正とする。回帰直線は距離と患者年齢との間の弱い相関を示す($R = 0.246$, $p < 0.001$)。

12 例の患者(表層型 1 例、深層型 11 例)では頸部を回旋させても VN と C 線との位置関係に変化はなかった(Fig. 3)。

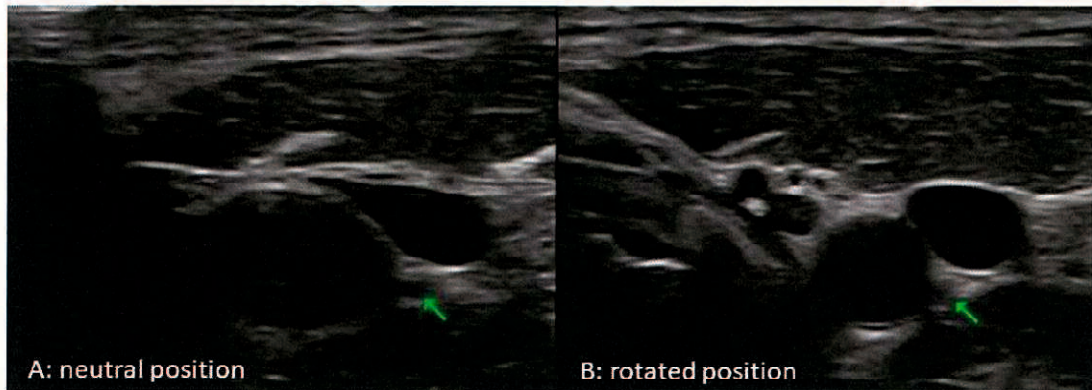


Fig. 3

頭部を正中位とした時の頸部超音波画像(A)、および、頸部を右に回旋させた時の頸部超音波画像(B)。VN の位置は頭部の回旋によらず不変である。

2 例の患者では超音波検査で術前に同定した VN の位置を、VNS 装置植込術の際に確認した。1 例は深層型(Fig. 4A)、他の 1 例は表層型(Fig. 4B)であった。この 2 例では術中の超音波検査でも VN の描出を試みたが、開創した術野ではプローブと VN が近すぎることで、また、開創鉤がプローブや超音波に干渉してしまうことから良好な描出は得られなかった。

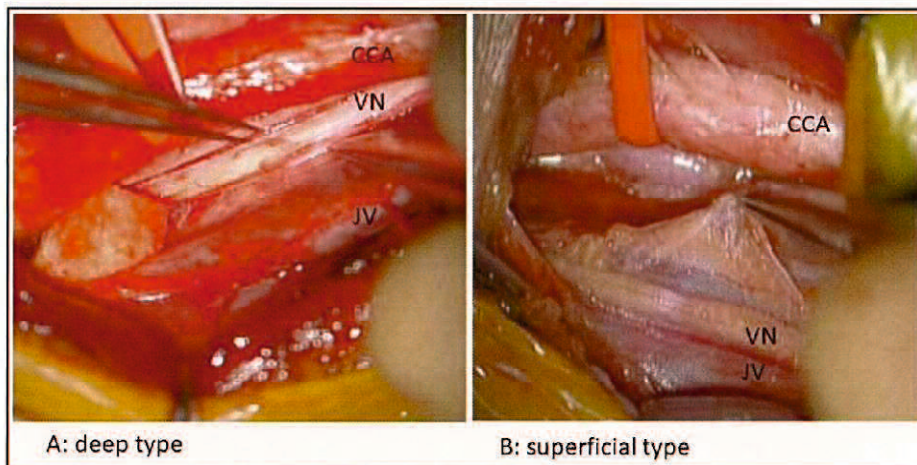


Fig. 4

Deep type (A)と superficial type (B)の術中所見 (図中の右が頭側)

CCA: 総頸動脈、VN: 迷走神経、JV: 内頸静脈

考察

VN は頸部の頭側では CCA の背側を走行し、尾側に進むに従って CCA の腹側に位置を変え、大動脈弓の腹側を走行する。CCA の背側から腹側に移行するのは通常甲状腺のレベルであり、それは VN と甲状腺の間に機能的な関連が存在するためと言われている[5]。甲状腺のレベルで手術を行った時、ある患者では VN が CCA の表層に、ある患者では深層にあるのは、このような理由による。

我々の結果では VN は 12% の患者で CCA の中心よりも表層にあり、76% では CCA の中心から CCA の背側縁までの間にあり、残りの 12% では CCA の背側縁よりも更に深い位置に存在した。VNS 装置植込術の際、頭部を回旋させる角度は術者によって異なるが、本研究では頭部の回旋による VN と周囲構造との位置関係の変化は認められなかった。

我々は以下の理由で患者年齢と VN の CCA 表層からの深さが相関すると仮説を立てた。胎生期の VN は CCA の腹側に存在する[6]。CCA にアテローム性変化が生ずると内頸動脈と外頸動脈による頸動脈分岐角度が広がる。この時 CCA は背側に位置した内頸動脈によって腹側に押し出されるように移動する[3]。加齢による移動のない VN は、CCA の腹側移動すなわち加齢変化とともに CCA の背側に位置するようになる、という論理である。結果に示したように VN は若年では CCA の表層に、高齢者では深層にあるという傾向が認められたので、この仮説は正しい可能性がある。ただし若年例にも深層型が、高齢者にも表層型が少なからず存在し、相関を認めるには至らなかった。

患者の年齢から VN の位置を推定するのは不可能であったが、全ての患者の超音波検査で VN を描出することができた。その他に本研究で分かったことは以下のとおりである。大多数の VN は CCA と JV との間で同定できる、手

術の際は VN がより表層を走行する尾側から術野を展開する方が VN を早く同定できる、多くの患者の VN は CCA の中心よりも深層にある。VN の直径が 3mm を越えることはない、超音波検査の短軸像で VN の走行を追えば、VN 周囲には VN と間違ふような構造物は存在しない、検査にかかる時間は経験の少ない検査者でも数分程度である。以上より、VNS 刺激装置植込術の手術支援画像として頸部超音波検査は有用であると考えられた。

本研究の限界として、対象患者の年齢分布が高齢に偏っており、VNS の適応となる年齢層のデータが少ないことが挙げられる。若年の患者では表層型の比率が高い可能性もあり、年齢層を拡げた研究が望まれる。

結語

CCA の深さを基準として、頸椎レベルにおける VN の存在部位を表層型と深層型に分けると、深層型の患者は表層型の患者よりも有意に年齢が高かった。しかし年齢と CCA 中心部-VN 間距離との相関は弱く、VN の位置を年齢から推定する事は出来ないと考えられた。術前の超音波検査は術中の迅速な VN 同定に有用な手術支援画像を提供しうる。

参考文献

1. Morris GL, 3rd, Gloss D, Buchhalter J, Mack KJ, Nickels K, Harden C. Evidence-based guideline update: vagus nerve stimulation for the treatment of epilepsy: report of the Guideline Development Subcommittee of the American Academy of Neurology. *Neurology* 2013 Oct 15;81(16):1453-9.
2. Giovagnorio F, Martinoli C. Sonography of the cervical vagus nerve: normal appearance and abnormal findings. *AJR Am J Roentgenol* 2001 Mar;176(3):745-9.
3. De Syo D, Franjic BD, Lovricevic I, Vukelic M, Palenkic H. Carotid bifurcation position and branching angle in patients with atherosclerotic carotid disease. *Coll Antropol* 2005 Dec;29(2):627-32.
4. Knappertz VA, Tegeler CH, Hardin SJ, McKinney WM. Vagus nerve imaging with ultrasound: anatomic and in vivo validation. *Otolaryngol Head Neck Surg* 1998 Jan;118(1):82-5.
5. Park JK, Jeong SY, Lee JH, Lim GC, Chang JW. Variations in the course of the cervical vagus nerve on thyroid ultrasonography. *AJNR Am J Neuroradiol* 2011 Aug;32(7):1178-81.
6. Miyake N, Hayashi S, Kawase T, Cho BH, Murakami G, Fujimiya M *et al.* Fetal anatomy of the human carotid sheath and structures in and around it. *Anat Rec (Hoboken)* 2010 Mar;293(3):438-45.