

主論文

Detailed Vascular Anatomy and Flap Harvest Technique of the Serratus Anterior and Rib Composite Flap

(肋骨付き前鋸筋弁における詳細な血行解剖と皮弁挙上法)

【緒言】

肋骨付き前鋸筋弁は、1985年のRichaardsらによる下顎再建の報告以降、頭頸部再建や四肢再建に広く用いられている。これまでになされた研究によると、本骨弁の栄養血管から肋骨への血行動態は、胸背動脈前鋸筋枝の血流が前鋸筋肋骨付着部周囲のvascular networkを介し肋骨骨膜に還流する「骨膜血行(periosteal route)」とされてきた。一方、Godatらは前鋸筋内における胸背動脈前鋸筋枝の走行を詳細に解析しており、そのなかで胸背動脈前鋸筋枝は各前鋸筋にslip arteryを分枝し、その末梢が穿通血管(interconnecting vessel)を介し肋間動脈と直接合流していることを報告した。そこで我々は、このslip arteryから肋間動脈へ至る一連の血行(axial route)に着目し、それを含めることで肋骨付き前鋸筋弁の血流改善が図れると考えた。

本研究の目的は、解剖学的検討により肋骨付き前鋸筋弁におけるinterconnecting vesselを介した新たな血行動態の解析と、interconnecting vesselの局在の確認ならびに口径の測定、さらには肋間動脈から肋骨への血管分布を明らかにする。そしてそれらを基により血流の安定した肋骨付き前鋸筋弁の挙上法の開発を行う。

【対象と方法】

本研究は岡山大学医学部倫理委員会の承認を得ておこなわれた。

Cadaver Dissection

ホルマリン灌流固定屍体7体14側で、axial routeの確認とinterconnecting vesselの計測を目的に肉眼解剖をおこなった。血管の剥離は拡大鏡下に行い、第6から第8肋骨に付着する前鋸筋内のslip arteryを肋間動脈まで剥離した。そして前鋸筋肋骨付着部前縁からinterconnecting vesselまでの距離とinterconnecting vesselが肋間筋を貫く部位での口径を計測した。

Three-Dimensional Computed Tomographic Angiography

ホルマリン灌流固定屍体30体60側で、本骨弁の血行動態の3次元イメージ化とinterconnecting vesselの局在を調査する目的で造影CT検査をおこなった。胸背動脈から造影剤を注入しCT撮影を行った。第6から第8肋骨のinterconnecting vesselを解析の対象とし、肋軟骨移行部からinterconnecting vesselまでの距離を計測した。

Anatomical Corrosion Casting

本骨弁の全体的な血行動態の可視化と、肋間動脈から肋骨に分布する血管の状態を観察する目的で行った。本骨弁を含めて胸壁を全層で切除し、胸背動脈から硬化性樹脂を注入した。樹脂が硬化した後に軟部組織を浸食させ血管鑄型を作成した。

【結果】

Blood Circulation in Serratus Anterior Rib Flap

7遺体14側のうち、樹脂の注入状態が良好であった8側、計24の前鋸筋(24 slips)の内、23 slipsでaxial routeの剥離が可能であった。前鋸筋肋骨付着部前縁からinterconnecting vesselまでの距離は、第6肋骨：3.5cm～7.5cm(平均5.0cm)、第7肋骨：2.5cm～7cm(平均4.4cm)、第8肋骨：2.0cm～5.5cm(平均4.1cm)であった。interconnecting vesselの口径は、第6肋骨：

0.2mm~0.9mm (平均 0.5mm)、第 7 肋骨 : 0.4mm~0.8mm (平均 0.5mm)、第 8 肋骨 : 0.3mm~0.9mm (平均 0.6mm) であった。

Three-dimensional CT angiography

胸背動脈前鋸筋枝から複数の slip artery が分枝し、その末梢が interconnecting vessel を経て肋間動脈に直接流入している像が確認できた。造影状態が良好で、Interconnecting vessel の評価が可能であった症例は、第 6 肋骨が 25 例、第 7 肋骨が 27 例、第 8 肋骨が 15 例であった。肋軟骨移行部から interconnecting vessel までの距離は第 6 肋骨 : 5.8cm~9.4cm (平均 7.3cm)、第 7 肋骨 : 4.7cm~10.7cm (平均 7.4cm)、第 8 肋骨 : 4.7cm~11.9cm (平均 7.6cm) であった。

Anatomical corrosion casting findings

本骨弁の血行動態の全体像が可視化された。特に、肋骨血流に関しては、肋間動脈から肋骨表面や肋間筋に多数の血管が分枝しており、それらは互いに骨膜内血管として密に交通していた。一方、肋骨裏面では比較的太い血管が肋間動脈から数本分枝されるのみで、各々の交通も見られなかった。

Clinical Findings

我々の解剖研究に基づき、臨床において第 6 肋骨と第 8 肋骨の interconnecting vessel を同定し、それを含め肋骨付き前鋸筋弁を挙上し ICG 蛍光血管造影で血流を評価した。

Elevation of the flap

本骨弁を挙上する上で最も重要な点は、periosteal route と axial route の両者を骨弁に含めることである。Interconnecting vessel に連続する slip artery のほとんどは各前鋸筋筋間を走行する事から、確実にこの両者を含めて骨弁を挙上するには隣接する前鋸筋間で筋体を切離する従来の方法ではなく、採取する前鋸筋の 1 つ尾側の前鋸筋を切離する必要がある。そして筋体を翻転し前鋸筋肋骨付着部後方付近で肋間筋を貫く interconnecting vessel を同定し、それを損傷しないように内外肋間筋を切離する。最後に肋骨を骨切して、肋間動脈を含めて骨弁を挙上する。

骨弁挙上後に ICG 蛍光血管造影を施行したところ、slip artery から interconnecting vessel を経て肋間動脈まで造影され、さらに肋間動脈から肋骨骨膜へ数本の分枝が造影された。そして、肋間動脈を温存し 2 カ所で骨切をおこなったところ、いずれの骨断端からも良好な出血が確認できた。

[考察]

肋骨付き前鋸筋弁における血行動態の解析はこれまで多くの報告がなされてきたが、いずれも単純レントゲンを用いた 2 次元的な造影検査が主体であり、vascular network に関しては言及されてきたもののその可視化はなされていなかった。

Serratus anterior and rib composite flap with two vascular route

肋骨付き前鋸筋弁における前鋸筋から肋骨への血流はこれまで periosteal route とされてきた。しかし今回我々が行った研究では axial route も存在することがわかった。Axial route に関しては interconnecting vessel の局在が重要であるが、肉眼解剖と造影 CT 解析の結果、第 6 から第 8 肋骨において、前鋸筋付着部前縁から平均 4.5cm、肋軟骨移行部から平均 7.4cm であった。これは前鋸筋肋骨付着部の後方端に概ね一致している。つまり、過去の報告で前鋸筋肋骨付着部周囲に最も vascular network が発達しているとされてきたのはこのことが理由だったと考えられる。

Vascular anatomy of rib

今回我々が作成した血管鋳型では、肋間動脈から肋骨表面に複数の分枝がみられ、骨膜血行と考えられる血管網が確認できた。術中の出血所見と合わせ、骨枝を伴わない骨膜血行でも十分血流が維持されることが実証された。また、2001年にChangらは本骨弁の採取にあたり、胸膜損傷を避ける目的から肋間動静脈を骨弁に含めない subperiosteal approach による肋骨の採取法を述べているが、今回得られた我々の知見からは、より良好な肋骨血流を維持するためには肋間動脈を含める必要があると考える。

今回の研究の限界としては、肉眼解剖やCT造影検査で樹脂や造影剤が肋間動脈まで到達しなかった症例が半数以上あった。この原因は御遺体の固定状況により血管内に凝血塊が形成され、slip artery より末梢が閉塞していたことが考えられる。また、本研究では動脈系の評価のみで静脈系の評価がなされていないため、骨弁の総合的な血行動態の評価としては静脈系の評価も今後行う必要があると考える。

【結論】

肋骨付き前鋸筋弁の血行において、interconnecting vessel を介した axial route の重要性について言及した。本骨弁の採取において、periosteal route に加え axial route を含めることでより血流の安定した移植組織の採取が可能となる。また、血流の安定化により複数箇所での肋骨の骨切が可能となるため、より複雑な形態の再建が可能となる。