人胎児下肢原基の発生学的研究

日本医科大学解剖学教室 (主任横尾安夫教授指導)

利 根 幸 三

Kōzō Tone

緒 言

人胎児の下肢発生については、Bardeen は先づ Lewis と共同で、人胎児の肢、体壁及び背の発生学的研究 (1901~1902) を発表し、更に Bardeen は単独で、人胎児の下肢神経及び筋の発生学的研究 (1906~1907) を発表している。前者においては、2.1 mm (2 週) より 20 mm (7 週) 胎児の、下肢の外形及び内部構造について記載している。それに依ると下肢原基は、2.1 mm (XII), 2 週の胎児では未だ生じておらず、4.5 mm (LXXVI), 3 週胎児では、第 1 腰椎から第 1 仙椎迄の原節に面して僅に隆起し、体腔と外胚葉層との間に血管叢を含んだ間胚葉細胞が増加する。Embryo II (neck-breach 7.0 mm., vertex-breach 6.0 mm), 約 4 週では外尾側方へ突出し、7.5 mm (His embryo A), 約 4 週でもその基部の原節の高さは変わらないが、その尾側方へ突出した下肢原基には、基部 (basal part) と末梢部 (distal part) との軽度の区劃が現われる。体腔は第 1 仙神経節に面した部位迄達し、その体腔の末梢端で臍動脈が屈曲して伸び、その一枝が下肢原基へ向う。静脈は下肢原基から後主静脈へ入り、この時期の下肢血管は、不規則な静脈洞形成のため網状となる。第 2 第 3 第 4 腰神経が神経繊維束を広げ、後主静脈の背側で、下肢の密集組織へと伸びるが、下肢原基中には余り伸びていない。筋節も下肢原基に達してない。更に 9 mm (CLKIII), 約 4.5 週胎児では、その基部は第 1 腰椎から第 2 仙椎迄の原節の高さにあり、基部と末梢部との区劃は明瞭になり、前者からは骨盤部、大腿部が発達し、後者からは下腿部が発達しその尖は足部となる。又その下肢原基の密集した間胚葉細胞層中に、第 1 腰神経から第 2 仙神経迄の神経繊維束が吻合し、それから交替に 4 神経即、大腿神経、閉鎖神経、脛骨神経、腓骨神経が末梢へと起る。辺縁静脈はよく発達し、筋節は下肢原基には未だ伸びていない。11 mm (His embryo Br), 約 4.5 週では、下肢は大腿、下腿、足部を区別出来、同じ 11 mm (CIX) であるが、その約 5.5 週の胎児では、下肢、体壁及び背は大体成人の状態に近づき、下肢中心

部の骨格は決定的外形となる。骨盤部は大腿骨の骨頭につづいた中心部から成り、この中心部の腓臼部から軟骨性の腸骨、恥骨、坐骨が生じ、大腿骨は短く太く脛骨、腓骨も軟骨性の決定的外形を示す。足部の骨組は密集した軸性の間胚葉組織より成るが、趾は未だ区別されない。主要神経は下肢の中へと発達をつづけ、それらから多くの主要な筋枝や皮枝が起る。皮枝は Anterior border nerve (腸骨下腹神経、陰部大腿神経) と、Posterior border nerve (陰部神経、後大腿皮神経) とが現われ、下肢の主要神経枝の周囲に筋肉の区劃が始る。血管は前の段階の様に、坐骨動脈が主要な幹で、その他に大腿動脈、閉鎖動脈も現われており、その血液は一部は大腿静脈により、一部は坐骨静脈によつて後主静脈に運ばれるという。

Senior は 1919、人胎児の下肢動脈の血管原基について詳細に述べている。先づその 6 mm 人胎児では、腰部に未だ神経根は認められず、腰仙部の神経節は、その神経節上に分節状の隆起として認められる。主静脈は、L₂ 以下では網状となり、その内側は分節静脈を受け、外側部は未だはつきりしない辺縁静脈を表わす。背側分節動脈は、L₅S₂ を除き分岐する事なく脊髄へと伸び、又腹側根の未だ大きい臍動脈は、L₃L₄ の神経節の間の高さの部位から起り、その第二の根、即背側根が存在するが腹側根に比べて細く、この左右の背側根は二動脈が合して出来ている。臍動脈の背側根形成に主な役割をしているものは、第 5 腰分節動脈に起る血管で、少し伸びた所ですぐ殆んど垂直に、大動脈から第 4 及び第 5 の腰分節動脈の間から起る小さい血管を合わせている。この様にして出来た背側根は、太い方の血管の方向に横走し、その側の原腎管の背側の位置に達する。これがさらに腹側方向へ原腎管の外側を通る為に、原腎管はこの臍動脈の腹側根と背側根との間に取り囲まれる。この様に原腎管の外側を彎曲して背側根が通る間に、これから下肢に向つてその軸動脈 (axial artery) と内陰部動脈 (A. pudendalis interna) とが起る。前者は、下肢原基の基部を横断し稍反回して表面へ向い、それから二枝が出

て、その各々は血管網を作り後主静脈の血管網に合する。後者は原腎管の背外側面に沿い、尿生殖洞の方へ向つて走り骨盤動脈叢へ入る。又上記の血管の外に、腹部動脈叢、骨盤動脈叢とも呼ぶべき動脈網がある。前者は、臍動脈の腹側及び背側根の結合部より稍末梢部に当る、臍動脈の凹彎曲側から 7~8 枝により起り大腿の屈側へ入るが、どの程度伸びているといえるか不明である。この腹部動脈網は分節動脈とはどこにも結合がない。これは一部後主静脈網に入っているが、大部分は臍静脈に入る。骨盤動脈網は、前者の根と同じ高さで臍動脈の凸彎曲部位から起る 2 条の根から出来ており、汚洞部を覆いそして陰部動脈と S₂ 分節動脈の太い枝とを受け、後主静脈の静脈叢に流入する。この二つの動脈叢は、臍動脈の外側を通過する 2~3 の血管により結合されるようである。成人の下腹動脈の内臓枝は皆（但上膀胱動脈を除く）この臍動脈の骨盤動脈網から生じて来るものと思われ、壁側枝は（22 mm の段階以前にあるものに関する限り）軸動脈或いはこれに近い部位から起る。故にこれらの枝は、臍動脈の背側根と関連するものである。この時期の人胎児は、又大体 Tandler (1903) の 5 mm 胎児に相当し、下腸間膜動脈は L₁ の神経節の高さから起っている。

8.5 mm 人胎児では、大腿神経、閉鎖神経、陰部大腿神経及び腓骨神経は、余り分岐する事なく短い幹として認められ、脛骨神経の末端は脛側及び腓側足底神経らしいものに分れている。又腹側根を失つた臍動脈は、L₄ 及び L₅ の対をなしている腰部分節動脈の間の位置で、腹部大動脈から起り、かくて第 2 腰分節動脈は独立性を再び獲得し、この部位の他の分節動脈と同様に分枝なくして脊髄に達する。軸動脈は下肢原基へ入るが、その際内側から外側へと脛骨神経をその後側で横切り、下腿から足底部へとその間胚葉性骨部の後側に沿つて下る。足底部でこの動脈は扁平な血管網となり、足底神経の末端からさらに末梢に迄達している。この様に、蹠血管網に分れて行くこの軸動脈は、足の間胚葉性骨部を貫ぬいて足背に達する 2~3 条の枝を出しており、足背で再びこれらの枝の先が血管網を形成している。故にこの二つの血管網は、足の間胚葉性骨部により分離され、蹠側網は骨部と足底神経との間の位置にある。又陰部仙神経叢を内側より外側へと横切り乍ら軸動脈は、この主な神経叢とその下部から出る一枝との間を通る。軸動脈の起る位置より稍近側の臍動脈の凹彎曲部の外側部から、外腸骨動脈が新に分

岐する。これは頭側方向をとり大動脈と平行して、閉鎖神経の起りの内側を通過する。この時期では、その血管壁は薄くその経過はいくらか迂曲している。又この動脈は、背側分節動脈ともそれ以外の動脈とも吻合している所はない。この外腸骨動脈のこの後の發育には注目すべきものがあり、この段階の直後に垂直となり厚い壁を作り、12 mm 胎児位の時期迄分岐する事はない。この外腸動脈の起る部位は、臍動脈の背側根が二つの部分即ち、総腸骨動脈と下腹動脈とに分れる永久的な分岐点となる。この時期の辺縁静脈は、完全に形成されており、その尾側根は坐骨静脈により表わされ、坐骨動脈の近側の部位と相接して走っている。

12 mm 胎児では、間胚葉性の骨格はよく発達するが、軸動脈と足背血管網とを結ぶ経路を決定する事が出来る程、Tarsus の部位は決定的でない。発達しつつある神経の表面は著しく粗くなっているのは、多くの神経枝が伸び始めているからである。この神経の枝の多くの物は名前をつける事が出来る。軸動脈は前期の如く真直でない。これらは主として大腿動脈の発達しつつある一端に向い、著しい凸彎曲を呈しているからである。この彎曲には、後に大腿動脈と軸動脈とが結合する部位を示す短い突起が出ている。膝から末梢の方へは、軸動脈は脛骨と腓骨との間の狭い中間部を走るが、骨間膜も筋も未だ認められない。動脈は梢伸側部へ張り出しているが、その末梢の経路はこの動脈が屈側から去つていない事を物語っている。ごく短い脛、腓間腔の上端部と思われる位置に、軸動脈の第二の彎曲があり、この彎曲は極めて著明でここから下腿の伸側へ伸びる血管が起るものと思われる。足部の背部と蹠部との動脈網は前よりよく発達し、軸動脈と足背網とを結ぶ動脈は、単一の太い Ramus perforans tarsi となる。外腸骨動脈は、尾側上腹動脈と大腿動脈とに分れ、大腿動脈は内皮のみから成り壁が薄いので外腸骨動脈から明らかに区別出来る。この構造は併行する大腿静脈に似ており、大腿動脈は伏在神経の内側をこれと平行し、その末端は大腿中央部で外枝と内枝とに分れる。前者は短く後に軸動脈につながり上吻合枝と呼ぶべく、後者は長く最上膝動脈の Ramus saphenus と思われる。大腿動脈が發育しつつあるが、軸動脈と結合しない段階の物では、大腿動脈の壁が薄い為にこれを発見しにくい。この事は、動脈は極めて迅速に發育するものである事を示す。

最近 Streeter (1942-1951) は、人胎児發育段階の分類に当り、その下肢原基の發育を次の如く記載して

いる。下肢原基は、Horizon XII (平均 3.5 mm 胎児) の幼弱なものでは明らかでないが、進んだものでは隆起し始めており、次いで Horizon XIII (約 4-5 mm 胎児) になると著しく突出し、水晶体小胞の凹む時期の Horizon XIV (約 5.5-7 mm 胎児) では、上肢の突起の先に扁平な hand plate となるべき部分が現われ、下肢原基は鰭状に突出し、上肢の突起の形の出来始めとは同じではない。Horizon XV (平均 7-8 mm 胎児) では、下肢は丸い頭側半と薄くなつて行く尾側半とに分化し始め、その尾側半の先端が足の部分となる。Horizon XVI (平均 9-10 mm 胎児) になると下肢原基に 3 個の生長中心を生ずる。即、1) 外頭側部 2) 内尾側部 3) 足部がこれで、1) には腰神経叢の大腿神経、閉鎖神経が達し、2) には仙神経叢の腓骨神経及び脛骨神経が達し、3) にはその基部に脛骨神経の一部が既に伸びている。これらは大腿、下腿及び足部を表わすが、骨盤部は大腿から未だ分離されてない。Horizon XVII (平均 11.0-13.6 mm 胎児) になると、上肢には手指の原基が現われ、下腿では丸い digital plate が下腿及び足根部から独立する。そして下肢原基と体軸との移行部に、骨盤帯の筋肉や骨になる組織が徐々に発達する。大腿神経、閉鎖神経の各神経幹は、その周囲の密集した組織と共に大腿へと伸び、この周囲の筋肉となる密集組織の中へその神経幹の分枝が侵入する。又仙神経叢からの神経幹が、下肢原基の尾側半の密集組織の中心を形成し、脛骨神経は足趾部迄達する。Horizon XVIII (平均 14-16 mm 胎児) では、上下肢ともやや長くなり足部には趾の原基が現われるという。

又初期人胎児下肢の骨の発生については、Bardeen は 1905、詳細な研究を発表しているが、その中で骨盤部に関しては、Peterson (1893) の論文について述べ、又足部では Schomburg (1900) の論文について詳述している。

又先述の Senior (1919) は、人胎児初期の下肢動脈の発生について、Hochstetter (1890) の猫と兎、Leboucq (1893) の人胎児、Zuckerkandle (1894) の猫と兎、Stieda (1893) の人胎児、Grosser (1901) の蝙蝠、及び De Vriese (1902) の人胎等の研究について述べている。

F.T.Lewis (1906) は、兎の胎児下肢静脈の発生について、第一期 (原始腓骨静脈の時期、第二期 (坐骨静脈の時期、第三期 (大腿静脈の時期で未だ坐骨静脈が存続している) に分けて述べている。

以上 Bardeen, Senior, Streeter 等の研究を参考として、著者は 6, 9, 9.5 mm の人胎児について何れも「レコ」を作製し、下肢原基の外形及び内部構造を追求し、初期人胎児の下肢発生について、その状態を明らかにし得たのでここに報告する。猶材料は何れも横尾教授所蔵の物で、何れも 20 μ の厚さの連続切片で Haematoxylin-Eosin 染色の物である。

所 見

(1) 6 mm 人胎児

外 形

本胎児は、Streeter の Horizon XV の發育段階に属するものと思われる。下肢原基の基底部は、 L_1 から S_1 迄の高さにあつて、体軸よりほぼ直角に外側へ向い、その先端は稍尾側方へ突出する。その腰仙部の高さに面した基部 (図 2, 3 Bp.) は、太く膨みをもち、この部位は骨盤、大腿、下腿を合せた部分に相当し、腰仙神経叢の原基を認める。その末梢部 (図 2, 3 Dp) は内外に扁平な足部となり、その周辺部に辺縁静脈を認める。この基部と末梢部との境には、表面に浅い溝がある。(図 2, 3, s)

神 経

L_1, L_2, L_3, L_4 が合して腰神経叢、 L_4, L_5, S_1 が合して仙神経叢の原基が形成されている。腰神経叢では、先づ T_{12} の一部と L_1 とが合し、次に T_{11} が神経繊維の一部をこれに送り、 L_2 もこれに合する。この T_{12} の一部と L_1, L_2 の合した神経叢は、その腹側方にある体腔の尾側に達し、 T_{11}, T_{12} は体腔外側に見えなく

図1 6 mm, r. plexus lumbosacralis

なる。次に L_3 がこれに合し、その L_2, L_3 を主とした神経叢は、下肢原基の基底部にある少量の間胚葉密集組織の内側へと近接す。次に L_4 の一枝がこの神経叢に入り、この神経叢は、下肢原基基底部の頭側よりの部分で消失する。これは腰神経叢の原基に相当するものであろう。(図 1,2,3 P.l.) L_4 の他の枝は L_5 と合し、この L_4, L_5 を主とした神経叢は、下肢原基部の尾側寄りの間胚葉密集組織の中へ 3~4 条の神経枝に分れて入って行く。その末端部ではその分枝の一つに S_1 が加わるが、その先端は、基部と末梢部との境界部附近迄伸びている。これは仙神経叢の原基に相当するものであろう。(図 1,2,3 P.s.)

動 脉

背側大動脈の尾側部、 $S_3 \sim S_4$ の神経節の高さで、臍動脈が出て、後主静脈が頭側(図 2,3 cr.)と尾側(図 2,3 ca)とに二分する分枝部の腹側で、この二分枝の間を内側方から外側方へと通り、これから間もなく仙神経叢原基の腹側の位置で、下肢原基中に軸動脈を分岐させる。(図 2,3 A.u., A.ax.) この軸動脈は、下肢原基基部の間胚葉性の密集組織に達し、3~4 条に分岐したまま足部へ達せず終る。軸動脈を分岐した臍動脈は、その後、体腔の尾側を外側へと廻り乍ら腹壁を

図 3 6 mm r. cranio-lateral

肢原基の基部で網状に終る。(図 2,3 Rv.) 頭側の部分は、細くて体腔尾端部の内側に接して 120μ 腹側方へ走り、原腎尾端部に接近して消失するが、原腎小体とは関係がないようである。

(2) 9 mm 人胎児

外 形

本胎児は、Streeter Horizon XVI の発育段階に属し、脳下垂体の後葉の原基が現われている。その下肢原基の基底部は、 L_1 から S_2 迄の高さの間にあつて、体壁より外側へ向い頭腹側へ突出するが、その先は尾背側へ彎曲して終る。この基部と末梢部即足部との間には、表面にくびれがあり、6 mm 例より明らかである。(図 5 s) 基部(図 5 Bp.)は内外に半円状の膨みをもち、その頭腹側は体壁から僅に離れており、この部位には、間胚葉性の骨盤部、大腿部及び下腿部を認め大腿部から下腿部にかけて前軟骨性の変化を認める事が出来るが大腿骨、脛骨、腓骨の原基は、未だ区別出来ない。

し腰仙神経叢の原基と、これより分岐して末梢へ併行く頭腹側の大腿神経、閉鎖神経と、尾背側の脛骨神経、総腓骨神経とを認める事が出来、末梢部即足部(図 5 Dp.)は、6 mm 例より稍長い紡錘形の扁平な突起で、体壁からは遊離し、その軸部には密集した間胚葉組織を認めるが、未だ趾の放射は認められず、脛骨神経が伸びて、その末端は、2~3 の細枝に分れ足底辺縁に終る。動脈は網状となり、よく発達した辺縁静脈を認める。

神 経

下肢原基が体壁から突起し始める部位で、先づ T_{12} が二つの細枝に分岐し、その頭側の枝は稍太く、その尾側の一細枝と共に腹側へ走り再び結合する。(図 4)

図 2 6 mm r. lateral

通り臍帯に達する。

静 脉

後主静脈から、体腔及び原腎の尾側部で、下肢の頭側へ分岐して基部の密集組織に終る小枝(図 2,3 v.)を出し、この枝を出した後すぐに本幹は、頭側の先端が二分する一小枝(図 2,3 cr.)と尾側の太い枝(図 2,3 ca)とに分れる。この部位は $S_3 \sim S_4$ の神経節の高さで、背側大動脈から分岐した臍動脈が、体腔尾端部のすぐ尾内側で、その静脈の頭側と尾側との二分枝の間を通る。(図 2,3 A.u.) その静脈の尾側の部分は S_1 と S_2 との間を横切り、下肢原基の尾側辺縁を走り辺縁静脈となり、頭側方へつゞいてその末端は、下

図4 9 mm r. Plexus lumbosacralis

これと前後して L_1 から分岐する一細枝が, T_{12} の尾側を腹側へと走るが, T_{12} とは結合していない。これは, 腸骨下腹神経 (図4, N.i.h.) である。これらはその内側へ出現する体腔の外側縁に沿って, 約 280μ 腹側へ走り消失する。更に L_1 からその尾側へ一細枝即腸骨鼠径神経 (図4, N.i.i.) が分岐し, 腸骨下腹神経と平行して体腔の外側に沿って走る。腸骨鼠径神経を分岐した後は, L_1 は L_2 と結合し, この結合の先から一肢即陰部大腿神経 (図4, N.g.f.) が, 腸骨鼠径神経の尾側を体腔の尾端部に沿って走る。この腸骨鼠径神経と陰部大腿神経とは, 体腔の尾側外縁に沿って走り, 上記の諸神経と共に相前後して消失する。 L_1 と L_2 の結合した後更に L_3 がこれに結合するが, その L_3 の結合する直前に (L_1) L_2 から, L_1, L_2, L_3 の結合部の外縁に接し現われる間胚葉性の密集団を越え, 下肢原基の外側上皮へ接近する一細枝即腓側大腿皮神経 (図4, N.c.f.f.) を認める。 L_1, L_2, L_3 に L_4 が結合すると太い神経幹を形成し, 上述の密集組織の中へと進入してその外縁部へ近接し, 数条の小神経となる。これは大腿神経 (図4, N.f.) であつて, その密集組織中へ入る前後に尾側へ分枝し, これに L_5 が結合するがその結合部から, 体腔の尾端部の外縁に沿い, 密集間胚葉組織の内側縁を腹側へと走る閉鎖神経 (図4, N.o.; 附図 I, Fig. 4, N.o.) が分岐している。この閉鎖神経の外側に沿っている間胚葉密集組織の中には, やゝ明るい前軟骨性の部分を2個認める様になる。その後, 腹側へ行くにつれて大腿神経は, その前軟骨性の密集組織を越えて外側上皮へ向い数条の皮枝となり消失する。(附図 I Fig. 5.) 閉鎖神経は, 分岐する事

図5 9 mm r. lateral

図6 9 mm r. ventral

なく大腿神経より稍末梢迄伸びて消失する。 L_4, L_5 の結合部に更に S_1 が結合して, すぐ内外の太い枝に分れる。その内側枝は外側枝より一層太く, 末梢において S_2 がこれに加わる。これが脛骨神経 (図5, N.t.) で, これより細い外側枝は総腓骨神経 (図5, N.f.c.) である。脛骨神経は前軟骨化した基部の尾内側にて, 総腓骨神経から分れ, 体腔の尾端部の内側を走る。この時この神経の S_1 の尾側を, 臍動脈から分岐した軸動脈が内側から外側へと貫ぬき, 脛骨神経と総腓骨神経との間を通り末梢へと走る。(図6) 又その直後に, 後主静脈から分岐した坐骨静脈が S_1 と S_2 の間を貫ぬき, 下肢の尾背部の辺縁に沿って末梢へと走り辺縁静脈となる。(図6) この坐骨静脈が脛骨神経を貫ぬく部位の末梢で, 脛骨神経の S_1 の部に S_2 が結合する。(図6) 脛骨神経は足部に達し, その内側の軸動脈と共に間胚葉組織に包まれて末梢へ至る足底神経となり, 2~3の細枝となつて足底辺縁に終っている。脛骨神経から分れる総腓骨神経は, 前軟骨性の基部の尾背側の表面へ向い, 末梢はその辺縁へ近接し, 足部に至らずに終っている。(附図 I, Fig. 6)

前軟骨組織

本胎児においては、密集間胚葉組織より成る骨盤部では、腸骨、坐骨、恥骨の原基の区別は明らかでない。大腿神経が大腿前皮枝となり終る部位と、その内側の閉鎖神経及び尾側の坐骨神経との間の密集間胚葉組織の中に、稍明るい2群の軟骨化の始まろうとする部分を認める。(附図I, Fig.5) この前軟骨組織は、すぐ単一となり、その末梢の脛骨神経と総腓骨神経とが分岐する部位を経て、その後軸動脈が脛骨神経を貫ぬき、これと総腓骨神経との間を末梢へと走る部位迄続くが、次第にその前軟骨組織の部分が小さくなり、足部へは達せず終り、足部には単なる密集間胚葉組織の塊が認められるだけである。即9mm胎児では、間胚葉性の骨盤部と前軟骨性の大腿部、下腿部を認めるが、大腿骨、脛骨、腓骨の区別は明らかでない。足部では少量の間胚葉密集組織を認めるが、未だ軸性の趾の放射は認められない。

動 脈

$S_3 \sim S_4$ の神経節の高さで、背側大動脈から分岐する総腸骨動脈は(図6A.i.c.)後主静脈の二分枝の間即、体腔尾端の尾側を内側から外側へと廻り、その先は下腹部を通り下腹動脈となり臍帯へ達する。この総腸骨動脈が背側大動脈から分岐するとすぐその尾側で、背側大動脈は左右一対に分れるがすぐ無対となり尾端に達する。その総腸骨動脈が後主静脈の二部分の間を通過すると、すぐ細い外腸骨動脈がこれから分岐する。(図6A.i.ex.) 外腸骨動脈は体腔の尾側外方を、閉鎖神経の内側で下肢原基の基部を頭側方向へ大動脈と平行して走り、閉鎖神経が大腿神経から分岐する部位の頭内側に終る。外腸骨動脈を分岐した後、下腹動脈から S_1 の神経節の高さで軸動脈(図6A.ax.)が分岐し、脛骨神経の背側を内側から外側へと貫ぬき、脛骨神経と総腓骨神経との間に達し、脛骨神経の外側に沿って足部に達して終る。(図5) 足部では脛骨神経末梢が上皮に接近して終っているが、動脈の末端は軸部に発達して、表面上皮に向って網状の發育をしているものゝようである。猶大腿神経が大腿前皮枝となり終る部位から末梢へかけて、その内側で、間胚葉組織の外縁に接し点する血島が血管網を形成し、閉鎖神経の終る部位から約120 μ 末梢迄伸びて終る。これは大腿動脈の原基と思われ下肢原基基部にて外腸骨動脈へ続く。(図6)

静 脈

体腔の尾端部位の後主静脈は、 $S_3 \sim S_4$ の神経節の高さで頭側の小枝(図6cr.)と尾側の太い枝(図6ca.)

とに分岐し、その二枝の間を背側大動脈から分岐する総腸骨動脈が通る。(附図I, Fig.5) その頭側枝は腹側へ行くにつれ体腔の尾内側の原腎に接近し、最尾端の原腎小体に入る。この尾側枝は坐骨静脈(図6V.i.)であつて、下肢基部の尾内側で脛骨神経の根をなす S_1 と S_2 との間を内側から外側へと貫ぬき、基部の尾側辺縁を経て足部へ至る辺縁静脈となり、(図5, 6, Rv.) その尾側辺縁より足尖部を廻り、足部の頭側辺縁を経て、足部と基部との境界部迄伸びここで網状に終る。又6mm例で見るような基部へ終る分枝vは見られない。

(3) 9.5mm 人胎児

外 形

本胎児はStreeterのHorizon XVIIの發育段階に属し、その下肢原基基部は L_1 より S_3 の高さの間に在る。下肢原基は、先づ体壁から腹側へ半楕円形の膨みをもち突出する基部と、短く扁平な末梢部即足部とから成る。その頭腹側縁(図8, s_1)と尾背側縁(図8, s_2)には深くくびれるを認める。前者は下腿部と足部、後者は大腿部と下腿部との境に相当し、この深くくびれの外に頭腹側縁の大腿部と下腿部、尾背側縁の下腿部と足部との境を示すように思われる浅いくびれもある。基部(図8, Bp.)は軟骨性の骨盤部、大腿部及び下腿部とから成り、その骨盤、大腿部では外側面がより強く膨隆し、ここに腸骨、恥骨、坐骨の原基と、大腿骨の原基とを生じており、同時に腰仙神経叢の原基とこれから分岐する大腿神経、閉鎖神経、脛骨神経、総腓骨神経の原基がある。下腿部は大腿部より短く幅広く、その上端部の頭側縁、尾側縁とも稍膨隆している。ここに脛骨と腓骨との原基を生じている(図8)。末梢部(図8, Dp.)に当る足部は、短く体壁に沿つて尾内方へ稍彎曲し、内側面は次第に腹壁に接近し足尖部は腹壁に接している。ここに密集間胚葉性の趾の放射を認める。

神 経

(T_{12}), $L_1, L_2, L_3, L_4, L_5, S_1, S_2, S_3$ が腰仙神経叢を形成し、その腰神経叢と仙神経叢との間に L_4, L_5 による腰仙骨幹(図7, T.is.)を認める。 S_3 の大部分は仙神経叢に入るが、一部は陰部神経叢に入り(S_2), S_4, S_5 が陰部神経叢を形成する。皮神経は腹側の枝が高位から出、次いで背側の物がそれより低位より出、更に末梢へ到るものがある。

(I) 腰神経叢

T_{12} が腰神経叢の L_1 に交通枝を送ると、直ぐ L_1 よ

図7 9.5 mm r. Plexus lumbosacralis

り頭側枝と尾側枝との二神経が分岐し、下腹部の体腔外側縁に沿って腹側へと走る。頭側枝は腸骨下腹神経(図7, N.i.h.) 尾側枝は腸骨鼠径神経(図7, N.i.i.) である。この二神経の分岐した後残りの L_1 の枝は L_2 と合し、これから頭側へ分岐する陰部大腿神経(図7, N.g.f.) は2条に分れて乍ら、上記の諸神経の尾側を体腔の尾端部に沿って腹側へと走る。これらの三神経は平行して体腔外側縁を走るが相前後して消失する。猶腸骨下腹神経と腸骨鼠径神経とが分岐する部位にて L_2 に入る枝と、 L_2, L_3 から下肢原基基部の頭外側上皮に達する枝との2条の腓側大腿皮神経を認める。(附図II, Fig.7, N.c.f.f.) 又 L_1, L_2 から陰部大腿神経が分岐する部位で、腰神経叢は L_2, L_3, L_4 を主とする大腿神経(図7, N.f.) と、 L_3, L_4 を主とする閉鎖神経(図7, N.o.) とに分れる。大腿神経は下肢原基の頭外側を、閉鎖神経はその内側を末梢へと伸びる。大腿神経は閉鎖神経から分れて腸骨原基の頭側、つづいて大腿骨原基の頭外側部を走る。その閉鎖神経から分れた許りの所で3~4条の細枝となり、外側部の Myoblastema の密集組織中へ入り、他の物はそのまま終るが1~2枝(Rr. cut. ventrales)(附図II, Fig.10, R.c.v.) はこれを貫ぬいて上皮へ近接する。この密集組織は大腿四頭筋群原基の proximal part と考えられ、この大腿四頭筋群の原基は更に末梢に向って大きくなり、周囲の明らかな大腿骨原基をとり巻く。Myoblastema の密集団となる。(附図II, Fig.8, 10, M.q.f.) 大腿神経の主幹は、この筋群原基の内側面を大腿骨の腹側から外側へと伸び乍らこの組織中へ入り、その中2~3条の細枝の分れてこの中に終っているものがあるが(附図II, Fig.8, R.m.)、その他はこの分枝群を中にして外側と内側との分枝となり今少し伸びて夫々終つ

ている。(附図II, Fig.10, R.m.) 以上の外、尚上皮へ伸びる3~4条の細枝を認める。Bardeenの所謂 N.cutaneous femoris anterior と N.cutaneous femoris medialis に相当する様である。尚これら以外、外側方に分散して終るものの内の一は、長く末梢が上皮に接近して終っている。これは伏在神経に相当するものと思われる。

閉鎖神経は体腔の尾端部で大腿神経から分れ、下肢原基基部の内側で外腸骨動脈の内側部に接して走るが、その神経幹の外側に恥骨の原基がある。(附図II, Fig.8, N.o.) 外腸骨動脈はその後閉鎖神経の腹側を体腔の外側縁に沿って走るがすぐ消失する。恥骨原基の背側方には坐骨原基が続き(附図II, Fig.9), 閉鎖神経は腹側の恥骨と背側の坐骨との間の内側の位置へと伸び、その末梢は両原基の間の位置を内方から外方へと通り、大腿骨の前内側部に達し、その末梢部は Myoblastema の密集団に包まれて終り、上皮に接近するものはない。この Myoblastema の密集団は大腿薄筋及び内転筋群と考えられる。(附図II, Fig.10, M.ad.) この筋群原基に終るものの外に内側方へ2条の細枝が出るがすぐ消失する。この神経は全経過に亘り比較的太い神経束のまま末梢迄続いている。

(II) 仙神経叢

L_5, S_1, S_2 の神経根により形成される仙神経叢の L_5 (S_1) の部分から、腸骨原基の背外側方へ伸びる上臀神経の尖端は二分し、小さい間胚葉密集中に終る。この密集組織は臀筋群原基であろう。又相前後して、その S_1, S_2 の部分から L_5, S_1, S_2 の神経根の外側部にある間胚葉密集団へと伸びる下臀神経がある。この密集団も Myoblastema の性格を示して居り、恐らく大臀筋原基であろう。同時に S_1, S_2 から下肢原基の背側上皮へ伸びる2条の背側大腿皮神経を認める(附図II, Fig.8, N.c.f.d.) これは坐骨静脈の外側縁に接し140 μ 程伸びている。

脛骨神経は主に (L_4), L_5, S_1, S_2, S_3 の神経根、総腓骨神経は (L_4), L_5, S_1, S_2 の神経根から成る。(図7, 8) 前者は下肢原基基部の大腿上部で浅在の総腓骨神経から分れるが、脛骨神経根の S_2 と S_3 との間を坐骨静脈が貫ぬき、下肢辺縁を走る辺縁静脈となる。(図9, V.i., R.v.) 脛骨神経は総腓骨神経から分れるとすぐ Myoblastema の密集団に包まれ、その神経幹から、総腓骨神経との間に介在する密集組織中へ4~5条の細枝が分岐する。(附図II, Fig.8, 10, N.t.) 総腓骨神経も脛骨神経から分れるとすぐ Myoblastema の密集組

織に包まれているが、その末梢は次第に表面に近づき終っている。(附図Ⅱ, Fig. 8, 10, N.f.c.) 脛骨神経の本幹はさらに大腿骨の内背側方を下つて、大腿骨の高さで上述とは別の Myoblastema の密集組織に包まれ、この密集組織は下腿部迄この神経幹に伴つて伸びている。その大腿部の下位で、腹側方へ2条の細枝が出ており、一方はすぐ終るが他の一条は下腿部に達し、脛骨と腓骨との間の内側方の位置で、軸動脈に伴つて終っている。又前者と同じ高さで背側表面に近く、辺縁静脈の腹側部へ一細枝が出て少しく末梢に伸びている。この脛骨神経の周囲の Myoblastema の密集組織は、近側部は骨盤及び大腿、遠側部は下腿の筋となるものであろう。総腓骨神経は脛骨上端の高さで浅深腓骨神経に分れ、浅腓骨神経は間もなく密集組織中に終るが、深腓骨神経は密集組織に包まれ乍ら下腿下部で2~3条に分れて終っている。脛骨神経は足根部で腓側足底神経と脛側足底神経とに分れ、前者はすぐ消失するが後者は3~4条の細枝に分れ、足底血管網よりやや近側で脛側足底辺縁に終る。(附図Ⅱ, Fig. 11.,)

軟骨組織

本胎児の下肢軸部には輪廓のはつきりした細胞間質の明るい軟骨組織がある。骨盤部には寧ろ前軟骨性の腸骨、恥骨、坐骨の原基が明らかに認められる。腸骨原基の腹側にある恥骨原基(附図Ⅱ, Fig. 9, P.)は、大腿骨原基の頭内側で、閉鎖神経の外側から腹尾側に接しており、その尾側より連続的に坐骨の原基(附図Ⅱ, Fig. 9, I.)が区別出来る。その坐骨原基の尾内側部を脛骨神経が走り、大腿骨の骨頭部は坐骨原基の外側部に突出している。(図8)大腿骨(附図Ⅱ, Fig. 8, 10, F.)は比較的太い長円筒状をなし、全長に亘つて明るい内外の二重の層から成る。下腿部は短く、その大腿骨原基の末端に連続的に続く脛骨原基も内外の二層より成り、その尾側より腓骨の原基がある。(図8, Ti, Fi.)脛骨と腓骨との中間部、腓骨よりの内側部を脛骨神

図8 9.5 mm r. lateral

経、その外背側よりを総腓骨神経が走り、軸動脈は両神経の中間部で脛骨神経に近接した部位を走り、腓骨原基の尾側辺縁を辺縁静脈が走っている。(図8)脛骨は腓骨より長く、この両者の末端部に足根及び五条の趾の密集間胚葉性原基がつづく。然し足根部には未だ跗骨の原基を認めない。

動脈

背側大動脈の尾側部 $S_3 \sim S_4$ の神経節の高さで左右の総腸骨動脈が分岐し、後主静脈の二分枝の間を通るとすぐ、脛骨神経の根をなす S_2 の背側を貫ぬき、下肢末梢へと伸びる軸動脈を分岐する。この軸動脈の出る部分の腹側部で会陰部へ行く内陰部動脈を分岐する(図9.A.ax.A.p.i.) 軸動脈はその後大腿部にて脛骨神経の外側に出て、下腿部では脛骨神経に沿つて、これと脛骨との間の位置を占め、足根部では稍太へな

図9 9.5 mm r. ventral

り所謂 Ramus perforans tarsi の形をとり、その先は二分し足背部へ行く血管と足底部へ行く血管とに分れ、足背部、足底部とも血管網を形成す。

又軸動脈を背側に分岐している部位の総腸骨動脈から、腹側へ向つて下肢原基基部に外腸骨動脈が出て、これは閉鎖神経の内側で、大腿静脈と共に体腔の外側部を走る。(図9.A.i.ex.) その先につづく大腿動脈は、閉鎖神経の腹側を廻つてその外側部の間胚葉組織に達し、大腿部の末端部で消失している。(図9.A.f.)

静脈

左右の後主静脈は背側大動脈の尾側部で吻合し太い静脈幹となり、総腸骨動脈の分岐部の背側より再び左右に分岐し、腰仙神経叢の $L_3 \sim$

L₁ の内側部迄伸びる太い枝となる。その先は総腸骨動脈を挟んで頭側と尾側との二枝に分れる。(図9 cr., ca.) その尾側枝は太い坐骨静脈となり(図9 V.i.) 坐骨神経の根をなす S₂ と S₃ との間を貫ぬく。その坐骨静脈は坐骨神経の背側に至り、2~3の細枝に分岐しつつ大腿部より下腿部へと伸び辺縁静脈となる。その先は足尖部を廻り足部の腹側辺縁を経て脛骨原基の下端部迄伸び網状に終る。(図8 Rv.) 又上述の頭側枝は原腎の尾端部で腹側へと走り、その後体腔の尾端部を外側へと廻り乍ら、これより閉鎖神経の内側を体腔外縁寄りに下肢原基基部の頭側へ伸びる一静脈を分岐する。これは大腿静脈の原基と思われる。(図9 V.f.) 大腿静脈を出した後は、猶腹側へと走り乍ら最尾端の腎小体へ注ぐ。

総括及び考察

(1) 下肢原基の基底部は、著者の 6mm 人胎児では L₁ から S₁ 迄、9mm では L₁ から S₂ 迄 9.5mm では L₁ から S₃ 迄の高さの間にある。即發育の進むにつれ下肢原基基底部の頭端の高さは変らないが、尾端部は尾側へと移動している。Bardeen (1901-1902) の報告でも同様の事実があり、5mm~7.5mm 人胎児で下肢原基基底部の原節の高さは、L₁ から S₁ 迄 9mm で L₁ から S₂ 迄 11mm で大体成人と同様 L₁ から S₃ 迄の間にあり、時として S₄ 迄の間にあるという。故に下肢の基底部に見られるこの胎生初期の増大は、尾側方向に向つて居る事が分る。この下肢の増大期に神経はその末端迄生長するもの様である。

著者の 6mm 人胎児では内外に軽い膨みをもち体軸と殆んど直角方向に腹側外方へ突出する基部と、その尖のやや尾側方へ向う末端部即足部との二部分を認め、両者の間に浅い溝がある。この状態は Bardeen の 7.5mm 例と同様であり、Streeter の Horizon XV の發育状態に相当している。著者の 9mm 例では、下肢原基は Streeter の Horizon XVI の發育段階に一致しており、その所謂 lumbal 及び sacral の發育中心を示している。次の 9.5mm では Streeter の Horizon XVII の外形に近い。

(2) 著者の 6mm では、L₁ から S₁ 迄の神経繊維が下肢原基基部にて刷毛状に合して、腰仙神経叢の原基を作っており、腰神経叢及び仙神経叢の原基と考えられる形態が認められ仙神経叢の先は稍々末梢へ伸びている。9mm では L₁ から S₂ 迄の神経繊維束が合し明らかに太い神経幹を形成し、その腰神経叢から大腿神経、閉鎖神経、仙神経叢から脛骨神経、総腓骨神

経が夫々中心が前軟骨化した間胚葉性密集組織中へ伸びている外に、腹側への皮神経が短い枝乍ら認められる。更に 9.5mm では L₁ から S₃ 迄の神経繊維束が吻合し、その腰仙神経叢は稍成人に近い状態となっており、その腰仙神経叢から大腿神経、閉鎖神経、脛骨神経、総腓骨神経の主幹が末梢へと伸び、これらの神経幹の周囲には既に主要な前筋組織の密集団を認め、この中へ筋枝を出しているが個々の筋は未だ不明である。その腹側への皮神経は 9mm 例より明らかになり、その上 9mm 例で認められない仙神経叢からの上臀神経、下臀神経が短い枝として認められ、陰部及び尾部神経叢も明らかである。

Bardeen の 6~7mm 例では、L₂ から L₄ 迄の神経繊維が下肢原基基部の密集組織へ伸びるが、未だ神経叢は出来ていないという。これは著者の 6mm 例よりも幼弱な状態であり、この 6mm 例では L₁, L₂, L₃, L₄ を主とする腰神経叢の原基は、腰部の下肢原基基部の少量の間胚葉性密集組織に近接し、下肢原基内には伸びていないが、L₄, L₅, S₁ を主とする仙神経叢の原基は仙部の密集組織中に入り、その尖端は下肢原基の中央部迄伸びている。この 6mm 例は Streeter の Horizon XV に相当する發育段階のものであるが、Streeter はその下肢神経については余り触れていない。

Bardeen の次の段階の 9mm では、下肢原基基部の密集間胚葉組織中に L₁ から S₂ 迄の神経前枝が吻合し、それから大腿神経、閉鎖神経、脛骨神経、総腓骨神経が末梢へと走るとのみ記載されている。然るにこれと略同一段階と思われる著者の 9mm では、既に腹側へ分布する皮枝即腸骨下腹神経、腸骨鼠径神経、陰部大腿神経、腓側大腿皮神経等が、短い乍らもこれよりもつと生長している胎児と対比して推定出来る。腰仙神経叢の主要な四神経即大腿神経、閉鎖神経、脛骨神経、総腓骨神経は極めて太い分枝として末梢へと伸び、総腓骨神経は末梢へ行くにつれ下肢原基背側の上皮に接し、辺縁静脈に近接して走り足部へ達せず終っているが、脛骨神経は末端が 2~3 の細い足底神経となり、足部へ伸び足底辺縁に終っている。この 9mm 例は Streeter の Horizon XVI の發育段階に相当し、Streeter の述べて居る様に三個の生長中心を下肢に認め、大腿神経と閉鎖神経との終る外頭側部、脛骨神経と総腓骨神経との終る内尾側部と、脛骨神経末端の達している足部とに分けることが出来る。尚 Bardeen の例について見るに、その 11mm 人胎児

では、腰仙神経叢は殆んど成人の状態となり、その主要な神経及び皮枝並びに神経幹の周囲に主要な筋群の原基を認め、14mmでは個々の筋が明らかに区別出来る様になるという。著者の9.5mmでは、既にこのBardeenの11mmに相当する発育を示している様であるが、これはStreeterの発育段階について見るとそのHorizon XVIIに一致する。Bardeenの11mmの腹側皮神経については、 T_{12} と腸骨下腹神経、腸骨下腹神経と腸骨鼠径神経、腸骨鼠径神経と陰部枝（陰部大腿神経）、腰部鼠径神経と腓側大腿皮神経、腓側大腿皮神経と大腿神経とが、神経叢から下肢末梢へと伸びる時互に相隣しているという。著者の9.5mmでも同様の所見が見られ、 T_{12} 腸骨下腹神経、腸骨鼠径神経、陰部大腿神経（陰部枝及び腰部鼠径神経）は、体腔の背側から外側へと腹壁の筋原基の下に腹側へと伸び、それらの末端は内外の二枝に分岐し外表に接近して終っている所もある。又Bardeenの11mmでは、大腿神経の周囲に大腿四頭筋の原基を認め、その各部へ筋枝を送る。又この神経の腹側部には縫工筋の原基を認め、寛骨臼部を通過する時腸腰筋と恥骨筋らしき原基を認めるという。著者の9.5mmでは、それ程分化発育しておらず、 L_2, L_3, L_4 を神経根として下肢原基へ伸び始めている大腿神経の周囲に、同様の大腿四頭筋の原基が見え始め、末梢へ行くにつれ大腿神経の外側部及び大腿神経と閉鎖神経との間の部位では、特に稠密な前筋組織の密集団がこれにつづき、大腿神経の主幹はこれら的大腿四頭筋の密集組織の中心部を走り、これらに筋枝を分岐している。腸腰筋と縫工筋とは未だ明らかに区別出来ないが、大腿神経の最もproximalの外側部位に、腸腰筋に相当すると思われる少量の前筋組織を認め、大腿神経からこれに分岐する小枝がある。

大腿前部の皮神経即腓側大腿皮神経及び大腿神経幹より直接起る皮枝については、Bardeenの11mmではN. cut. f. lateralis, N. cut. ant., N. cut. med.等の皮神経を認めるという事であるが、著者の9.5mmでも同様の所見があり、 $(L_1), L_2$ 、及び $(L_2), L_3$ の神経根から出る2条の腓側大腿皮神経が、大腿基部の外側上皮へ伸び、後者は大腿神経幹とその起始部を共にしている。又数条の前皮枝(Rr. cut. ventrales)は、BardeenのN. cut. ant., N. cut. med.に一致し、大腿神経幹から大腿四頭筋の密集団を越えて大腿の腹側上皮へと伸び、伏在神経は膝部を越えて上皮へ伸びて終っている。

閉鎖神経。Bardeenの11mmでは、間胚葉性の骨盤原基の恥骨突起と坐骨突起との間を通過し、神経の終りの部分に筋原基が認められ、その前方は長短内転筋と大腿薄筋の筋群であり、後方は大内転筋のobturator portionを表わすものであろうと記載されている。著者の9.5mmでは同様に L_2, L_3, L_4 の神経根が合してこれを生じ、坐骨原基と恥骨原基との間を通過してその末梢では、神経周囲に密集した前筋組織がある。この筋原基は内転筋群であつて、その主幹から筋枝が分岐し、本幹は膝部を僅に越えた部位で上皮へ近づき終っている。

脛骨神経。Bardeenの11mmでは、 L_4, L_5, S_1, S_2, S_3 の神経根から成り、その末端は足底部の中程迄伸び、途中で内閉鎖筋、大腿方形筋、Hamstring muscle、深淺下腿後側筋群を通過するという。著者の9.5mmでも大体同様で、 L_4, L_5, S_1, S_2, S_3 の神経根から成り、先づ脛骨神経と総腓骨神経との間の部位に、脛骨神経から分岐を受けている前筋組織を認め、この密集組織は下腿の末端迄続いているが、大腿下部から末梢部では脛骨神経の周辺に限局し、末端へ行くにつれ次第に少量となつている。この筋原基は、上述Bardeenの大腿後側の諸筋及び下腿後側筋群の原基と考えられるが、未だ個々の筋は不明であり、その大腿下部で脛骨神経幹から頭側部へ2条、尾側部へ1条の筋枝を認める。この神経は下腿下端部で脛側及び腓側足底神経に分岐し、後者はすぐ消失するが前者は3~4条の細枝となり、足底辺縁に終っている。但Bardeenの11mmでは、膝部を越えた部位ですぐ脛側及び腓側足底神経に分岐しているという。

総腓骨神経。Bardeenの11mm例では、 L_4, L_5, S_1, S_2 の神経根から成り坐骨神経の一部を形成し、脛骨神経から分岐した後、大腿二頭筋と腓骨筋との原基に筋枝を分岐した後は、下腿前側筋の中に終るという。著者の9.5mmでも同様 L_4, L_5, S_1, S_2 の神経根から成つていて、先づ大腿上部で脛骨神経から分れると、すぐ前筋組織に包まれ、大腿下部では、下肢原基の表面に近づき辺縁静脈に近接するが、その部位の前筋組織はごく僅少に過ぎない。その総腓骨神経から尾側へ分岐する2条の短い筋枝が大腿中部にあり、これは大腿二頭筋短頭への筋枝と考えられる。膝部を越える所で深淺腓骨神経に分れ、後者はすぐ消失するが、前者は下腿下端部迄、密集筋組織に包まれ乍ら2~3条の細枝に分れて伸びているが、足部へ達せず終る。この下腿部前筋組織は下腿前側部筋群の原基と考えられ

る。

又下肢原基の基部では、仙神経叢から分岐する上臀下臀神経が出ており、前者は少量の中小臀筋原基に、後者は大きい大臀筋原基の密集組織に終っている。

坐骨神経から出る皮神経については、著者の 9.5 mm 例で 2 条の後大腿皮神経を認めるが、腓腹神経及び腓側腓腹皮神経は未だ認められず、同様に Bardeen の 11 mm でも認められていない。

(3) 著者の 6 mm 人胎児では、下肢原基基部の腰仙神経叢の原基の末梢部のみに、中心に大腿骨と思われる前軟骨性の変化の始まつている密集間胚葉組織を認め、9 mm 例ではこの軸部の前軟骨性組織は一層増加し、大腿部、下腿部の前軟骨性組織には、大腿骨、脛骨、腓骨の原基が期待されるが、その区別は明らかにし得ない。骨盤部の密集組織には、未だ前軟骨性の変化が明らかでなく、足部の密集間胚葉組織には趾の放射は未だ現われていない。9.5 mm では、前軟骨性の腸骨、恥骨、坐骨の原基及び大腿骨、脛骨、腓骨の軟骨性原基が現われており、足部では 5 条の密集間胚葉組織の放射を認めるが、足根部の跗骨の原基は未だ明らかでない。都築によると、この 9.5 mm 例上肢では、5 個の手根骨の原基を区別出来るとの事であるから、下肢の原基の出現は少しこれに遅れている。

Bardeen (1905) によると、3 週迄の人胎児 (4.2 mm ~ 5 mm 胎児) では下肢原基は vascular mesenchym で充たされ、4 週 (7.5 mm 胎児) ではその mesoderm は量を増すが構造上の区別はない。5 週の初、9 mm では下肢原基基部に緻密な間胚葉組織が集合し、その境界は明らかでないがその密集団は寛骨臼部や大腿骨の近端を表わし、11 mm で腸骨、恥骨、坐骨の区別が現われ、大腿骨、脛骨、腓骨は軟骨化しているという。又 Peterson によると、その Ru (9.1 mm 人胎児) Ko (10.2 mm 人胎児) N (9.1 mm 人胎児) では、Bardeen の 9 mm 胎児に相当し、この時期では腰仙神経叢が形成され、下肢原基の中心部の密集組織は筋と骨の原基となり、N (9.1 mm 胎児) のみ大腿骨の骨幹部が区別され、S₁ (12.6 mm 胎児) で骨盤部は決定的構造を示すという。この S₁ は Bardeen の 11 mm 胎児に略相当し、只この Bardeen の 11 mm では、S₁ (12.6 mm) に見られなかつた軟骨化が見られるとの事であり、著者の 9.5 mm に近いものと思われる。且 Bardeen は、大腿骨の軟骨は、膝の所で膨大して腰背部へ向つて細くなつていているという。著者の 9.5 mm でも同様の所見が見られるが、膝関節

そのものは未だ明らかでない。Schomburg の足関節、足部についての研究によると、四期の发育段階が挙げられている。即 (1) 間胚葉 (2) 前軟骨 (3) 軟骨 (4) 骨であつて、足部の軸性の間胚葉組織は 5 週の間に始まり、14 mm で Tarsus, Metatarsus が前軟骨化し、20 mm で軟骨化し跗骨の各部が区別されるという。著者の 9.5 mm では間胚葉性密集組織の趾の放射を生じているが、跗骨の各部は未だ明らかでない。

(4) 人胎児初期の下肢動脈について、Senior (1919) の詳しい研究があるが、これを要するに二つの時期がある。その最初の時期は軸動脈 (坐骨動脈) が下肢の原始動脈として発生し、大腿、下腿部から足部へ達して血管網を形成する。次いで大腿の腹側へ行く枝を生じ、膝部の稍上部で軸動脈に合する。これから外腸骨動脈、大腿動脈、尾側上腹動脈が起るという。著者の 6 mm 例では軸動脈のみを生じているが、9 mm では外腸骨動脈及び大腿動脈の原基が推定出来る。9.5 mm ではこれらの動脈の原基がより明らかであるが、吻合は未だ生じていない。

Senior の 6 mm 人胎児では、臍動脈には腹側根とそれより細い背側根とがあり、後者は主に第 5 腰分節動脈から成り、この背側根がその後、原腎管の外側を通る時、軸動脈と内陰部動脈が起るという。著者の 6 mm では腹側根は認められず、背側根は L₅-L₄ 神経節の高さで背側大動脈から分岐し、後主静脈へ合流する静脈の二根の間を通り、原腎及び体腔の背内側から外側へと廻る時、軸動脈を分岐する。この状態は Senior の 6 mm と略同様であるが、内陰部動脈の分岐は未だ明らかでない。軸動脈は仙神経叢原基の S₁ の腹側部でこれを横切り、下肢原基基部の少量の間胚葉密集組織へ達し、その後 3~4 条に分岐した先は血管網に終つて足部に達していないが、Senior の 6 mm では軸動脈は表面に対して稍反同し乍ら横走し、その先は二枝に分れ各々血管網を作り、その後、後主静脈の血管網に合するという。著者の 9 mm では、Senior の 8.5 mm 例と同様に外腸骨動脈が認められ、その動脈の起始部のため背側臍動脈は総腸骨動脈と下腹動脈とに分れる。この外腸骨動脈は、総腸骨動脈から分岐した後大動脈と平行して、閉鎖神経の起始部の内側を頭側方向へと走る。この外腸骨動脈から大腿動脈の原基が発達してゆくが、これは Senior の場合では 12 mm 胎児で始めて認められ、その大腿動脈の原基は大腿神経と平行してその内側部を走り、閉鎖神経の終る部位

の稍末端部迄伸びている。軸動脈は Senior の 8.5 mm と同様に、著者の 9 mm でも S_1 の高さで下腹動脈から分岐した後、脛骨神経をその背側で内側から外側へと貫ぬき、下腿部から足部へと伸び足底、足背部とも血管網を形成す。又 Senior の 8.5 mm で認められる内陰部動脈は、著者の 9 mm では生憎局所に破損があつて確められず、9.5 mm でのみ陰部神経に沿つて少しく伸びている内陰部動脈を確める事が出来る。著者の 9.5 mm では、総腸骨動脈は前者に比し太く、これより分岐する外腸骨動脈も、9 mm 例よりその壁も厚く走行も直線的である事は、Senior の 12 mm 例と同様である。又大腿動脈は 9 mm 例より発達しているが、Senior の 12 mm 例で見えている様な尾側上腹動脈及びその末端の内外の二分枝は明らかでない。軸動脈は 9 mm 例に比しその走行は彎曲しているが、特に大腿下部で稍強く突出している事は、Senior の 12 mm 例で見られている様な後の大腿動脈との結合部位を示すものであろう。又足背、足底部の血管網は、9 mm 例に較べてこの 9.5 mm 例では遙に発達していて、足根部では所謂 *Ramus perforans tarsi* の形を生じている。

(5) 著者の 6 mm, 9 mm, 9.5 mm とも、後主静脈は $S_3 \sim S_4$ の高さで頭側の小枝と尾側の太い枝とに分れ、その間を背側臍動脈が通過する。6 mm 例のみでは、この二分枝に分れる前に下肢原基の頭側へ分岐し、その基部の密集組織に終る小枝 v を認める。上述の二分枝の内、頭側枝はその先が腹側へ行くにつれ、体腔の尾内側の原腎に接近しその最尾端の腎小体へ入る。又 9.5 mm 例ではその頭側枝から、外腸骨動脈と併行し下肢原基基部、頭側部へ少しく伸びる大腿静脈の原基が出ている。又尾側の太い枝は 9 mm, 9.5 mm では特に太い坐骨静脈となり、何れも坐骨神経根の S_2 の部位辺りを内側から外側へと貫ぬき、基部の尾側辺縁を通る辺縁静脈となり、足尖部を廻りその頭側端は基部の末端部辺り迄伸び網状に終る。この辺縁静脈については、Bardeen, Senior とも 6 mm 人胎児から記載されている。

結 論

(1) 初期人胎児の下肢原基の外形は、Streeter の Horizon XIII (4~5 mm 胎児) で下肢は上肢に引続いて隆起し始め、次いで Horizon XIV (5.5~7 mm 胎児) では鰭状に突出し、その下肢原基基部は L_1 から S_1 迄の原節の高さにある。次の Horizon XV の著者の 6 mm 例でも殆んど同じ高さに基部を持つ下肢原基

は、内外に稍膨みを持ち腹側方へ突出する基部と、その尖端の末梢部即足部との二部分に分れ、両者間に軽い溝を認める様になる。更に Horizon XVI 即著者の 9 mm 例では、基部と末梢部即足部との区別が一層はつきりし、その基部は L_1 から S_2 迄の間の高さになる。Horizon XVII 即著者の 9.5 mm 例では、骨盤部、大腿部、下腿部、足部の各部の区別が明確となる。基部は L_1 から S_3 迄の間の高さとなる。

(2) *vascular mesenchym* で充たされる下肢原基は、6 mm 例で下肢原基基部の腰仙神経叢原基の先に、軸性の前軟骨性の間胚葉性密集団を認めること上肢と同じく、9 mm 例では間胚葉性密集団の骨盤部と、前軟骨性を示す大腿部、下腿部を認めるが、その原基の輪廓は未だ明らかでない。足部には前軟骨性の部分は未だなく、間胚葉性の密集組織であり、未だ趾の放射を認めない。9.5 mm 例となつて明らかに軟骨を生じており、前軟骨性の腸骨、坐骨、恥骨、軟骨性の大腿骨、脛骨、腓骨の夫々の原基を認める様になるが、足部には 5 条の間胚葉組織の趾の放射を認めるのみで、Tarsus の部分には跗骨原基が現わるに至っていない。反之上肢では腕骨の原基が現われている。

(3) 6 mm 例では、 L_1, L_2, L_3, L_4 の神経前枝が集合して生じている腰神経叢の原基は、下肢原基基部の密集組織に接しているだけでその先は伸びてないが、 L_4, L_5, S_1 の神経根が集合して生じている仙神経叢の原基は、軸性の部分の周囲の密集組織中へと 3~4 条に分岐して伸びている。但これらの分枝の名称は決定出来ない。9 mm 例では L_1 から S_2 迄の神経繊維が合して太く短い神経幹を形成し、末梢の方へと大腿神経、閉鎖神経、脛骨神経、総腓骨神経が太く伸びている。前段階に引続いて、後二者の方がよく伸びており、総腓骨神経は下肢原基の上皮へ近接し乍ら走り、足部に達せずに終つてゐるが、脛骨神経は足部迄伸び足底神経となり 2~3 条の細枝に分れて終る。以上の外に皮神経としては、腸骨下腹神経、腸骨鼠径神経、陰部大腿神経、腓側大腿皮神経が短い枝として認められる様になるが、密集組織中に終つていて、上皮下の間胚葉組織層迄は伸びていない。次の发育段階である 9.5 mm では、 L_1 から S_3 迄の神経繊維が合して、更に太い腰仙神経叢を形成し、同時に陰部神経叢も出来始める。腰仙神経叢から突出する大腿神経、閉鎖神経、脛骨神経、総腓骨神経等の周囲の密集組織中には、軸性の部分に接して稍粗組織像を異にする前筋組織を生じており、この組織へ分枝が伸びている。9 mm で既に認

められる腹側の皮神経即腸骨下腹神経、腸骨鼠径神経、陰部大腿神経、腓側大腿皮神経等は、この9.5 mm例では一層よく発達し、これらは筋性の密集組織を通り抜けて上皮下の間胚葉組織層に達して終っている。同時に背側の皮神経即背側大腿皮神経も2条伸びている。然しこれらの主要神経幹の末梢部に当る皮神経は未だ不完全であるが、大腿神経は大腿四頭筋群の原基中を、筋枝を送り乍ら貫ぬき、その末梢の伏在神経は下腿部の上皮に接近して終る。途中大腿の腹側へ伸びて3~4条に分れて終っている *Rr. cut. ventrales* を認める。閉鎖神経も全経過に亘り比較的太いが、末端部は大腿部で上皮へ近づき終る。尙9.5 mm例では9 mmで現われていない上脛神経、下脛神経が認められ、脛骨神経も総腓骨神経も前筋組織の密集団に包まれ乍ら末梢へ伸び、筋枝を分岐しているが、脛骨神経は足部迄伸び脛側及び腓側足底神経となり足底辺縁に終る。総腓骨神経は膝部の前後で浅深腓骨神経に分岐し、前者は短い枝として分岐後すぐ消失するが、後者は下腿の下部で終り足部に達していない。

(4) 筋組織。Streeter の *Horizon XVII* 即著者の9.5 mm胎児で始めて大腿神経、閉鎖神経、脛骨神経、総腓骨神経等が、明らかに中心の骨格の原基から区別される間胚葉密集団で囲まれており、これらは、それらの神経により支配される筋組織の原基と考えられる。然しこれらの密集団は前筋組織の状態で筋群として認められ、個々の筋は明らかでない。これらの筋群原基の内、大腿神経を取巻く大腿四頭筋群が最もよく発達し、*M. vastus tibialis*, *M. vastus fibularis*, *M. rectus femoris*, *M. vastus intermedius* の諸筋の筋枝が推定出来る。閉鎖神経筋群は閉鎖神経が恥骨原基と坐骨原基との間を、大腿の部分へと伸び始める部位の周囲に、前筋組織の密集団として認められ、これらは神経幹の前後に最も密集している。坐骨神経では、脛骨神経と総腓骨神経とが分岐する前後から、神経幹の周囲及び特に両神経の間に前筋組織があり、この中へ筋枝が伸びている。これらは両神経により支配される骨盤及び大腿部の筋群と考えられる。下腿部では総腓骨神経は、浅深腓骨神経に分れ夫々前筋組織に包まれ乍ら伸びるが、足部に達せずに終る。同様脛骨神経も前筋組織によつて囲まれているが、その末端は脛側及び腓側足底神経となり足底辺縁に達して終っている。

(5) 下肢原基へ分布する動脈は、6 mm, 9 mm, 9.5 mm 何れも $S_3 \sim S_4$ の神経節の高さで、背側大動

脈から分岐する背側臍動脈が後主静脈尾端で二分する静脈枝の間を通り、体腔尾端部を内側から外側へと廻り乍ら通過する際、これから分岐する。その末梢の一つは軸動脈であり、他の大動脈に近い枝は外腸骨動脈である。6 mm 例では背側臍動脈から軸動脈だけが分岐し、足部へ達せずに3~4条に分岐し終り、外腸骨動脈の原基は未だ現われてない。9 mm 及び9.5 mm 例では背側臍動脈から外腸骨動脈も分岐しており、下肢原基基部の腹側へ分布し、下腹動脈がらは軸動脈が分岐し下肢原基末梢へ分布する。軸動脈は3例ともに、下肢原基へ分布する主要血管で、臍動脈から分れるとすぐ脛骨神経根部を内側から外側へと貫ぬき、その後、脛骨神経の頭側からその外側へと廻り乍らこれに接して走り、下腿部では脛骨及び腓骨原基との間で脛骨神経に接して走り、足部では足底及び足背血管網となり終る。この軸動脈は9.5 mm 例では9 mm に比し発達し、特に足根部の血管及び足底、足背血管網はより一層豊富である。外腸骨動脈は下肢原基基部の頭側へ向つて走り、これから出る大腿動脈の原基は大腿神経の内側部を併行して走る。この外腸骨動脈は9 mm で細く稍彎曲するが、9.5 mm 例では太くその走行は直線的である。この大腿動脈は後に膝の僅か上で軸動脈と合し、軸動脈の代りに下肢血管の主幹となる。Senior の12 mm 例でこの大腿動脈の原基を認め、14 mm 例で両者は合している。

(6) 静脈は著者の6 mm, 9 mm, 9.5 mm 例とも下肢原基の辺縁を走る辺縁静脈(*primitive fibular vein*)が主幹をなし、その頭側縁の末端は網状に終るが、尾側縁の末端は9 mm, 9.5 mm 例では広い腔をなす坐骨静脈となつて、軸動脈と一緒に脛骨神経根を外側から内側へと貫ぬき、後主静脈へ注ぐ。後主静脈の尾端は頭側枝と尾側枝とに分れ、その間を背側臍動脈が通るのであるが、その尾側枝がこの坐骨静脈となり、9.5 mm 例ではその頭側枝から大腿静脈(*long saphenous vein*)が分岐し、外腸骨動脈に接し下肢原基基部の腹側へ僅に伸びている。

稿を終るに臨み終始御懇篤なる御指導と御校閲を賜りたる恩師横尾安夫教授に満腔の謝意を捧げます。

文 献

- 1) Bardeen, C.R. and Lewis, W.H. : *Am. J. Anat.* **1**, 1 (1901)
- 2) Bardeen, C.R. : *Am. J. Anat.* **4**, 265 (1905)
- 3) Bardeen, C.R. : *Am. J. Anat.* **6**, 259 (1906-1907)
- 4) Lewis, F.T. : *Am. J. Anat.* **5**, 95 (1906)

- 5) Lewis, F.T. : Am. J. Anat. **5**, 113 (1906)
- 6) Noback, C.R. : Anat. Rec. **88**, 91 (1944)
- 7) Rauber, A. : Lehrb. d. Anat. d. Menschen. (1940)
- 8) Ruth, E.B. : Anat. Rec. **53**, 207 (1932)
- 9) Senior, H.D. : Am. J. Anat. **25**, 55 (1919)
- 10) Streeter : Contrib. Embryol. **31**, (1945)
" **32**, (1948)
" **33**, (1949)
- 11) Schunke, G.B. : Anat. Rec. **72**, 313 (1938)
- 12) 横尾安夫 : 日医大誌, **23**, 1 (1956)
- 13) 木村貞三 : 日医大誌, **23**, 333 (1956)
- 14) 都築 茂 : 日医大誌, **24**, 183 (1957)

Résumé

On the development of the lower limb in human embryo.

Kōzō Tone

Department of Anatomy, Nippon Medical School

The development of the human lower limb is observed in 3 human (6.9 and 9.5 mm long) embryos.

The lower limb bud projects succeeding upper limb in Streeter's horizon XIII stage. In the next horizon XIV there is no differentiation among the mesenchym of the limb. First in the horizon XV, to the younger half of which stage belongs our 6 mm long embryo, the axial part at the end of the lumbosacral nerve plexus differentiates in the same manner as in the upper limb. This differentiation may be called pre-cartilagenous (Fig. 1, 2, 3, Pl. 1) In this stage the sacral part is projecting into the limb mesenchym, while the lumbar part not yet.

In the next horizon XVI stage, to which belongs our 9 mm long embryo, there is pre-cartilagenous femur and leg, while pelvis and peripheral part are yet mesenchymal. The outlines of the pre-cartilagenous scelet are not definite. From the lumbosacral plexus of this embryo project n. femoralis, obturatorius, tibialis and fibularis communis very thick in the lower limb, especially long is the n. tibialis among them, which reaches the foot region and divides into plantaris medialis and lateralis. N. fibularis communis divides also into superficialis and profundus, among which the former is very short. Besides these 4 principal nerves there arise cutaneous branches as iliohypogastric, ilioinguinal, genitofemoral, fibular cutaneous femoris, which are very short, but from their relations to the nerve plexus on the one side and to the body regions on the other, they can be defined.

As for the arterial branches a. axis and ilica externa are observed in this embryo, while in the

earlier stage ilica externa not yet

In the next to the horizon XVII belonging embryo there appear definite cartilagenous scelet, d.i. ilium, pubis, ischii, femur, tibia and fibula, 3 former among them are rather pre-cartilagenous. Besides these are the dense mesenchymal tarsal part and about 5 finger rays observed. In the upper limb there are 5 pre-cartilagenous carpal centers in this embryo, while in the tarsal part of the lower limb no such center.

For the lumbosacral plexus the anterior rami of 8 spinal nerves from L₁ to S₃ are contributed, from this plexus outgoing nerves which are nominated in the former stage are definite. The thick femoral, obturator, tibial and common fibular nerves go through the pre-muscle tissue, which are histologically from the axial skeleton on the one side and subcutaneous tissue on the other discernible. Such pre-muscle tissue is as a muscle group, not as individual muscles, to be observed. For example n. femoralis go through extensor pre-muscle tissue and its prolongation reaches the surface near foot region, which may be destined as n. saphenus.

As in 9 mm long, so in this 9.5 mm long embryo are axial and external iliac arteries visible, which are more thick and straight, and moreover in this stage the capillary nets in the foot region is well developed.

The veins of these 3 embryos are almost the same. The so-called Randvene or primitive fibular vein is always in the same manner visible, which cranial end makes a net, while caudal extremity continues to the posterior cardinal vein. Cranial to this continuation comes out in 9.5 mm long embryo the femoral vein, which does not go out in the younger specimens, although in 9 mm long one its sprout can be observed.

附 図 説 明

略 号

A.ax.	.....	A.axis
A.f.	.....	A. femoralis
A.h.	.....	A.hypogastrica
A.i.c.	.....	A.ilica communis
A.i.ex.	.....	A.ilica externa
Ao.d.	.....	Aorta dorsalis
A.p.i.	.....	A.pudendalis interna
A.u.	.....	A.umbilicalis
Bp.	.....	Basal Part
C.	.....	Coelom
ca.	.....	V.c.p. caudal 枝
cr.	.....	V.c.p. cranial 枝
Dp.	.....	Distal part
F.	.....	Femur

利根論文附圖 I

Fig. 1 6 mm (r) 216

Fig. 2 6 mm (r) 216

Fig. 3 6 mm (r) 208

Fig. 4 9 mm (r) 326

Fig. 5 9 mm (r) 320

Fig. 6 9 mm (r) 292

利根論文附圖II

Fig. 7 (r) 389

Fig. 8 (r) 383

Fig. 9 (r) 379

Fig. 10 (l) 356

Fig. 11 (r) 347

Fig. 12 (r) 343

9.5 mm 人胎児

Fi. Fibula
 I. Ischii
 M.ad. M.adductor
 M.q.f. M. quadriceps femoris
 M.T. Myogenous Tissue
 N.c.f.f. N.cutaneus femoris fibularis
 N.c.f.d. N.cutaneus femoris dorsalis
 N.co. N.coccygeus
 N.f. N.femoralis
 N.f.c. N.fibularis communis
 N.f.p. N.fibularis profundus
 N.g.c. N.gluteus cranialis
 N.g.ca. N.gluteus caudalis
 N.g.f. N.genitofemoralis
 N.i.h. N.ileohypogastrica
 N.i.i. N.ileoinguinalis
 N.o. N.obturatorius
 N.p. N.pudendalis

N.p.f. N.plantaris fibularis
 N.p.t. N.plantaris tibialis
 N.t. N.tibialis
 P. Pubis
 P.l. Plexus lumbalis
 P.s. Plexus sacralis
 R.c.v. Ramus cutaneus ventralis
 R.m. Rami musculares
 Rv. Randvene
 s. Bp. と Dp. との間の溝
 s₂ 大腿部と下腿部との間の溝
 s₁ 下腿部と足部との間の溝
 T.ls. Truncus lumbosacralis
 Ti. Tibia
 v. V.c.p. の ventral 枝
 V.c.p. V.cardinalis posterior
 V.f. V.femoralis
 V.i. V.ischiadica