日消外会誌　21（9）：2271～2277，1988年

腹腔神経節切離後の腸管吸収機能に関する実験的研究

金沢大学医学部第2外科学教室（主任：宮崎逸夫教授）
高　野　直　樹

AN EXPERIMENTAL STUDY ON INTESTINAL ABSORPTIVE FUNCTION AFTER RESECTION OF CELIAC GANGLION

Naoki TAKANO
Department of Surgery II, School of Medicine, Kanazawa University
(Director : Prof. Itsuo Miyazaki)

神経切除が腸管の吸収能に及ぼす影響を，腹腔神経節を切離したイヌ（切離群）と対照（非切離群）において検討した．バリュウムの腸管内通過時間は腹腔神経の切離後有意に短縮を示したが，5週目には回復した．切離群のD-xylose試験のD-xylose尿中排泄値は，5週目以降も非切離群より有意に低値を示した．腸管運動の影響を除外したThiry-Vella loopの吸収試験の成績は，切離群では非切離群より有意に低値を示した．また，術後4週の切離群の小腸絨毛のNa^+-K^+-ATPase活性は，非切離群よりも有意に低値を示したことから，腹腔神経節切離後には，腸管運動亢進以外に，吸収上皮の機能障害による腸管の吸収能の低下が出現することが確認された．

索引用語：腹腔神経節切離，Thiry-Vella loop，腸管吸収機能，Na^+-K^+-ATPase活性

緒　言

近年，上腹部消化器癌に対し，その根治性を高めるため，Appleby[1]手術や拡大郭清膵頭十二指腸切除術[2]が実施されている．その術後には消化吸収障害が出現し，5年以上の長期経過例にも消化吸収障害による栄養障害がみられる[3]．とくに拡大郭清膵頭十二指腸切除術後の消化吸収障害は重篤であり，その栄養管理上，原因の解明は重要な課題である．

拡大郭清膵頭十二指腸切除術では広範囲なリンパ節の郭清とともに腹腔神経叢の切除が行われる．術後早期にみられる下痢と吸収障害の原因としては，リンパの鬱滞が関与していると考えられている[4)5)]．しかし，リンパ流は術後6週には再開通することが実験的に明らかにされており[6]，術後1年以上経過した症例の吸収障害[7]の原因はいまだ明らかではない．

一方，消化管の運動と消化液の分泌の機能はホルモンなどの体液性因子以外に，自律神経系による調節を受けている．腸管に分布する自律神経系は腸管全層に密に分布し，腸管機能調節の重要な因子である．しかし，吸収機能に対する自律神経系の役割もいまだ解明されていない．

そこで，自律神経切除が腸管の吸収能に及ぼす影響を解明するために，腹腔神経節切離後の腸管の吸収能の変化を，吸収試験の成績，腸管粘膜の形態と粘膜酵素の活性の面から検討した．

対象および方法

1．実験動物

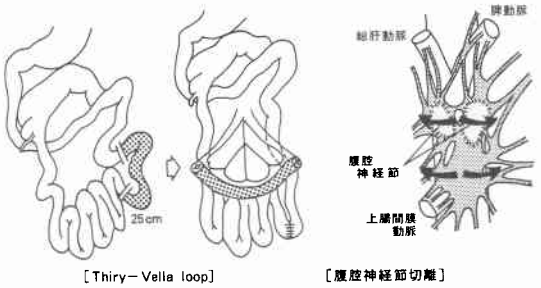
体重12kg前後の雑種成犬を，pentobarbital-Na麻酔下に開腹し，小腸の口側1/3を中心とする25cmの有茎腸管を作り，残りの腸管は端々に吻合して，食物の通過を可能とした．有茎腸管は両端を左右の腹壁に直接開口させて，Thiry-Vella loop（以下T-V loop）とした．これを，腹腔神経節を切離した群（以下切離群，n＝5）と，切離しない群（以下非切離群，n＝5）の2群に分けた．腹腔神経節切離は，リンパ管を温存して，左右の腹腔神経節を完全に切離し，さらに腹腔動脈と腸間膜動脈の間の神経叢を上下に離断して行った（図1）．

両群とも，術後24時間は絶食として，ブドウ糖を主とした輸液を行い，その後は，固形飼料にて飼育した．

2．検討事項および方法

＜1988年5月11日受理＞別刷請求先：高野　直樹
〒920　金沢市宝町13－1　金沢大学医学部第2外科

図1　Thiry-Vella loopの作成と腹腔神経節切離の方法



術後経時的に8週まで以下の項目を検討した．

1）腸管内通過時間

24時間絶食後，オリーブ油100ml，硫酸バリウム100%，含有液100mlと牛乳100mlをミキサーにて混和し，全量を経口摂取させた．テレビレントゲン装置を利用して，小腸内の硫酸バリウムがすべて大腸に移行するまでの時間を透視下に測定し，腸管内通過時間とした．

2）経口消化吸収試験

(a) Pancreatic function diagnostant試験（以下PFD試験）

24時間絶食後，排尿後に，PFD内服液（Eizai）1アンプル（N-benzoyl-L-Tyiosyl-p-aminobenzoic acid（以下BT-PABA）を0.5g，（p-aminobenzoic acid（以下PABA）として169.5mg含有）を，牛乳200mlと共に経口摂取させた．6時間の全尿を採取し，PABA analyzer systemを用いて尿中のPABA濃度を測定し，PABA尿中回収率を得た．

(b) 5g D-xylose試験

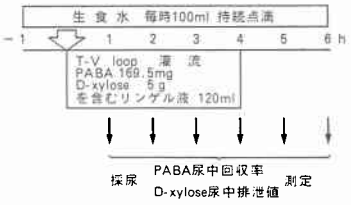
24時間絶食後，排尿後に，D-xylose 5gを牛乳100mlと共に経口摂取させた．6時間の全尿を採取し，bromoaniline法にて尿中のD-xylose濃度を測定し，D-xylose尿中排泄値を得た．

3）Triry-Vella loopの吸収試験

24時間絶食後，pentazocin-diazepam麻酔下に以下の実験を行った．

T-V loopの両端に14Frバルーンカテーテルを挿入し，生食100mlで洗浄した．洗浄の1時間後から，T-V loopの口側開口部からPABA 169.5mg，D-xylose 5gを含むRinger液120mlを，毎時30mlの速度で注入し，排液はT-V loopの肛門側から自然排出させた．注入開始から6時間は，膀胱内に留置したカテーテルで採尿し，経口消化吸収試験と同様の方法でPABA尿中回収率とD-xylose尿中排泄値を測定した．尿量を維持するため，注入開始の1時間前から吸収試験終了までは生食を毎時100mlの速度で静脈内に投与した（図2）．

図2　Thiry-Vella loopの吸収試験の実施法



T-V loopの吸収試験の結果は，T-V loopの長さ25cm当りの値にて検討した．

4）小腸生検

Thiry-Vella loopの吸収試験を行った後，pentobarbital-Na麻酔下に開腹して，小腸の端々吻合部の口側腸管と，T-V loop腸管を採取した．

(a) 組織学的検討

採取した腸管のHematoxylin-Eosin染色標本にて腸管粘膜の組織学的検討を行った．

(b) 絨毛高，絨毛幅，絨毛密度の測定

採取した腸管を，10%ホルマリンで固定した後，竹本らの方法により[9]，Evance blueで染色し，実体顕微鏡下に，ミクロメーターを使用して，絨毛高，絨毛幅，絨毛密度の測定を行った．

(c) Na^+-K^+-ATPase活性の測定

小腸粘膜をスライドグラスにて軽く掻把し，得られた粘膜を−80℃にて保存した．氷冷下に標本をホモジェナイズした後，Quigleyら[10]の方法に従い，700×gと10,000×gの遠沈を行い，細胞膜の豊富な分画を得た．この分画のNa^+-K^+-ATPase活性をCharneyら[11]の方法によって測定した．無機燐の測定はFiske-Subbarow法[12]により，また，蛋白量の測定はLowry法[13]によって行った．

結　果

1．腸管内通過時間

非切離群の腸管内通過時間は，術後第1週では，6時間45±40分（M±SD以下略）でそれ以降も，7時間前後と変動を示さなかった．切離群では，術後第1週には3時間45±26分と，非切離群に比べて有意に短縮していた．術後第2週，3週においても，非切離群に比して有意に短縮していたが，次第に延長して，5週目以降は7時間前後となり，非切除群との間に差を認

めなくなった（図3）.

2. 経口消化吸収試験

1）PFD試験

非切離群のPFD試験の結果は，術後第1週には51.0±9.0%とやや低値を示した．以後，徐々に増加して，3週目では67.1±7.1%を示したが，以後は8週目まで増減を認めなかった．切離群では術後第1週，第2週にはそれぞれ22.4%±10.5%，19.7±9.3%と非切離群に比して有意な低値を示した．術後第3週には43.2±16.8%を示したが，以後の増加は認められず，術後第4週以降の値は非切離群に比べて有意に低かった（図4）.

2）5g D-xylose試験

非切離群の5g D-xylose試験の結果は，術後第1週では1.57±0.03gと低下を示さず，術後第8週まで増減は認められなかった．切離群では，術後第1週には0.52±0.08gと，非切離群より著明な低値を示した．以後，6週目には1.0±0.37gに増加したが，非切離群より低く，その差は統計学的に有意であった．また，術後第7週以降も，非切離群に比べて低値を示す傾向が認められた（図5）.

3. Thiry-Vella loopの吸収試験

1）PABA尿中回収率

非切離群のPABA尿中回収率は，術後第2週では，21.7±3.4%であった．以後，増加して，術後第4週，6週にはそれぞれ36.9±15.8%，41.5±10.6%を示した後，術後第8週にはやや減少した．切離群の術後第2週の値は22.9±5.6%と，非切離群との間に差を認めなかった．切離群では，非切離群の術後第4週以降にみられた増加は認められず，術後第8週まで非切離群に比べて有意な低値を示した（図6）.

2）D-xylose尿中排泄値

非切離群のD-xylose尿中排泄値は，術後第2週で

図3　腸管内通過時間
（○：非切離群（n=5），●：切離群（n=5），Mean±SD，*：p<0.05）

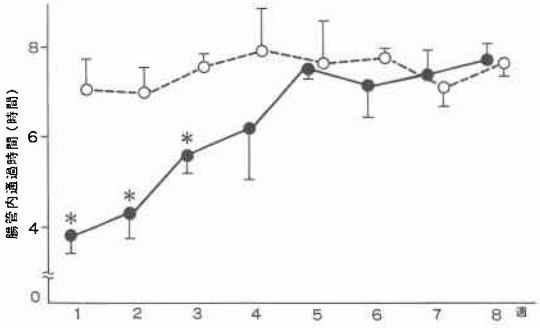


図4　PFD試験におけるPABA尿中回収率
（▒：切離群（n=5），□：非切離群（n=5），Mean±SD，*p<0.05）

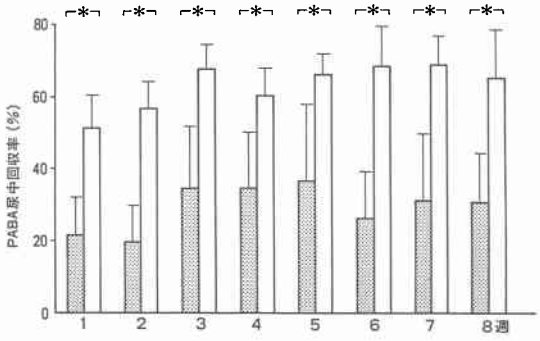


図5　5g D-xylose試験におけるD-xylose尿中排泄値
（▒：切離群（n=5），□：非切離群（n=5），Mean±SD，*p<0.05）

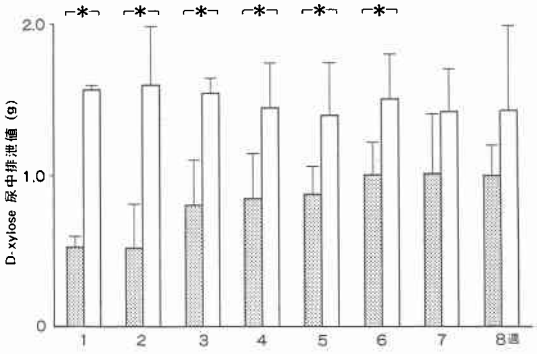
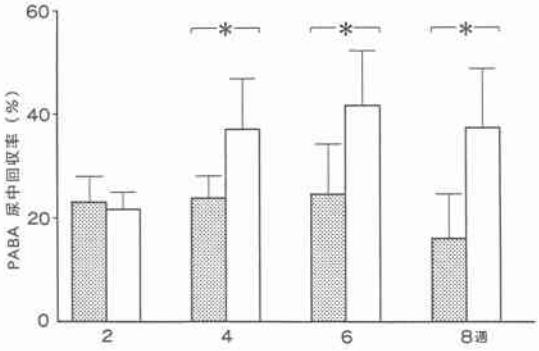


図6　Thiry-Vella loopの吸収試験，PABA尿中回収率
（▒：切離群（n=5），□：非切離群（n=5），Mean±SD，*p<0.05）



は，0.68±0.2gであった．以後増加を示し，6週には0.94±0.4%となった後，術後第8週ではやや減少した．切離群では，術後第2週から0.37±0.1gと非切離群より有意に低く，以後術後第8週まで増減を認めず常に非切離群に比べて有意な低値を示した（図7）．

図7　Thiry-Vella loopの吸収試験，D-xylose尿中排泄値
（▨：切離群（n=5），□：非切離群（n=5），Mean±SD，**：p<0.01）

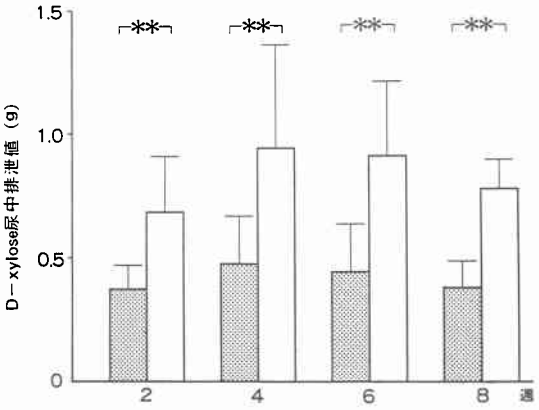
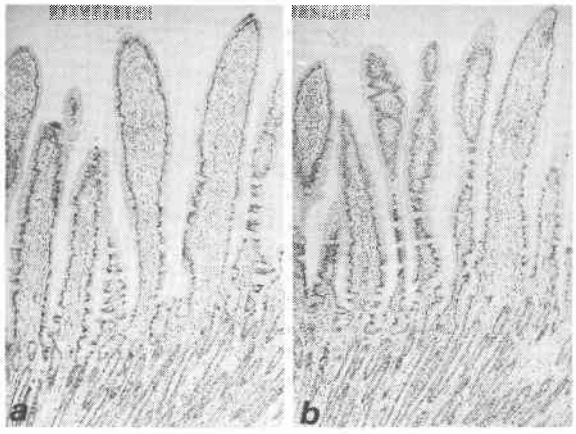


図8　術後4週目のThiry-Vella loopの粘膜の組織像（a：切離群，b：非切離群，HE染色）



4．組織学的検討

両群の吻合部口側の腸管粘膜には，経時的な変化は認められず，また，中心乳糜管の拡張，粘膜下浮腫，粘膜下リンパ管の拡張は認めなかった．T-V loopでも，中心乳糜管の拡張，粘膜下浮腫，粘膜下リンパ管の拡張などの，リンパ流の鬱滞を示す所見は認められなかった（図8）．

5．絨毛高，絨毛幅，絨毛密度

両群の吻合部口側の腸管粘膜の絨毛高，絨毛幅，絨毛密度には経時的な変化は認められなかった．T-V loopでは，両群とも術後経過に伴い，絨毛高は増加し，絨毛幅は減少し，絨毛密度は増加したが，両群間に統計学的な差は認められなかった（**表1**）．

5．Na^+-K^+-ATPase活性

（1）吻合部口側粘膜のNa^+-K^+-ATPase活性

非切離群の吻合部口側の粘膜のNa^+-K^+-ATPase活性は術後第2週の50.30±7.63（μmol Pi/mg prot/h，以下略）から，術後第4週には62.90±10.08となり，以後，術後第8週まで増減は示さなかった．切離群では，術後第2週には10.40±3.95と，非切離群より有意な低値を示した．術後第6週には32.40±8.50にまで増加したが，非切離群より有意に低く，また，術後第8週の値も非切離群に比べ有意な低値であった（図9）．

（2）T-V loopの粘膜のNa^+-K^+-ATPase活性

非切離群のT-V loopの粘膜のNa^+-K^+-ATPase活性は，術後第2週では44.20±19.2であった．術後第4週，6週にはそれぞれ52.30±9.52，52.80±7.03を示した．術後第8週には再び減少して，37.60±14.20を示した．切離群では，術後第2週，4週にはそれぞれ11.20±4.73，12.00±10.56と，非切離群に比べて有意な低値を示した．術後第6週にはやや増加して，20.60±7.69を示したが，術後第8週には再び減少し，

表1　絨毛高，絨毛幅と絨毛密度

	術後週	絨毛高（mm） 非切離群	絨毛高（mm） 切離群	絨毛幅（mm） 非切離群	絨毛幅（mm） 切離群	絨毛密度（本／20mm²） 非切離群	絨毛密度（本／20mm²） 切離群
吻合部口側	第2週	1.29±0.05	1.30±0.08	0.24±0.02	0.26±0.02	423.0± 70.3	430.0± 61.1
	4	1.26±0.14	1.28±0.07	0.25±0.03	0.24±0.04	450.0± 30.2	460.0± 51.1
	6	1.38±0.15	1.47±0.14	0.26±0.02	0.25±0.01	431.0± 47.5	446.5± 31.5
	8	1.28±0.04	1.31±0.11	0.24±0.02	0.26±0.01	448.0± 61.5	463.5± 68.5
Thiry-Vella loop	第2週	1.31±0.11	1.25±0.13	0.20±0.02	0.19±0.01	523±102.3	491 ±132.5
	4	1.36±0.08	1.36±0.11	0.19±0.01	0.19±0.02	537±162.1	542 ±140.3
	6	1.38±0.15	1.47±0.09	0.18±0.02	0.18±0.01	561±201.5	580 ±191.1
	8	1.52±0.14	1.64±0.08	0.17±0.03	0.16±0.01	587±265	631.3±203

図9　吻合部口側の小腸粘膜の Na^+-K^+-ATPase 活性
（▒：切離群（n=5），□：非切離群（n=5），Mean±SD，**：p<0.01）

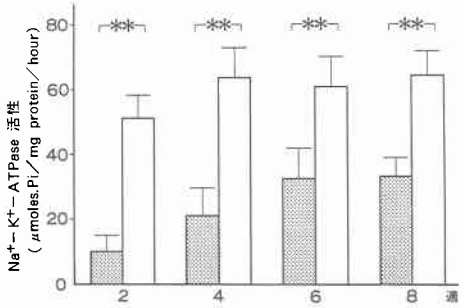
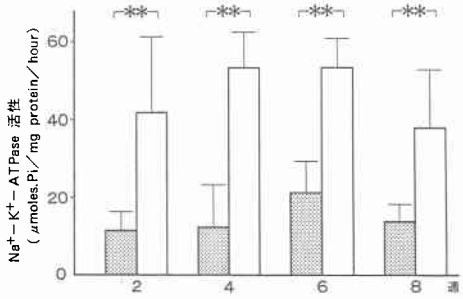


図10　Thiry-Vella loop の粘膜の Na^+-K^+-ATPase 活性
（▒：切離群（n=5），□：非切離群（n=5），Mean±SD，**：p<0.01）



術後第6週，8週の値も，非切離群に比べて有意に低かった（図10）．

考　察

腸管の吸収能に及ぼす影響に関する報告として，宮崎[5]や磯部ら[6]の，上腸間膜動脈根部周囲を郭清した実験的検討がある．これは吸収機能に対するリンパの鬱滞の影響を検討したもので，腸管に分布する自律神経系は腸管全層に密に分布し，腸管機能調節の重要な一因であるにもかかわらず，その吸収能に対する影響はいまだ明らかにされていない．

イヌの腹部自律神経系は腹腔動脈と上腸間膜動脈に接して存在する腹腔腸間膜動脈神経叢とそれに連なる背側迷走神経と大内臓神経とから構成される．その内部には一対の腹腔神経節と一個の上腸間膜動脈神経節を含み，腹腔動脈と上腸間膜動脈が分布する諸臓器の自律神経支配の中心となっている[14]．

上腸管膜動脈神経節切離では腸リンパ管の損傷が不可避となるため，今回の検討では左右一対の腹腔神経節を切離した．さらに腹腔腸間膜動脈神経叢を，腹腔動脈と上腸間膜動脈の間にて上下に離断して，大内臓神経と背側迷走神経から腸管に達する主要交通路を遮断した．

非切離群の腸管内通過時間は7時間前後と変動が少ないのに対し，切離群では術後第1週には3時間45分前後と，明らかな短縮が認められた．宮崎[5]は腸リンパ遮断の実験結果より，リンパの鬱滞によって水様性下痢が発生したと報告しているが，今回の実験ではリンパ管損傷を避けており，しかも組織学的検討でも腸粘膜固有層の中心乳糜管の拡張などの腸リンパの鬱滞を示す所見は認められなかった．したがって，切離群における腸管内通過時間の短縮は，腹腔神経節切離によって生じた腸管運動亢進の結果であると考えられる．その後，切離群の腸管内通過時間の短縮は改善を示し，術後第5週以降では非切離群との間に差を認めなかった．腸管運動亢進は術後正常の状態にまで回復したと考えられるが，この結果は福原ら[15]の推察と一致する．

一方，PFD 試験[16]は膵 chymotrypsin によって特異的に分解される BT-PABA を，経口的に投与する検査法である．分解されて生じた PABA は腸管から吸収され，尿中に排泄されるため，尿中の PABA の回収率から膵外分泌能と同時に吸収機能を評価することが可能である．また，D-xylose 試験[17]は消化を必要とせずに腸管から吸収される D-xolose を投与し，尿中の D-xolose 尿中排泄値から腸管の吸収機能を評価する検査法である．

腹腔神経節切離後における，これらの経口消化吸収試験の成績の推移と，腸管運動の経時的な変化を比較検討すると，切離群の PFD 試験における PABA 尿中回収率は，腸管運動が最も亢進している時期に著明な低値を示し，その後も非切離群により明らかな低値を示した．木南ら[18]は腹腔神経節切離後の膵外分泌能は術後30日目には回復したと報告し，渡辺[19]は PFD 試験の結果は腸管の PABA 吸収能に大きく影響されたと報告している．これらの結果を考慮すると，腸管運動亢進が既に正常化している術後第6週以降に PFD 試験の PABA 尿中回収率が低値を示した原因としては，腸管の PABA 吸収障害が考えられる．

さらに，術後第1週から6週に切離群の D-xylose 尿中排泄値は増加を示した．これは腸管の吸収機能が改善したことを示している．その機序としては，腸管運動亢進の鎮静化に伴い，D-xylose と腸管粘膜の接触

時間が長くなり，D-xylose 吸収量が増加したものと推測される．しかし，腸管運動の亢進がすでに正常化している切離群の術後第6週以降においても，D-xylose 尿中排泄値は，非切離群に比べて低値を示した．この差が腸管の D-xylose 吸収能に及ぼす腹腔神経切離の直接的な影響を示しているものと考えられる．

そこで，腹腔神経節切離による腸管の吸収能の変化を直接検討するために，T-V loop の吸収試験を行った．この吸収試験では PABA, D-xylose 溶液の総灌流量，灌流速度，灌流時間は常に一定である．灌流中は，T-V loop の粘膜面に常に一定濃度の PABA, D-xylose 溶液が接触することになる．したがって本法では腸管運動異常の影響を除外した腸管の吸収能の検討が可能である．

T-V loop の吸収試験における PABA 尿中回収率は，非切離群では術後第2週には手術侵襲によると推察される低値を示した後，術後第4週，6週には回復した．これに対し，切離群では術後第2週から8週まで非切離群により明らかな低値を示した．この術後第4週から8週にかけての両群間の差は，腸管運動亢進以外の要因による吸収障害の結果と考えられる．さらに，D-xylose 尿中排泄値では，両群間の差が術後第2週から8週まで一定であることから，腹腔神経節切離による腸管の D-xylose 吸収障害は第2週には既に発生しており，しかも，その後も術後第8週まで改善されずに続くものと考えられる．

一方，小腸の吸収面積は刷子縁までを考慮にいれた場合，ヒトでは200m²に達するとされている[20]．その増減は腸管の吸収能に大きな影響を持つ．絨毛の形態を，高さ，幅，密度の面より検討し，腹腔神経節切離が腸管の吸収面積に及ぼす影響を検討すると，食物，消化液が通過する腸管では両群間に差は認められなかった．T-V loop においては，両群とも，術後経過とともに絨毛高の増大，幅の減少，密度の増加を認めたが，両群間に差は認められなかったことから，腹腔神経節切離は吸収面積に影響をおよぼさないと考えられる．

ところで，吸収上皮細胞における吸収の過程は，物質が細胞内にはいる段階，細胞内を移動する段階，細胞外へ出る段階，脈管内へ入る段階の四段階に分けることができる．物質が細胞内に入る機構の一つに能動輸送機構がある．この経路では，物質が腸管内腔から吸収上細胞内へ担体を介して輸送される際に，Na が共輸送される．吸収上皮細胞の側基底膜に存在する Na^+-K^+-ATPase は，adenocin triphosphate（ATP）を分解して得られるエネルギーを利用して細胞内に入った Na^+ を細胞外に出す事により，能動輸送に必要な Na＋濃度勾配を保っている[21]．

粘膜の Na^+-K^+-ATPase 活性は，非切離群の吻合部口側では，術後第2週以後には50から60/mg μmol Pi/mg prot/h の値を示した．切離群では非切離群より明らかに低い値を示した．また，T-V loop の Na^+-K^+-ATPase 活性も，切離群では非切離群に比べて明らかな低下を示したことから，腹腔神経節切離後の腸粘膜の Na^+-K^+-ATPase 活性は低下し，手術侵襲からやや回復しても完全には回復しないと考えられる．すなわち，腹腔神経節切離後には，吸収上皮細胞における物質輸送機構の障害が存在すると考えられる．

結　語

神経切除が腸管の吸収能に及ぼす影響を，腹腔神経節を切離したイヌ（切離群）と対照群（非切離群）における，腸管運動機能，経口消化吸収試験の成績，肱置した空腸 loop（Thiry-Vella loop）の D-xylose, PABA 吸収試験の成績，小腸絨毛の形態，ならびに，Na^+-K-ATPase 活性の面から検討し，次の結果を得た．

1. 切離群のバリウムの腸管内通過時間よりみた腸管運動機能は非切離群に比べて著明な亢進を示したが，術後第5週以降には回復した．

2. 切離群の PFD 試験における PABA 尿中回収率は著明な低下を示した．術後第3週にはやや回復したが，術後第8週まで非切離群より明らかな低値を示したまま経過した．

3. 切離群の5g D-xylose 試験における D-xolose 尿中排泄値は，術後著明な低下を示した．以後増加したが，術後第5週以降においても，非切離群に比べて有意に低かった．

4. 両群の Tiry-Vella loop の吸収試験における PABA 尿中回収率は術後第2週には差を認めなかった．術後第4週以降では，非切離群の PABA 尿中回収率が増加したのに対し，切離群では増加せず，術後第8週まで非切離群より有意に低かった．

5. 切離群の Tiry-Vella loop の吸収試験における D-xylose 尿中排泄値は術後第2週から8週まで常に非切離群に比べて明らかな低値を示し，その差は一定であった．

6. 両群にリンパの鬱滞を示唆する組織学的所見を認めず，両群間の絨毛高，幅，密度には有意の差を認めなかった．

7. 切離群の小腸粘膜の Na^+-K^+-ATPase 活性は，吻合部口側，Tiry-Vella loop の両方において，非切離群に比べて有意な低値を示した．

以上より，自律神経切除後には腸管の吸収能が低下することが明らかである．さらに，腸管の吸収能低下の原因として，吸収上皮の物質輸送機構の障害が関与していることが示唆された．

本論文の要旨は第86回日本外科学会総会において発表した．

稿を終わるに臨み，終始御指導，御校閲を賜った恩師宮崎逸夫教授に深甚なる謝意を表すとともに，研究の遂行に際し種々の御教示と御協力をいただいた竹下八洲男，八木雅夫両博士ならびに教室の諸兄に深く感謝致します．

文　献

1) Appleby LH: The coeliac axis in the expansion on theoperation for gastric carcinoma. Cancer 6：704—707, 1953
2) 石崎達夫，永川宅和：頭部領域癌の根治手術．手術 34：649—657, 1980
3) 竹下八洲男，磯部次正，宮崎逸夫ほか：消化器癌術後におきた消化吸収障害症の検討．消化と吸収 3：47—52, 1980
4) 八木雅夫：頭十二指腸切除後の消管再建法と消化吸収機能に関する実験研究．日消外会誌 16：1699—1708, 1983
5) 宮崎仁見：上腸間膜動脈根部における腸リンパ遮断の病態，特に消化吸収能についての実験的研究．日消外会誌 16：582—592, 1983
6) 磯部次正，竹下八洲男，宮崎逸夫ほか：上腸間膜動脈根部郭清の腸管吸収に与える影響．消化と吸収 4：95—97, 1981
7) 高野直樹，竹下八洲男，宮崎逸夫ほか：膵頭十二指腸切除術後の消化吸収能と膵内分泌能よりみた栄養管理．消化と吸収 7：141—144, 1984
8) 斉藤正行，中村由美子，丸山優子ほか：膵機能検査用 PABA analyzer system の評価，検討．Biomed J 4：464—475, 1980
9) 鈴木　茂，田中三千雄：色素内視鏡と実体顕微鏡検査法．医学図書出版，東京，1979, p65—83
10) Quigley JP, Gotterer GS: Distribution of Na^+-K^+-stimulated ATPase activity in rat intestinal mucosa. Biochim Biophys Acta 173：456—468, 1969
11) Carney AN, Kinsey MD, Myers L et al: Na^+-K^+-activated adenocine triphosphatase transport. J Clin Inv 56：653—660, 1975
12) Fiske CH, Subbarow Y: The colorimetric determination of phosphorus. J Biol Chem 66：375—400, 1925
13) Lowry OH, Rosenbrough NJ, Farr AI et al: Protein mesurment with the folinphenol reagent. J Biol Chem 193：265—275, 1951
14) Stromberg MW: The autonomic nervous system. Edited by Evans HE, Christensen GC. Anatomyof the dog. Second edition. Saunders, Philadelphia, 1979, p1030—1058
15) 福原　武：自律神経による調節，消化管運動のメカニズン．文光堂，東京，1973, p89—91
16) 衣笠勝彦：N-benzoyl-L-tyrosyl-p-aminobenzoic acid を用いた新しい膵外分泌能検査．第Ⅰ編．基礎的検討および診断的意義について．日消病会誌 74：1323—1335, 1977
17) 衣笠勝彦，加嶋　敏，細田四郎：D-xylose 吸収試験の検討．第Ⅰ編．D-xylose 吸収試験における負荷量の問題．日消病会誌 73：525—529, 1976
18) 佐久間寛：膵経叢切断の膵外分泌機能に及ぼす影響に関する実験的検討．十全医会誌 95：963—974, 1986
19) 渡辺公男：PFD 試験を中心とした術後消化吸収機能の臨床的検査．日臨外医会誌 42：737—752, 1980
20) 武藤泰敏ほか：新生理学．下巻．医学書院，東京，1982, p532—534
21) 武藤泰敏：消化と吸収．消化管機能と適応．第1出版．東京，1981, p190—211