

飼料成分の違いによる空腸絨毛の形態学的変化

星野佑治¹・玉置和之²・稲山一成²・上野光敏³・
永易 彩¹・保坂善真¹・植田弘美¹・竹花一成¹

¹ 酪農学園大学獣医学部, 江別市 069-8501

² 協同飼料株式会社研究所, 神栖市 314-0103

³ 酪農学園大学酪農学部家畜センター, 江別市 069-8501

(2008. 9. 22 受付, 2009. 1. 30 受理)

要 約 飼料成分の違いによる仔豚空腸絨毛の変化を, 形態学的手法を用いて評価した. 同腹7頭の仔豚のうち, 離乳直後1頭を無処理群とし, 3頭を乳製品原料主体飼料給餌群(乳製品飼料群), 3頭を植物原料主体飼料給餌群(植物飼料群)に区分し用いた. 離乳する6日前から餌付けを行い, 離乳後, 乳製品飼料群には乳製品を主体とした飼料を, 植物飼料群には植物原料を主体とした飼料をそれぞれ給餌し, 飲水は自由とした. 体重増加割合は離乳3日後および14日後で, 乳製品飼料群よりも植物飼料群の方が高かった. 絨毛長は離乳3日後, 吸収上皮細胞の大きさは離乳14日後, 微絨毛長は離乳3日後および14日後に, いずれも乳製品飼料群に比べ植物飼料群で有意に増大していた. また, 離乳3日後において乳製品飼料群に比べ植物飼料群では吸収上皮細胞の剥離はほとんど観察されなかった. その要因としては, 乳製品飼料群よりも植物飼料群に与えた飼料の方が消化され易い成分構成であったことが考えられ, それ故に絨毛や吸収上皮細胞の成長が促進されたものと思われる. 以上の結果より, 離乳後に植物主体の飼料を与えることによって仔豚の空腸絨毛の成長が促進され, 吸収面積が増大して栄養素の吸収効率が向上したことが示唆された.

日本畜産学会報 80 (2), 171-177, 2009

仔豚の空腸絨毛は離乳前後における飼料の変化により40~60%短くなる(Ceraら1988; Pluskeら1996a, b). 離乳前まで摂取している豚乳は脂質, 炭水化物, タンパク質に富んでいる. 特に脂質は全固形分のうち20~30%を占め, 豚乳中の主なエネルギー源となっている. 仔豚のリパーゼ活性は出生時から高く, 脂質の酸化に必要な胆汁の分泌も盛んであるので, 脂質を効率的に分解し吸収することができる. また豚乳中の炭水化物はラクトースが主体で, 仔豚では生後3週齢までのラクターゼ活性が高いため, 炭水化物の分解吸収にも優れている(農山漁村文化協会1983; 農業・生物系特定産業技術研究機構2005). 豚乳中のタンパク質はカゼインが主体であり, 生後3週齢までは飲作用により小腸の吸収上皮細胞へ能動的に取り込まれたタンパク質は, そのままの形でリンパ管や毛細血管へと放出される. 一方, ラクターゼ以外の炭水化物分解酵素およびタンパク質分解酵素の活性は低く, 生後3週齢まではラクトース以外の炭水化物やカゼイン以外のタンパク質の分解吸収は活発ではない. その後, 仔豚の成長につれ膵液と胆汁の分泌が増加し, 固有胃腺から分泌されるペプシン, 膵臓から分泌されるリ

パーゼ, α -アミラーゼ, トリプシン, キモトリプシン, 腸腺から分泌されるラクターゼ, シュークララーゼ, トレハララーゼ, マルターゼなどの酵素活性が上昇すると同時に, 咀嚼力も増し唾液の分泌も増加する(農山漁村文化協会1983). 生後5週齢には良質の穀物や植物性タンパク質に対する分解吸収機能が備わる. 近年の養豚では, 短期間での成長を促すために早期離乳が多用されているが, 腸内環境が整っていない状態で飼料を与えるために免疫反応が高まり, 離乳時に過敏性反応として下痢が起る(Millerら1984a, b; Li1990). また, 下痢の原因として, 胆汁の分泌低下, 膵臓の酵素欠乏, 腸粘膜疾患, 腸内細菌叢の変化, 吸収表面積の減少などもあり, これらを吸収不全症候群と呼んでいる(農山漁村文化協会1983). そのため, 離乳時に与える飼料成分が, その後の仔豚の成長を大きく左右する.

そこで, 離乳直後の仔豚を用い, 飼料成分の違いで現れる空腸絨毛の形態学的変化を明らかにし, 空腸の吸収能力について考察した.

連絡者: 竹花一成 (tel: 011-388-4744, e-mail: takechan@rakuno.ac.jp)

材料および方法

1. 供試豚

同腹仔豚（ランドレース・大ヨークシャー・デュロックの3元交雑種）7頭を用いた。7頭を無処理群（1頭）、乳製品原料主体飼料給餌群（乳製品飼料群，3頭）と植物原料主体飼料給餌群（植物飼料群，3頭）に区分し、離乳直後（無処理群）、離乳3日後（乳製品および植物飼料群，各1頭）、離乳14日後（乳製品および植物飼料群，各2頭）にキシラジン（バイエルメディカル株式会社，東京）1 mL/kgを筋肉内注射した。鎮静後にペントバルビタール（共立製薬株式会社，東京）3 mL/kgを静脈内注射し、深麻酔後に放血殺を施した。

本実験はすべて酪農学園大学実験動物委員会の許可のもとに行った。

2. 飼育飼料

離乳後、乳製品飼料群1頭あたり計7 kg、植物飼料群1頭あたり計7 kgを給餌した。なお、飲水は自由飲水とした。原料構成は、乳製品原料主体飼料（乳製品飼料）では脱脂粉乳や濃縮ホエータンパクなどの乳製品原料で構成されているのに対し、植物原料主体飼料（植物飼料）では乳製品原料を濃縮大豆タンパクなどに置き換えたものとなっている（表1）。栄養成分量としては、乳製品飼料に比べて植物飼料は粗タンパク含量および可消化養分総量を下げたものである（表2）。

3. 形態学的観察

放血殺後、空腸を5等分し、それぞれの部位より材料を一部採材してブアン液で固定後、常法に従ってパラフィンに包埋した。その試料から6 μm切片を作製し、ヘマトキシリンエオジン染色を施し光学顕微鏡（100倍）で観察、撮影した。撮影された写真で中心リンパ管の認められる絨毛を各例100カ所測定し、絨毛頂点から絨毛基部までを絨毛長として算出した。

また絨毛の吸収上皮細胞の大きさは光学顕微鏡（400倍）で観察、撮影し、各例100個の吸収上皮細胞の基底

膜から細胞自由面までを測定した。

吸収上皮細胞の増殖状態は、抗 Proliferation cell nuclear antigen (PCNA) 抗体による免疫組織化学で検出した。パラフィン標本を脱パラフィンした後、内因性ペルオキシダーゼの除去として3.0%過酸化水素加メタノールに浸漬した。その後、抗原賦活処理としてオートクレーブを用いて10 mmol/Lクエン酸緩衝液に105°C/5分間浸漬した。免疫組織化学染色の際には、一次抗体として1:10に希釈した抗PCNA抗体（MP Biomedical LLC）を、次いでブロッキング試薬およびビオチン標識二次抗体を、さらにペルオキシダーゼ標識ストレプトアビジンは染色キット（ニチレイバイオサイエンス社，東京）を上記標本に作用させた。抗体を反応させた後、ジアミノベンチジン溶液で発色させ、対比染色としてヘマトキシリンを用いた。バルサムで封入後、光学顕微鏡で観察した。なお、一次抗体の希釈、洗浄に用いた0.01 mol/Lリン酸緩衝生理食塩水（pH 7.4）にはウシ血清アルブミン（ナカライテスク株式会社，京都）を0.3%加えた。測定は大場ら（2005）の方法を用い、腸陰窩におけるPCNA陽性細胞および陰性細胞数の合計を全細胞数とし、全細

Table 2 Nutritional compositions of diets provided for pigs in the dairy-based feed group and vegetable-based feed group after weaning

Component	Dairy-based feed	Vegetable-based feed
Crude protein	21.5 ≤	20.0 ≤
Crude fat	4.0 ≤	2.5 ≤
Crude fiber	2.0 >	2.0 >
Crude ash	8.5 >	8.5 >
Ca	0.70 ≤	0.70 ≤
P	0.60 ≤	0.60 ≤
Total amount of digestible nutrient	87.0 ≤	84.0 ≤

Table 1 Compositions of diets provided for pigs in the dairy-based feed group and vegetable-based feed group after weaning

	Dairy-based feed		Vegetable-based feed	
Grain	flour, bread crumbs, heat-treated corn	33%	flour, bread crumbs, heat-treated corn	37%
Animal-based feed	fat-free milk, dried whey, condensed whey protein, fish flour	48%	dried whey, fish flour, fat-free milk, condensed whey protein	27%
Oil-seed cake and feed	defulled soybeans cake and meal, enzymatic-decomposition product of wheat gluten	5%	condensed soy protein, defulled soybeans cake and meal, enzymatic-decomposition product of wheat gluten	9%
Bran	bran	1%	—	0%
Other	animal oil and fat, beer yeast, glucose, sugar, etc.	13%	animal oil and fat, beer yeast, glucose, sugar, etc.	27%

胞数に占める陽性細胞数の割合を算出した。

吸収上皮細胞の超微形態学的変化は、放血殺後直ちに前述の空腸5カ所より得られた材料のうち2カ所（後十二指腸曲から250cmおよび750cmの部位）を3.0%グルタルアルデヒドで固定し、常法に従って脱水し、蒸着後、走査型電子顕微鏡（JSM-5200；日本電子、昭島）を用いて吸収上皮細胞の形態変化を観察した。同様の空腸2カ所より得られた材料を3.0%グルタルアルデヒドで前固定し、1.0%四酸化オスmium酸で後固定した後、常法に従って脱水し、樹脂に包埋、超薄切した。その後、酢酸ウランとクエン酸鉛の電子染色を施し、透過型電子顕微鏡（JEM-1220；日本電子、昭島）を用いて吸収上皮細胞微絨毛の長さを各40カ所測定した。

4. 統計処理

それぞれの計測値を乳製品飼料群と植物飼料群の間で統計的に比較した。f検定で分散を調べ、t検定を用いて有意差を検定した。いずれの場合もP < 0.05を有意とした。

結 果

体重増加割合は出生時の体重と比べ、離乳3日後の乳製品飼料群で450%、植物飼料群で533%と植物飼料群の方が高く、離乳14日後でも乳製品飼料群では平均1,031%、植物飼料群は平均1,267%と植物飼料群の方が高かった（図1）。

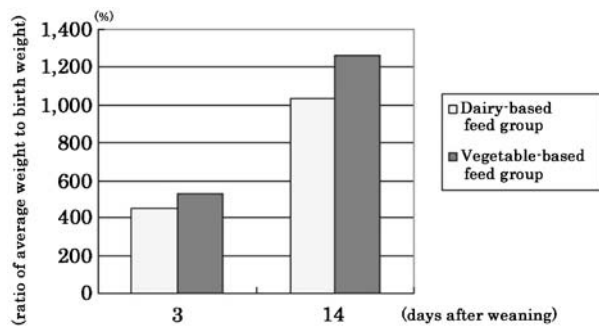


Figure 1 The increasing birth weight ratio of pigs in dairy-based feed group to vegetable-based feed group.

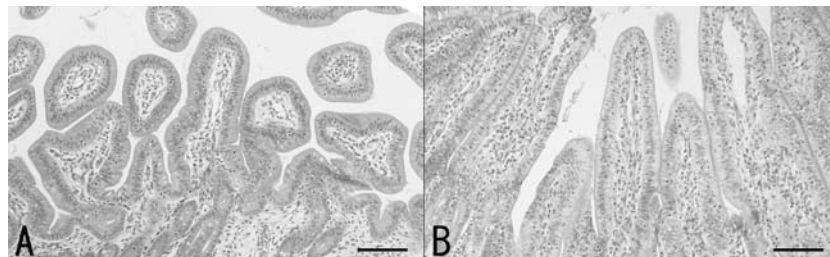


Figure 2 Light micrographs of jejunum villi in pigs in the dairy-based and vegetable-based feed groups at 3 days after weaning.

A : Dairy-based feed group. B : Vegetable-based feed group, Bar = 100μm

絨毛の光学顕微鏡写真を図2に示した。絨毛長は離乳3日後において、乳製品飼料群は242.4 ± 9.52μm、植物飼料群では283.4 ± 7.11μmとなり、植物飼料群で有意に増大していた。離乳14日後では両群間に有意差は認められなかった（図3）。

絨毛の吸収上皮細胞の光学顕微鏡写真を図4に示した。吸収上皮細胞の大きさは、離乳3日後において両群間に有意差等は認められなかった。しかし、離乳14日後では乳製品飼料群で28.9 ± 0.45μm、植物飼料群で38.6 ± 0.58μmとなり、植物飼料群で有意に増大していた（図5）。

腸陰窩の未分化上皮細胞でPCNA陽性細胞が多数認められた。しかし絨毛の吸収上皮細胞ではPCNA陽性細胞は認められず、リンパ球のみが反応していた（図6）。離乳直後、離乳3日後および14日後のいずれも、腸陰窩におけるPCNA陽性細胞の占める割合は67%前後となっており、両群間に有意差は認められなかった（図7）。

離乳直後の絨毛では絨毛先端を中心とした吸収上皮細胞の剥離が著しく、基底膜の露出した面が多く認められた。離乳3日後では乳製品飼料群で絨毛先端部の吸収上皮細胞の剥離が認められたが、植物飼料群の絨毛では吸収上皮細胞の剥離はほとんど認められなかった（図8）。

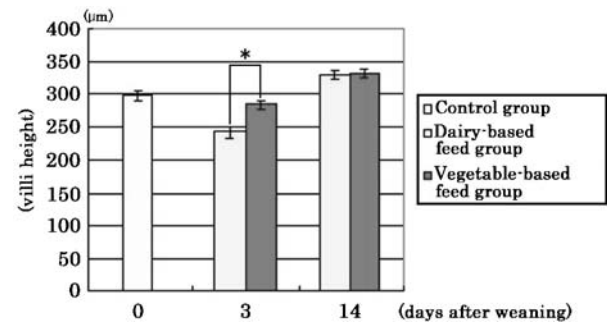


Figure 3 eight of jejunum villi in pigs in the dairy-based and vegetable-based feed groups.

Height of jejunum villi in vegetable-based feed group was significantly increased at 3 days after weaning. * P < 0.05.

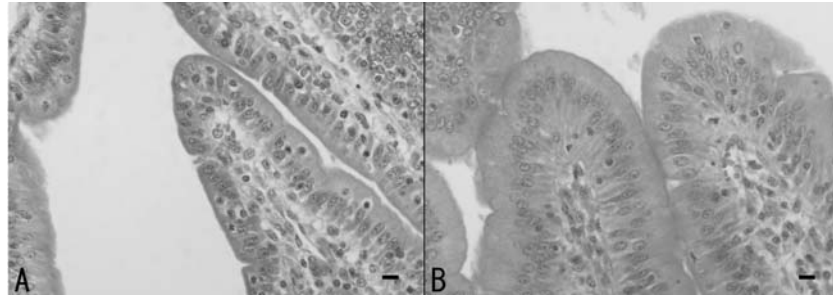


Figure 4 Light micrographs of absorptive epithelial cells in pigs in the dairy-based and vegetable-based feed groups at 3 days after weaning.
A : Dairy-based feed group. B : Vegetable-based feed group. Bar = 10 μ m.

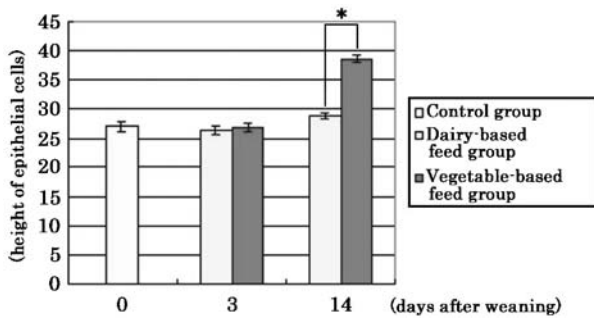


Figure 5 Height of absorptive epithelial cells in pigs in the dairy-based and vegetable-based feed groups. Height of absorptive epithelial cells in vegetable-based feed group was significantly increased at 14 days after weaning. * $P < 0.05$.

離乳 14 日後では乳製品飼料群、植物飼料群ともに絨毛における吸収上皮細胞の剥離はほとんど認められなかった (図 9)。

吸収上皮細胞の微絨毛の透過型電子顕微鏡写真を図 10 および 11 に示した。微絨毛長は、離乳 3 日後において乳製品飼料群で $1.2 \pm 0.04 \mu\text{m}$ 、植物飼料群で $1.5 \pm 0.04 \mu\text{m}$ となり植物飼料群で有意に増大していた。離乳 14 日後においても乳製品飼料群で $1.6 \pm 0.03 \mu\text{m}$ 、植物飼料群で $2.0 \pm 0.03 \mu\text{m}$ と植物飼料群で有意に増大していた (図 12)。

考 察

早期離乳は分離早期離乳法とも呼ばれ、21 日齢以下の早期離乳、離乳仔猪の母豚からの隔離飼育、生産ステージの分離・分散、離乳以降から出荷までのオールイン・オールアウト飼育の徹底を基本原則とした養豚の生産システムである。早期離乳の目的は、初乳中に含まれている移行抗体が高いうちに仔猪を離乳、隔離飼育することにより様々な疾病を除去する効果を得ることにある (Kure 1997)。これにより、病原因子に対する防御能を高め、良好な健康状態を維持でき、飼料要求率を 10~15% 改善で

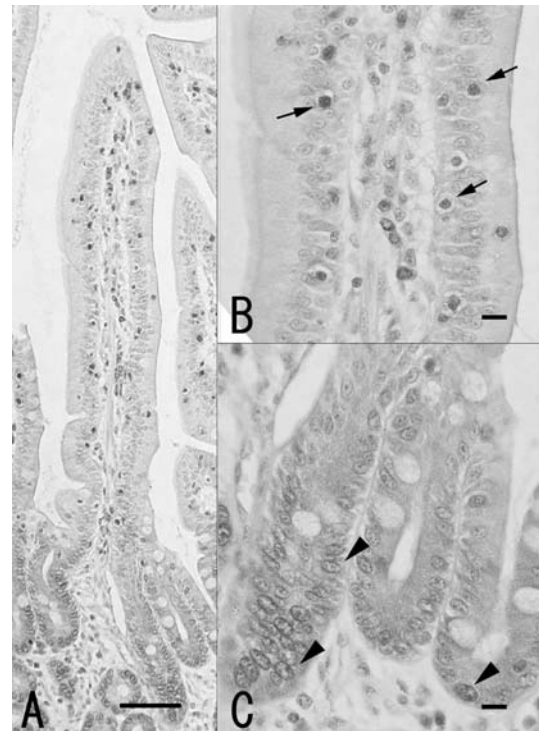


Figure 6 Immunohistochemical detection of PCNA in jejunum mucosa in pigs in the dairy-based and vegetable-based feed groups at 3 days after weaning.
A : Full picture of jejunum mucosa. Bar = 100 μ m.
B : No remarkable staining of absorptive epithelial cells was seen. PCNA expression was localized on some lymphocytes (arrows). Bar = 10 μ m.
C : PCNA expression was localized on the intestinal crypt (thick arrows). Bar = 10 μ m.

きることから、産肉性の高い豚を生産できる (Williams 1994)。しかし、早期離乳と消化吸收の障害による発育不良に関して、これまでに各種酵素の欠乏、腸内細菌叢の変化、吸収表面積の減少などが原因となることが多いと報告されている (農山漁村文化協会 1983)。

本研究では、飼料成分の違いで現れる空腸絨毛の絨毛

飼料の違いによる絨毛の変化

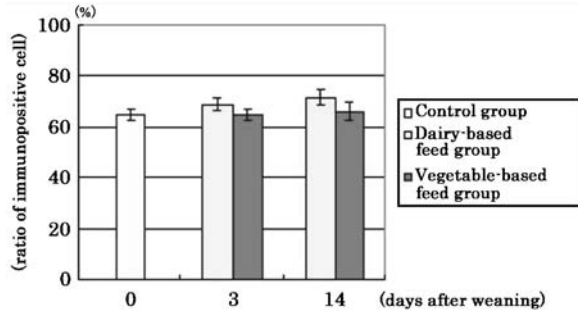


Figure 7 Ratio of proliferating cells in jejunum mucosa in pigs in the dairy-based and vegetable-based feed groups.

長，絨毛の吸収上皮細胞の大きさ，吸収上皮細胞の増殖状態，吸収上皮細胞の超微形態学的変化を明らかにし，空腸における吸収能力について考察した。

体重増加割合から，乳製品飼料群と比べ植物飼料群の方が発育は良好であった。また，乳製品飼料群および植物飼料群のどちらにおいても離乳直後から離乳3日後にかけて絨毛の短縮が明らかになった。しかし，離乳3日後では両群の間に有意差が認められた。離乳期の仔豚は，離乳時におけるストレスや飼料摂取不足が起因となる栄養不足 (Pluske ら 1996a, b)，飼料変化による過敏性反応としての下痢 (Miller ら 1984a, b) などのために絨毛は短縮してしまうが，今回の結果より乳製品飼料と

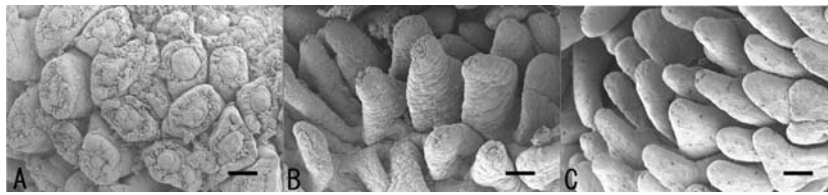


Figure 8 Scanning electron micrographs of jejunum villi in pigs in the dairy-based and vegetable-based feed groups at 0 and 3 days after weaning.

A : Control group at immediately after weaning. B : Dairy-based feed group at 3 days after weaning. C : Vegetable-based feed group 3 days after weaning.

Absorptive epithelial cells were severely lost and lamina propria were bare on tips of villi in A. Desquamation of absorptive epithelial cells were seen on tip of villi in B but scarcely seen in C. Bar = 100 μ m.

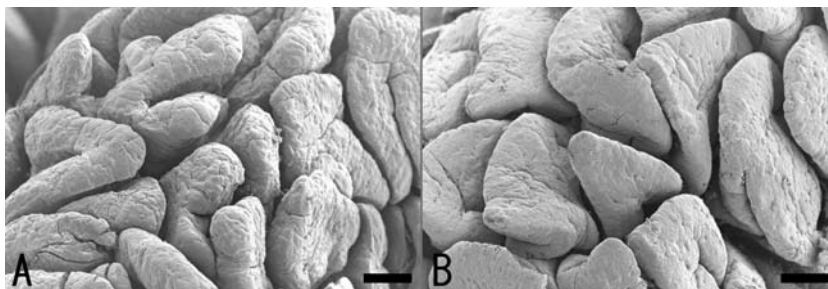


Figure 9 Scanning electron micrographs of jejunum villi in pigs in the dairy-based and vegetable-based feed groups at 14 days after weaning.

A : Dairy-based feed group. B : Vegetable-based feed group. Bar = 100 μ m.

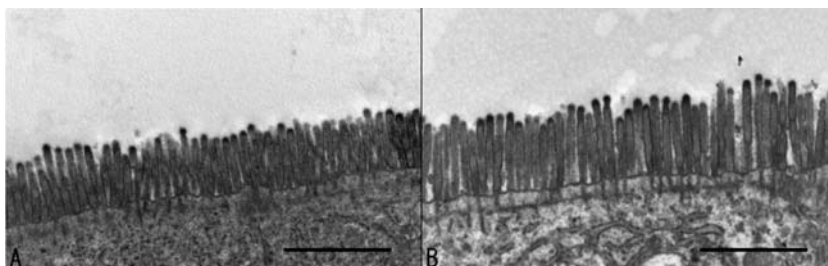


Figure 10 Transmission electron micrographs of microvilli in absorptive epithelial cells at 3 days after weaning.

A : Dairy-based feed group. B : Vegetable-based feed group. Bar = 2 μ m.

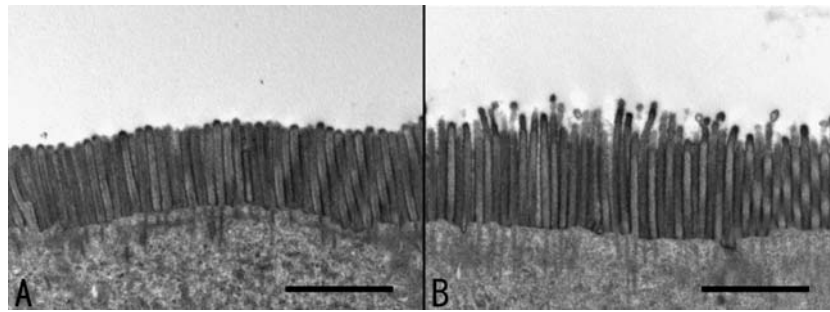


Figure 11 Transmission electron micrographs of microvilli in absorptive cells at 14 days after weaning.

A : Dairy- based feed group. B : Vegetable-based feed group. Bar = 2 μ m.

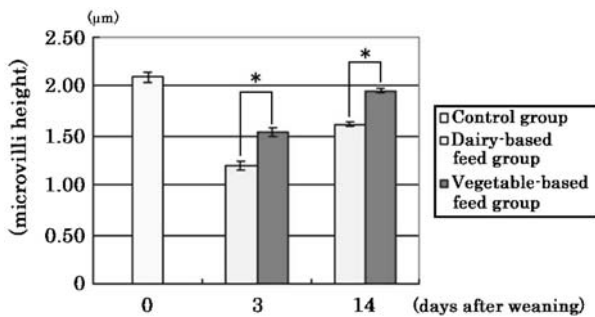


Figure 12 Height of microvilli of absorptive epithelial cells in pigs in the dairy-based and vegetable-based feed groups.

Height of jejunum microvilli in the vegetable-based feed group was significantly increased at 3 days and 14 days after weaning. * $P < 0.05$.

比べ植物飼料は、離乳直後の仔豚にとって消化吸收しやすく、絨毛の成長が促進されたものと推測された。飼料成分として、乳製品飼料は主に乳製品原料であるのに対し、植物飼料は植物性タンパク質が主体である。仔豚の消化吸收機能の発達には、仔豚の発育に順じてラクトースに対する消化力は低下し、植物性タンパク質や多糖類に対する消化力は上昇していき、離乳3日後における酵素の活力は、タンパク質分解酵素であるペプシンやトリプシンが乳糖分解酵素であるラクターゼを上回る（農山漁村文化協会 1983）。このことから、植物飼料の成分は離乳後の仔豚にとって消化吸收しやすい成分構成であると推察した。

吸収上皮細胞の大きさは、離乳3日後では有意差は認められなかったが、離乳14日後では有意差が認められた。これは、植物飼料群において吸収上皮細胞が飼料変化により適応しやすかったために、結果として細胞自体が大きくなったのではないかと推察した。また、離乳直後および離乳3日後の乳製品飼料群において絨毛先端を中心とした吸収上皮細胞の剥離が認められた。吸収上皮細胞は、離乳直後、離乳3日後および14日後のいずれに

おいても、腸陰窩におけるPCNA陽性細胞の占める割合には有意差は認められなかった。腸陰窩において未分化上皮細胞の分裂が活発化することにより吸収上皮細胞の数が増加し、吸収面積も広がり、絨毛の伸長に繋がるのではないかと予測したが、どの時期においてもPCNA陽性細胞数に有意差が認められないことから、飼料成分の違いにより現れる吸収上皮細胞の大きさおよび剥離状態の形態学的変化と腸陰窩における未分化上皮細胞の分裂には直接的な関係はないことが明らかになった。すなわち、絨毛の剥離は物理的な要因や、乳製品飼料と比べ植物飼料の腸内での硬度は低いと考えられるが、両群に含まれている飼料中の乳製品由来の成分である抗原性を有する異種タンパクによる過敏性反応で上皮細胞が剥離した可能性も否定できず、今後の課題と考える。

また乳製品飼料群および植物飼料群のどちらにおいても離乳直後から離乳3日後にかけて微絨毛の短縮が明らかになった。しかし、離乳3日後以降では微絨毛は植物飼料群の方が長く、両群の間に有意差が認められた。植物飼料群で吸収上皮細胞表面の微絨毛が伸長したことの原因は本研究では明らかに出来なかった。しかし、植物飼料中の何らかの成分が直接的あるいは間接的に微絨毛長を伸長させている可能性はある。

本研究は仔豚に植物飼料を与えると、体重の増加割合が高くなることを明らかにした。これは植物飼料が離乳直後の仔豚の吸収上皮の剥離を阻止し、養分吸収をより高くすることにより、粘膜固有層を構成する細胞が活性化され、それにより空腸絨毛が増大し、それを覆う吸収上皮細胞の増加と微絨毛の伸長促進により、吸収面積の増加、すなわち吸収効果を高めたことが一因と考えられた。空腸絨毛や微絨毛の形態的な変化は植物飼料中の配合比や成分量による影響が大きいと推測出来るが、その詳細な作用機構は今後解明すべき課題であろう。

文 献

Cera KR, Mahan DC, Cross RF, Reinhart GA, Whitmoyer RE. 1988. Effect of age, weaning and postweaning diet on small

- intestinal growth and jejunal morphology in young swine. *Journal of Animal Science* **66**, 574–584.
- Kure K. 1997. Application of SEW (Segregated Early Weaning) in Japanese Swine Industry. *Proceedings of Japan Pig Veterinary Society* **30**, 16–23.
- Li DF, Nelssen JL, Reddy PG, Blecha F, Hancock JD, Allee GL, Goodband RD, Klemm RD. 1990. Transient hypersensitivity to soybean meal in the early-weaned pig. *Journal of Animal Science* **68**, 1790–1799.
- 農業・生物系特定産業技術研究機構. 2005. 日本飼養標準・豚 (2005年版). pp. 34–37, 58–59. 中央畜産会, 東京.
- 農山漁村文化協会. 1983. 畜産全書 豚. pp. 33–83. 農山漁村文化協会, 東京.
- Miller BG, Newby TJ, Stokes CR, Bourne FJ. 1984a. Influence of diet on postweaning malabsorption and diarrhoea in the pig. *Research of Veterinary Science* **36**, 187–193.
- Miller BG, Newby TJ, Stokes CR, Hampson DJ, Brown PJ, Bourne FJ. 1984b. The importance of dietary antigen in the cause of postweaning diarrhea in pigs. *American Journal of Veterinary Research* **45**, 1730–1733.
- 大場君枝, 山となつみ, 小川宣子. 2005. 消化管組織における構造変化の評価 (第2報). 岐阜女子大学紀要 **34**, 75–78.
- Pluske JR, Williams IH, Aherne FX. 1996a. Maintenance of villous height and crypt depth in piglets by providing continuous nutrition afterweaning. *British Society of Animal Science* **62**, 131–144.
- Pluske JR, Thompson MJ, Atwood CS, Bird PH, Williams IH, Hartmann PE. 1996b. Maintenance of villus height and crypt depth, and enhancement of disaccharide digestion and monosaccharide absorption, in piglets fed on cows' whole milk after weaning. *The British Journal of Nutrition* **76**, 409–422.
- Williams N. 1994. Impact of genetic and environmental factors on the growth of young pig. *American Association of Swine Practitioners*, 185–190.

Morphological changes of the jejunum villi to different diets

Yuji HOSHINO¹, Kazuyuki TAMAKI², Ichinari INAYAMA², Mitsutoshi UENO³, Aya NAGAYASU¹,
Yoshinao HOSAKA¹, Hiromi UEDA¹ and Kazushige TAKEHANA¹

¹ Department of Veterinary Anatomy, School of Veterinary Medicine, Rakuno Gakuen University, Ebetsu 069-8501, Japan

² Kyodo Shiryō CO., LTD, Kamisu 314-0103, Japan

³ Livestock center, Faculty of Dairy Science, Rakuno Gakuen University, Ebetsu 069-8501, Japan

Corresponding : Kazushige TAKEHANA (tel : +81 (0) 11-388-4744, e-mail : takechan@rakuno.ac.jp)

The aim of this study was to evaluate morphological responses of the absorptive apparatus of the jejunum to different diet ingredients in weaning pigs. In this study, seven crossbred (Landrace×Large Yorkshire×Duroc) pigs, they were a litter, were used after weaning. Before weaning, they fed with creep feed for six days. Six pigs were divided into two groups ; one received dairy-based feed and the other received vegetable-based feed. The remaining pig was used as a non-treatment control. Dairy-based feed contained mainly animal-based feed, and vegetable-based feed contained mainly oil-seed cake and meal. Drinking water was provided *ad libitum* throughout the experimental period. Jejunum samples were collected immediately after weaning from a non-treated control pig (D0). The similar samples were collected from each 3 pigs of dairy-based feed and vegetable-based feed groups respectively, on 3 (D3) and 14 days (D14) after weaning. The samples were processed for morphological observation of absorptive epithelial cells and heights of villi and microvilli. A significant increase in height of intestinal villi on D3 and in size of the absorptive cells on D14 were found in animals that received vegetable-based feed, ultrastructural transition of epithelial cells on D3. An increases in microvilli height on D3 and D14 were seen in animals that received vegetable-based feed. Presumably, the ingredients of vegetable-based feed are more easily digested and absorbed through the intestinal wall than are ingredients of dairy-based feed. As a result, the growth of intestinal villi and (growth of) absorptive epithelial cells in vegetable-based feed group were greater than those in dairy-based feed group, leading to a more efficient absorptive function of the small intestine.

Nihon Chikusan Gakkaiho 80 (2), 171–177, 2009

Key words : absorptive epithelial cell, diet, jejunum villi, microvilli, weaning.