

育成期における豚の前肢、後肢の蹄の成長

高橋圭二・大澤浩司^{*1}・園原邦治^{*2}・岡崎好子^{*3}・井口元夫^{*3}

Study on Growth of Sole and Bulb of Feet in Swine Growing Stage

Keiji TAKAHASHI, Koji OSAWA^{*1}, Kuniharu SONOHARA^{*2},
Yoshiko OKAZAKI^{*3} and Motoo IGUCHI^{*3}

要 約

当センターで繋養しているランドレース種育成豚の雄35頭、同雌65頭の合計100頭を用い、体重が30kg、60kgおよび90kgの時点での前肢、後肢の内側蹄、外側蹄の蹄底面積および蹄球面積を測定した。なお、蹄底面積と蹄球面積との和を底面積とし、内側蹄の底面積を外側蹄の底面積で除したものを内外蹄比率とした。

30kg時点で底面積が大きいのは、雄・雌とも前肢外側蹄で、次いで前肢内側蹄と後肢外側蹄が同様な値を示し、後肢内側蹄が最も小さかった。この傾向は、60kgおよび90kg時点でも同様な傾向を示した。底面積に占める蹄底面積の割合は、発育に伴いいずれも大きくなる傾向を示した。後肢内側蹄の蹄底面積割合は、雄・雌とも30kgの時点から他の蹄よりも3～10%大きいという特徴を示した。

30kg、60kgおよび90kg時点の内外蹄比率は、雄・雌とも前肢内外蹄比率が87.4%～91.2%で後肢内外蹄比率の74.5%～81.2%より高い値を示した。前肢は外側蹄と内側蹄が比較的揃った蹄であるが、後肢は不揃いの特徴が強いことが示唆された。内外蹄比率の相関係数は、60kgと90kgの間では雄・雌、前肢・後肢にかかわらず高い正の相関 ($P<0.01$) を示し、内側蹄と外側蹄の蹄の相対的な大きさは両時点でもほとんど変化しないことがわかった。

底面積1cm²当たりにかかる負重量は、30kg時、60kg時、90kg時で、雄・雌、とも前肢・後肢の違いにかかわらずそれぞれ約0.8kg、約1.2kg、約1.4kgとほぼ同じ値を示した。このことは、90kgまでは肢蹄にかかる体重が蹄の底面積の発達に影響を与える結果、1cm²当たりの負重量は雄・雌、前肢・後肢にかかわらず変化がないということが推察された。

緒 言

養豚場における母豚の更新は、群全体の産次構成、個体の繁殖能力や健康状態、産子の能力などを考慮し生産者が計画的に行えることが経済的に最も効率的であるが、繁殖障害や肢蹄疾患により予定外の廃用を余儀なくされているところである。平成26年度農業災害補償制度家畜共済統計表の死産事故別（種豚）の割合では運動疾患が13.6%と循環器疾患の49.1%、呼吸器疾患の14.5%に次いで高い割合となっている（農林水産大臣官房統計部2016）。このことから、健全な肢蹄を選抜し、肢蹄の強健な種

豚群をそろえることは、安定した肉豚生産と経営の安定に寄与する。

種豚の選抜における肢蹄観察ポイントは、繋の弾力性、歩様の確実性および蹄の揃いとされている（(社)日本養豚協会編2005）。これらを評価するため、肢蹄の外貌の観察によるスコアリングモデルが複数紹介されている（Jorgensenら1990、Report from the working group on conformation traits 2001）。しかし、それらスコアリング法は評価対象形質やその数、階級数、階級のつけ方などが異なり、統一的なものはない。また飼育環境や観測者の違いなどから、遺伝的な評価にも大きなバラツキが生じることが予測される（尾野寺ら2009）。より客観的な方法としては、蹄の形状に着目した河野ら（1989）の報告がある。ここでは、大ヨークシャー種において90kg屠殺後の四肢の蹄面積や蹄の損傷発生頻度を調査し、蹄の形や損傷発生の有無の遺伝率が0.4以上と中程度であったことから、個体選抜への可能性を報告している。また、宮

平成28年8月31日受付

^{*1} 現 千葉県農林水産部畜産課

^{*2} 現 千葉県立農業大学校

^{*3} 現 NPO法人いきいき畜産ちばサポートセンター

脇ら (1980) は、ランドレース種を用い30~100kgまでに3回、墨汁を使ったフットスタンプ法により蹄の面積を経時的に計測し、蹄面積および蹄負重量と脚弱とは密接な関係にあることを報告している。

そこで、高橋ら (2000) は初産離乳後のランドレース種母豚において、前肢、後肢における内側蹄と外側蹄の接地面積の割合 (内側蹄接地面積/外側蹄接地面積) を内外蹄比率として、歩様との関係を調査した。その結果、後肢において、内外蹄比率の小さいものほど歩様が悪い傾向にあることを報告した。このことから蹄の形状と肢蹄の強健性は関連性が高いことが判明したが、内側蹄と外側蹄の揃いを肢蹄の強健性の選抜形質とした場合、体の成長に伴って蹄がどのように成長し変化するかを詳細に研究した例は少ない。ここでは種豚としての選抜時期である育成期における四肢の蹄の面積を経時的に調査し、内側蹄と外側蹄の成長や蹄への負重量の変化を明らかにしたので報告する。

材料および方法

供試豚は、当センターで繋養しているランドレース種、雄35頭、雌65頭の合計100頭を用いた。蹄形状の測定は、体重が30kg、60kgおよび90kgになった時点で、床を厚さ



図1 蹄の撮影方法

結果および考察

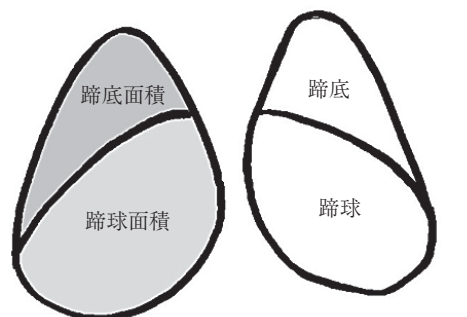
供試豚の発育成績について表1に示した。30kg、60kgおよび90kgいずれの体重でも到達日齢、1日平均増体量とも、雄雌間に有意差は認められなかった。

雄雌別、体重別の前肢および後肢の内側蹄と外側蹄の蹄底面積、蹄球面積、底面積を表2に示した。蹄全体の接地面積を示す底面積は、唯一90kg時点の後肢内側蹄で雄が雌より0.67cm²大きく性別による有意差 ($P<0.05$) が認められたが、その他の蹄はいずれの体重でも性差は認められず、同様の成長をすることが確認できた。

10mmの強化ガラスにした保定用檻に供試豚を入れ (図1)、強化ガラスと蹄の接地面をデジタルカメラ (Nikon、coolpix 950) で撮影し、画像解析システム (旭精密 (株)、HIM-1) を用いて、前肢および後肢の内側蹄 (第3指趾)・外側蹄 (第4指趾) における蹄底面積および蹄球面積を測定した。なお、底面積は蹄底面積と蹄球面積の和、内外蹄比率は内側蹄の底面積を外側蹄の底面積で除した値とした (図2)。測定結果は前肢・後肢いずれも、左右の外側蹄および内側蹄の測定値の平均値として示した。

供試豚は、雄・雌ともに離乳から30kgまでは約10頭の群飼とし、30kg以降については雄が、2頭飼育、雌が約10頭の群飼とした。飼料は、離乳から30kgまでは、市販の育成前期用配合飼料 (CP: 16%、TDN: 80%)、30kgから90kgまでは新豚産肉能力検定用飼料 (CP: 12%、TDN: 74.5%) を不断給餌し、水は自由飲水とした。飼育施設は、生後7週齢まで床がプラスチックコーティッドメタル製の分娩豚房で飼育し、その後はコンクリート平床の育成豚舎で試験終了まで飼育した。

底面積1cm²当たりの負重量の前肢および後肢にかかる負重量の割合は、高橋ら (2000) が報告した値 (前肢0.545、後肢0.455) を用いた。なお、試験は、1999年3月~10月に実施した。



外側蹄 (第4指趾) 内側蹄 (第3指趾)

図2 蹄の測定部位

底面積=蹄底面積+蹄球面積
内外蹄比率=内側蹄の底面積/外側蹄の底面積×100

底面積が最も大きい蹄は、雄・雌ともにいずれの体重でも前肢外側蹄であり、次に前肢内側蹄と後肢外側蹄がともに前肢外側蹄の約90%の大きさであった。また、最も小さい底面積は、雄・雌ともいずれの体重でも後肢内側蹄であり、前肢外側蹄の約70%の大きさであった。

底面積に占める蹄底と蹄球の割合について表3に示した。雄・雌とも30kgから90kgまでの成長につれ、蹄底面積の割合が前肢外側蹄、前肢内側蹄、後肢外側蹄で3~4%、後肢内側蹄で1~2%増加することが認められた。また、蹄底面積の割合が最も小さいのは、いずれの体重でも雄・雌ともに前肢外側蹄であり、次いで前肢内側蹄と後肢外側蹄が同様な値を示した。なお、後肢内側蹄は蹄底面積

高橋ら:育成期における豚の前肢、後肢の蹄の成長

表1 供試豚の発育成績

体重	30kg		60kg		90kg	
	雄	雌	雄	雌	雄	雌
性別						
供試頭数(頭)	35	65	35	65	35	65
調査時体重(kg)	27.4± 3.3	27.7± 2.7	61.6± 2.4	62.3± 2.2	93.4± 3.7	92.0± 2.7
到達日齢(日)	76.9± 7.9	75.6± 6.5	116.1± 9.2	117.6± 11.1	157.1± 11.7	160.7± 14.5
1日平均増体量(g/日)	392.8± 38.4	402.0± 35.3	521.1± 45.6	521.8± 48.8	588.5± 54.0	568.1± 54.0

平均値±標準偏差

表2 雄雌別、体重別の前肢および後肢の内側蹄と外側蹄の蹄底面積と蹄球面積と底面積 (cm²)

性別	体重	雄			雌			
		30kg	60kg	90kg	30kg	60kg	90kg	
前肢	内側蹄	蹄底面積	2.59±0.40	4.45±0.60	5.90±0.81	2.47±0.34	4.27±0.58	5.71±0.78
		蹄球面積	6.10±0.94	8.88±0.92	10.97±1.51	5.94±0.84	8.83±1.45	11.33±1.86
		底面積	8.69±1.21	13.32±1.04	16.87±1.59	8.41±0.94	13.10±1.66	17.04±2.22
	外側蹄	蹄底面積	2.64±0.41	4.65±0.75	5.79±0.75	2.50±0.41	4.36±0.66	5.85±0.81
		蹄球面積	7.31±1.02 ^A	10.38±1.14	13.01±1.63	6.75±0.89 ^B	10.26±1.60	13.23±1.95
		底面積	9.94±1.22	15.03±1.47	18.80±1.93	9.25±1.09	14.63±1.85	19.09±2.20
後肢	内側蹄	蹄底面積	2.52±0.34 ^a	3.91±0.56 ^a	5.17±0.83 ^a	2.35±0.27 ^b	3.69±0.44 ^b	4.78±0.55 ^b
		蹄球面積	4.45±0.73	6.47±0.74	8.38±0.88	4.43±0.70	6.19±0.94	8.10±1.42
		底面積	6.97±0.85	10.39±0.94	13.55±1.23 ^a	6.78±0.76	9.87±1.03	12.88±1.59 ^b
	外側蹄	蹄底面積	2.61±0.33	4.55±0.72	6.08±1.21	2.57±0.38	4.42±0.63	5.89±0.83
		蹄球面積	6.00±0.88	8.76±0.85	11.47±1.43	6.11±0.77	8.54±1.11	11.43±1.43
		底面積	8.61±0.95	13.32±1.11	17.54±2.26	8.68±0.88	12.97±1.31	17.32±1.61

平均値±標準偏差
横列同一体重における異符号間は有意差あり(大文字P<0.01、小文字P<0.05)

表3 雄雌別、体重別の前肢および後肢の内側蹄と外側蹄の底面積に占める蹄底面積と蹄球面積の割合 (%)

性別	体重	雄			雌			
		30kg	60kg	90kg	30kg	60kg	90kg	
前肢	内側蹄	蹄底割合	29.9±3.2 ^B	33.4±4.0 ^B	35.1±4.8 ^B	29.5±3.7 ^B	32.8±4.3 ^B	33.8±4.1 ^B
		蹄球割合	70.1±3.2 ^B	66.6±4.0 ^B	64.9±4.8 ^B	70.5±3.7 ^B	67.2±4.3 ^B	66.3±4.1 ^B
	外側蹄	蹄底割合	26.6±3.3 ^C	30.9±3.8 ^C	30.9±3.4 ^C	27.1±3.5 ^C	30.0±4.2 ^C	30.9±4.1 ^C
		蹄球割合	73.4±3.3 ^A	69.1±3.8 ^A	69.1±3.4 ^A	73.0±3.5 ^A	70.0±4.2 ^A	69.2±4.1 ^A
後肢	内側蹄	蹄底割合	36.3±4.4 ^A	37.7±4.2 ^A	38.1±4.4 ^A	34.8±4.2 ^A	37.6±4.5 ^A	37.4±4.6 ^A
		蹄球割合	63.7±4.4 ^C	62.3±4.2 ^C	61.9±4.4 ^C	65.2±4.2 ^C	62.4±4.5 ^C	62.6±4.6 ^C
	外側蹄	蹄底割合	30.4±3.9 ^B	34.1±3.9 ^B	34.5±3.7 ^B	29.7±3.9 ^B	34.2±4.3 ^B	34.1±4.4 ^B
		蹄球割合	69.5±3.9 ^B	65.9±3.9 ^B	65.5±3.7 ^B	70.3±3.9 ^B	65.8±4.3 ^B	65.9±4.4 ^B

平均値±標準偏差
縦列同一体重内の同一項目における異符号間は有意差あり(大文字P<0.01)

割合が最も大きかったが、蹄球面積割合が小さいこともあり、30kg時点から蹄底面積割合が他の蹄よりも3~10%多く、特徴的な形態を示した。

表2に示すように外側蹄と内側蹄の底面積は、後肢より前肢のほうが大きい。このことは、宮脇ら(1980)、河野ら(1989)高橋ら(2000)の報告と同様であり、蹄の負重している割合が前肢のほうが多いことが報告されていることから(出口ら1996、高橋ら2000)、前肢の底面積が荷重により発達すると考えられる。

後肢内側蹄については、他の蹄に比べ底面積が小さい

が、同じ偶蹄類の牛においても後肢内側蹄は、後肢外側蹄より小さいと報告され、その要因は大腿骨が股関節を介して骨盤骨と連結し、後肢の内側蹄と外側蹄に加わる荷重が不均衡になるためとされている(Toussaint Raven 1990)。豚も同様な骨格構造をしており、内側蹄と外側蹄の大きさの違いはこの後肢と骨盤骨をつなぐ骨格構造に起因していると考えられる。

また、後肢内側蹄の蹄底面積割合が他の蹄より大きいことが認められている。牛では、後肢内側蹄の軸側の蹄壁負面の長さが外側蹄のそれより短く、体重負担能力が

劣るとされる (Toussaint Raven 1990)。同様に豚でも骨格構造上、後肢内側蹄は体重負担能力が劣ることが推察され、そのため蹄底部が他の蹄より摩耗せず、蹄底面積割合が高くなったと考える。前肢については、後肢のように内側蹄と外側蹄の底面積に際立った違いはない。牛でも前肢の内側蹄と外側蹄は後肢よりはるかに均一であると報告されている (Toussaint Raven 1990)。これは内側蹄と外側蹄への荷重が、前肢では最終的に肩甲骨が胸部の複数の筋群によって連結しているため、体軸からの衝撃を吸収できることによると言われており、豚も同様な骨格構造であるためと考えられる。

雄雌別、体重別の前肢および後肢の内外蹄比率を表4に示した。雄・雌とも30kg、60kgおよび90kgのいずれの時点でも前肢内外蹄比率が87.4%~91.2%で後肢内外蹄比率の74.5%~81.2%より高い値を示した。この内外蹄比率は、内側蹄と外側蹄の底面積の揃いを数値化したもので100%に近いほど揃っているということを示す。そのため、前肢は比較的揃った蹄であるが、後肢は不揃いであると言える。また、発育に伴い後肢は数値がやや低くなる傾向が認められるが、前肢はほとんど変化がなかった。これは、30~90kgまでの底面積の成長割合が後肢内側蹄だけ他の肢蹄より約10%小さいことによると考えられる。

雄雌別の各体重間における内外蹄比率の相関係数を表5に示したが、前肢、後肢ともすべての項目で正の相関が認められた。特に60kgと90kg間の相関係数が高いことから、60kg時点で内外蹄比率の低い個体はその後内側蹄が大きく発達することはなく、内側蹄と外側蹄の相対的な大きさは60kg時点ではほぼ確立されていると考えられる。

雄雌別、体重別の前肢および後肢にかかる静止時の負重量を表6に示した。この数値を基に、雄雌別、体重別の前肢および後肢の底面積1cm²当たりの負重量を表7に示した。底面積1cm²当たりにかかる負重量は、雄・雌とも、前肢後肢ともに30kgで0.81~0.86kg、60kgで1.19~1.25kg、90kgで1.38~1.44kgといずれの時点でもほぼ同程度の値を示した。このことから体重が影響を与え、蹄の底面積は発達し、結果として1cm²当たりの体重別負重量はほとんど変わらないことが推察された。これは、高橋ら (2000) が分娩前後の初産豚を調査した結果と同様であり、蹄の底面積は負重の割合に応じて発達すると考えられた。よって、底面積の大きな個体ほど1cm²当たりの体重の負重量は小さくなると言えるが、蹄の底面積の発達は、体重だけに依存しているのか品種や系統などの遺伝的な影響があるのかは今後の課題として明らかにすべきと考える。

表4 雄雌別、体重別の前肢および後肢の内外蹄比率* (%)

性別	雄			雌		
	30kg	60kg	90kg	30kg	60kg	90kg
前肢	87.4 ± 5.5	89.0 ± 5.9	90.2 ± 7.6	91.2 ± 6.9	90.0 ± 9.4	89.4 ± 7.3
後肢	81.2 ± 6.5	78.2 ± 6.5	77.9 ± 8.0	78.4 ± 8.0	76.4 ± 7.0	74.5 ± 7.9

平均値 ± 標準偏差 ※内外蹄比率=内側蹄の底面積/外側蹄の底面積×100

表5 各体重間における内外蹄比率の相関係数

肢	前肢			後肢		
	30kg	60kg	90kg	30kg	60kg	90kg
30kg	-	0.439**	0.333	-	0.349*	0.410*
60kg	0.595**	-	0.716**	0.506**	-	0.586**
90kg	0.487**	0.647**	-	0.393**	0.597**	-

上三角：雄、下三角：雌

**：P<0.01、*：P<0.05

表6 雄雌別、体重別の前肢および後肢にかかる静止時の負重量 (kg)

性別	体重	負重割合	雄			雌		
			30kg	60kg	90kg	30kg	60kg	90kg
前肢		0.545	14.9 ± 1.8	33.6 ± 1.3	50.9 ± 2.0	15.1 ± 1.5	33.9 ± 1.2	50.1 ± 1.5
後肢		0.455	12.5 ± 1.5	28.0 ± 1.1	42.5 ± 1.7	12.6 ± 1.2	28.3 ± 1.0	41.8 ± 1.3

平均値 ± 標準偏差

負重割合は、高橋ら (2000) が報告した値を使用した

表7 雄雌別、体重別の前肢および後肢にかかる底面積 1 cm²当たりの静止時の負重量 (kg)

性別	雄			雌			
	体重	30kg	60kg	90kg	30kg	60kg	90kg
前肢		0.81 ± 0.10	1.19 ± 0.10	1.44 ± 0.13	0.86 ± 0.11	1.25 ± 0.15	1.41 ± 0.17
後肢		0.81 ± 0.11	1.19 ± 0.09	1.38 ± 0.11	0.82 ± 0.11	1.25 ± 0.12	1.40 ± 0.14

平均値 ± 標準偏差

引用文献

出口栄三郎、1996、肥育豚および繁殖雌豚の前肢および後肢にかかる体重負割合、日畜会報 68 (4) : 399-402

Jorgensen B and Vestergaard T, 1990, Genetics of leg Weakness in boars at the Danish pig breeding stations, Acta Agric. Scand. 40 : 50-69.

河野建夫・榊原徳造・山田真人・玉田成甫・大口秀司、1989、大ヨークシャーの系統造成試験蹄底面積と産肉性および体型との関係、愛知農総試研報 21:327-332

(社)日本養豚協会編、2005、登録委員必携 : 26-27

宮脇耕平・五味一郎・大沢 保・久保田健御・川上素行、1980、豚の脚弱に関する研究 III 蹄面積および蹄負重量と脚弱との関連性、日本養豚研究会誌 17 (3) : 192

農林水産大臣官房統計部、2016年2月18日、平成26年度農業災害補償制度家畜共済統計表、死廃事故別頭数 (種豚)

尾野寺崇、當眞嗣平、西條由紀、佐藤正寛、2009、豚における肢蹄の評価法と遺伝的パラメーターの推定、日本養豚学会誌 46 (2) : 33-59

Report from the working group on conformation traits, March 2001, A national system for recording conformation traits, Canadian center for swine improvement Inc. : 1-13

高橋圭二・一円央子・大澤浩司・園原邦治・内藤昌男・井口元夫・斎藤庸二郎、2000、ランドレース種における繁殖雌豚の蹄面積と前肢後肢にかかる体重負割合からみた脚弱との関連性、千葉畜セ研報 24 : 1-5

Toussaint Raven E、幡谷正明監訳、1990、牛のフットケアと削蹄、チクサン出版社 : 27-30