

216 ブタ膝衝撃試験時の十字靭帯の組織学的所見

Histological finding of cruciate ligament in the pig knee under impact force

○学 小橋 佳彦 (宇都宮大学) 正 酒井 直隆 (宇都宮大学)
 正 嶋脇 聡 (宇都宮大学)

Yoshihiko KOBASHI, Naotaka SAKAI, Satoshi SHIMAWAKI, Utsunomiya
 University, Youtou7-1-2, Utunomiya City, Tochigi, 321-8585 Japan

Key Ward: Histological Finding, cruciate ligament

1. はじめに

自動車事故において歩行者が車両と接触する場合の損傷主部位は脚部で39%にのぼることが報告されている⁽¹⁾。その中で特に歩行者が立位での衝突では車両バンパによる損傷が多く発生している。また、バンパの高さにより損傷部位は大腿骨骨折、膝蓋骨骨折、靭帯損傷、脛骨骨折と異なることがわかっている⁽²⁾。本研究では膝靭帯損傷に焦点をおき、特に発生率が高い後十字靭帯 (以下 PCL) 損傷のシミュレーションについて研究したので報告する。

2. 方法

2.1 試験機製作

製作した試験機の全体図を Fig.1 に示す。試験機は落台式とした。車両バンパ部にあたるおもり (重錘) を上部に設け、その垂直下にブタ膝を固定させ、おもりを落下させることにより衝突エネルギーを与える装置を開発した。おもりは2本の支柱をガイドとして落下し、支柱との接触はボールベアリングを使用した。最大落下距離1.5m、最大おもり重量30kg、最大衝突エネルギー440J、車両衝突速度3.4km/hを与えることができる。おもりの衝突面には車両バンパ部と同等の特性を持ったポリエチレンを使用した (Table. 1)。

2.2 衝突試験

ブタ膝の固定は、交通事故時の脛骨の後方変位を再現するために大腿骨を2本のボルトで固定し、脛骨は固定無しとした (Fig. 2)。おもりの落下位置は膝靭帯損傷が発生するバンパの高さ⁽³⁾を考慮し、脛骨の膝蓋靭帯付着部である脛骨粗面部分とした。衝突エネルギーは、過去に報告された膝靭帯損傷が発生する最小の車両衝突速度は3km/hであること⁽⁴⁾を考慮して事前試験を行い、靭帯損傷が発生し始める可能性がある衝突エネルギーを決定した。その結果、衝突エネルギーは車両衝突速度2.3km/hに相当する229Jに決定し試験を行った。

試料は成体ブタの後脚の膝を用いた。13頭13脚に対して試験を行い、残り13脚はcontrolとした。

2.3 観察方法

試験後はすべての膝関節を切開して膝関節内の状態を肉眼により観察した。その後、PCLを組織標本作製して組織学的に靭帯への影響を観察した。組織標本作製にはパラフィン包埋法を用い、薄切後H-E染色を行った。

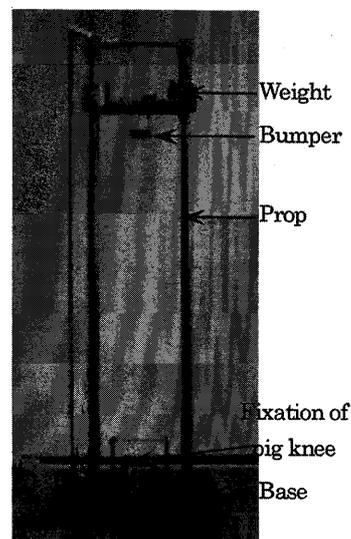


Fig.1 Externals of impact tester

	引張[MPa]	圧縮[MPa]
ポリエチレン	45	20
ポリプロピレン	31-41	38-55
FRP	10-33	16.7-28
ABS樹脂	30-43	31-55

Table.1
Material property
of bumper

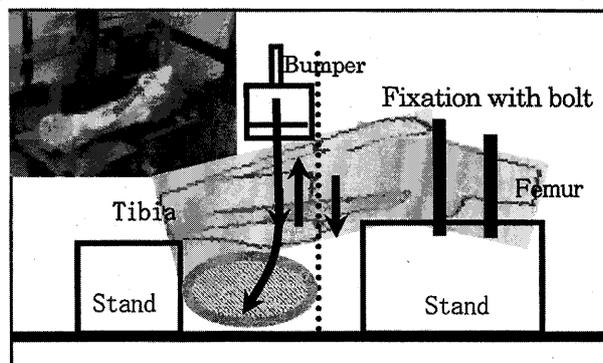


Fig.2 Fixed pig knee

結果

試験結果を表に示す (Table. 1)。試験を行った 13 膝中 8 膝に脛骨近位端骨折が起こり、5 膝は骨折が起こらなかった。骨折が起こらなかった 5 膝中 2 膝に PCL 断裂が見られ (Fig. 3(a))、1 膝に PCL 損傷が見られた (Fig. 3(b))。骨折を起こした 8 膝中 1 膝にも PCL 損傷が見られた。

組織学的所見では、試験を行った 13 膝すべての靭帯と大腿骨付着部に、PCL が部分的に断裂し始めているところが見られた (Fig. 4(a) (c))。さらに 2 膝に部分的な軟骨剥離が見られた (Fig. 4(b))。損傷箇所は大腿骨と靭帯の付着部によく見られ、靭帯を横断するように損傷が見られた。

Table.1 Result of impact force

		First knee			Second knee control
		No fracture	Fracture	damage	
1	1 Times 1 leader	①		Tear	②
	2 Times 2 leaders		③		④
2	3 Times 3 leaders	⑤		injury	⑥
	4 Times 4 leaders	⑦			⑧
3	5 Times 5 leaders		⑨		⑩
	6 Times 6 leaders		⑪		⑫
4	7 Times 7 leaders		⑬		⑭
	8 Times 8 leaders		⑮		⑯
5	9 Times 9 leaders		⑰	injury	⑱
	10 Times 10 leaders		⑲		⑳
6	11 Times 11 leaders	㉑			㉒
	12 Times 12 leaders		㉓		㉔
7	13 Times 13 leaders	㉕		Tear	㉖
	Total	5	8		13

*The figure in ○ is a serial number



(a) PCL tear (b) PCL injury

Fig.3 Substance finding

3. 考察

脛骨近位端骨折が起きなかった場合の組織標本 (Fig. 4(a)) と、骨折が起きた場合の組織標本 (Fig. 4(c)) の損傷程度を比較すると、骨折しなかった方は靭帯の部分的断裂はあるものの、大きな断裂は見られなく、損傷の程度が軽い傾向にあった。これは、骨折箇所に衝突エネルギーが分散し、靭帯部への衝突エネルギーが減少したことを示すと考える。

また、一般にこのような交通事故時の十字靭帯損傷は剥離骨折を伴う後十字靭帯損傷がおきやすい⁽²⁾とされているが、組織学的な軟骨剥離の所見 (Fig. 6 (a)) はそれを裏付ける結果であると考えられる。

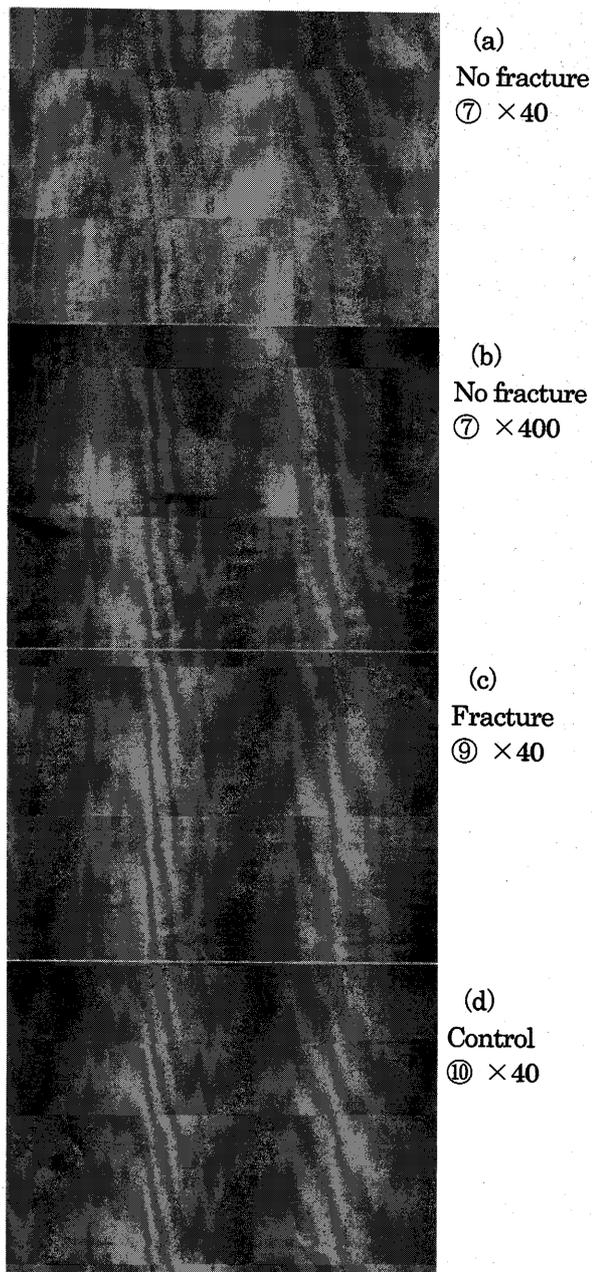


Fig.4 Histological finding

参考文献

- 1) 松井 靖浩, バンパ高および衝突速度が歩行者下肢障害に及ぼす影響, 日本自動車研究所 自動車研究 第 25 卷 第 10 号
- 2) Sonin AH, Fitzgerald SW, Friedman H, et al: MR imaging of the posterior cruciate ligament: normal, abnormal, and associated injury patterns. Radiographics 15:551-561, 1995