

# ACL損傷のメカニズム

千葉大学大学院医学研究院整形外科学

木村 青児



# ガイドライン (2012)

---

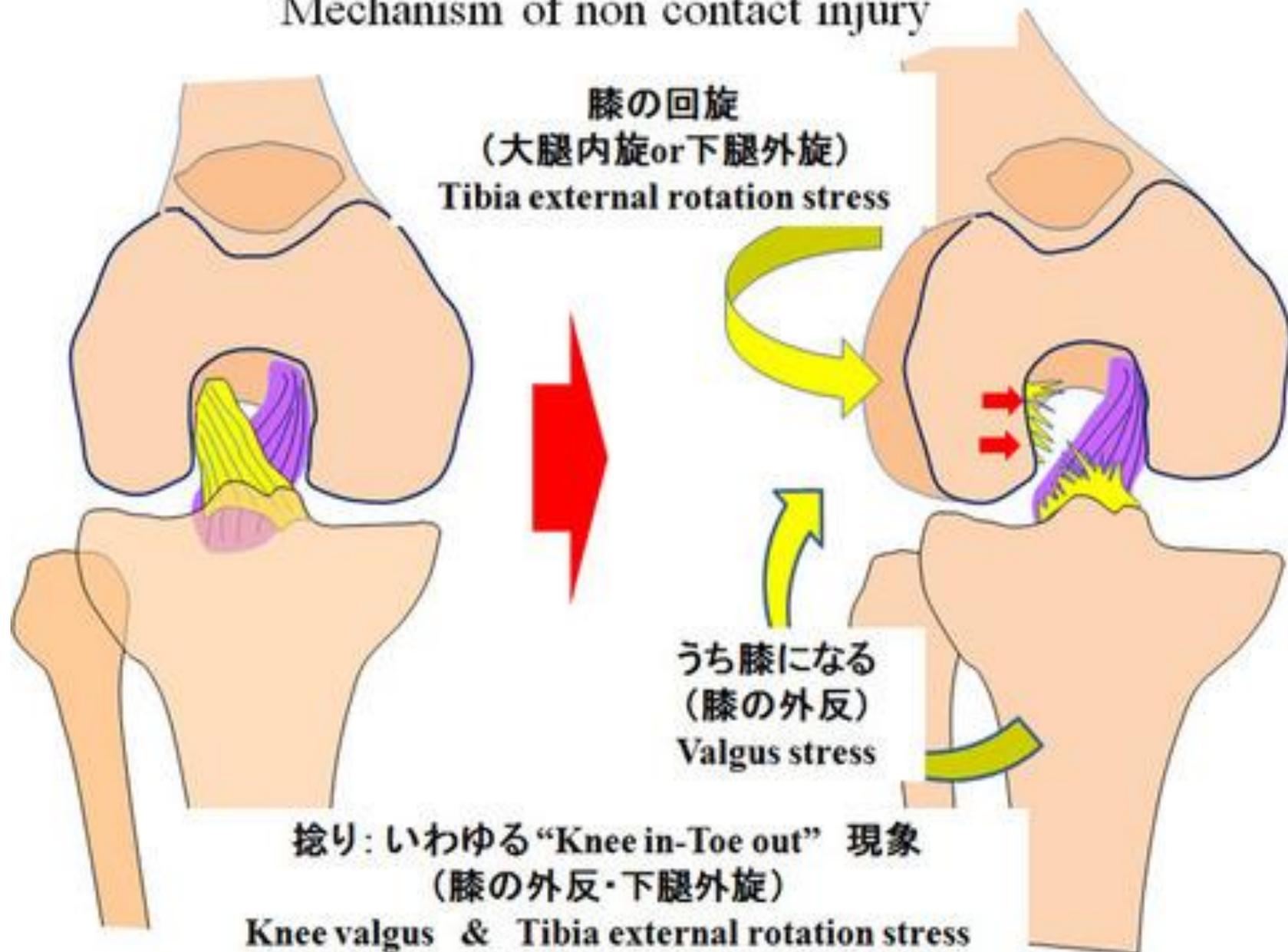
- ▶ 女子ハンドボール インタビュー+ビデオ解析
  - plant-and-cut: ほぼ膝伸展位で外反、外旋位または内旋位
  - ジャンプ着地: ほぼ膝伸展位で外反、外旋位
  - Olsen OE Am J Sports 2004
- ▶ バスケット ビデオ解析
  - ACL損傷は着地後17-50msec内で生じた
  - 女子選手の方が外反位で崩れるケースが5.3倍高かった
  - Krosshaug T Am J Sports 2007



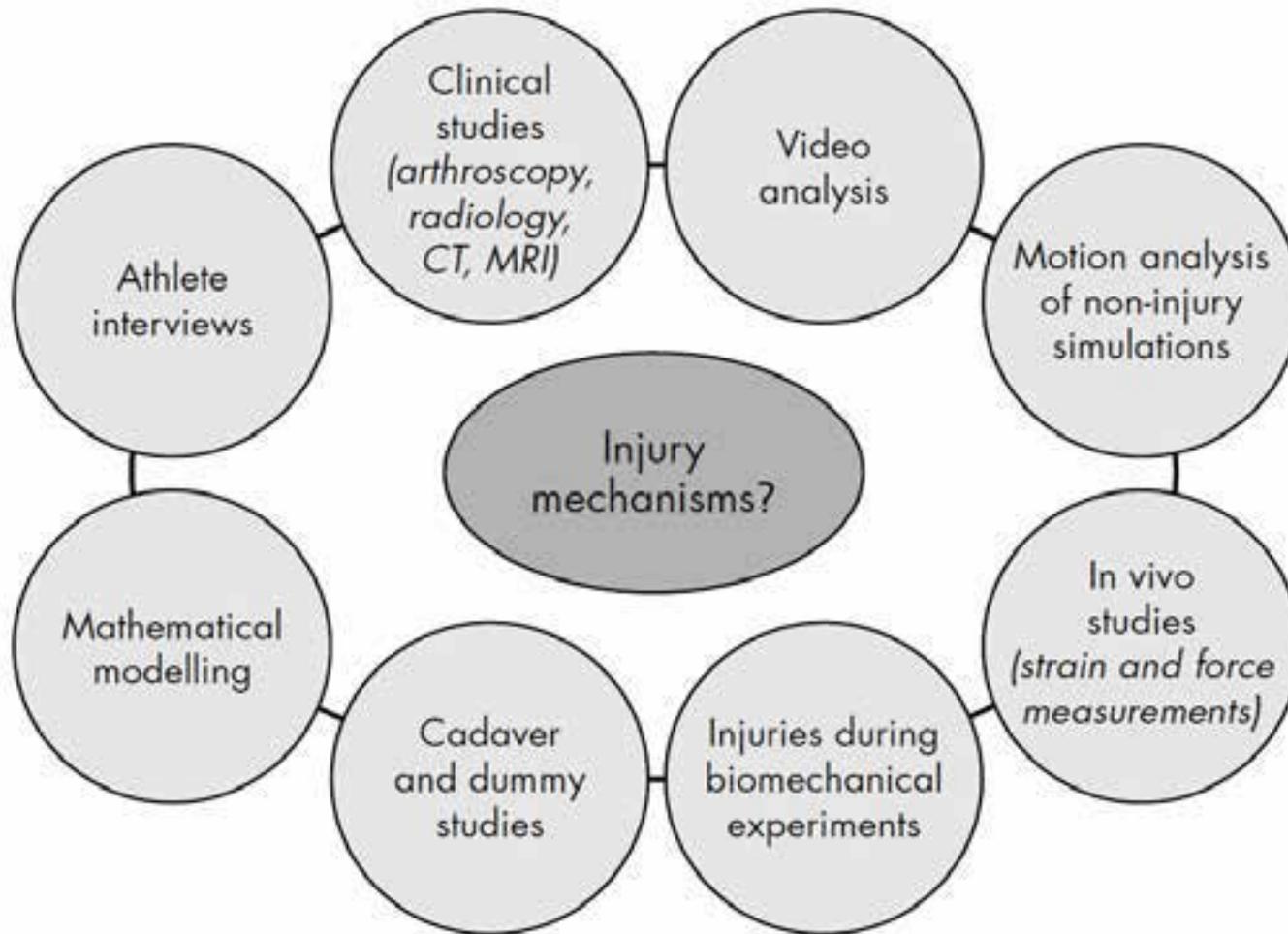
**膝の軽度屈曲位、内旋位あるいは外旋位での  
外反collapseによる受傷頻度が高い**

# 前十字靭帯損傷の原因 (非接触外傷)

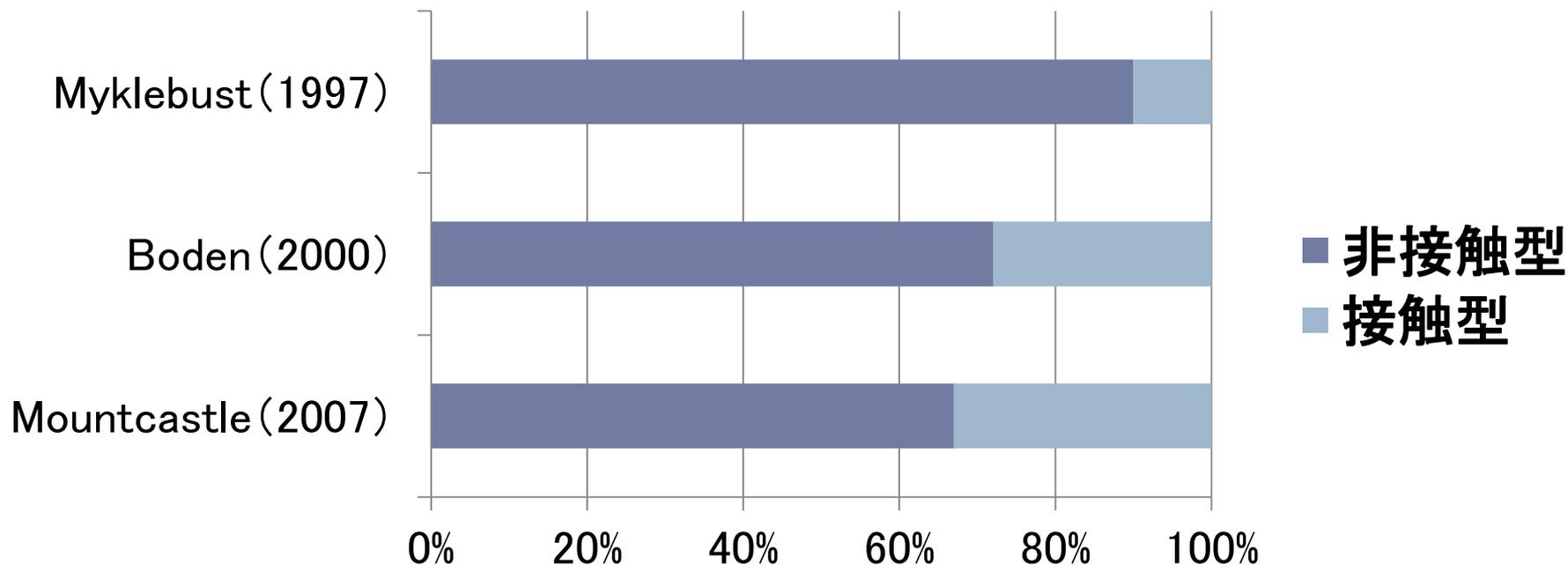
Mechanism of non contact injury



# 受傷メカニズムの研究手法



# 聞き取り調査



**約7割は非接触型**

**受傷機転：ストップやカッティングなどの減速性動作で好発**

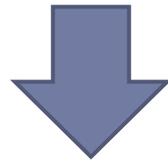
# 臨床所見 (MRI)

---



Viskontas 2008

Bone Bruiseの好発部位  
⇒ 大腿骨外側顆中央部  
外側脛骨プラトー後方部



膝関節外反・内旋と脛骨前方変位

---



# 臨床所見 (MRI)



Flexion angle :  $12^{\circ}$

Anterior tibial translation : 22mm

Internal tibial rotation :  $15^{\circ}$

▶ Valgus rotation :  $5^{\circ}$

# ビデオ解析

---

・方向転換や着地などの急な減速動作において、体幹後傾位かつ膝関節伸展位

Boden BP Ortho. 2000

・切り返しや片脚着地において、膝関節伸展域での脛骨内旋または外旋

Olsen OE Am J Sports 2004

---



# ビデオ解析

---

Mechanisms of ACL injury in professional rugby union: a systematic video analysis of 36 cases

Montgomery C Br J Sports 2016

- 半分以上が接触による損傷
  - 非接触型ではside-stepping manoeuvreでの
    - 膝屈曲角度が小さいこと
    - heel-firstでの接地がACL損傷に関連
- 



# ビデオ解析

---

Mechanisms and situations of anterior cruciate ligament injuries in professional male soccer players: a YouTube-based video analysis

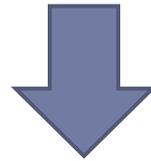
Alberto G Eur J Ortho 2017

- 最初の10分間に多い
- penalty areaやside-line近くでの受傷が多い
- 股関節屈曲内旋位での膝外反ストレス



# ビデオ解析

欠点：視覚的分析による角度の推定はかなりの  
の誤差がある Krosshaug T Gait Posture 2007



**MBIM法**  
**(model-based image-matching)**

実際の受傷シーンのビデオに3次元モデルを  
マッチさせ、3次元的なキネマティクスを推定する

# MBIM



Poser front camera



Poser side camera



# MBIM

Camera 1 (50 Hz)



Camera 2 (100 Hz)



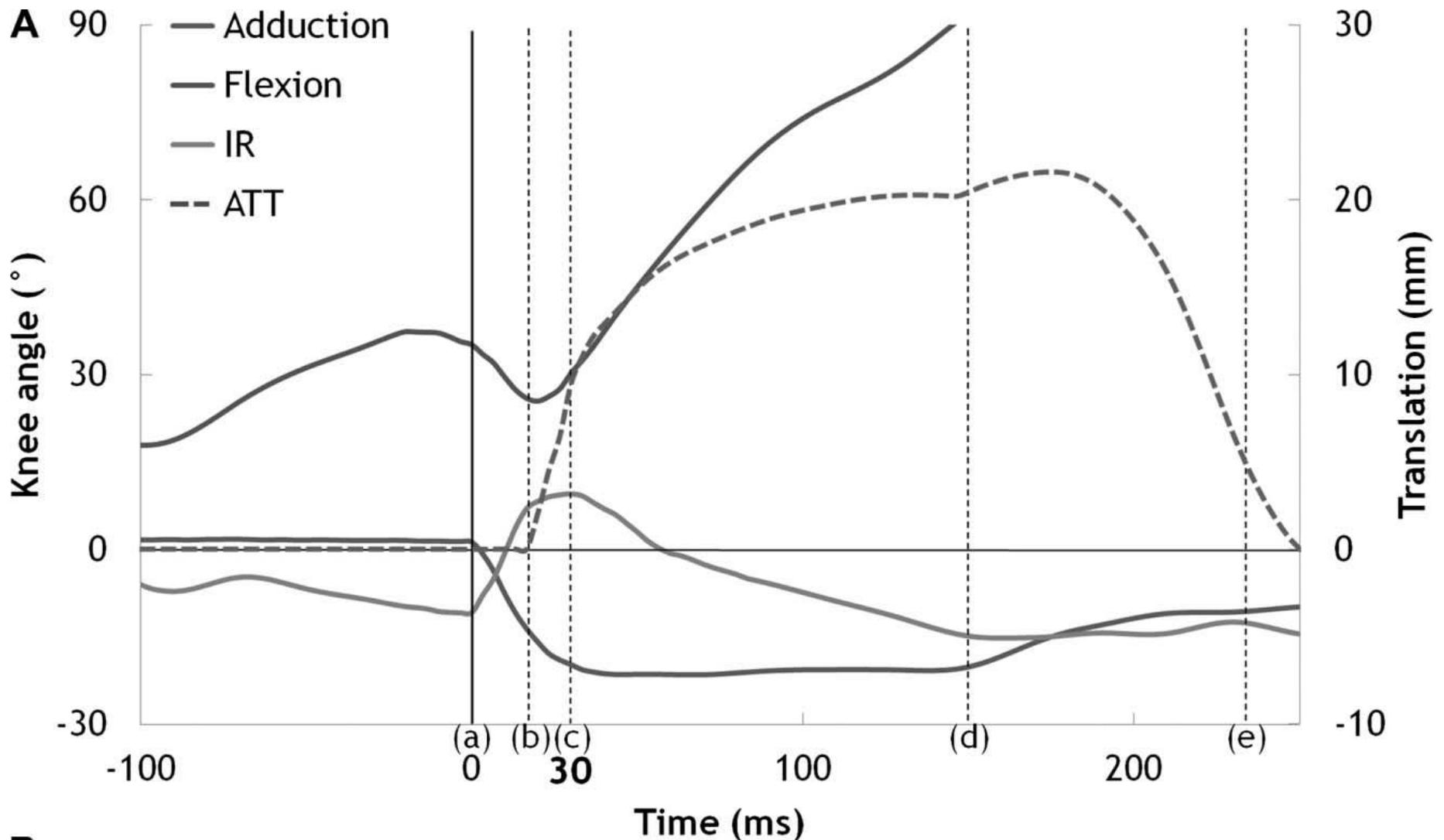
Camera 3 (300 Hz)



Camera 4 (50 Hz)



# MBIM



# MBIM

---

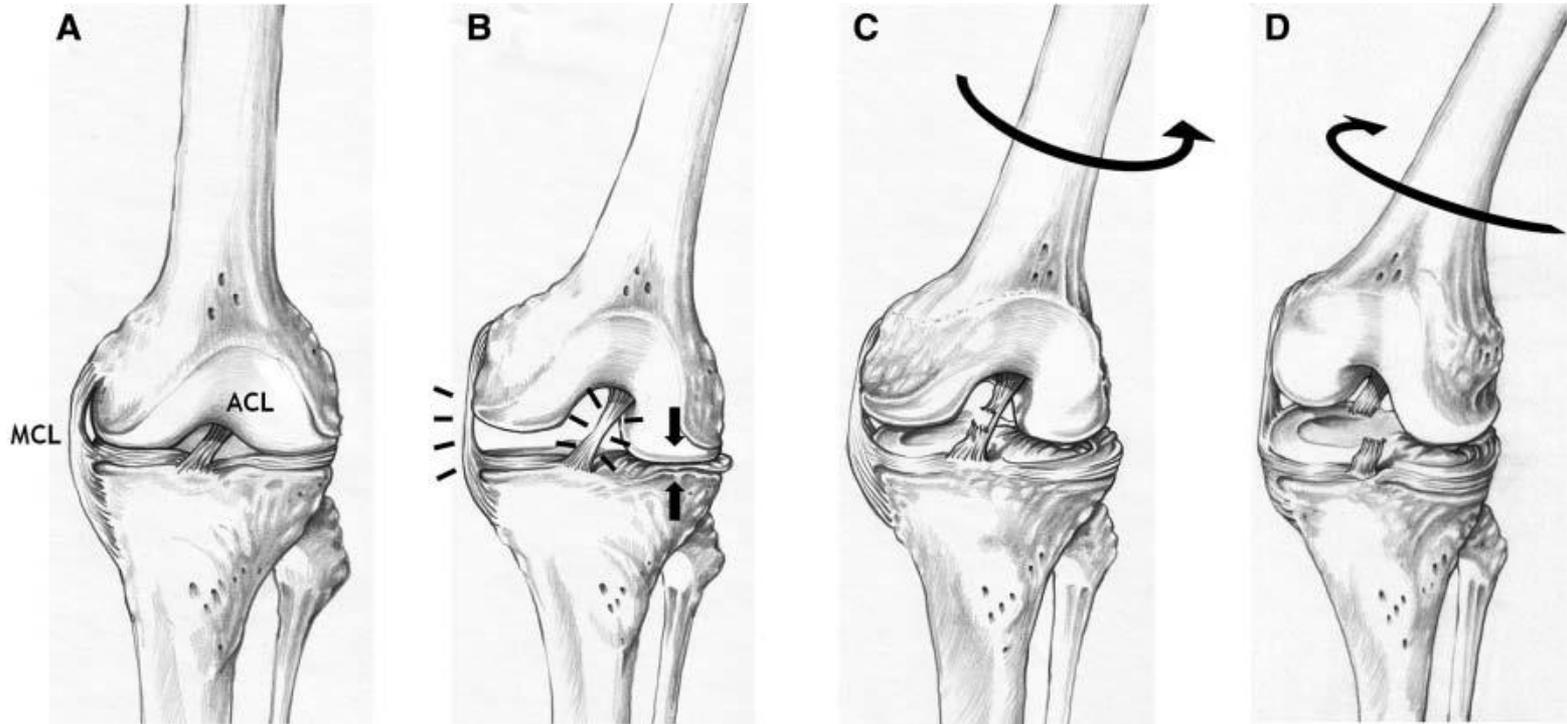
- ▶ 接地後40msまでに急激な膝外反＋内旋
- ▶ 40ms後、外旋に転じる



- ▶ ACL損傷は接地後40ms付近で生じている可能性



# MBIM



外側コンパートメントの圧迫

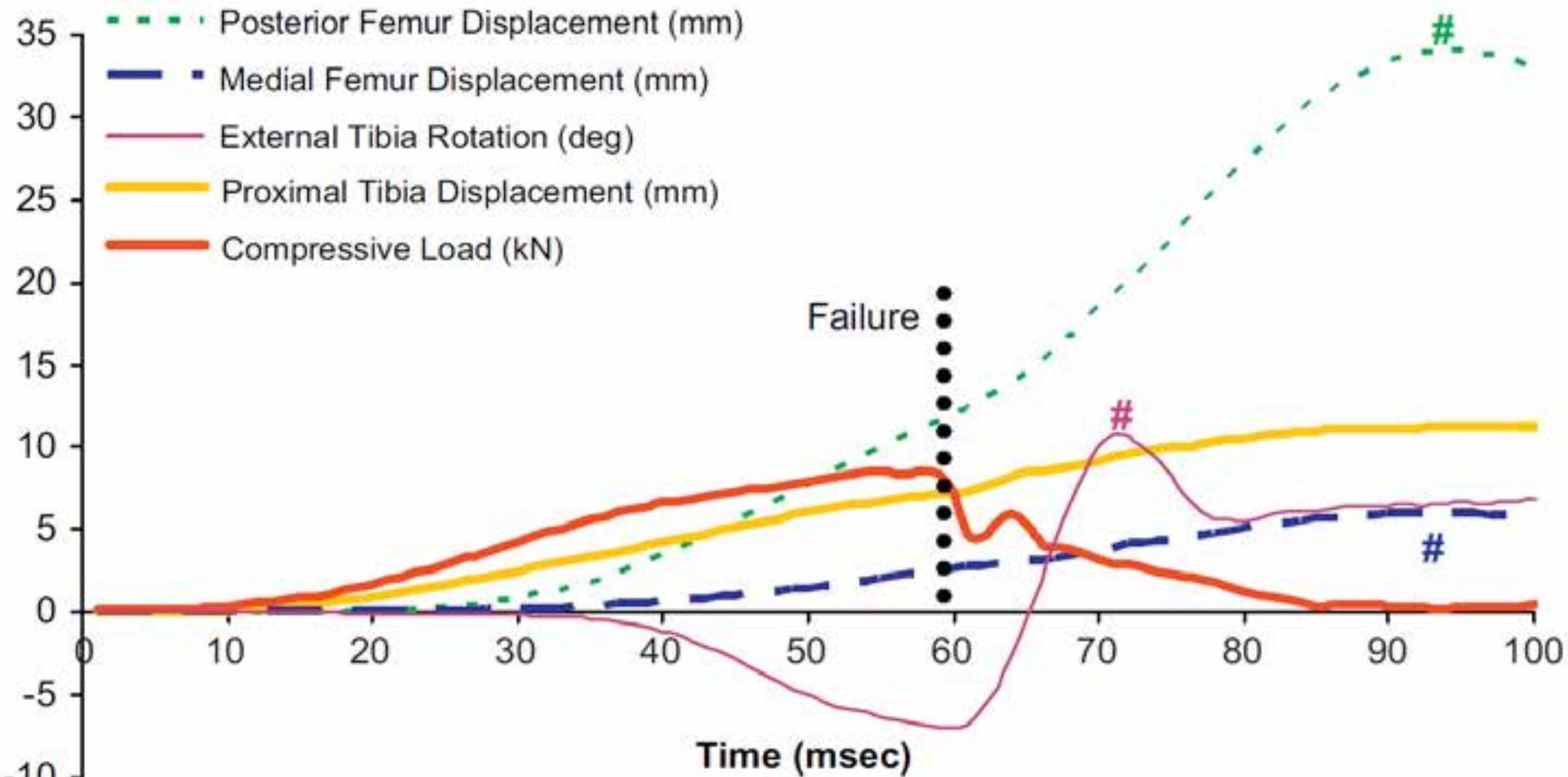


大腿骨外顆の後方偏位(脛骨内旋)



大腿骨内顆の後方偏位(脛骨外旋)

# Cadaver研究



# Cadaver研究

---

- ▶ 膝30度屈曲位で脛骨大腿関節（FT関節）圧縮力



- ▶ 脛骨が前方に偏位していき、ACL断裂

**断裂前までは内旋したが、断裂直後から外旋  
⇒ACL損傷受傷時の膝関節外旋運動は断裂後に  
起こっていた可能性**



# Cadaver研究

---

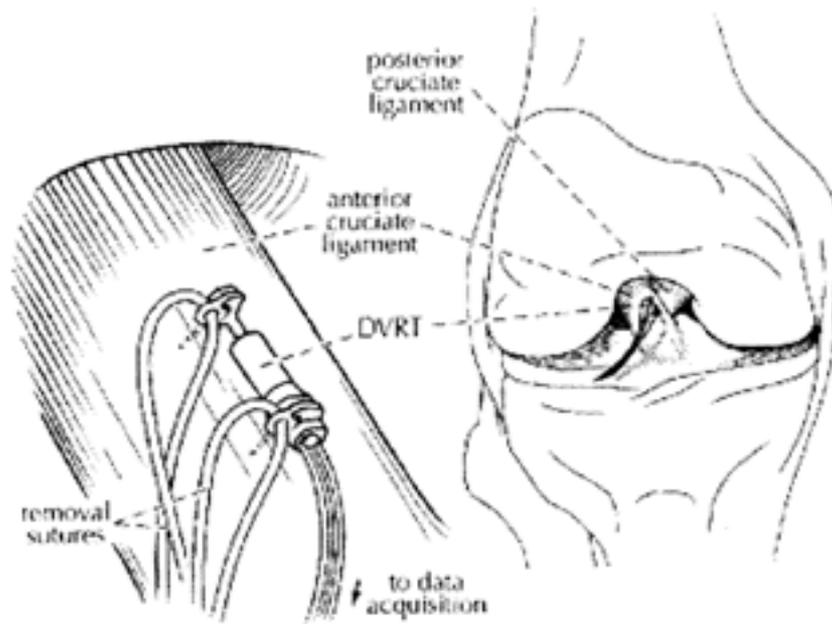
体重4倍のFT関節圧縮力と脛骨内旋トルクを  
繰り返し負荷



平均21回で8/10例でACL断裂  
⇒1回の突発的な外力で起こるのみでなく、  
繰り返し加わるストレスによっても起こりうる

膝関節外反位接地を繰り返すことにより  
ACLが摩耗し破断閾値が低下する可能性

# In vivo研究



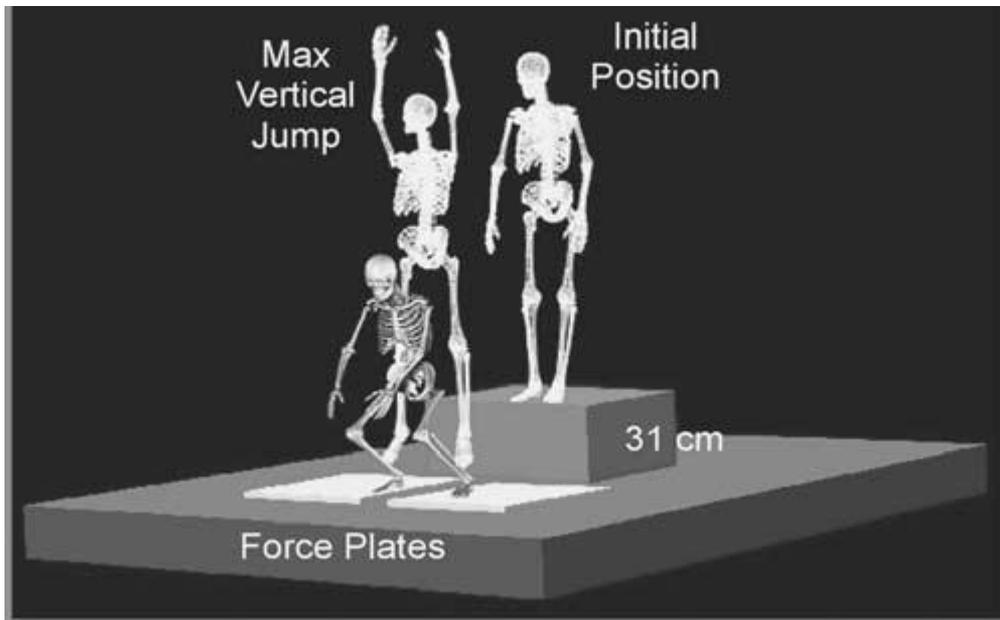
- ▶ 歪みゲージをACL前内側線維束に埋め込んで生体内のACL歪みを測定

# In vivo研究

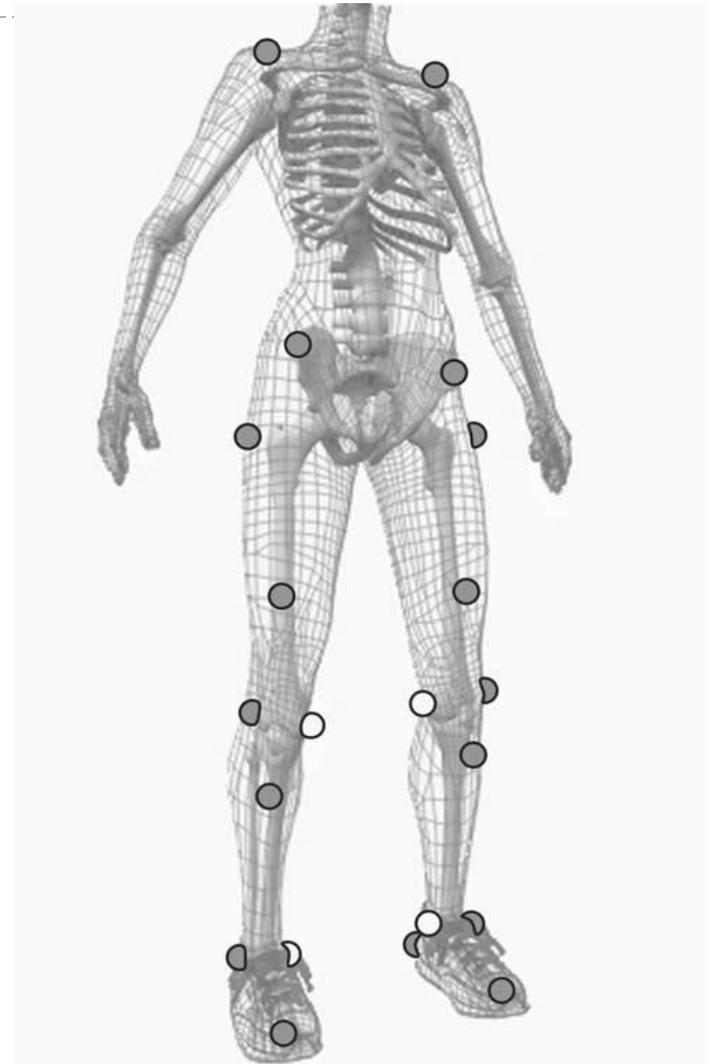


MRIから三次元モデルを構築しACL長を計測  
伸展位で最も長い  
⇒伸展位での着地がリスクが高い

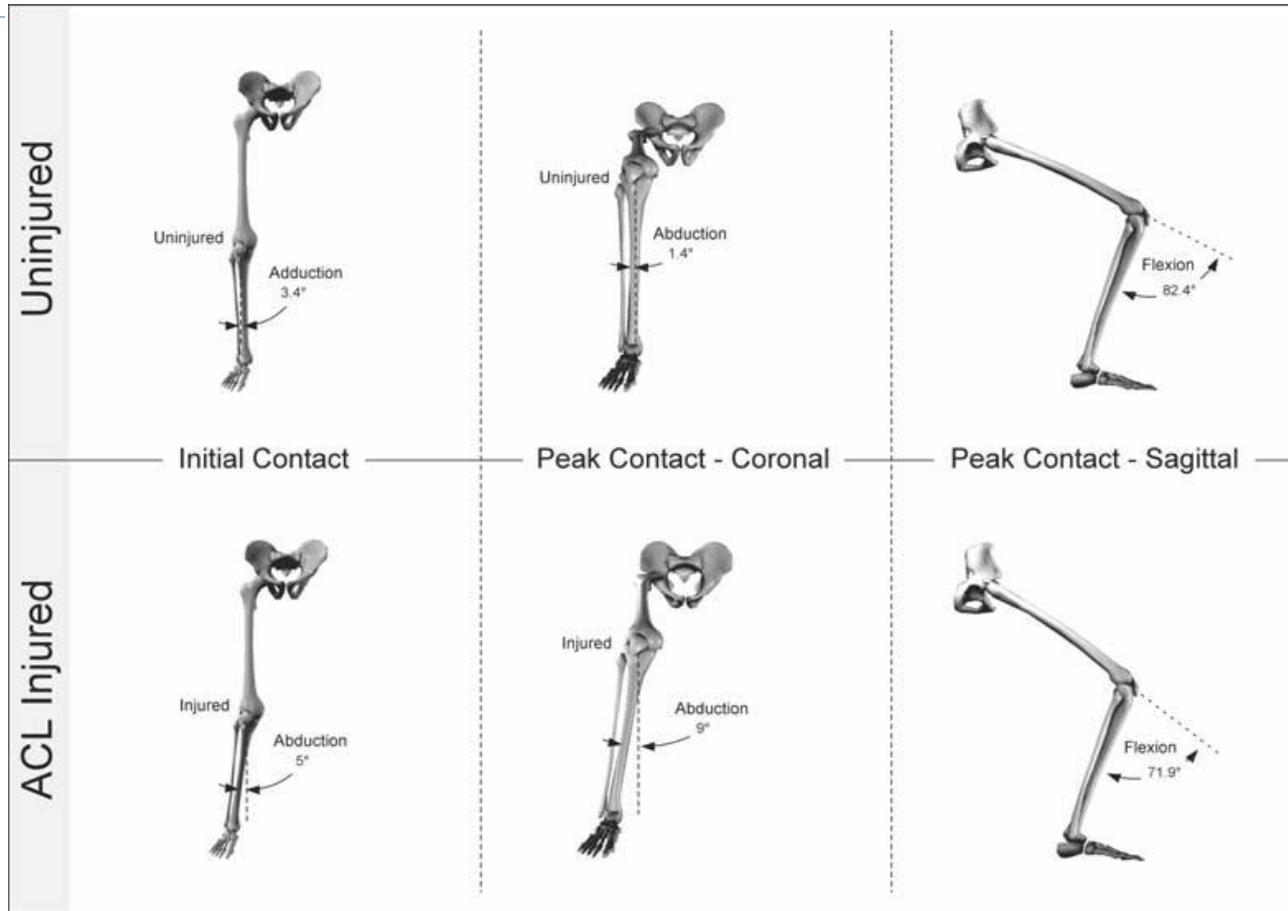
# 動作解析



- ▶ 前向きコホート
- ▶ 女子高生205人
- ▶ Vertical Drop Jump



# 動作解析



大きな膝関節外反角度およびモーメントを呈した選手はACL損傷リスクが高い

# 動作解析

## The Vertical Drop Jump Is a Poor Screening Test for ACL Injuries in Female Elite Soccer and Handball Players

Krosshaug T Am J Sports 2016

- ▶ 前向きコホート
- ▶ 女子サッカー＋ハンドボール選手710人
- ▶ Vertical Drop Jump
- ▶ 接地時の外反角、最大屈曲角、内側偏位等



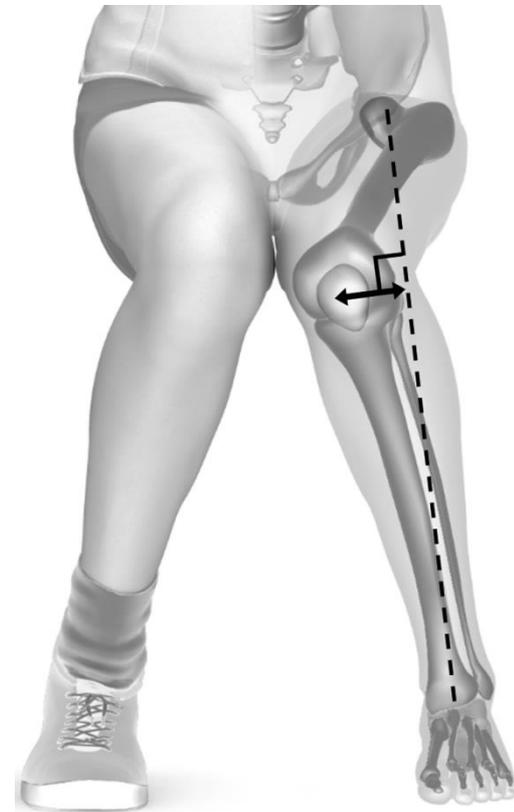
# 動作解析

---

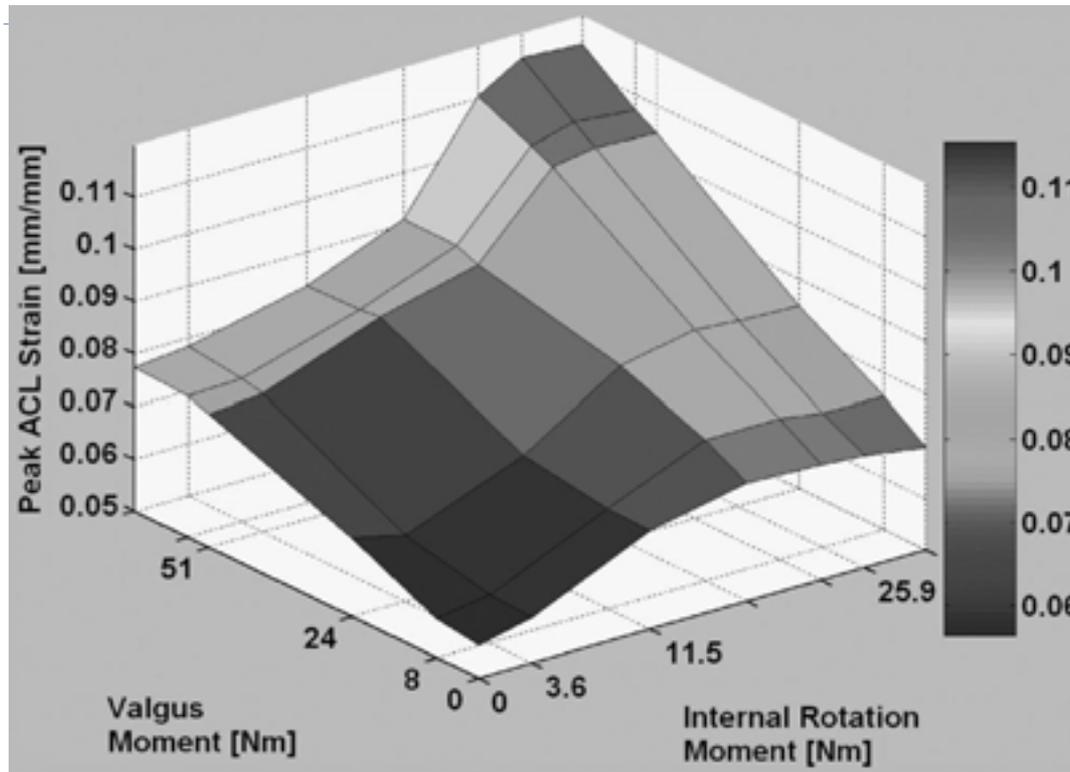
- ・膝の内側偏位が大きいことが ACL断裂の唯一のrisk factor

- ・感度特異度は低いため、スクリーニングには使えない

⇒ Vertical Drop Jumpの測定項目は ACL損傷のリスクとは相関しない



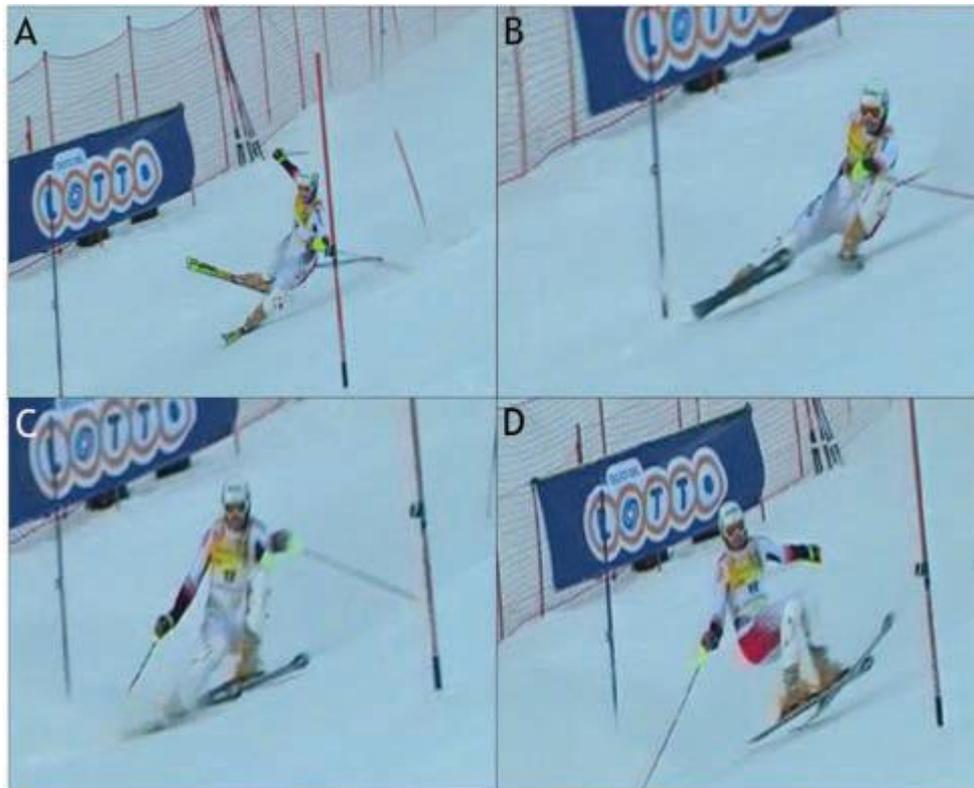
# シミュレーションモデル研究



- ▶ 外反モーメントと内旋モーメントを合わせると、それぞれ単独よりACLの歪みが大きくなる

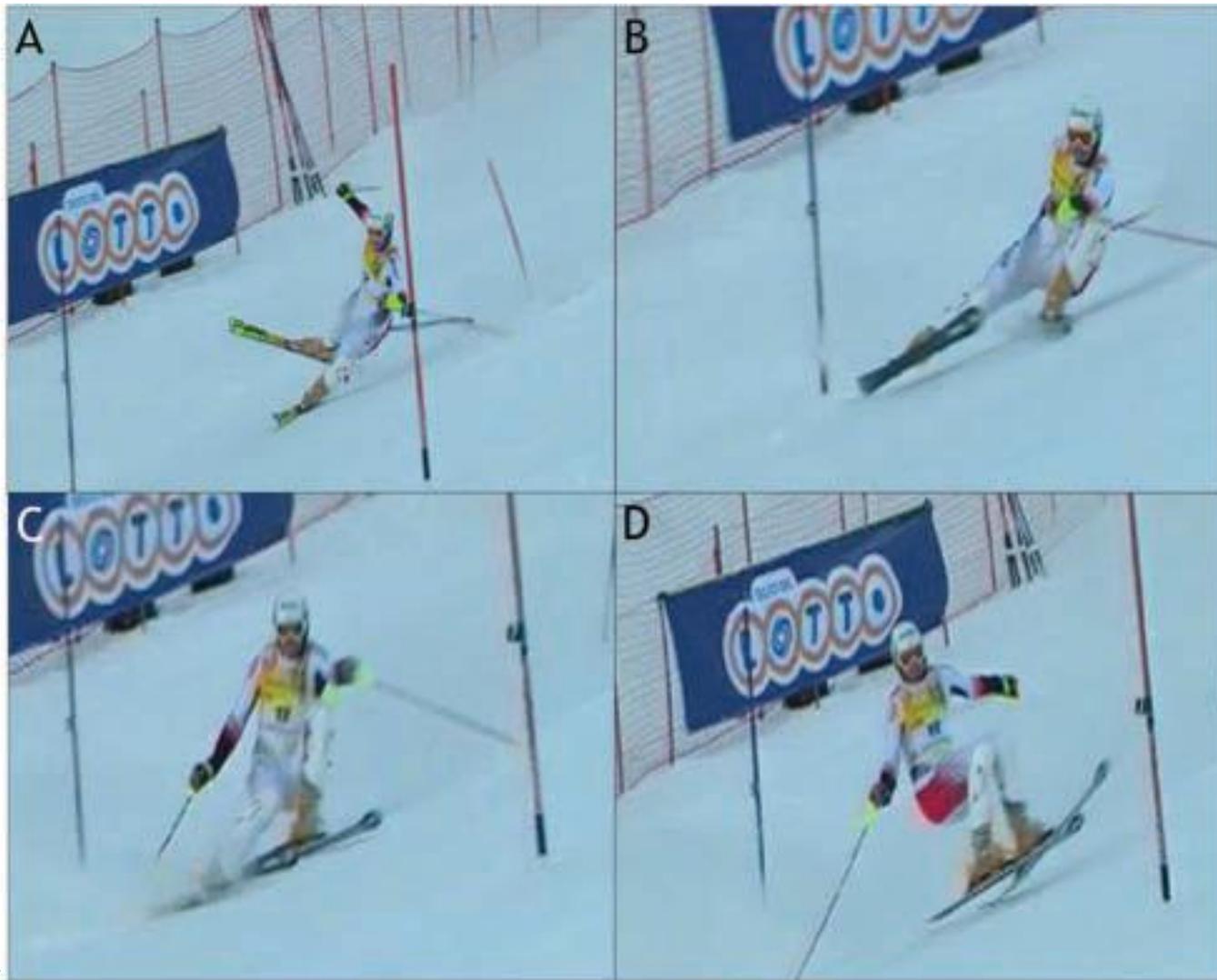
# アルペンスキー

## ▶ アルペンスキーワールドカップのビデオ解析



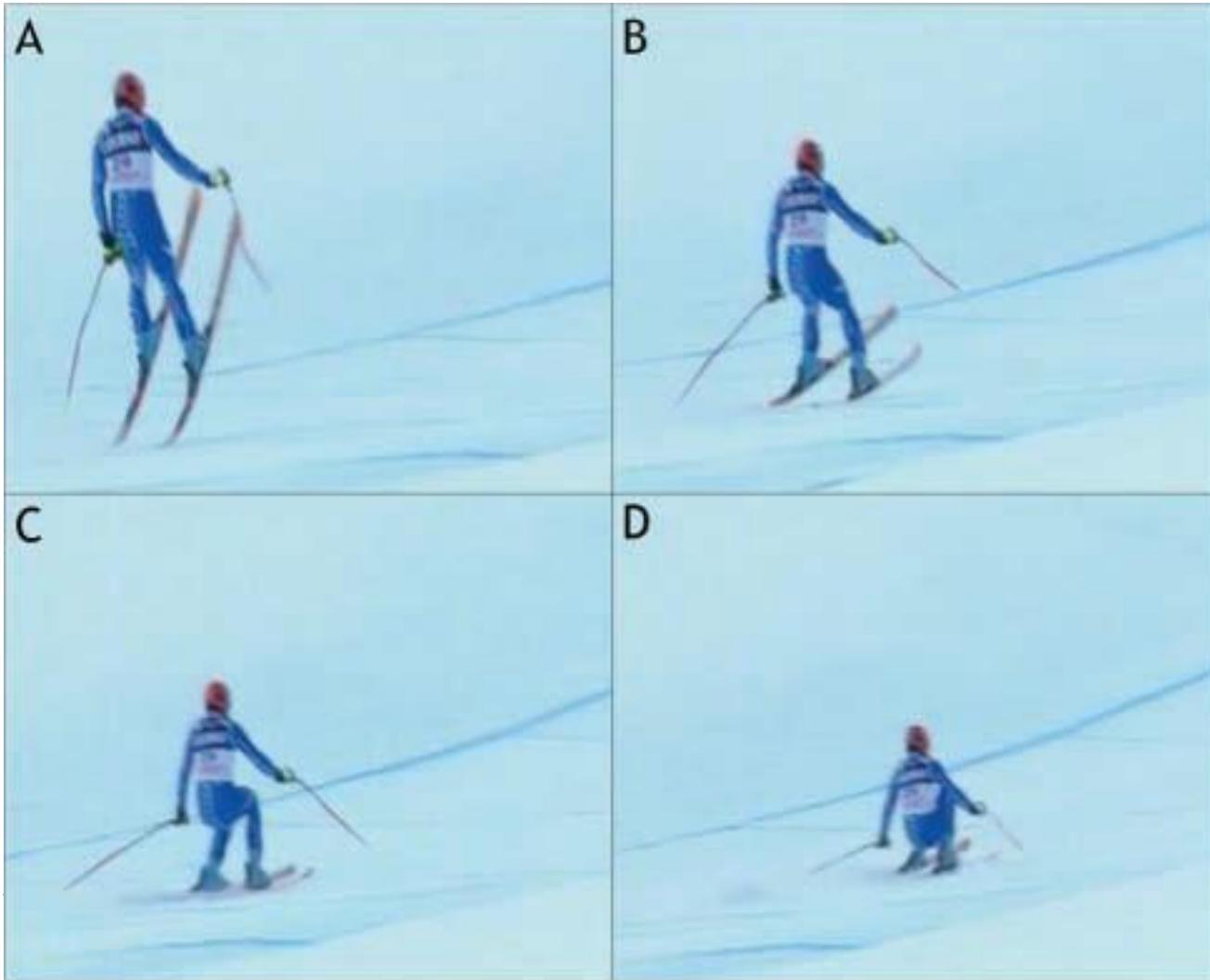
# アルペンスキー

▶ Slip-catch



# アルペンスキー

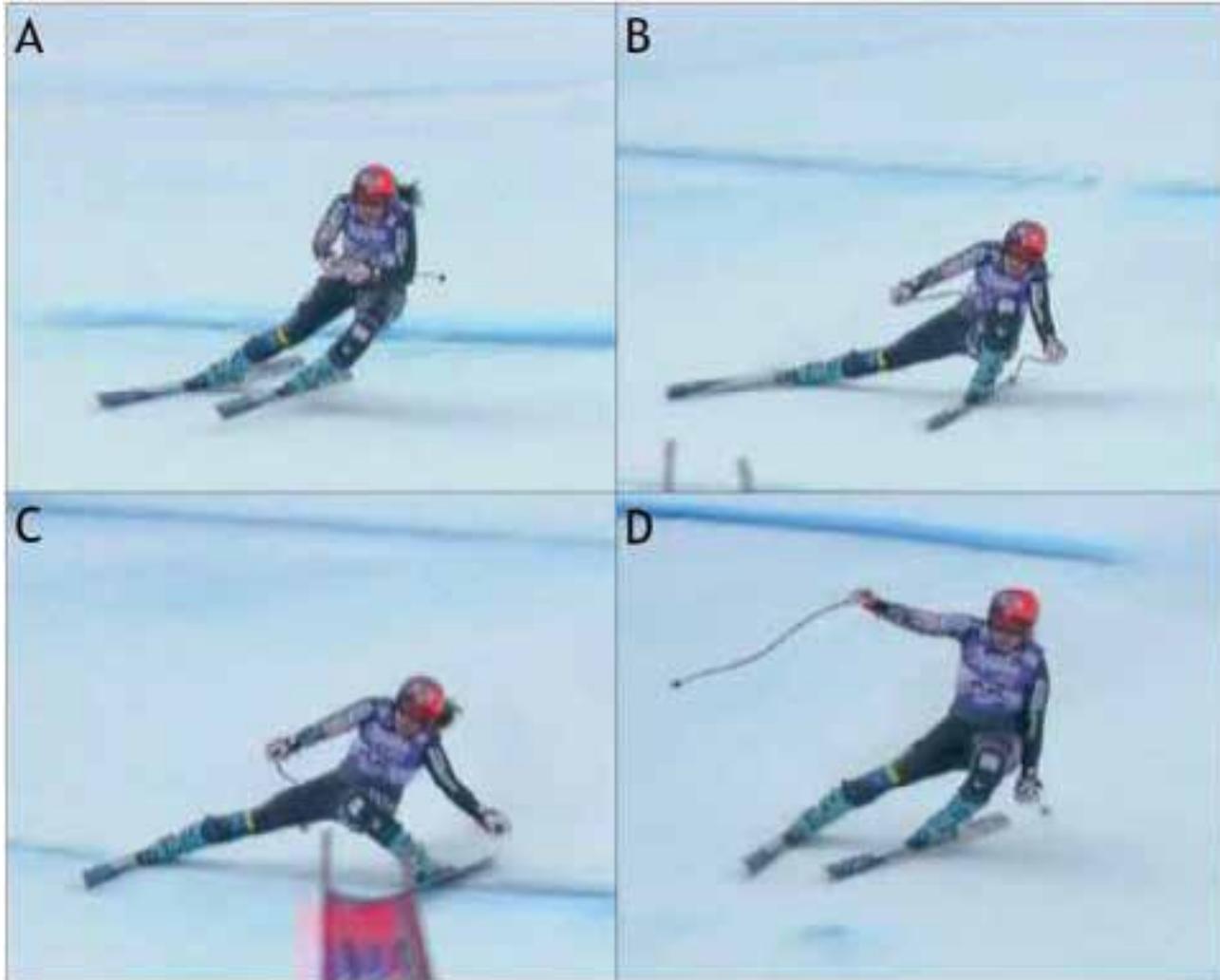
## ▶ Landing back-weighted



# アルペンスキー

---

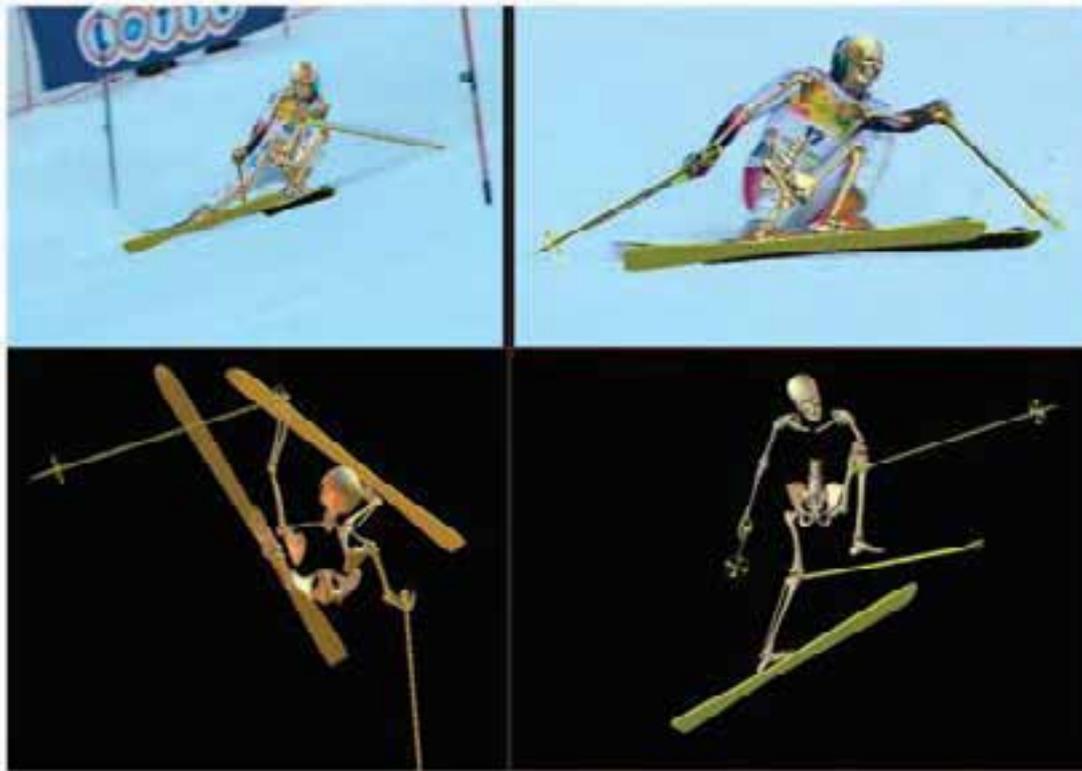
## ▶ Dynamic snowplow



# アルペンスキー

---

## ▶ MBIM法 (Slip-catch)



## ▶ 急激な屈曲、外反、内旋

# まとめ

---

- ▶ ACL損傷の受傷メカニズムは、  
膝関節外反・内旋＋脛骨前方偏位の  
3平面の負荷が有力
  
- ▶ 膝関節外旋も一つと考えられていたが、  
ACL断裂後に起こっている可能性



---

---

