

# 二電極電気インピーダンス法による 軟骨細胞 - アガロースゲル複合体の力学特性評価

## Evaluation of Mechanical Property for Chondrocyte-Agarose gel Construct Using a Two-electrode Electrical Impedance Method

同志社大学 生命医科学研究科 バイオマテリアル研究室  
後藤 貴士, 森田 有亮, 高井 綾子, 仲町 英治

### 緒言

関節疾患に対する再生医療が注目されている。

#### 再生軟骨移植術

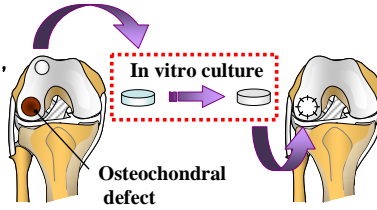
患者の非荷重部から自家軟骨片を採取し、体外で培養した後、欠損部に移植

#### ■ 関節軟骨の機能

- ・ 荷重支持
- ・ 衝撃吸収

➔ 移植後の関節軟骨の早期回復や患者のQOL維持のため、高い力学特性を有した培養軟骨を移植することが重要

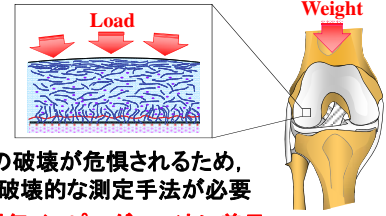
培養軟骨を最適な状態で移植するため、  
培養軟骨の成熟度に加え、力学特性の評価が必要



#### ■ 培養軟骨の力学特性評価

- ・ 圧縮試験
- ・ 動的粘弾性試験
- ・ 摩擦試験

➔ 力学試験による培養軟骨の破壊が危惧されるため、培養軟骨の力学特性の非破壊的な測定手法が必要  
非破壊的な評価手法として電気インピーダンス法に着目

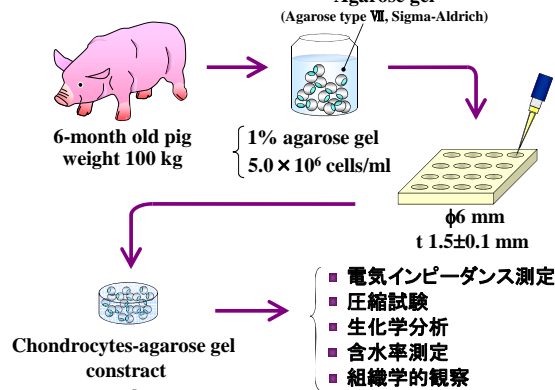


#### 目的

培養日数に伴う培養軟骨の電気インピーダンスと力学特性の変化およびそれぞれの関係を調べ、培養軟骨の力学特性の非破壊的な評価手法として電気インピーダンス法の有効性を検討すること

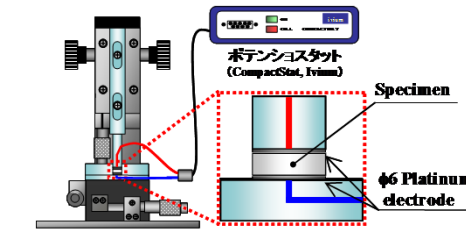
### 実験方法

#### 実験プロトコル



#### 電気インピーダンス測定

測定周波数  $5.0 \times 10^4$  Hz における電気インピーダンスを受動的電気特性として算出

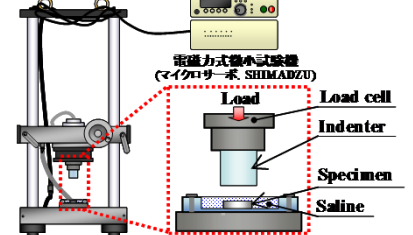


#### 実験条件

制御	振幅	周波数	押し込み量
電圧	10 mVrms	1.0 Hz-1.0x10 <sup>6</sup> Hz	厚さの5%

#### 圧縮試験

応力-歪み曲線におけるひずみ10%における接線の傾きを圧縮剛性と定義して算出



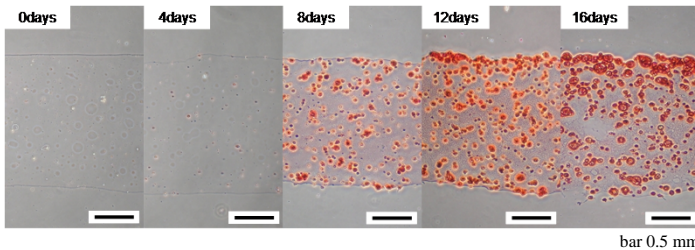
#### 実験条件

ひずみ速度	負荷ひずみ
0.001/sec	20%

### 結果と考察

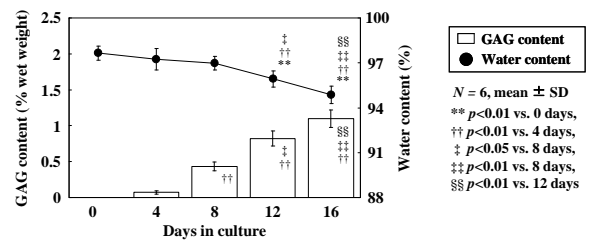
#### 軟骨細胞-アガロースゲル複合体の組成変化

##### 組織学的観察(サフランinO染色)



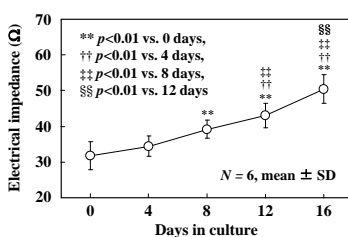
・培養8日目より細胞周囲に産生された細胞外基質が観察され、培養日数に伴ってGAG量は増加した。  
・細胞外基質の増加に伴い組織の含水率は低下した。

##### グリコサミノグリカン(GAG)量測定および含水率測定

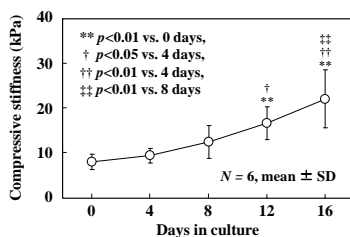


#### 軟骨細胞-アガロースゲル複合体の特性変化

##### 電気インピーダンス測定



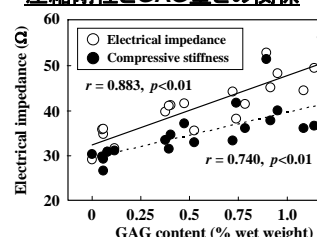
##### 圧縮試験



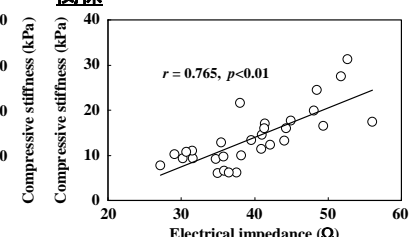
・電気インピーダンスおよび圧縮剛性は培養日数に伴い上昇した。

#### パラメータの相関関係

##### 電気インピーダンスおよび圧縮剛性とGAG量との関係



##### 電気インピーダンスと圧縮剛性との関係



・電気インピーダンスおよび圧縮剛性は細胞外基質の産生、すなわち組織の成熟に伴って上昇し、両者は有意な相関関係を示した。

### 結論

- 電気インピーダンスと圧縮剛性はGAG量との間に有意な相関関係が見られ、電気インピーダンスを測定することで成熟度を予測できることが示唆された。
- 電気インピーダンスと圧縮剛性との間に有意な相関関係が見られ、電気インピーダンスを測定することで圧縮剛性を予測できることが示唆された。
- 電気インピーダンス法により培養軟骨の成熟度およびそれに伴う力学特性を非破壊的に評価が可能であることが示唆された。