

研究課題名

ボールミリング法で改質した β -TCP セメントの粉液比の増加による強度と注入性

1. 研究目的と成果内容

背景と目的

リン酸カルシウムセメント (CPC) は現在、臨床の様々な分野で骨代替材料として使われている。本研究の目的は、優れた注入性と同時に短い硬化時間と高強度を示す CPC を開発し、注入型 CPC の用途を拡大することである。現在までにより高い注入性を示す CPC を開発したが、粉液比を変更してより強度が増加するかを検討した。

材料と方法

β 型 3 リン酸カルシウム粉末 (コントロール : $c\beta$ -TCP) をボールミリング法により改質した粉末 (改質 β -TCP : $m\beta$ -TCP) を作製した。両粉末は CaCl_2 水溶液、次いで、 NaH_2PO_4 水溶液と練和した。粉液比 (P/L) は 4:1:1 (R2.0) と 5:1:1 (R2.5) とした。練和後のペーストを注射器に充填し、ペーストを押し出す際の 負荷-押し込み量相関を万能試験機により測定した。最大荷重は 300N とした。

硬化体の機械的特性は圧縮強さ (CS) および間接引張強さ (DTS) で調べた。試験片の寸法はそれぞれ直径 3.9 mm / 高さ 5.8 mm, 直径 5.6 mm / 高さ 4.2 mm とした。

練和後 7 日目の DTS 用試験片の気孔率を乾式密度計で測定した。

結果

$c\beta$ -TCP は充填後 5 分で注入できなくなった。一方、 $m\beta$ -TCP (R2.0) は充填後 7 時間まで注入可能で、 $m\beta$ -TCP (R2.5) は充填後 30 分で注入できなくなった。充填後 1 時間後の $c\beta$ -TCP (R2.0) と $m\beta$ -TCP (R2.0, R2.5) の注入性はそれぞれ、0.2%、23.8% 及び 0.2% であった。 $c\beta$ -TCP は練和後 3 時間まで硬化しなかったが、 $m\beta$ -TCP (R2.5) は練和後 1 時間で高い CS を示した。

練和後 3 日目の CS を比べると $m\beta$ -TCP (R2.5) は 44.6 MPa で、 $m\beta$ -TCP (R2.0) の 30.8 MPa より高い値を示した。

練和後 7 日目の試料の DTS 測定後の破断面を SEM で観察したところ、 $m\beta$ -TCP (R2.5) では $m\beta$ -TCP (R2.0) よりも、結晶の集合体が大きくなるとともに緻密になっていた。気孔率を測定したところ、 $m\beta$ -TCP (R2.0) は $41.9 \pm 2.0\%$ 、 $m\beta$ -TCP (R2.5) は $38.4 \pm 0.9\%$

であった。

以上より、ボールミリング法で改質した β -TCP粉末は、粉液比(P/L)を2.0から2.5に増加させることで、注入性は低下するが、注入は可能で、練和後早期から高い強度を示し、気孔率も減少することがわかった。

2. 自己評価

今回の研究より、粉液比を増加させたところ、セメント試料の練りやすさはあまりかわらなかったが、R2.0の時よりもR2.5の方が早期からの強度の向上が見られた。

注入性はR2.0の時よりも減少したもののR2.5では30分の余裕があり、臨床で用いるのは十分であると考えられた。現在は動物実験による評価を行っている所である。

3. 学会発表

国内学会

メカノケミカル手法で改質した β -TCPセメントの強度に粉液比が及ぼす影響 日本歯科理工学会 仙台 2015年4月 伊田百美香, 裴志英, 関根一光, 河野文昭, 浜田賢一 ポスター

メカノケミカル手法で改質した β -TCPセメントの注入性と気孔率に粉液比が及ぼす影響 日本歯科理工学会 東京 2015年10月 伊田百美香, 裴志英, 関根一光, 河野文昭, 浜田賢一 ポスター

ボールミリング法で改質した β -TCPセメントの機械的性質に及ぼす混水比の影響 バイオマテリアル学会 京都 2015年11月 伊田百美香, 裴志英, 関根一光, 河野文昭, 浜田賢一 口頭発表

ボールミリング法で改質した β -TCPセメントの粉液比の増加による強度と注入性 バイオマテリアル中四国シンポジウム 徳島 2016年2月 伊田百美香, 裴志英, 関根一光, 河野文昭, 浜田賢一 口頭発表

国際学会

Effect of powder/liquid ratio on the strength of mechano-chemically modified β -tricalcium phosphate cement 27th European Conference on Biomaterials Krakow, Poland September 2015 Yumika Ida, Ji-Young Bae, Kazumitsu Sekine, Fumiaki Kawano and Kenichi Hamada ポスター