

# Índice general

|  |          |
|--|----------|
| <b>1. Anexo</b>  | <b>1</b> |
| 1.1. Programa usado para el cálculo de la mineralización . . . . . | 1        |



# Capítulo 1

## Anexo

### 1.1. Programa usado para el cálculo de la mineralización

Los siguientes comandos forman parte de una rutina implementada en el programa comercial Fortran. La rutina principal es la desarrollada por Martínez Reina para simular el modelo mecanobiológico, en ella se produce una llamada a la siguiente para el nuevo cálculo de la mineralización.

Se definen nuevas variables:

VFE= volumen formado en el equilibrio de remodelación.

VRE= volumen reabsorbido en el equilibrio de remodelación.

VBE= volumen de tejido en el instante inicial.

TOTAL= variable auxiliar para el cálculo del tiempo de residencia.

VRA= volumen reabsorbido actualizado.

VBA= volumen de tejido actualizado.

VB1= volumen de tejido en el instante en que nos encontramos.

A1,A2,A3,A4,B1,B2,B3,B4,C1,C2,C3,C4,D2= variables auxiliares.

VECAUX2= es una pila donde se almacena el volumen de tejido que queda del que se ha formado cada día. Este volumen formado ha ido disminuyendo por reabsorción.

Se definen los valores de los volúmenes de formación, reabsorción y volumen inicial en el equilibrio de remodelación.

VFE=0.0000493

VRE=0.0000493

VBE=0.3663

VBA=VBE

TOTAL=VFE

Se calcula el tiempo de residencia del tejido y se inicializa la pila con el volumen de tejido.

```
IF (TIME2.LT.2) THEN
```

```
VECAUX2(1)=VFE
```

```
DO J=2,1000
```

```
VECAUX2(J)=VECAUX2(J-1)*(1-0.00001)
```

```
TOTAL=TOTAL+VECAUX2(J)
```

```
IF (TOTAL ≥ VBE) THEN
```

```
TR=J
```

```
PRINT*, 'TR,TOTAL', TR, TOTAL
```

```
PRINT*, 'VB', VOL
```

```
EXIT
```

```
ENDIF
```

```
ENDDO
```

```
ENDIF
```

Se definen los valores de los volúmenes de formación, reabsorción y volumen en el instante de tiempo en el que nos encontramos.

DVF=0.0000493

DVR=0.0000493

VRA=0.0000493

VBA=0.3663

VB1=0.3663

Se calculan los términos que componen el nuevo volumen de mineral y que forman la ecuación (??).

Primer término:

$A1=VM1*VB1$

Segundo término:

A2=0.214\*DVF

Tercer término:

A3=VM1\*DVR

Cuarto término: En primer lugar es necesario actualizar la pila con el volumen que se ha ido formando:

DO I=3000,2,-1

IF (VECAUX2(I-1)==0) THEN

VECAUX2(I)=0.0

ELSE

VECAUX2(I)=VECAUX2(I-1)-VECAUX2(I-1)\*VRA/VBA

La siguiente condición obliga a que si uno de los elementos de la pila es demasiado pequeño pase a valer cero directamente.

IF (VECAUX2(I) ≤ 0.0000001) THEN

VRA=VRA-VECAUX2(I-1)

VBA=VBA-VECAUX2(I-1)

VECAUX2(I)=0

PRINT\*, 'VRA', VRA

ENDIF

ENDIF

ENDDO

VECAUX2(1)=DVF

Una vez actualizada la pila se realiza el sumatorio:

A4=0.0

DO I=2,3000

A4=A4+VECAUX2(I)\*(((RHOCOL\*VO1/RHOMIN)/((1/(XMINMAX+(0.45-XMINMAX)\*EXP(-XKAPPA\*(I-1))))-1))-((RHOCOL\*VO1/RHOMIN)/((1/(XMINMAX+(0.45-XMINMAX)\*EXP(-XKAPPA\*(I-2))))-1))) C PRINT\*, 'A4 EN EL SUMATORIO', A4

ENDDO

VM1=(A1+A2-A3+A4)/VB1

Se calcula el volumen de agua:

B1=VW1\*VB1

B2=0.357\*DVF

$$B3=VW1*DVR$$

$$B4=-A4$$

$$VW1=(B1+B2-B3+B4)/VB1$$

Se calcula el volumen de colágeno que no habrá variado:

$$C1=VO1*VB1$$

$$C2=(3.0/7.0)*DVF*DTIME$$

$$C3=VO1*DVR*DTIME$$

$$C4=0$$

$$VO1=(C1+C2-C3+C4)/VB1$$

Lo siguiente es una comprobación de que el volumen de colágeno no ha variado:

$$D2=VB1-DVR+DVF-VB1$$

Se calcula la fracción de ceniza a partir del nuevo volumen de mineral:

$$MINER=RHOMIN*VM1/(RHOMIN*VM1+RHOCOL*VO1)$$

$$VOL=VB1$$

$$VOL2=VOL$$

Lo siguiente es otra comprobación de que la suma de los volúmenes específicos de agua, mineral y colágeno es 1.  $D2=VM1+VW1+VO1$

IF(D2≤0.9) PRINT\*, 'ATENCION VM1+VW1+VO1 VALE', D2, 'STAMOS EN EL DIA', TIME2

IF(D2≥1.1) PRINT\*, 'ATENCION VM1+VW1+VO1 VALE', D2, 'STAMOS EN EL DIA', TIME2

# Bibliografía

- [1] M. Doblaré and J. M. García. Anisotropic bone remodelling model based on a continuum damage-repair theory. *J. Biomech.*, 35 (1):1–17, 2002.
- [2] J. M. García. *Modelos de remodelación ósea: análisis numérico y aplicación al diseño de fijaciones de fracturas del fémur proximal*. PhD thesis, Universidad de Zaragoza, 1999.
- [3] Fco. Javier Martínez Reina. *Aplicación de modelos de remodelación ósea interna al estudio del comportamiento de implantes dentales*. PhD thesis, E.S.I. Industriales. Universidad de Sevilla, 2006.
- [4] K. Tsubota, T. Adachi, and Y. Tomita. Functional adaptation of cancellous bone in human proximal femur predicted by trabecular surface remodeling simulation toward uniform stress state. *J. Biomech.*, 35(12):1541–1551, 2002.