

MODELLISTICA MATEMATICA DELLA MICROCIRCOLAZIONE SANGUIGNA

Alice Saracco¹, Marco Storace¹, Rodolfo Repetto², Gianmario Sambuceti³

¹Dipartimento di Ingegneria Navale, Elettrica, Elettronica e delle Telecomunicazioni (DITEN)
Via Opera Pia 11a, 16145, Genova

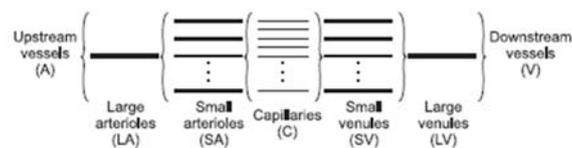
²Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica e Ambientale (DICCA)
Via Montallegro, 1 - 16145 Genova

³Dipartimento delle Tecnologie Radiologiche, Unità operativa complessa Medicina Nucleare
Ospedale San Martino, Largo R. Benzi 10 - 16132 Genova

Parole chiave: *Microcircolazione, Sistemi Dinamici*

Il sistema microcircolatorio, composto da arteriole, capillari e venule, può essere modellato come una serie di compartimenti che si differenziano per la tipologia di vasi che rappresentano. Nel modello di Arciero&Secomb [1], il microcircolo viene suddiviso in 7 compartimenti distinti (Fig. 1).

Fig. 1: Modello a 7 Compartimenti



Tutti i compartimenti sono disposti in serie e rappresentano ciascuno una categoria diversa di vasi: arteriole a monte (A), grandi arteriole (LA), piccole arteriole (SA), capillari (CAP), piccole venule (SV), grandi venule (LA), venule a valle (V). (Fig. 2)

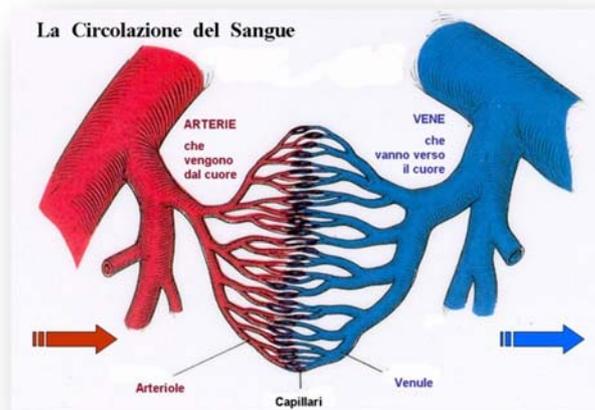


Fig. 2: Schema Microcircolo

All'interno di ciascun compartimento i vasi sono considerati identici e collegati in parallelo. Ciascun sistema a 7 compartimenti rappresenta un'unità strutturale che, insieme al tessuto circostante irrorato, viene chiamata 'cilindro di Krogh'. Nel modello di Arciero&Secomb solo due compartimenti (LA e SA) sono considerati attivi [2-3], ovvero capaci di vasocostringersi o vasodilatarsi a seconda delle

necessità, mentre i restanti compartimenti vengono considerati tubi rigidi. Il sistema dinamico che regola ciascuno dei compartimenti attivi si compone di due equazioni differenziali ordinarie, le cui variabili di stato sono il diametro del vaso D e l'attivazione A , ovvero la capacità che hanno i muscoli che ricoprono il vaso di attivarsi permettendo la vasocostrizione/vasodilatazione (Eq.1). L'attivazione dipende da tre fattori: la risposta miogena, la risposta allo shear stress e la risposta metabolica.

$$\frac{dD}{dt} = \frac{Dc}{\tau_d T_c} (T - T_{tot})$$
$$\frac{dA}{dt} = \frac{1}{\tau_a} (A_{tot} - A)$$

Eq. 1: Modello di un compartimento attivo

L'unità operativa sta studiando un modello microcircolatorio semplificato, rappresentato da un sistema a 7 compartimenti nel quale è stato soppresso il meccanismo di autoregolazione dei vasi e pertanto l'attivazione del tono muscolare è nulla.

In assenza di attivazione del tono muscolare, l'unico meccanismo di regolazione in risposta a variazioni di flusso sanguigno e/o di pressione è un meccanismo di reclutamento dei vasi ("recruitment"). Tale meccanismo permette la regolazione del numero dei capillari disponibili, influenzando anche sul numero di arteriole e venule. Esso ha come scopo mantenere la pressione nei capillari costante anche in presenza di brusche variazioni di pressione arteriosa come mostrano alcune evidenze sperimentali.

La variazione del numero di vasi reclutati permette di variare la resistenza al flusso della parte del sistema microcircolatorio interessata, modificando la configurazione del sistema stesso. E' stato ad esempio osservato come durante un attacco ischemico la parte di tessuto interessata dall'occlusione venga sacrificata a scapito del tessuto sano; questo comportamento potrebbe essere conseguenza proprio di un meccanismo di controllo della pressione all'interno dei tessuti, quale ad esempio il meccanismo di "recruitment" considerato.

Una volta definito il modello di reclutamento dei vasi, si vorrebbe inserire anche l'attivazione muscolare per capire come cambia la configurazione del sistema se si tiene conto dei meccanismi di regolazione del flusso dovuti al tono muscolare dei compartimenti attivi arteriolari.

Riferimenti bibliografici

- [1] J.C. Arciero, B.E. Carlson, and T.W. Secomb. "Theoretical model of metabolic blood flow regulation: roles of ATP release by red blood cells and conducted responses." *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology* 295.4 (2008): H1562-H1571.
- [2] J. C. Arciero and T.W. Secomb. "Spontaneous oscillations in a model for active control of microvessel diameters." *Mathematical Medicine and Biology* 29.2 (2012): 163-180.
- [3] B.E. Carlson, J.C. Arciero, and T.W. Secomb. "Theoretical model of blood flow autoregulation: roles of myogenic, shear-dependent, and metabolic responses." *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology* 295.4 (2008): H1572-H1579.