

Controle Automático da Ventilação Pulmonar Mecânica

Frederico Caetano Jandre de Assis Tavares, Antonio Giannella Neto (Orientador), D.Sc. Teses, Programa de Engenharia Biomédica, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 12 de Março de 2002

Um controlador em malha fechada da ventilação pulmonar mecânica foi projetado, para (a) controlar a pressão parcial de CO₂ no fim da expiração (PetCO₂), e (b) varrer a pressão positiva de fim de expiração (PEEP) em busca da mínima elastância estimada do sistema respiratório. A mecânica respiratória foi estimada pelo método dos mínimos quadrados recursivo (MQR). O algoritmo incluiu um controlador PI para a meta (a) e descida de gradiente usando MQR para a meta (b). Um objetivo afim à proteção pulmonar inseriu restrição ao controlador PI, forçando uma razão fixa entre pressão alveolar e pressão resistiva de pico (Palv/Pres.). Simulações numéricas de animal ventilado mecanicamente ajustaram ganhos do controlador. Testes foram realizados em seis suínos: três varreduras automáticas da PEEP e uma rodada de múltiplas mudanças em degrau da PetCO₂. As varreduras da PEEP deram média de $37,0 \pm 4,5$ cmH₂O/l e média de PEEP = $6,5 \pm 1,0$ cmH₂O, similares a $40,1 \pm 6,1$ cmH₂O/l e $5,8 \pm 1,0$ cmH₂O, respectivamente, obtidos com titulação manual. Os degraus de PetCO₂ resultaram em erros nulos em regime para PetCO₂ e Palv/Pres. Os controles experimentais reproduziram as simulações e cumpriram as metas estabelecidas, qualificando o presente controlador como ferramenta para pesquisa em ventilação mecânica automática.

AUTOMATED CONTROL OF MECHANICAL LUNG VENTILATION

A closed-loop lung ventilation controller was designed, aiming to (a) control the end-tidal CO₂ pressure (PetCO₂), and (b) scan the positive end-expiratory pressure (PEEP) for minimum estimated respiratory system elastance (ϵ). Respiratory mechanics parameters were estimated by the recursive least squares (RLS) method. The algorithm incorporated a PI controller for aim (a) and RLS-based gradient descent for aim (b). A lung protection-related objective introduced a constraint in the PI controller, consisting in keeping a fixed ratio of the estimated peak alveolar to the peak resistive pressure (Palv/Pres). Numerical simulations of a mechanically ventilated animal set controller gains. Tests were performed in six piglets: three automated PEEP scans and a multiple automated step change PetCO₂ trial. The PEEP scans for minimum elastance rendered mean $= 37.0 \pm 4.5$ cmH₂O/l and mean associated PEEP = 6.5 ± 1.0 cmH₂O, comparable with 40.1 ± 6.1 cmH₂O/l and 5.8 ± 1.0 cmH₂O, respectively, obtained by a manual titration procedure. The step PetCO₂ control resulted in zero steady-state errors in PetCO₂ and Palv/Pres. The experimental controls resembled the simulations and complied with the established aims, qualifying the present controller as a tool in the research for automated mechanical ventilation.

Banca: Prof. Antonio Giannella Neto, D.Sc., Prof. Márcio Nogueira de Souza, D.Sc. Prof. Dr. Patrícia Macedo Rieken Rocco, D.Sc., Prof. Dr. José Roberto Lapa e Silva, Ph.D., Prof. Dr. Marcelo Britto Passos Amato, Ph.D., Prof. Takashi Yoneyama, Ph.D..
Página: 118. Palavra chave: Ventilação mecânica; Terapia intensiva; Controle automático