

## Sumário

Durante as primeiras semanas de vida, diferentes perturbações do ritmo cardíaco podem representar (ou desenvolver-se em) situações de risco de vida. A electrocardiografia é uma ferramenta essencial no diagnóstico e controlo de anomalias rítmicas, muitas vezes em fracções de tempo críticas. A aprendizagem tradicional da electrofisiologia neonatal tem sido baseada no ensino didáctico com apoio de exemplos de electrocardiogramas (ECGs) e treino de práticas de cuidados intensivos em situações reais de ambiente clínico-hospitalar. Estas condições estão longe ser as ideais: são dificilmente controláveis, as possibilidades de intervenção são sempre limitadas, e acarretam riscos reais para os pacientes. Noutras áreas de cuidados intensivos, o treino com simuladores tem-se vindo a revelar fundamental para dar resposta a estes desafios educacionais.

O objectivo geral deste trabalho consiste na concepção de um modelo para a simulação educativa do ECG neonatal, que poderá vir a fazer parte de um simulador neonatal em tamanho real, mediado por um ou mais modelos (“model driven”). No tempo limitado deste estudo, os objectivos foram centrados na construção de uma aplicação “model driven” para uso em computador.

Começamos por apresentar uma revisão sucinta sobre a fisiologia cardiovascular neonatal. Depois, aplicamos e adaptamos uma metodologia rigorosa na concepção de um programa de treino simulado e na definição detalhada dos requisitos para um simulador do ECG neonatal. Esta metodologia consiste numa análise das necessidades de treino, no desenho e concepção do programa de treino, e especificação dos meios a serem utilizados (“training media specification” - TMS).

Desenvolvemos um simulador “model driven” para uso em computador – Neonatal Electrocardiogram Generator for Rhythm Analysis (NEGRA) – baseado nos requisitos estabelecidos. A aplicação fornece em tempo real os potenciais de acção em algumas estruturas cardíacas, e o electrocardiograma, “lead II”. Permite também seleccionar alguns ritmos pré-definidos, bem como manipular alguns parâmetros fisiológicos. Os efeitos podem ser observados nos potenciais de acção e ECG correspondentes. As especificações para o modelo de electrofisiologia requerido foram definidas como parte da TMS.

Fazemos uma descrição integrada e consequente classificação dos modelos resultantes da pesquisa de literatura, que permitiu a selecção de um modelo para o adulto que melhor pudesse satisfazer os requisitos propostos para um modelo do recém-nascido. Expandimos o modelo com uma estrutura mais flexível para uma melhor representação dos fenómenos de condução, derivamos parâmetros e formas de onda típicas do ECG neonatal, e preenchemos ainda mais algumas lacunas deixadas pelos autores.

Os resultados das simulações realçam o poder de uma abordagem “model-driven” na geração de uma variedade de ritmos cardíacos, potenciais de acção associados, e sinais electrocardiográficos. A apresentação simultânea de potenciais de acção e o ECG é uma ajuda efectiva na construção de um modelo mental para a condução de impulsos eléctricos no coração e a sua relação com o ECG à superfície do corpo. A metodologia seguida e adaptada constitui um “exemplo a seguir” em futuros desenvolvimentos de este e outros simuladores educacionais em cuidados intensivos.

## Abstract

In the first weeks of life, cardiac rhythm disturbances may represent - or evolve into - life threatening situations. Electrocardiography is an essential tool in the often time-critical diagnosis and management of rhythm abnormalities. Traditional education in neonatal electrophysiology is based on didactic teaching and the use of sample electrocardiogram (ECG) strips, and on practical training of acute care skills in the clinical setting. These are less than ideal learning environments for a number of reasons, among them the lack of control over the training situation, limited possibility to intervene, and potential risks to (real) patients. In other areas of acute care medicine, simulator based training is rapidly becoming the standard for addressing these educational challenges.

The general goal of this work was to design a model for educational simulation of the neonatal ECG, which may become part of a full-body, model-driven neonatal simulator. In the limited time frame of this study, we focused on a screen-based application.

We present a brief review of neonatal cardiovascular physiology and electrophysiology. A rigorous methodology for the design of simulators and simulator based training, presented in the military context, consists of subsequent training needs analysis, training program design, and training media specification (TMS). We adapted and applied this methodology to outline a simulator based training program and to set detailed requirements for a neonatal ECG simulator.

A screen-based, model-driven simulator: Neonatal Electrocardiogram Generator for Rhythm Analysis (NEGRA) was developed to meet these requirements. It displays action potentials in a number of cardiac structures and a corresponding lead II ECG in real-time. A number of rhythms can be selected, and several physiologic parameters can be manipulated and their effect on action potentials and ECG wave forms observed. Specifications for the required underlying model of electrophysiology were also set as part of the TMS.

A detailed review of the literature and subsequent classification of encountered models led to selection of a published model for the adult which came closest to meeting the requirements. We expanded this model with a more flexible structure for representing cardiac conduction phenomena, derived parameters and ECG wave form templates for the neonate, and filled in several blanks left by the authors.

The simulation results emphasize the power of a model-driven approach for generation of a large variety of cardiac rhythms, associated action potentials, and ECG time signals. Simultaneous display of action potentials and ECG helps build a "mental model" of impulse conduction through the heart and its relationship to surface ECG. The adapted and followed design methodology is a foundation for further work on all educational acute care simulators.