

## **Komplexní modely integrovaných fyziologických systémů - teoretický podklad pro lékařské výukové simulátory**

### **Complex model of integrated physiological systems – a theoretical basis for medical training simulators**

*Kofránek J.*

For the teaching of medical decisions are of great importance of a comprehensive training simulators, including models of various physiological subsystems, but also integrating them into a comprehensive whole. Medical simulators have recently become the sought-after commercial commodity. For example, the Advanced Simulation Corporation manufactures flight simulators, since 1993 also focuses on the development of medical simulators (<http://www.advsim.com>). User interface of training simulators is not just a computer screen. It can also be computer-controlled manikin patient. Sophisticated simulators with a dummy patient for example, offer Lardeal (<http://www.laerdal.com>) and METI (<http://www.meti.com/>) companies. Like the airline pilot simulator, medical simulator is controlled by an operator from a location where the teacher can control the simulated patient and choose between various scenarios simulated disease. The core of medical training simulators is a complex model of physiological regulation of the human body, connected with a hardware simulator. Its detailed structure (the system of equations and the parameter values) is usually not published and becomes a carefully protected technological know-how. There are also an open source models of integrated physiological systems. One of them is a large model of Coleman et al. called Hummod (<http://hummod.org>) implemented by almost three thousand XML files. Our implementation of this model in the Modelica language has brought a much clearer description of the simulated complex physiological relationships than XML implementation. We uncovered several mistakes in the original model, the model we have modified and expanded in particular in modelling acid-base homeostasis. Our implementation model Hummod (<http://physiome.cz/hummod>) will provide a theoretical basis for training simulators. In its implementation we will use our web simulator creation technology.

Pro výuku lékařského rozhodování mají velký význam komplexní výukové simulátory, zahrnující modely nejen jednotlivých fyziologických subsystémů, ale i jejich propojení do komplexnějšího celku. Lékařské simulátory se v poslední době staly i žádaným komerčním artiklem. Objevily se i v nabídce řady specializovaných komerčních firem. Tak například americká společnost Advanced Simulation Corporation, vyrábějící letecké simulátory, se od roku 1993 věnuje též vývoji lékařských simulátorů (<http://www.advsim.com>). Uživatelským rozhraním výukových simulátorů nemusí být jen obrazovka počítače. Může jím být i počítačem řízená figurína pacienta. Sofistikované simulátory s figurínou pacienta např. nabízejí firmy Lardeal (<http://www.laerdal.com/>) a METI (<http://www.meti.com/>).

Výukový trenažér je, obdobně jako u leteckých pilotních simulátorů, řízen ze stanoviště operátora, odkud učitel může ovládat simulovaného pacienta a volit mezi nejrůznějšími scénáři simulovaných onemocnění. Jádrem výukových simulátorů je komplexní model fyziologických regulací lidského organismu, propojený s hardwarovým simulátorem. Jeho podrobná struktura (soustava použitých rovnic a příslušné hodnoty parametrů) obvykle není zveřejňována a stává se pečlivě chráněným technologickým know-how. Existují také ale i open source modely integrovaných fyziologických systémů. Jedním z nich je rozsáhlý model Colemana a spol. Hummod (<http://hummod.org>) implementovaný pomocí téměř tří tisíc XML souborů. Naše implementace modelu v jazyce Modelica přinesla mnohem průzračnější a zřetelnější popis modelovaných fyziologických vztahů. Odhalili jsme také několik chyb v původním modelu, model jsme modifikovali a rozšířili zejména v oblasti modelování acidobazické homeostázy prostředí. Naše implementace modelu Hummod (<http://physiome.cz/hummod>) bude sloužit teoretickým podkladem pro výukové simulátory. Při jejich implementaci budeme využívat naši technologii tvorby webových simulátorů.