

РЕЗЮМЕ
на дисертация „РЕОЛОГИЧНИ И ЕЛЕКТРИЧНИ СВОЙСТВА НА
КРЪВ И ТЯХНОТО МОДЕЛИРАНЕ“
автор Иван Мирчев Иванов

Основната цел на дисертацията е изследване на реологичните и електрическите свойства на кръвта при различни условия и режими на потока. Експериментално са изследвани реологичните свойства на кръвта на група хронични наркомани и на групи пациенти с мозъчно-съдова болест и резултатите са сравнени с контролна група здрави индивиди. Резултатите, показващи значително увеличение на ефективния вискозитет на кръвта, се потвърждават в групата с мозъчно-съдова болест и се откриват нови експериментални данни за значително увеличение на ефективния вискозитет на кръвта в групата на хронично употребяващите наркотици. Получените резултати характеризират изследваната група хронично употребяващи наркотици с повишена агрегация и намалена деформируемост на кръвните клетки.

Въз основа на получените резултати се извършва допълнителна планиметрична оценка на агрегацията на еритроцитите и степента на пренос на кислород към тъканите. От получените реограми са синтезирани характерни параметри за изменението на напрежението на срязване с времето. Установена е важна корелация на получените параметри с динамичния вискозитет на кръвта при ниски скорости на срязване, както и с индекса на агрегация на еритроцитите, взет от литературата, и границата на течение то.

Предложени са модифицирани модели на базата на нелинейната теория на Максвел-Гуревич-Рабинович. Те описват експерименталните данни за зависимите от времето реологични свойства на кръвта в условията на правоъгълен режим на промяна на скоростта на срязване. Модифицираните модели описват и реологичните свойства на кръвта в условията на постоянен режим на потока.

В дисертацията се изследва и изменението на специфичната електропроводимост σ на кръвта при различни условия и режими на течение. Откритите зависимости на σ като функция на хематокрита и скоростта на срязване потвърждават наличните резултати в литературата. Изследването на промяната на σ с времето при неправоеъгълна промяна в скоростта на срязване показва, че промяната на σ следва модификациите във вътрешната структура на течащата кръв.

Постигнати са резултати за влиянието на електрическото поле върху продължителността на процеса на коагулация. Наличието на електрическо поле води до забавяне на кръвосъсирването, което се оценява чрез измерване на характерни времена, описващи кинетиката на коагулацията.

Summary

Rheological and electrical properties of blood and their modelling

Author Ivan Mirchev Ivanov

The main purpose of the dissertation is to study the rheological and electrical blood properties under different conditions and flow regimes. The rheological blood properties of a group of chronic drug abusers and of groups of patients with cerebrovascular disease are studied experimentally, and the results are compared to a control group of healthy subjects. The results showing a considerable increase in the apparent viscosity of blood are confirmed in the group with cerebrovascular disease, and new experimental data is found for a considerable increase in the apparent viscosity of blood in the group of chronic drug abusers. The said obtained results characterize the studied group of chronic drug abusers with increased aggregation and decreased deformability of blood cells.

On the basis of the achieved result, it is performed an additional planimetric evaluation of erythrocyte aggregation and the degree of oxygen transfer to tissues. Characteristic parameters are worked out from the obtained rheograms for the change in shear stress with time. An important correlation is found of the obtained parameters with the apparent dynamical viscosity of blood at low shear rates, as well as with the Index of erythrocyte aggregation taken from literature and the yield stress τ_0 .

Modified models are suggested on the basis of the non-linear theory of Maxwell-Gurevich-Rabinovich. They describe experimental data for the time dependent rheological properties of blood under the conditions of a rectangular regime of change in shear rate. The modified models also describe the rheological blood properties under the conditions of steady flow regime.

The dissertation also studies the change in the specific electrical conductivity σ of blood under different conditions and flow regimes. The discovered dependencies of σ as a function of hematocrit and shear rate confirm available results in the literature. The study of the change of σ with time at non-rectangular change in shear rate shows that the change of σ follows the modifications in the internal structure in flowing blood.

Results are achieved for the impact of the electric field on the duration of coagulation process. The presence of electric field leads to a delay in blood clotting, which is evaluated through measurement of characteristic times describing the coagulation kinetics.

РЕЗЮМЕ

на монография „СПОРТ И ХЕМОРЕОЛОГИЯ“
автор Иван Мирчев Иванов

Хемореологията е от първостепенно значение за кръвоснабдяването на тъканите и органите в организма – в покой и по време на спортни тренировки и физически упражнения.

В настоящия труд е отразен световния опит за анализ на основни хемореологични промени в човешката кръв, кръвните клетки и плазмата в резултат на усилена физическа активност (физически упражнения – при различна интензивност, честота, продължителност и режими на натоварване).

Добре известен е фактът, че влиянието на физическите упражнения върху значителен брой физиологични реакции на организма не е проучено и анализирано достатъчно на ниво клетки, тъкани и органи. Непосредственият физиологичен отговор на умерено физическо натоварване и/или на интензивна физическа активност зависи от типа, продължителността, интензитета и цикличността на физическите упражнения, както и от индивидуалните нива на тренировъчен статус на участниците.

На базата на изложените в настоящия монографичен труд резултати бяха синтезирани обобщени изводи и заключения, изброени в следващите отделни абзаци.

Кръвта като флуид показва Неньутоново поведение при ниски скорости на течение, а поведението на кръвната плазма е Нютоново при всички скорости на течение. Следователно кръвта е уникален биофлуид, който реагира по различен начин в зависимост от различните условия на течение. Неньутоновото поведение на кръвта е свързано с:

- биомеханичните свойства на червените кръвни клетки (еритроцитите);
- протичащите в кръвта физиологични процеси – еритроцитна агрегация и дезагрегация, клетъчна деформация и еритроцитна ориентация в кръвоносните съдове (спрямо геометрията на локалния кръвен поток) и др.;
- реологичното поведение на кръвта, което е променливо във времето (тиксотропия);
- вискозо-еластичните свойства на кръвта и кръвните клетки.

Спортът и физическото натоварване предизвикват различни по характер и степен промени (положителни или отрицателни, силни, слаби, умерени) в биомеханичните и флуидните свойства на кръвта и кръвните клетки:

- еритроцитна деформируемост и агрегация;
- промяна в концентрацията на основни плазмени компоненти – фибриноген, албумини, глобулини, тестостерон и др.;
- промени в кръвния поток (чрез съдоразширяване и промяна на цялостния вискозитет на кръвта);
- изменения в кръвния обем;
- промени в ендотелните клетки на съдовите стени;
- промени в кръвното налягане;
- промени в резултат от тъканна хипоксия;
- взаимодействия си, различни по характер хемореологични промени.

В съвременната научна литература съществуват данни за доказано влияние на регулярните физически упражнения върху основни хематологични, хематометрични и хемореологични индекси (параметри) на еритроцитите, върху вискозитета на цялостната кръв (WBV) и кръвната плазма (PV), върху основни биохимични плазмени компоненти, върху кръвното налягане, върху морфологични и функционални промени на ендотелните клетки в съдовите стени и др.

Проучените и описани оригинални модели на хемореологични промени, както и получените от нас експериментални резултати могат да допринесат за по-успешна адаптация на тренировъчните програми – с цел подобряване здравния статус на участниците и за оптимизиране спортната форма на елитните спортисти, практикуващи спорт както в групи, така и индивидуално.

Регулярното физическо натоварване оказва противовъзпалителен ефект чрез:

- редуциране на висцералната мастна тъкан;
- освобождаване на IL-6 (напр. при мускулна контракция);
- повишаване нивата на циркулиращия кортизол и адреналин.

Натриевият нитрит (NaNO_2 , известен като консервант E250) и цинкът (Zn) са доказани модулатори на биомеханичните свойства на кръвта, повлиявайки хемореологичните ѝ свойства.

Физически натоварвания с различни честота, интензивност и продължителност предизвикват различен хемореологичен (строго индивидуален) отговор при спортистите.

Професионална задача на всеки атлет е да постигне оптимална спортна форма. Всяка спортна активност се характеризира със специфични изисквания, спазването на които се отразява и манифестира в личната характеристика на спортистите (генетична, физиологична, морфологична, когнитивна, психологична и други). Мотивацията играе основна роля при спортните тренировки, състезания и продуктивност.

Доказано е и значението на контрола върху хемореологичните показатели като подходящ метод за мониториране на ефикасността на адаптацията на организма към тренировъчния процес – с цел да се постигне индивидуална оптимална спортна форма.

Ефектът на „регулярната, умерена и правилно дозирана физическа активност“ по време на тренировка е също строго индивидуален. Този факт предполага да се подхожда към тренировъчния режим на всеки елитен спортист строго индивидуално, като се практикуват специфични за подготовката му, добре подбрани, балансирани физически упражнения. Такъв правилен подход към тренировъчния режим на съответния атлет ще спомогне да се постигне т.нар. състояние на хемореологичен фитнес (Szanto et al., 2021; Nemeth et al., 2021). Основните, но не и всички показатели за постигане на това комфортно физиологично състояние на организма са: понижен кръвен и плазмен вискозитет (WBV, PV), хематокрит (Hct) и еритроцитна агрегабилност, при повишен деформабилитет на червените кръвни клетки (Szanto et al., 2021; Nemeth et al., 2021). В тази връзка ще подчертаем, че докато цялостният кръвен вискозитет (WBV) се определя предимно от броя, деформабилността и степента на агрегация на еритроцитите, то плазменият вискозитет (PV) зависи предимно от биохимични фактори: наличие на фибриноген и други плазмени протеини и макромолекули, добре известни в рутинната клинична лабораторна практика.

Необходими са задълбочени бъдещи изследвания за изясняване на клетъчния, тъканния и молекулен механизъм на хемореологичните промени в кръвта, кръвните клетки, кръвната плазма. От съществено значение е проучването на съдовите характеристики и биомеханичните свойства на кръвта при физически натоварвания с различни режими и променливи параметри. Нужно е да се оцени точно кои са биомеханичните фактори, предизвикващи хемореологичните промени при физическо натоварване, отчитайки индивидуалния, професионален, биологичен и механичен профил на всеки спортист.

SUMMARY

of monograph "SPORT AND CHEMOREOLOGY"

author Ivan Mirchev Ivanov

Hemorheology is of primary importance for the blood supply to tissues and organs in the body at rest and during sports training and physical exercises. The present work reflects the world experience in the analysis of basic hemorheological changes in human blood, blood cells and plasma as a result of intense physical activity (physical exercises - at different intensity, frequency, duration and load regimes).

It is a well-known fact that the influence of physical exercises on a significant number of physiological reactions of the body has not been sufficiently studied and analyzed at the level of cells, tissues and organs. The immediate physiological response to moderate physical exertion and/or intense physical activity depends on the type, duration, intensity and cyclicity of physical exercise, as well as on the individual levels of training status of the participants. On the basis of the results presented in this monographic work, summarized conclusions and conclusions were synthesized, listed in the following separate paragraphs.

Blood as a fluid exhibits non-Newtonian behavior at low flow velocities, while blood plasma behaves Newtonian at all flow velocities. Therefore, blood is a unique biofluid that reacts differently to different flow conditions. The non-Newtonian behavior of blood is related to:

- the biomechanical properties of red blood cells (erythrocytes);
- the physiological processes taking place in the blood – erythrocyte aggregation and disaggregation, cell deformation and erythrocyte orientation in the blood vessels (relative to the geometry of the local blood flow), etc.;
- the rheological behavior of blood, which is variable over time (thixotropy);
- the visco-elastic properties of blood and blood cells.

Sports and physical exertion cause changes of different nature and degree (positive or negative, strong, weak, moderate) in the biomechanical and fluid properties of blood and blood cells:

- erythrocyte deformability and aggregation;
- change in the concentration of basic plasma components - fibrinogen, albumins, globulins, testosterone, etc.;
- changes in blood flow (through vasodilatation and change in overall blood viscosity);
- changes in blood volume;
- changes in the endothelial cells of the vascular walls;
- changes in blood pressure;
- changes as a result of tissue hypoxia;
- interacting, different in nature hemorheological changes.

In the modern scientific literature, there are data on the proven influence of regular physical exercises on basic hematological, hematometric and hemorheological indices (parameters) of erythrocytes, on whole blood viscosity (WBV) and blood plasma (PV), on basic biochemical plasma components, on blood pressure, on morphological and functional changes of endothelial cells in vascular walls, etc.

The studied and described original models of hemorheological changes, as well as the experimental results obtained by us, can contribute to a more successful adaptation of training programs - with the aim of improving the health status of the participants and optimizing the sports form of elite athletes practicing sports both in groups, and individually.

Regular exercise has an anti-inflammatory effect through:

- reduction of visceral fat tissue;
- release of IL-6 (e.g. during muscle contraction);
- increase in circulating cortisol and adrenaline levels.

Sodium nitrite (NaNO_2 , known as preservative E250) and zinc (Zn) are proven modulators of the biomechanical properties of blood, influencing its hemorheological properties.

Physical loads of different frequency, intensity and duration cause a different hemorheological (strictly individual) response in athletes.

The professional task of every athlete is to achieve optimal sports form. Each sports activity is characterized by specific requirements, compliance with which is reflected and manifested in the personal characteristics of athletes (genetic, physiological, morphological, cognitive, psychological and others). Motivation plays a major role in sports training, competition and productivity. The importance of controlling hemorheological indicators as a suitable method for monitoring the efficiency of the body's adaptation to the training process has been proven - with the aim of achieving an individual optimal sports form.

The effect of "regular, moderate and correctly dosed physical activity" during training is also strictly individual. This fact suggests approaching the training regimen of each elite athlete strictly individually, practicing well-chosen, balanced physical exercises specific to his preparation. Such a correct approach to the training regime of the respective athlete will help to achieve the so-called a state of hemorheological fitness (Szanto et al., 2021; Nemeth et al., 2021). The main, but not all, indicators for achieving this comfortable physiological state of the body are: reduced blood and plasma viscosity (WBV, PV), hematocrit (Hct) and erythrocyte aggregability, with increased deformability of red blood cells (Szanto et al., 2021; Nemeth et al., 2021). In this regard, we will emphasize that while whole blood viscosity (WBV) is primarily determined by the number, deformability and degree of aggregation of erythrocytes, plasma viscosity (PV) depends primarily on biochemical factors: presence of fibrinogen and other plasma proteins and macromolecules, well known in routine clinical laboratory practice. Extensive future research is needed to elucidate the cellular, tissue and molecular mechanism of hemorheological changes in blood, blood cells, blood plasma. It is essential to study the vascular characteristics and biomechanical properties of blood under physical loads with different modes and variable parameters. It is necessary to assess exactly which are the biomechanical factors causing hemorheological changes during physical exertion, taking into account the individual, professional, biological and mechanical profile of each athlete.