

СЪРДЕЧНА ДЕЙНОСТ И СЪН В КОСМИЧЕСКИ УСЛОВИЯ

И. Стоилова

ЦЛСЗВ – БАН
Ул.Акад. Г. Бончев, блок 3, София 1113

Ключови думи: микрогравитация, космонавти, сън, вариации на сърдечната честота

Резюме

Изследването на регулацията на сърдечната дейност, както и нейната динамика по време на различните етапи на космически полети е важна задача в космическата медицина. Динамичните промени в сърдечната честота могат да бъдат важен показател за адаптивно-възстановителните процеси в хода на подготовка на полета, в космически условия и след приземяване.

Целта на настоящата работа е да се представят вариациите в честотата на сърдечната дейност установени в различните етапи на космически полет (КП), като се потърси ролята на съня за някои от установените промени.

Изследванията са проведени върху осъществени регистрации по време на КП, в различни периоди преди полета и след него.

Получените резултати са показателни за ролята на съня в оптимизирането на сърдечната дейност и позволяват да се дискутира възможността за използване на промените в сърдечната дейност като алармен сигнал за акумулирани отклонения или функционални нарушения в сърдечната дейност при екстремалните условия на КП.

Въведение

Адекватната регулация на сърдечно-съдовата система (ССС) в условия на екстремални въздействия е важен и отговорен процес, който обезпечава възможността за безвредно за живота и здравето пребиваване в тези условия, както и възможността за съхраняване на трудоспособността и комфорта при изпълнение на планираните дейности. Това е разбира се сложен физиологичен процес и само в честотно отношение ако се погледне, вариациите на сърдечната честота интегрират много механизми вътре и извън централната нервна система, които влияят и регулират честотата на сърдечните съкращения [1]. Чрез математически преобразувания и статистически методи се извлича допълнителна информация относно диагностичната и прогностична стойност на вариациите в сърдечната дейност, но все още пълноценното използване в практиката на тези подходи е недостатъчно ефективно [2]. Въпреки това, няма съмнение, че изследването на сърдечната дейност чрез промените в честотата и ритъма на сърдечните съкращения, в будност и сън, особено в условията на космически полети е един твърде информативен, неинвазивен метод, който може да дава ценна информация относно автономната регулация на сърдечната дейност.

Сънят като физиологично състояние при което протичат важни възстановителни процеси играе съществена роля за поддържането и протичането на регулаторните и адаптивни процеси в СССР и в целия организъм. Днес се знае, че

сънят е комплексен мултифункционален феномен свързан със соматосензорните импулси и рефлектиращ на стимули и въздействия от околната среда.

Сърдечната дейност по време на сън варира в определени граници, но установени промени извън допустимите физиологични вариации могат да са показателни за акумулирани отклонения или функционални нарушения в сърдечната дейност при екстремалните условия на КП. Те биха могли да служат като алармен сигнал за необходими предпазни мерки.

През последните години не намалява интересът към промените, настъпващи в дейността и регулацията на ССС в условията на микрогравитация, както и към динамиката на тези промени в различните етапи на космическите полети. Отговорът на всички неизвестни в тази насока въпроси е особено важен за изпълнението на предстоящите планове за свръх продължителни полети, полети до други планети и все по-дълбокото овладяване на космическото пространство от човека.

С особен интерес в хода на изследванията на космонавти се ползват наблюденията и регистрациите осъществени в предстартовия период, в който се провежда подготовката за пребиваване в космически условия. От резултатите от медицинските изследвания в този период до голяма степен зависи правилния подбор на участниците за предстоящия полет. Селекцията, превенцията и правилната оценка на риска, за които допринасят добрата тренираност и перфектните медицински изследвания, са основа за реализирането на необходимите предпазни мерки, задължителни при всеки космически полет [3]. Тези позиции са в основата при изготвянето на стратегии за предстоящите свръхпродължителни полети в космическото пространство, включително и до други планети [4].

Добре проведената тренировъчна подготовка е от съществено значение, но не е достатъчна, тъй като индивидуалните особености и личностни качества на всеки космонавт имат изключително важна роля.

Материал и методи

Изследванията проведохме на космонавти, участвали в полети с различна продължителност на борда на станцията «Мир». За осъществяване на регистрациите беше използван полиефекторен метод базиран на симултанна регистрация на няколко физиологични показатели: електренцефалограма (ЕЕГ); електркардиограма (ЕКГ); електроокулограма (ЕОГ); електропневмограма (ЕПГ). За снемане на данните в микрогравитация, беше използвана специално конструирана мека каска с монтирани в нея електроди, както и еластичен колан за ЕКГ регистрации. Използваните електроди за регистриране на изброените физиологични показатели не създаваха проблеми по време на сън на космонавтите.

За осъществяване на полифизиографските регистрации използвахме мини полифизиограф, разработен и конструиран от нас специално за работа в космически условия [5], [6].

Регистрациите преди полетите се осъществяваха при еднакви условия в Центъра за космически полети – Москва; на борда на станцията «Мир» те се извършваха на местата определени за сън на съответния космонавт а тези след полетите в хотела или в обичайна домашна обстановка.

За пълната оценка на съня бяха визуално анализирани целите осъществени записи с продължителност от 4 до 9 часа. Бяха представени продължителността и качеството на различните стадии на съня [7]; изчислиха се различните коефициенти на съня и ефективността на съня в различните етапи на полетите [8]. За пълнота на данните се използва допълнително персонална информацията събирана от всеки космонавт в специални анкетни карти попълвани непосредствено след събуждане.

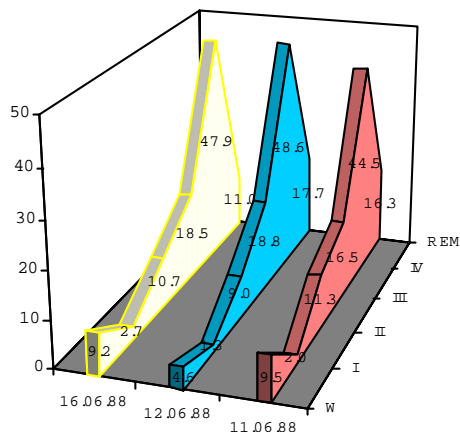
За анализ на сърдечния ритъм се подбиха безартефактни контролни извадки с еднаква продължителност (128 R-R интервала). Представени в цифров вид от тях се оформяха времеви редове, на които чрез статистически изчисления (time domain analysis) се изследваха основните статистически характеристики и чрез спектрални преобразувания (frequency domain analysis) бяха представени честотните спектри на R-R интервалограмите. Бяха построени хистограми и изчислени автокорелационните зависимости на така получените времеви редове на R-R интервалите.

При възможност бяха подбирани подходящи за анализ участъци непосредствено преди заспиване и веднага след събуждане, за да се проследи ролята на съня в сърдечно-ритмовите изменения.

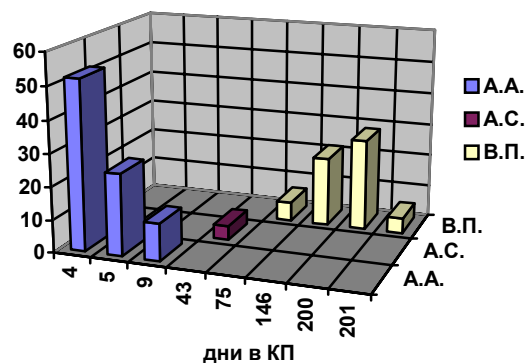
Основно бяха анализирани 10 регистрации на сън на българския космонавт А.А при 10 дневен полет.; 7 регистрации на руския космонавт В.П. при 7 месечен полет; 2 регистрации на космонавта А.С. при 42 дневен полет; 2 регистрации на афганистанския космонавт при 8 дневен полет и на дубльора-космонавт К.С. 4 регистрации в периода на подготовка на полета.

Резултати

Анализът на събраните данни и получени резултати показва, че в космически условия се продуцират всички стадии на съня и неговата нормална структура до голяма степен може да бъде съхранена. И дълбоката фаза на съня може да бъде особено добре представена (Фиг.1). Отклонения, най-често се установяват в организацията на съня – циклична структура, латентност на отделните стадии на съня и на общия сън [6]. В някои случаи при продължителен престой в КП латентните периоди особено на дълбоката фаза на съня са значително удължени. Съществени промени настъпват в количеството и качеството на бързия сън (REM-фазата). В някои от регистрациите в КП тя почти изчезва.



Фиг. 1. Графика на количеството на отделните стадии на съня (в %) при три регистрации в КП.



Фиг. 2. КЕС по време на полет при космонавтите А.А., А.С., В.П.

В началото от престоя при КП се наблюдаваше известно удължаване на дълбокия сън, но в края на престоя, особено при тези с няколко месечна продължителност дълбокия сън изразено намалява. Промените в количеството на отделните фази на съня и в латентното им време оказват влияние върху стойностите на коефициента на ефективност (КЕС) на съня, която се изчислява по специална формула предложена от Вейн и Хехт [9]. В КП при определени условия КЕС може да се съхрани в нормални стойности, като продължителността на престоя и особено индивидуалните качества на космонавта оказват влияние върху

съхраняването на стойностите на ефективността на съня (Фиг.2). Ефективността на съня е съхранена добре при краткия престой и постепенно намалява с увеличаване продължителността на полета, като достига до 3 при 7 месечния престой (Фиг.2). На фигурата са представени КЕС при космонавта А.А. в 3,4 и 7-ия ден от престой в космически условия; на космонавта А.С. - при 43 дни престой в космоса и на космонавта В.П. в първия, третия и седмия месец от КП.

На таблица 1 са показани стойностите на различните фази на съня от различните етапи на полетите при 4 космонавта: А.Александров при 10 дневен полет (А.А.); В.Поляков, при 8 месечен полет (В.П.); А.Серебров при 42 дневен полет (А.С.) и К.Стоянов при регистрации само в подготвителния период.

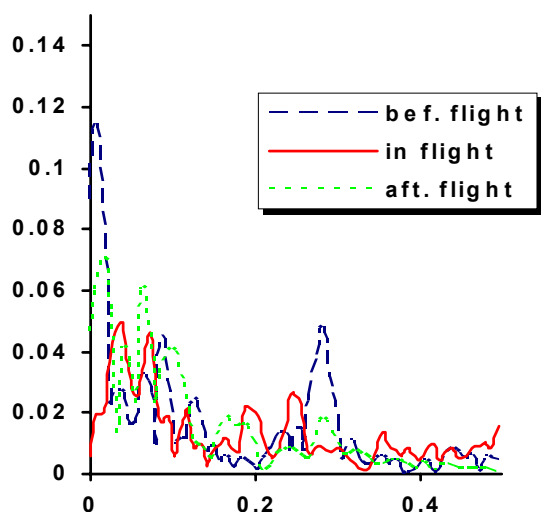
Таблица 1. Различните фази на съня от различните етапи на полетите при 4 космонавта

Космонавт	Време на рег.	Будност	Лат. време	REM	ПС (I+II)	ДС (III+IV)	K ₁ П/Д	K ₂ П/R	K ₃ Д/R	КЕС
А.А.	90 д. преди	13.9	6	26.2	234.89	338.42	0.69	10.32	12.91	46.05
А.А.	32 д. преди	69.4	18	22.75	249	186.66	1.33	10.94	8.20	7.97
А.А.	5 д. преди	3.08	4	40.05	157.18	249.62	0.63	3.92	6.23	98.81
А.А.	4 д. преди	9.4	2	23.56	117.84	344.13	0.342	5	14.6	73.60
К.С.	5 д. преди	3.24	20	47.23	97.71	27.28	0.358	2.068	5.776	29.85
К.С.	4 д. преди	1.85	7	23.11	195.49	245.02	0.797	8.46	10.60	80.23
В.С.	преди полет	28.8	18	31.8	183.3	56.1	3.26	5.76	1.76	7.60
В.П.	преди полет	40	9	6	87	56	1.55	14.5	9.33	5
А.А.	4 д. в КП	6.56	11	72.2	122.48	356.67	0.343	1.696	4.94	52.08
А.А.	5 д. в КП	22	10	85	49	323	0.152	0.58	3.8	25.06
А.А.	9 д. в КП	48.54	5	0	69.93	246.33	0.283	-----	-----	11.41
А.С.	43 д. в КП	89.46	30	9.24	215.04	106.26	2.024	23.27	11.5	4.40
В.П.	4 д. в КП	23	3	48	162	204	0.79	3.37	4.25	24.65
В.П.	75 д. в КП	67	17	71	144	95	1.51	2.028	1.34	5.82
В.П.	146 д. в КП	23	10	103	91	240	0.38	0.88	2.33	21.66
В.П.	200 д. в КП	19	11	78	125	310	0.40	1.60	3.97	28.06
В.П.	201 д. в КП	86	40	64	67	209	0.32	1.046	3.26	4.67
А.А.	1д. след КП	12	2	15.42	68.29	204.24	0.334	4.43	13.24	40.81

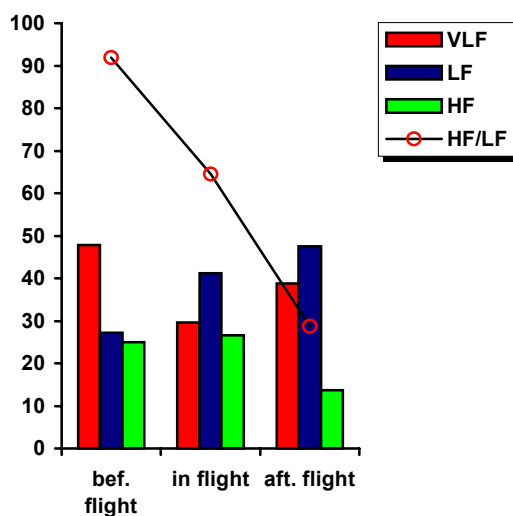
В КП при кратък престой, латентността на общия сън е твърде кратка - (2-10 мин.) и в следващите 10 минути от съня се появява дълбокия сън (т.е. III и IV стадии), който се съхранява по количество до края на престоя в микрогравитация (Фиг. 3). При продължителен престой в микрогравитация латентността на общия сън

е средно 9.5 минути. Дълбоките стадии на съня обаче, се появяват със закъснение в сравнение с периода преди полета (латентността на III стадий е над 40', а за IV над 50'), като при някои от регистрациите е повече от 90 мин., т.е. близо час и половина от началото на съня не се появява дълбок сън.

От изследването на R-R интервалограмите се установи, че тяхната стойност нараства още в края на тренировъчния период, т.е. сърдечната дейност се забавя. Спектралния анализ на подбраните участъци R-R интервали преди, по време и след полета показва изразени различия в различните етапи (Фиг.3), като преразпределянето на спектрите е особено изразено за високочестотните компоненти. Нарушено е и отношението между отделните части на спектрите на R-R интервалограмите (Фиг. 4).



Фиг. 3. Спектрален анализ на R-R интервали от кардиограма регистрирана преди полета, по време на космически полет и след полета.



Фиг. 4. Отношение между ниски и високочестотни съставки на спектрите на R-R интервалите преди, по време и след полета.

Проследяването на измерваните показатели преди и след сън показва изразено оптимизиране непосредствено след сън: сърдечната дейност се успокоява и по честота и спектралния състав на R-R интервалите се преразпределя по начин по-близък до изходното разпределение. В R-R интервалограмите преди сън в КП, често се регистрират значителни по дължина участъци без никакви вариации, докато в регистрациите след събуждане интервалограмите променят структурата си, като дълги участъци с абсолютно еднакви R-R интервали почти изчезват.

Обсъждане

Актуалността на изследването на съня се определя от неговата важна роля за протичане на възстановителните процеси, което е с особена значимост при продължителните КП. Условието на безтегловност, при съществена промяна на режима на труд и отдих, както и осъзнатата висока отговорност при изпълнение на операторските задачи, изискват промяна в стереотипа и функционирането на всички биологични системи, за което отговорна роля има пълноценния сън. Това прави проблема за добър сън в космически условия важна практическа задача, рашаването на която е свързано със защита на здравето и запазването на работоспособността на космонавтите.

Резултатите показаха, че запазването на добри и стабилни параметри на съня, които определят неговата по-висока ефективност в предстартовия период, са гаранция за функционална стабилност в условията на КП. По-добрите показатели на А.А. и В.П. в предстартовите регистрации, в това число и тези от съня, помогнаха на комисията да избере именно тях като титуляри и тяхната стабилност и възможност за добро адаптиране бяха на лице при престоя им в микрогравитация.

Значителното снижение на ефективността на съня при полетите с няколко месечна продължителност е показател за настъпващи дезадаптационни прояви. В 7-ия месец ефективността спада до 3, а когато тя е под 10 се приема, че е възможно да се развият невротични отклонения.

Изследванията на ССС провеждани при осъществените до сега КП са дали значителни полезни резултати. Установен е комплекс от адаптивни промени в работата на сърцето и в състоянието на съдовете при различен по продължителност и натоварване престой в КП. Интимните физиологични механизми при адаптивни или дезадаптивни промени в микрогравитация са все още в процес на уточняване. Използваните различни методи и подходи при такива изследвания допринасят за предпазване от евентуални нежелани инциденти.

Вариациите в R-R интервалограмите при будност и сън са до голяма степен физиологичен феномен, свързан с адекватното протичане на регулаторните процеси в организма [10]. Продължителната липса на физиологична вариативност, трябва да се разглежда като алармен сигнал, защото не е изключено това да е свързано с проявата на миокардни дисфункции [11].

Нашите изследвания са част от дискусиата за изясняване на адаптационните механизми в микрогравитация. Ние показваме някои от по-достъпните, неинвазивни, но достатъчно информативни подходи, които допринасят за намаляване на вредните ефекти на въздействие на околните екстремални фактори.

Благодарност

Настоящата работа е финансирана от НФНИ към МОН по Договор № 764/31.03.05.

Литература

- [1] Martin C.B. Semin.Perinat., 1978, 2, 131.
- [2] Tsuji H. et al. Circulation, 1994, 90, 878-883.
- [3] Collier J.D. Health care in extreme Environments; 12th Man in Space Symposium: "The Future of Human in Space" W; D.C. 1997, p.23.
- [4] . Grigoriev A.I., V.V.Polyakov, A.D.Egorov Strategy of preservation on health of cosmonauts in prolonged and superprolonged space flights. In: The Future of Humans in Space. 12th man in space symp. Washington 1997, 132.
- [5] Дунев С.С.Портативное устройство для длительной записи биосигналов, Сб. Материалов XVIII сов. Интеркосмос, Гагра, 1985, стр.40.
- [6] Стоилова И., Сънят в нормални условия и при екстремални въздействия. София, Изд."Акад.М.Дринов", 1995, 113 стр.
- [7] Stoilova I.,M.Jordanova. Sleep in Microgravity, Proceed. of 2nd Intrnat. Conf. "Recent Adv.in Space Technol." Istanbul, Turkey, 2005,
- [8] Стоилова И., С.Боянова, Св.Димитрова, Изследване на ефективността на съня в микрогравитация, Сб. Докл. 7 Нац. Конф. С междунар. уч. "Съвременни проблеми на слънчево-земните въздействия", София, 2000г., 109-112.
- [9] Вейн А.М., К.Хехт. Сон человека - физиология и патология. М.Медицина, 1989
- [10] Malpas S.C. Cardiovasc. Res.,1990, 24, 210-213.
- [11] Schechtman V.I. et.al. Pediat. Res., 1992, 31, 606-612.