

В. М. Ільїн

Зміни кровообігу залежно від типу вегетативного гомеостазу у водолазів при зануреннях на глибини 65 м

В экспериментальных погружениях в барокамере со сжатым воздухом на глубины до 65 м у 16 водолазов исследованы изменения вегетативного гомеостаза и кардиогемодинамики. Оценена индивидуальная устойчивость организма человека к действию экстремальных факторов гипербарической среды. Выявлено, что у лиц с исходно высокой факторов гипербарической кровообращения и выраженным преобладанием активности симпатического или парасимпатического отделов вегетативной нервной системы после окончания погружений высока вероятность возникновения нарушения функции вегетативной нервной системы и симптомов декомпрессионных расстройств.

Вступ

Під час підводних занурень в організмі людини відбувається мобілізація захисних сил, що забезпечує компенсацію стресорної дії гіпербарії, інтенсивних психологічних і фізичних навантажень. При цьому реакції організму на екстремальні чинники певною мірою, визначаються співвідношенням активності симпатичного та парасимпатичного відділів вегетативної нервової системи і відображають загальну схему адаптації, запропоновану Сельє [14]. Система кровообігу з її складним апаратом управління бере участь в адаптаційних механізмах і є індикатором перебудови в організмі вегетативного гомеостазу та стресу [1].

Мета нашої роботи полягала в дослідженні змін кардиогемодинаміки залежно від типу вегетативного гомеостазу у водолазів під час і після короткотривалих занурень у барокамері зі стислим повітрям на глибину до 65 м і оцінці індивідуальної тривалості організму людини до дії екстремальних чинників.

Методика

У 24 експериментальних спусках у барокамері зі стислим повітрям брало участь 16 водолазів. Час перебування на глибині 65 м не перевищував 20 хв. Середня швидкість компресії в усіх зануреннях становила 0,1 МПа/хв. До, під час і після занурення виконувалися проби Вальсальви. Під час проведення проб на всіх етапах експерименту безупинно реєстрували внутрішньогрудний тиск, середній артеріальний тиск крові, електрокардіограму, реоплетизмограму та інтервалокардіограму. Протягом усього циклу обстеження через кожні дві секунди за допомогою спеціально розробленого для даних досліджень апаратурного та обчислювального комплексів розраховували значення показників, що характеризують функцію кровообігу та вегетативний гомеостаз організму водолаза [11].

© В. М. Ільїн, 1999

Результати

В табл. 1 наведено результати аналізу ритму серцебиття водолазів при перебуванні на різних глибинах. Спостерігалось збільшення інтервалів (Ау) розподілу кардіоінтервалів при різних умовах. Залежить в тенденції збільшення коефіцієнта варіації зменшення амплітуди рівноваги (ІВР) в аналізі хвилинного аналізу хвилинного аналізу, що значення стислого повітря порівняно з нормою, тенденція до збільшення (Sm2) і першого Вірогідно ($P < 0,05$) до 1,0 Гц. Висновок: Серця (Sb) в діапазоні

Таблиця 1.
до, під час і після

Показник	Середнє значення
Мода, с	Середнє значення моди
Амплітуда моди	Амплітуда моди
Середнє квадратичне відхилення кардіоінтервалів, с	Середнє квадратичне відхилення кардіоінтервалів, с
Коефіцієнт варіації	Коефіцієнт варіації
Індекс вегетативної нервової системи	Індекс вегетативної нервової системи
Коефіцієнт автокореляції	Коефіцієнт автокореляції
Зсув автокореляційної функції	Зсув автокореляційної функції
Від'ємним значенням	Від'ємним значенням
Спектр потужності	Спектр потужності
від од.	від од.
Спектральна потужність	Спектральна потужність
другого порядку в р	другого порядку в р
Спектральна потужність	Спектральна потужність
першого порядку, від	першого порядку, від
Спектральна потужність	Спектральна потужність
від од.	від од.
Спектральна потужність	Спектральна потужність
від од.	від од.

* $P < 0,05$; ** $P < 0,01$

Результати

В табл. 1 наведені результати варіаційного, автокореляційного та спектрального аналізу ритму серця у водолазів на кожному з етапів обстеження. У водолазів при перебуванні на глибині 65 м з використанням стислого повітря порівняно спостерігалось вірогідне ($P < 0,05$) збільшення середнього значення кардіоінтервалів (Av_{R-R}) і моди (Mo) нормованих гістограм, що характеризують розподіл кардіоінтервалів у водолазів у стані відносного спокою. За гіпербаричних умов відзначалася більша варіабельність $R-R$ інтервалів, що проявляється в тенденції до збільшення середнього квадратичного відхилення (σ) і коефіцієнта варіації ($V = (\sigma / Av_{R-R})$) кардіоінтервалів. Рееструвалося також зменшення амплітуди моди (AMo) нормованих гістограм. Індекс вегетативної рівноваги ($IBP = AMo / \Delta X$) у більшості водолазів знижувався. При спектральному аналізі хвильової структури динамічного ряду $R-R$ інтервалів було виявлено, що значення потужності спектра ритму серця на нульовій частоті (So) у стислому повітрі на глибині 65 м у водолазів вірогідно ($P < 0,05$) зменшувалося порівняно з нормобаричним рівнем. Поряд з цим, у гіпербаричних умовах виявлялася тенденція до підвищення спектральних потужностей повільних хвиль другого ($Sm2$) і першого ($Sm1$) порядків у діапазоні частот 0,2–0,6 і 0,6–0,15 Гц. Вірогідно ($P < 0,05$) збільшувалася потужність швидких хвиль (Sf) при частоті 0,3 до 1,0 Гц. Вірогідно не змінювалася потужність дихальних хвиль у ритмі серця (Sb) в діапазоні частот від 0,15–0,30 Гц.

Таблиця 1. Показники математичного аналізу ритму серця у водолазів до, під час і після короткочасних занурень на глибину 65 м ($M \pm m$)

Показник	До занурення	Під час занурення	Після занурення
Середнє значення кардіоінтервалів, с	0,84±0,08	0,98±0,08*	1,02±0,10**
Мода, с	0,78±0,09	0,88±0,12	0,99±0,08
Амплітуда моди	40,0±14,0	32,4±11,3	25,2±5,8*
Середнє квадратичне відхилення кардіоінтервалів, с	0,06±0,036	0,07±0,026	0,08±0,032
Коефіцієнт варіації кардіоінтервалів, %	7,3±3,91	7,8±2,14	8,1±2,34
Індекс вегетативної рівноваги	152,4±98,1	107,4±84,3	68,0±26,6
Коефіцієнт автокореляції після першого зсуву автокореляційної функції	0,58±0,18	0,54±0,18	0,49±0,16
Зсув автокореляційної функції з першим від'ємним значенням	5,2±0,45	7,00±6,89	6,00±3,39
Спектр потужності на нульовій частоті, від. од.	1,07±1,21	0,41±0,38*	0,45±0,42*
Спектральна потужність повільних хвиль другого порядку в ритмі серця, від. од.	0,93±0,41	1,14±0,92	1,70±0,69*
Спектральна потужність повільних хвиль першого порядку, від. од.	0,64±0,88	1,01±1,22	1,32±0,76
Спектральна потужність дихальних хвиль, від. од.	0,74±0,47	0,84±0,49	0,81±0,59
Спектральна потужність швидких хвиль, від. од.	0,30±0,27	0,71±0,43*	0,72±0,60

* $P < 0,05$; ** $P < 0,01$.

Поряд зі змінами вегетативного гомеостазу у водолазів під час занурення відзначалися зрушення в системі кровообігу (табл. 2). При перебуванні в барокамері зі стислим повітрям на глибині 65 м у більшості водолазів порівняно з нормобарією практично не змінювались або змінювались незначно середній динамічний тиск (СДТ), ударний індекс (УІ) і лінійна швидкість руху крові (ЛШРК). У той же час, вірогідно ($P < 0,01$) зменшувалася частота серцевих скорочень (ЧСС). Відзначалася тенденція до підвищення питомого периферичного опору кровоносних судин (ППО) і зниження серцевого індексу (СІ). Фазова структура серцевих скорочень також змінювалася при перебуванні водолазів за гіпербаричних умов. Вірогідно ($P < 0,05$) збільшувався період напруження серцевого м'яза (ПН). Істотно зменшувався ($P < 0,05$) хвилинний час зігнання крові (ХЧЗ) за рахунок скорочення періоду зігнання (ПЗ). У результаті ослаблення насосної функції серця збільшився ($P < 0,05$) індекс напруження міокарду (ІНМ). Слід відзначити, що характер змін показників ритму серця і кардіогемодинаміки, що спостерігаються під час занурення, у водолазів зберігався після закінчення декомпресії. При цьому зміни абсолютної більшості показників (див. табл. 1, 2) не тільки не послаблювались, а й посилювались.

Поряд із загальними тенденціями у деяких випадках зміни значень, що характеризують вегетативний гомеостаз і регулювання кровообігу за гіпербаричних умов і після закінчення декомпресії, залежали від вихідних значень цих показників. На рис. 1 показані нормовані гістограми, автокореляційні функції та функції спектральної щільності у водолаза з вираженим домінуванням тону-су симпатичної нервової системи і високою централізацією регуляторних механізмів у стані відносного спокою до, під час і після занурення на глибину 65 м. До початку компресії у цього водолаза відзначалися близькі до середніх значень Av_{R-R} (0,8 с), Mo (0,75 с), AMo (46), σ (0,04 с), V (4,5%) і IBP (184). Під час занурення значення цих показників практично не змінилися, за винятком IBP , який підвищився з 184 до 255 значення. По закінченні декомпресії Av_{R-R} і Mo збільшилися від 0,8 до 1,05 с, σ і V — від 0,04 до 0,06 і від 4,5 до 5,3 % відповідно. AMo і IBP зменшилися з 51 до 33 і з 255 до 94 відповідно. До

Таблиця 2. Показники кардіогемодинаміки та фазової структури серцевого циклу у водолазів до, під час і після короточасних занурень на глибину 65 м ($M \pm m$)

Показник	До занурення	Під час занурення	Після занурення
Середній динамічний тиск, мм рт. ст.	83,5±8,14	82,4±13,58	82,0±12,82
Частота серцевих скорочень, $хв^{-1}$	71±12,1	59±8,2**	58,5±7,8***
Ударний індекс, $мл \cdot м^{-2}$	56,5±18,55	54,7±9,04	52±16,35
Серцевий індекс, $л \cdot хв^{-1} \cdot м^{-2}$	3,44±1,047	3,01±0,761	2,92±0,922*
Лінійна швидкість руху крові, $см \cdot с^{-1}$	68,0±20,46	64,8±22,59	64,2±24,45
Питомий периферичний опір, від. од.	26,6±9,72	28,1±7,59	33,2±23,02*
Період зігнання, с	0,29±0,057	0,28±0,061	0,25±0,071
Період напруження серцевого м'яза, с	0,07±0,027	0,1±0,015*	0,1±0,01*
Хвилинний час зігнання, с	19,4±3,14	14,4±3,45*	14,1±3,04*
Індекс напруження міокарда, %	21,8±2,05	26,5±3,77*	30,3±6,05**

* $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$.

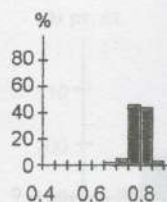


Рис. 1. Нормовані щільності (σ) в ми і високою IBP (I), під час (II)

занурення у д (Sm2) і першо-
тральну потуж-
спектра на ну-
час амплітуда
нилась, а поту
Sm1 ще більш

На рис.
з помірним до-
централізаціє-
тлі брадикардії
ністю ($\sigma = 0,04$ с),
вання на глиби-
 $V = 9,2\%$), зм-
 Av_{R-R} (0,92) і
на тлі незначн-
 σ , V і IBP до
Спектральні п-
чень, швидкі

в під час занурення. При перебуванні в водолазів порівняно незначно середній швидкість руху крові, а частота серцевих ритмів периферично-индексу (CI). Фазова зміна водолазів за час від напруження серця до моменту зігнання. У результаті ослаблення напруження міокардіуму серця і кардіо-водолазів зберігався більшість показників. Зміни значень, що характеризують гіпер- і вихідних значень кореляційні функції домінуванням тону-цією регуляторних ритмів на глибину занурення близькі до середніх (4,5%) і IBP (184).

Змінилися, за винятком інтенсивності декомпресії до 0,06 і від 4,5 до 94 відповідно. До

структури серцевого ритму на глибину 65 м

час занурення	Після занурення
13,58	82,0±12,82
8,2**	58,5±7,8***
9,04	52±16,35
0,761	2,92±0,922*
22,59	64,2±24,45
7,59	33,2±23,02*
0,061	0,25±0,071
0,015*	0,1±0,01*
3,45*	14,1±3,04*
3,77*	30,3±6,05**

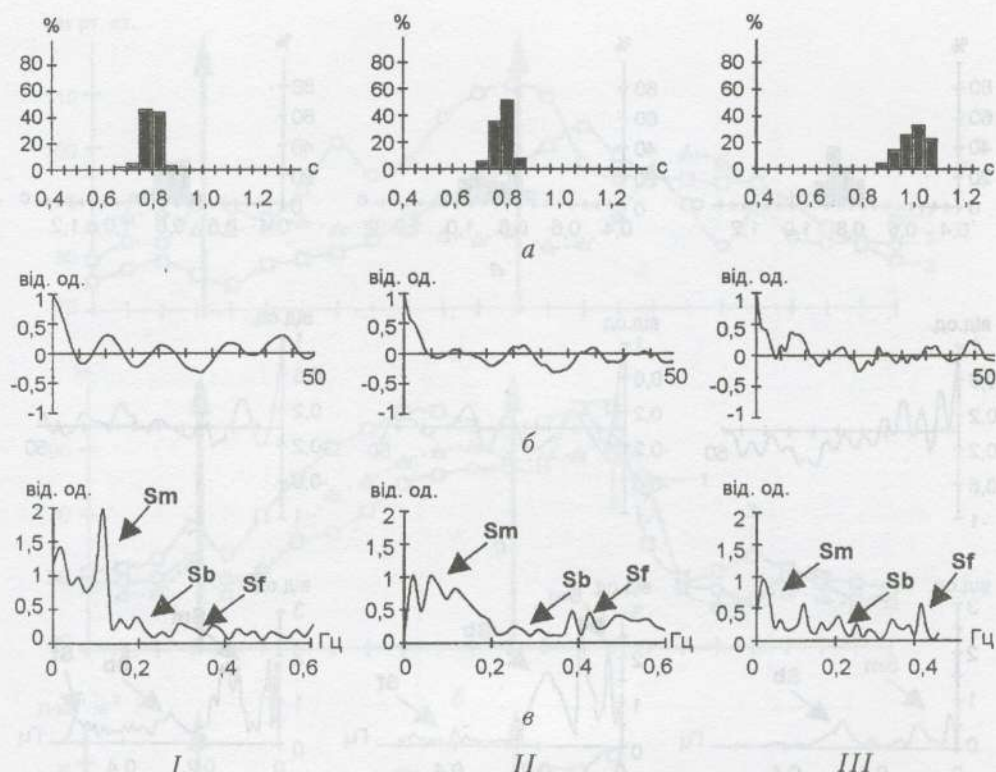


Рис. 1. Нормовані гістограми (а), автокореляційні функції (б) та функції спектральної щільності (в) водолаза з вираженим домінуванням тону симпатичної нервової системи і високою централізацією регуляторних механізмів у стані відносного спокою до (I), під час (II) і після короткочасного занурення (III) на глибину 65 м.

занурення у даного водолаза в ритмі серця переважали повільні хвилі другого (Sm2) і першого (Sm1) порядків, дихальні (Sb) і швидкі (Sf) мали малу спектральну потужність. Після закінчення компресії спостерігалось різке зниження спектра на нульовій частоті (So), зменшення потужності Sm2 і Sm1. У той же час амплітуда Sb за умов щільного дихального середовища практично не змінилась, а потужність Sf різко підвищилась. Після занурення потужності Sm2 і Sm1 ще більш знизилась, але збільшилися значення So і Sf (див. рис. 1).

На рис. 2 показані зміни аналогічних показників ритму серця у водолаза з помірним домінуванням тону парасимпатичної нервової системи і низькою централізацією регуляторних механізмів. До початку занурення ритм серця на тлі брадикардії ($Av_{R-R} = 0,94$, $Mo = 0,90$) характеризувався середньою варіабельністю ($\sigma = 0,03$, $V = 4,2\%$) і невеликим значенням IBP (110). Під час перебування на глибині 65 м варіабельність ритму серця значно підвищується ($\sigma = 0,08$, $V = 9,2\%$), зменшуються значення AMo з 42 до 23 і IBP з 110 до 66. Значення Av_{R-R} (0,92) і Mo (0,95) практично не змінюються. Після закінчення декомпресії на тлі незначного зниження Av_{R-R} (0,88 с) виникає тенденція відновлення Mo , σ , V і IBP до передспускового рівня (0,90, 0,07 с, 7,4% і 90 відповідно). Спектральні потужності Sm2, Sm1 і Sb були дещо нижчими від середніх значень, швидкі хвилі були відсутні. Під час занурення спостерігалось різке

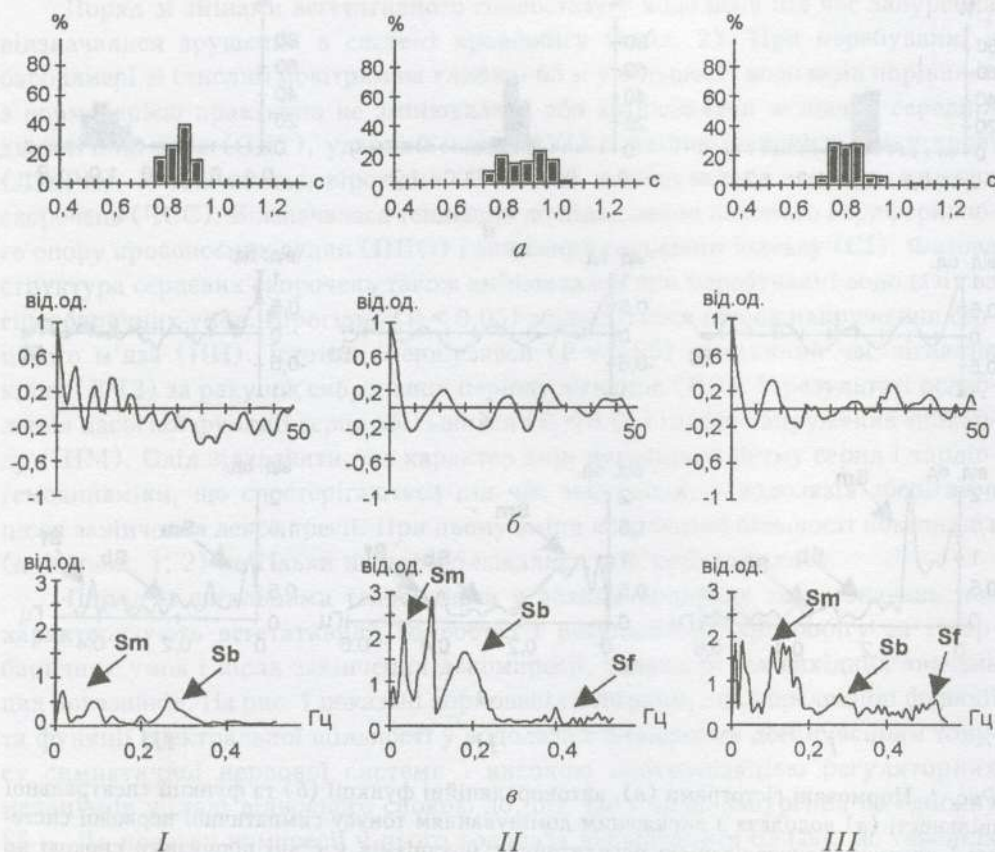


Рис. 2. Нормовані гістограми (а), автокореляційні функції (б) та функції спектральної щільності (в) у водолаза з помірним домінуванням тону парасимпатичної нервової системи і низькою централізацією регуляторних механізмів у стані відносного спокою до (I), під час (II) і після короткочасного занурення (III) на глибину 65 м.

підсилення хвиль Sm2, Sm1 і Sb, відзначалася поява швидких хвиль. Після занурення амплітуди Sm2, Sm1 і Sb знизилися, хоча і перевищували передспусковий рівень. Навпаки, спектральні потужності Sf підвищилися (див. рис. 2).

На рис. 3 і 4 наведені зміни значень показників кардіогемодинаміки у цих же водолазів при проведенні проби Вальсальви до, під час і після занурення на 65 м з використанням стислого повітря. Порівняно з нормобарією у водолаза з вираженим домінуванням тону симпатичної нервової системи реакції ЧСС і СІ на підвищення внутрішньогрудного тиску при перебуванні в стислому повітрі на глибині 65 м і після закінчення декомпресії послаблені, в той час як реакція питомого периферичного опору ППО посилена (див. рис. 3). Зміни СДТ більш виражені за гіпербаричних умов і практично були відсутні після занурення. У водолаза з помірним домінуванням тону парасимпатичної нервової системи реакція СДТ на пробу Вальсальви найбільш виражена в передспусковому періоді, найменш — під час занурення. Зміни значень ЧСС, СІ і ППО збільшувалися незначно при зануренні та після закінчення декомпресії (див. рис. 4).

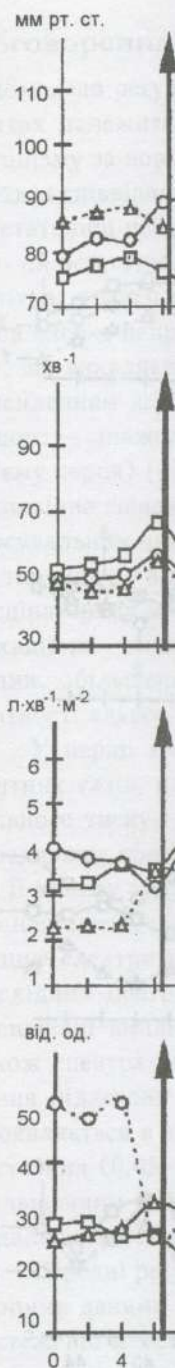
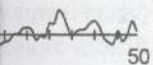
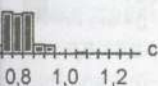


Рис. 3. Показники кардіогемодинаміки при проведенні проби Вальсальви до, під час і після занурення на глибину 65 м у водолаза з помірним домінуванням тону парасимпатичної нервової системи.



III

її спектральної
тичної нервової
носного спокою
65 м.

хвиль. Після
ли передпус-
(див. рис. 2).
инаміки у цих
занурення на
о у водолаза з
реакції ЧСС і
ислову повітрі
ас як реакція
ни СДТ більш
занурення. У
вової системи
овому періоді,
більшувалися
с. 4).

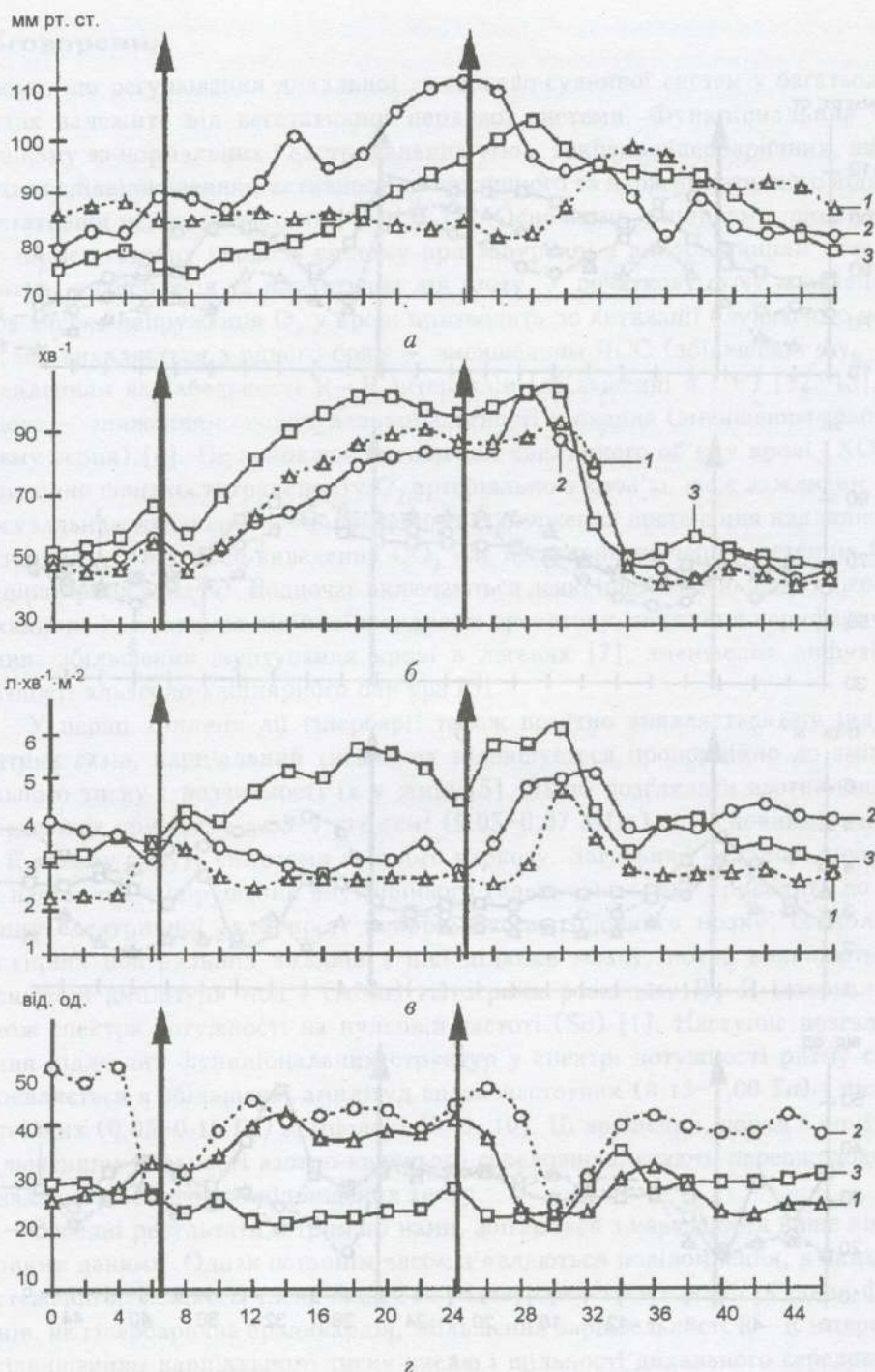


Рис. 3. Показники кардіогемодинаміки у водолаза з вираженим домінуванням тону парасимпатичної нервової системи та високою централізацією регуляторних механізмів при проведенні проби Вальсальви до (1), під час (2) і після (3) короткочасного занурення на глибину 65 м (стрілками відзначені початок і кінець проби Вальсальви): а — середній динамічний тиск, б — частота серцевих скорочень, в — серцевий індекс, г — питомий периферичний опір.

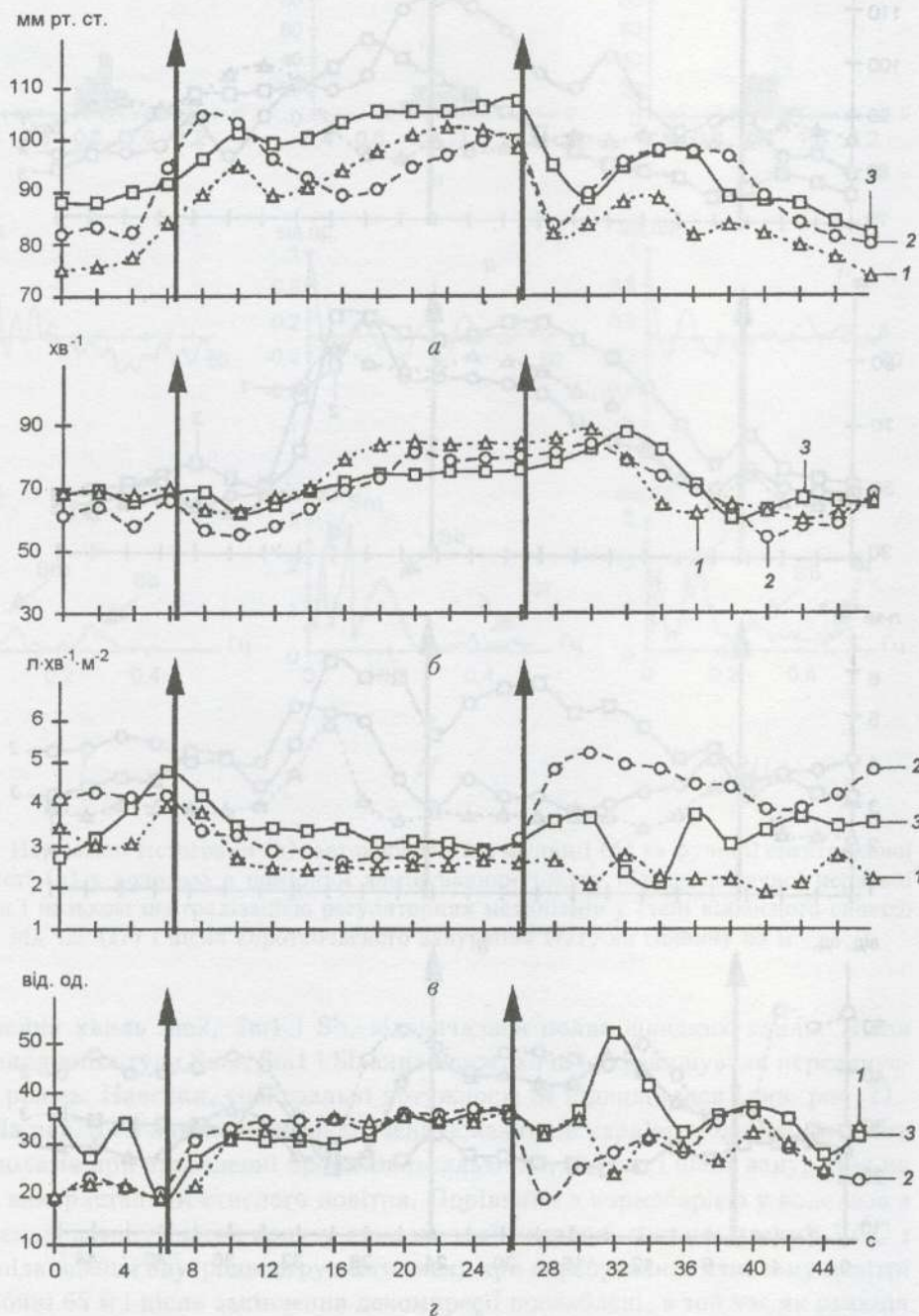


Рис. 4. Показники кардіогемодинаміки у водолаза з помірним домінуванням тону парасимпатичної нервової системи та низькою централізацією регуляторних механізмів при проведенні проби Вальсальви до, під час і після короткочасного занурення на глибину 65 м (стрілками відзначені початок і кінець проби Вальсальви): а — середній динамічний тиск, б — частота серцевих скорочень, в — серцевий індекс, г — питомий периферичний опір.

Обговорення

Відомо, що регуляція гемодинаміки в умовах занурення залежить від типу вегетативного гомеостазу організму за нормальних умов. Залежить також від частоти і амплітуди коливань вегетативної нервової системи на вегетативному рівні. Гіпертонічний тип, який характеризується високим тиском в атмосфері повітря, є гіпертонічним за умов високого тиску в атмосфері [8], що виявляється в посиленні варіабельності тиску. Інший — зниження частоти (зменшення об'єму серця) [4] — відповідає швидкому зменшенню тиску в атмосфері до тканин — (відносно респіраторний апарат механізми — зниження тиску в судинах, збільшення здатності альвеол).

У перші хвилини занурення тиску в атмосфері газів, тиску в атмосфері гальмівного тиску і тиску в середовищі при зануренні. Ми її впливу будемо розглядати, що настають — зменшення електричної активності нисхідних центрів, зменшення амплітуди спектра потужності підлеглого проявляється в зменшенні частотних (0,05–0,1) збільшенням швидкості подальшого безпечного занурення.

Середні результати турними даними показують, що обстеженні невеликої кількості осіб, як гіпертоніки, з підвищенням тиску залежність амплітуди потужності ритму.

Проведений аналіз вегетативного гомеостазу та характеру реакції на занурення до, під час і після занурення вихідного рівня.

Обговорення

Відомо, що регулювання дихальної та серцево-судинної систем у багатьох аспектах залежить від вегетативної нервової системи. Функціональний стан організму за нормальних і екстремальних умов, зокрема гіпербаричних, визначається співвідношенням активності симпатичного та парасимпатичного відділів вегетативної нервової системи [11–13, 15]. Основними чинниками, що впливають на вегетативну нервову систему при зануренні з використанням стислого повітря, є гіпероксія та наркотична дія азоту. У початкову фазу адаптації до умов високого напруження O_2 у крові призводить до активації блукаючого нерва [8], що виявляється з одного боку — зменшенням ЧСС (збільшенні Av_{R-R}) і підсиленням варіабельності R—R інтервалів (збільшенні σ і V) [12, 13], а з іншого — зниженням скорочувальної здатності міокарда (зменшення ударного об'єму серця) [4]. Це зумовлює зменшення хвилинного об'єму крові (ХОК) і відповідно швидкості транспорту O_2 артеріальною кров'ю, що є важливим пристосувальним механізмом, направленим на обмеження постачання надлишку O_2 до тканин — (відносно виведення CO_2 має негативне значення: ретенція CO_2 , респіраторний ацидоз). Водночас включаються деякі інші захисні щодо гіпероксії механізми — зниження лінійної швидкості кровотоку, звуження периферичних судин, збільшення шунтування крові в легенях [7], зменшення дифузійної здатності альвеоло-капілярного бар'єра [5].

У перші хвилини дії гіпербарії також помітно виявляється дія індиферентних газів, парціальний тиск яких підвищується пропорційно до змін загального тиску і розчинності їх у жирі [5]. Якщо розглядати азотно-кисневе середовище при тиску до 5–7 кгс/см² (0,05–0,07 МПа), то основними ознаками її впливу будуть симптоми азотного наркозу. Загальний механізм зрушень, що настають — порушення внутрішнього гальмування, яке приводить до зниження електричної активності нейронів кори головного мозку, ослаблення нисхідних центральних впливів з цієї ділянки мозку, котре виявляються в зменшенні амплітуди мод і (АМо) гістограми розподілу R—R інтервалів, а також спектра потужності на нульовій частоті (S_0) [1]. Наступне розгальмування підлеглих функціональних структур у спектрі потужності ритму серця проявляється в збільшенні амплітуд високочастотних (0,15–1,00 Гц) і низькочастотних (0,05–0,15 Гц) компонент [3, 9, 10]. Ці зрушення, поряд з помітним збільшенням щільності азотно-кисневого середовища, стають перешкодою для подальшого безпечного підвищення тиску.

Середні результати, отримані нами, збігаються з наведеними вище літературними даними. Однак останнім часом з'являються повідомлення, в яких при обстеженні невеликого числа людей не підтверджується наявність таких феноменів, як гіпербарична брадикардія, збільшення варіабельності R—R інтервалів з підвищенням парціального тиску кисню і щільності дихального середовища, залежність амплітуд низькочастотних і високочастотних компонент спектра потужності ритму серця від ступеня наркотичної дії азоту [5, 10, 12, 13, 15].

Проведений в даній роботі аналіз індивідуальних змін вегетативного гомеостазу та характеру реакції кровообігу на пробу Вальсальви у кожного водолаза до, під час і після закінчення занурення дозволив виявити їх залежність від вихідного рівня нисхідних центральних нервових впливів і співвідношення

нуванням тону
орних механізмів
ого занурення на
и): а — середній
екс, з — питоми

активності симпатичного та парасимпатичного відділів вегетативної нервової системи. У водолаза з високими вихідними значеннями So , $Sm2$ і $Sm1$ (високим ступенем централізації регулювання кровообігу) при дії екстремальних гіпербаричних чинників спостерігається зменшення їх амплітуди (див. рис. 1), що свідчить про послаблення під час занурення центральних нисхідних впливів на серцево-судинну систему. В той же час, вегетативний баланс з вихідним домінуванням активності симпатичного відділу за гіпербаричних умов ще більше зміщується в бік симпатичних впливів (ІВР підвищується від 184 до 255). Характер реакції кровообігу на пробу Вальсальви за гіпербаричних умов (див. рис. 3) також дозволяє припустити підсилення активності симпатичного відділу вегетативної нервової системи [6]. Подібне явище звичайно визначають як перехідний процес у системі регулювання кровообігу і пов'язують з випереджаючим включенням симпатичного елемента для часткової компенсації зниження контролю з боку вищих нервових структур [1]. Після закінчення декомпресії симпатичні впливи знижуються. Однак контроль серцево-судинної системи з боку центральних структур не відновлюється. Це призводить до того, що реакція кровообігу на підвищення внутрішньогрудного тиску після впливу гіпербаричних чинників набуває патологічного характеру (див. рис. 3), вказуючи на розвиток у даного водолаза вегетативної недостатності [2]. Через 30 хв після закінчення декомпресії у цього водолаза виникли симптоми декомпресійного розладу, що виявлялись у вигляді звуження поля зору, сильного запаморочення та нудоти. У водолаза з вихідним помірним домінуванням у вегетативному гомеостазі парасимпатичних впливів і з незначною централізацією регулювання кровообігу при дії гіпербаричних чинників спостерігається «нормалізація» вегетативного гомеостазу і низька напруженість регулювання діяльності серцево-судинної системи з боку центральних структур головного мозку (див. рис. 2). Такі зміни вегетативного гомеостазу зберігаються і по закінченні декомпресії. Реакція кровообігу на пробу Вальсальви у цього водолаза під час занурення і після його закінчення має нормальний характер [2, 6] і свідчить про відсутність вегетативних порушень (див. рис. 4).

Висновки

1. Показано, що основними чинниками, які викликають у водолазів зміни вегетативного гомеостазу і кровообігу при зануренні на глибину 65 м з використанням стислого повітря є гіпероксія та наркотична дія азоту.
2. Деякі особливості змін вегетативного гомеостазу і кардіогемодинаміки мають загальний для всіх водолазів характер. При зануренні з використанням стислого повітря гіпероксія викликає підсилення вагусних впливів, що проявляється, з одного боку, зменшенням частоти серцевих скорочень і підсиленням варіабельності R—R інтервалів і, з іншого боку, зниженням скоротливої здатності міокарда. Це зумовлює зниження хвилинного об'єму крові і, відповідно, швидкості транспорту O_2 артеріальною кров'ю, що є важливим пристосувальним механізмом, направленим на обмеження доставки надлишку O_2 до тканин. Водночас включаються інші захисні відносно гіпероксії механізми — зниження лінійної швидкості кровотоку, звуження периферичних судин. Наркотична дія азоту призводить до ослаблення нисхідних впливів центральних структур го-

ловного мозку
розподілу R
(So), а тако
тур. Останн
збільшенням
0,15 Гц) пер
3. Вияв
характеру ре
закінчення к
центральных
парасимпатич
високим ступ
ванням актив
умов виникає
або парасимп
лазів висока
вихідною мал
стазом нормо
активності па
тативних роз

V. Ilyin

VARIATION AND CONTROL

Investigation
in which
mean arte
continuos
peripheral
of autono
used. In
pressure i
density of
of cardiac
were deter
tonus. The
evaluation
system.

A.A. Bogomolov
National I

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Баевский Р.Л. ...
сердечного р
2. Банистер Р. ...
ти. — В кн.:

тивної нервової
і Sm1 (високим
емальних гіпер-
ив. рис. 1), що
дних впливів на
вихідним домі-
умов ще більше
84 до 255). Ха-
них умов (див.
тичного відділу
визначають як
ть з випереджа-
сації зниження
ня декомпресії
ної системи з
ого, що реакція
гіпербаричних
чи на розвиток
сля закінчення
го розладу, що
ння та нудоти.

омеостазі пара-
кровообігу при
ативного гоме-
динної системи
і зміни вегета-
ція кровообігу
ого закінчення
ативних пору-

ів зміни веге-
з використан-
гемодинаміки
икористанням
ів, що прояв-
підсиленням
ивої здатності
овідно, швид-
стосувальним
тканин. Вод-
— зниження
ркотична дія
структур го-

ловного мозку, що виявляється в зменшенні амплітуди моди (АМо) гістограми розподілу R—R інтервалів і значення спектра потужності на нульовій частоті (So), а також наступному розгальмуванню підлеглих функціональних структур. Останній феномен у спектрі потужності ритму серця характеризується збільшенням амплітуд високочастотних (0,15–1,00 Гц) і низькочастотних (0,05–0,15 Гц) періодичних компонент.

3. Виявлена залежність індивідуальних змін вегетативного гомеостазу і характеру реакції кровообігу на пробу Вальсальви у водолаза до, під час і після закінчення короточасних гіпербаричних впливів від вихідного рівня нисхідних центральних нервових впливів і співвідношення активності симпатичного та парасимпатичного відділів вегетативної нервової системи. У водолазів з вихідним високим ступенем централізації регулювання кровообігу і вираженим домінуванням активності симпатичного або парасимпатичного відділів за гіпербаричних умов виникає мінуща дизрегуляція кровообігу з домінуванням симпатичного або парасимпатичного елементів. Після закінчення декомпресії у таких водолазів висока ймовірність виникнення вегетативних порушень. У водолазів з вихідною малою централізацією регулювання кровообігу і вегетативним гомеостазом нормо- або симпатотонічного типів, а також з помірним домінуванням активності парасимпатичної нервової системи менш вірогідне виникнення вегетативних розладів під час або після занурення.

V. Ilyin

VARIATION OF AUTONOMIC BALANCE AND CIRCULATION IN AIR DIVES

Investigations were performed during 24 simulated air dives under pressure 0,74 MPa in which 16 divers took part. Before, during and after dives intrathoracic pressure, mean arterial pressure, ECG, rheoplethysmogram and intervalocardiogram were recorded continuously with the Valsalva maneuvers. Variables of heart pumping function, peripheral vascular system, phasic heart cycle structure were calculated. For evaluation of autonomic homeostasis variational and spectral analysis of cardiac rhythm were used. In hyperbaria a part of hemodynamic response peculiarities to intrathoracic pressure increase were common to all divers and caused by hyperoxia and increased density of breathing medium, which lead to the appearance of bradycardia, decrease of cardiac output, peripheral vasoconstriction enhancement. Other observed features were determined by alterations in sympathetic and parasympathetic nervous system tonus. These changes were rather complex and highly individual. Our data may benefit evaluation of hyperbaric factor stressfull action on blood flow and autonomic nervous system.

*A.A. Bogomoletz Institute of Physiology,
National Academy of Science of Ukraine, Kiev*

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Баевский Р.М., Кириллов О.И., Клецкин С.З. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе. — М.: Наука, 1984. — 223 с.
2. Банистер Р.Д. Диагноз и лечение хронических форм вегетативной недостаточности. — В кн.: Нейро-трансмиссивные системы. — М.: Медицина, 1982. — С. 88-102.

3. Беннетт П.Б. Наркотическое действие нейтральных газов. — В кн.: Медицинские проблемы подводных погружений / Под ред. П.Б. Беннета, Д.Г. Эллиотта. — М.: Медицина, 1988. — С. 247-273.
4. Жиронкин А.Г. Токсическое действие кислорода. — В кн.: Адаптация человека к экстремальным условиям среды / Под ред. О.Г. Газенко. — М.: Наука, 1979. — С. 406-453.
5. Гуляр С.А., Ильин В.Н. Современные концепции адаптации организма человека к гипербарии и его реадaptации после декомпрессии // Физиол. журн. — 1990. — 36, № 4. — С.105-114.
6. Лоога Р.Ю. Изменения кровообращения при опыте Вальсальвы // Усп. физиол. наук. — 1973. — 4, № 3. — С.134-151.
7. Петровский Б.В., Ефунг С.Н. Основы гипербарической оксигенации. — М.: Медицина, 1976. — 346 с.
8. Сорокин П.А. Влияние дыхания O_2 при нормальном и повышенном давлении на гемодинамику и ЭКГ человека. — В кн.: Функции организма в условиях измененной газовой среды. — М.: Л., 1958. — 2. — С.46-60.
9. Akselrod S., Gordon D., Ubel F.A. et al. Power spectrum analysis of heart rate fluctuation: a quantitative probe of beat-to-beat cardiovascular control // Science. — 1981. — 213, № 4504. — P. 220-222.
10. Jakovljevic M.B., Mekjavic I.B. Autonomic nervous control of heart rate during inhalation of sub-anesthetic levels of nitrous oxide. Programme and abstracts of XXIst Annual Meeting of the EUBS. Helsinki, 1995. — P. 9.
11. Ilyin V., Gulyar S., Reeben V. Continuous non-invasive monitoring of divers' central hemodynamic variables with automatized express-evaluation of cardio-vascular systems' functional state under increased ambient pressure. Nurkownia saturowane-problematika techniczna. — Referaty na III Sympo zjum. AMW, S. Gdynia: 1991. — P. 25-30.
12. Naraki N. et al. Autonomic nervous function in deep-sea divers during sleep 300 m He- O_2 saturation dive. Proc XX th Annual Meeting of the EUBS, Istanbul: 1994. — P. 211-216.
13. Naraki N. et al. ECG R-R intervals variation as an index of autonomic nervous function at hyperbaric environments 19 ATA He- O_2 and 3 ATA N_2-O_2 . Programme and abstracts of XXIst Annual Meeting of the EUBS, Helsinki: 1995. — P. 3.
14. Selye H., Rawlings R. Essential of the stress concept // Int. J. Tissue React. — 1980. — 2, № 2. — P.113-118.
15. Viljanen A.A., Sipinen S., Lindholm H. Telemetric measurement of autonomic nervous function. Programme and Abstracts of XXIst Annual Meeting of the EUBS, Helsinki: 1995. — P. 2.

Ин-т фізіології ім. О.О.Богомольця
НАН України, Київ

Матеріал надійшов
до редакції 9.03.99

УДК 796.072.2

І. Д. Глазирін

Особливості
15–17 років
темтів їх біо

Изучали
15–17 лет
результ
темпов
зического
такой д
кие груп
торые с
лей, а т
с ускоре
тям кар
нами раз
ется от

Вступ

Деякі вчені [8, 9],
шого шкільного ві
або суттєве упові
авторів [11, 13, 17]
морфофункціонал
особливо, юнаків.

Нерівномірні
при розподілі їх н
16], статевого доз
типом [5, 11, 12]

Характеристи
диференціюються
особливості біоло
ристовували два по
логічні показники
рухових якостей, т
вих здібностей. У
функціональних
компонентів оцінк

Більш точно
морфофункціонал
статевого дозріван
свої процеси стан

© І. Д. Глазирін, 19