

## Критерии и методы определения биологического возраста

### Критерии

Биологический возраст дает оценку индивидуального возрастного статуса. Такая оценка может производиться с использованием практически любых систем организма, поскольку все они характеризуются определенными изменениями на протяжении всего постнатального онтогенеза. Однако специалисты используют далеко не все из них. Существуют четкие критерии оценки биологического возраста, которые и позволяют производить его сопоставление на самых различных уровнях.

Основными критериями биологического возраста считаются:

- зрелость (оценивается на основе развития вторичных половых признаков);
- скелетная зрелость (оценивается по срокам и степени окостенения скелета);
- зубная зрелость (оценивается по срокам прорезывания молочных и постоянных зубов, стертость зубов);
- показатели зрелости отдельных физиологических систем организма на основании возрастных изменений микроструктур различных органов;
- морфологическая и психологическая зрелость.

Морфологическая зрелость оценивается на основании развития опорно-двигательного аппарата — мышечной силы, статической выносливости, частоты и координации движений.

С морфологической и физиологической зрелостью тесно связана школьная зрелость, под которой подразумевают степень психофизиологической и морфологической зрелости, достаточную для начала школьного обучения.

Оценка морфологической зрелости основана на изменении пропорций тела, происходящем от того, что замедляется рост головы и шеи, но ускоряется рост конечностей

Признаки, используемые для оценки биологического возраста, должны удовлетворять целому ряду требований. Прежде всего, они должны отражать четкие возрастные изменения, которые поддаются описанию или измерению. Способ оценки этих изменений не должен наносить вред здоровью испытуемого и вызывать у него неприятные ощущения. И, наконец, он должен быть пригоден для скрининга большого количества индивидуумов. В ауксологии применяются различные системы оценки биологического возраста, удовлетворяющие перечисленным требованиям. Это так называемые костный возраст, зубной возраст, половое развитие, общее морфологическое развитие, физиологическая зрелость, психическое и умственное развитие и некоторые другие.

Половая зрелость оценивается на основании степени развития половых признаков, таких как волосы на лобке и в подмышечных впадинах, набухание сосков, выступание кадыка, мутация голоса, развитие молочных желез и наступление менархе (менструальный цикл, первое менструальное кровотечение) у девочек.

При оценке биологического возраста используют показатели зрелости отдельных физиологических систем организма. Делались попытки определения биологического возраста на основании возрастных изменений микроструктур различных органов.

Оценка биологического возраста производится путем сопоставления соответствующих показателей развития обследуемого индивида со стандартами, характерными для данной возрастной, половой и этнической группы. Стандарты периодически обновляются.

Для правильной оценки биологического возраста желательно использовать несколько показателей в их сочетании. Однако на практике при массовых обследованиях о биологическом возрасте приходится судить по каким-то отдельным показателям, достаточно хорошо отражающим развитие ребенка.

"Биологический возраст" человека отличается от "паспортного" (хронологического) возраста. Его называют также возрастом развития. Он отражает темп индивидуального роста, развития, созревания и старения организма. У всех приматов существуют индивидуальные отличия в ростовых процессах. Темп роста, сочетание скоростей роста и развития на разных этапах онтогенеза могут существенно варьировать у разных людей. Это проявляется, например, при исследовании групп людей одного паспортного возраста. Например, в группе 10-летних девочек 50% обследованных по биологическому развитию будут соответствовать "типичному", среднему варианту, остальные будут отклоняться в пределах 1-2 года в ту или другую сторону, т.е. биологический возраст их будет соответствовать 11-12 годам или 8-9 годам.

Среди сверстников по хронологическому возрасту обычно существуют значительные различия по темпам возрастных изменений. Расхождения между хронологическим и биологическим возрастом, позволяющие оценить интенсивность старения и функциональные возможности индивида, неоднозначны в разные фазы процесса старения. Самые высокие скорости возрастных сдвигов отмечаются у долгожителей, в более молодых группах они незначительны.

Биологический возраст определяется совокупностью обменных, структурных, функциональных, регуляторных особенностей и приспособительных возможностей организма. Оценка состояния здоровья методом определения биологического возраста отражает влияние на организм внешних условий и наличие (отсутствие) патологических изменений.

Биологический возраст, помимо наследственности, в большой степени зависит от условий среды и образа жизни. Поэтому во второй половине жизни люди одного хронологического возраста могут особенно сильно различаться по морфо-функциональному статусу, то есть биологическому возрасту. Моложе своего возраста обычно оказываются те из них, у которых благоприятный повседневный образ жизни сочетается с положительной наследственностью.

Основные проявления биологического возраста при старении – нарушения важнейших жизненных функций и сужение диапазона адаптации, возникновение болезней и увеличение вероятности смерти или снижение продолжительности

предстоящей жизни. Каждое из них отражает течение биологического времени и связанное с ним увеличение биологического возраста.

### Методы оценки биологического возраста

Введение понятия "биологический возраст" объясняется тем, что календарный (хронологический) возраст не является достаточным критерием состояния здоровья и трудоспособности стареющего человека. Среди сверстников по хронологическому возрасту обычно существуют значительные различия по темпам возрастных изменений. Расхождения между хронологическим и биологическим возрастом, позволяющие оценить интенсивность старения и функциональные возможности индивида, неоднозначны в разные фазы процесса старения. Самые высокие скорости возрастных сдвигов отмечаются у долгожителей, в более молодых группах они незначительны. Поэтому определять биологический возраст имеет смысл лишь у лиц старше 30 лет или даже 35 лет. Его оценка при старении необходима геронтологам, клиницистам, социальным работникам для решения социально-гигиенических задач, диагностики заболеваний, суждения о здоровье и эффективности мероприятий по замедлению темпов старения и продлению активной старости.

Считается, что при физиологическом старении организма его хронологический и биологический возраст должны совпадать. В случае отставания биологического возраста от хронологического можно предположить большую длительность предстоящей жизни, в противоположном варианте – преждевременное старение, т.е. речь, идет о физиологической или преждевременной (и патологической) старости.

Из-за разновременности возрастных сдвигов в разных системах и функциональных показателях возможны значительные расхождения: так, например, при значительном увядании кожи, появлении морщин и седины, сердце и мозг могут работать вполне исправно, то есть биологический возраст оказывается более низким, чем, если бы суждение о нем основывалось только на внешнем виде. И, наоборот, при "здоровом" виде у человека могут быть болезни важных для жизни органов. Таким образом, оценка биологического возраста возможна только на основе тщательного и всестороннего медико-антропологического обследования.

Комплекс тестов для амбулаторного исследования по программе долговременного наблюдения старения (Институт геронтологии):

- 1)** Антропометрические данные и общие показатели старения: рост стоя, рост сидя, окружность грудной клетки, плечевой диаметр, вес, толщина кожной складки, рентгенография кистей.
- 2)** Функциональные показатели состояния органов и систем: пульс, артериальное давление, частота дыхания, жизненная ёмкость легких, максимальная задержка дыхания на вдохе и выдохе, мышечная сила кистей (динамометрия), рентгеноскопия органов грудной клетки, острота зрения, простой тест на память, ЭКГ, скорость распространения пульсовой волны, реоэнцефалография, определение вибрационной чувствительности, тест на психомоторный темп.
- 3)** Лабораторные исследования: общий анализ крови, мочи, биохимические исследования крови (холестерин, лецитин, сахар крови).

К настоящему времени существует уже большое количество предложенных разными исследователями тестов разного объема – в зависимости от целей исследования. Преобладает мнение, что биологический возраст должен определяться на интегративной основе клинико-функциональных параметров, быть пригодным для амбулаторных условий, обеспечивать объективность, надежность и эффективность диагностики. В качестве критериев биологического возраста могут быть использованы и различные морфологические, в меньшей степени психологические показатели, отражающие общую и профессиональную работоспособность, здоровье и возможности адаптации. В последнее время большое значение придается изучению возрастных изменений на молекулярном уровне.

Сокращенный метод определения биологического возраста для взрослых лиц:

- 1.** кардиопульмональная система (систолическое артериальное давление, жизненная емкость легких, артериальное парциальное давление кислорода);
- 2.** органы чувств, психика (зрение, слух, способность к переключению внимания);
- 3.** двигательный аппарат (эластическая способность сухожилий);
- 4.** состояние зубов (количество здоровых зубов).
- 5.** Темпы старения, как и развития, в определенной степени зависят и от конституции человека.

При определении "возрастных норм" и биологического возраста человека следует учитывать пол, индивидуальные и конституциональные особенности, а также принадлежность к определенной эколого-популяционной группе, влияние социальных факторов и другие обстоятельства.

В ауксологии применяются различные системы оценки биологического возраста, удовлетворяющие перечисленным требованиям. Это так называемые костный возраст, зубной возраст, половое развитие, общее морфологическое развитие, физиологическая зрелость, психическое и умственное развитие и некоторые другие.

Половая зрелость оценивается на основании степени развития половых признаков, таких как волосы на лобке и в подмышечных впадинах, набухание сосков, выступание кадыка, мутация голоса, развитие молочных желез и наступление менархе у девочек.

В период скелетной зрелости основными показателями возрастной дифференцировки костей скелета являются центры окостенения, сохранность или закрытие эпифазарных хрящевых зон роста. У взрослых оцениваются сопряженные с процессом старения изменения компактного вещества кости (его истончение), губчатого вещества (разрежения). В периоде старения в качестве критерия биологического возраста используется проявления остеопороза и остесклероза, остеофитоза (разрастание костной ткани в области фаланг кисти, стопы и на позвонках).

Зубной возраст определяется на основании числа прорезавшихся и находящихся в состоянии замены молочных зубов у ребенка, а у взрослых — по состоянию стертости постоянных зубов.

При определении возрастных изменений физиологических и биохимических процессов обращают внимание на темпы обмена. С прекращением ростовых процессов основной обмен снижается.

При осмотре кожных покровов обращают внимание на варикозные расширения и другие отклонения.

Морфологическая зрелость оценивается на основании развития опорно-двигательного аппарата — мышечной силы, статической выносливости, частоты и координации движений.

О психофизиологической зрелости судят по результатам выполнения тестов Керна — Ирасека. Оценка морфологической зрелости основана на изменении пропорций тела, происходящем от того, что замедляется рост головы и шеи, но ускоряется рост конечностей. На основании этого морфологическими показателями школьной зрелости служат три индекса и "филиппинский тест".

"Филиппинский тест" — упражнение, состоящее в проверке того, достает ли ребенок правой рукой, положенной поперек темени, до левого уха.

#### Показатели зрелости

**1)** Уровень полового созревания, или половое развитие определяется по времени последовательности появления, а также степени развития вторичных половых признаков; эффективно используется в перипубертатном ("околопубертатном") периоде, т.е. от 7-8 до 16-17 лет, наиболее часто применяется в качестве критерия биологического возраста при массовых антропологических обследованиях.

События пубертатного периода разворачиваются во времени, позволяя выделить в процессе их динамики отдельные стадии, свидетельствующие о скорости достижения отдельных стадий, но их последовательность остается более или менее постоянной.

Первым признаком полового созревания у мальчиков следует считать начало увеличения яичек. В среднем это происходит в 11-12 лет, индивидуальные вариации в норме могут охватывать период от 9 с половиной до 15 лет. Соотнесение во времени максимальных темпов развития, события пубертатного периода проявляются в следующей последовательности: рост яичек → рост пениса → увеличение гортани → лобковое оволосение → подмышечное оволосение → ростовой спурт (скачок роста длины тела) → рост волос на лице и теле.

У девочек первым признаком пубертата является увеличение половых желез — яичников, увеличением молочных желез, предшествующее ростовому спурту (скачку роста длины тела), оно начинается в 9-13 лет и заканчивается в 12-18 лет.

Наиболее важным маркером полового созревания у девочек полового созревания является начало менструирования (менархе).

Приведенная информация отражает важный аспект особенностей полового созревания: несоответствия физической и психологической зрелости.

**2)** Костный возраст, или скелетная зрелость служит хорошим показателем биологического возраста для всех периодов онтогенеза, начиная с утробного и кончая периодом старения. В процессе роста кости претерпевают ряд характерных

изменений, которые могут фиксироваться на рентгенограммах. Основными показателями возрастной дифференцировки являются ядра окостенения и образования стенозов.

Возрастные изменения костной системы, с учетом иных, чем у растущего организма критериев, используются для определения биологического возраста на протяжении всего периода постнатального онтогенеза. В периоде старения в качестве критериев используются сроки проявления остеопороза и остеосклероза, различные деформации в области суставов и т.д.

**3)** Зубной возраст, или зубная зрелость. Традиционный метод определения зубного возраста основан на учете числа (на данный момент) и последовательности прорезавшихся зубов (как молочных, так и постоянных) и сопоставления этих данных с существующими стандартами. Используется в качестве показателя биологического возраста только до 13-14 лет, так как молочные зубы прорезываются с 6 месяцев до 2 лет, а постоянные — в среднем с 6 до 13 лет (за исключением третьих моляров).

Половые различия в прорезывании молочных зубов практически отсутствуют, но по прорезыванию постоянных зубов, как и по достижению костной зрелости, девочки опережают мальчиков, при этом наибольшие различия отмечены в сроках прорезывания клыков.

Работами многих ученых показано наличие четкого генетического контроля над различными стадиями формирования и появления зубов. Связь между показателями костной и скелетной зрелости в целом невелика, корреляция между костным и зубным возрастом не превышает 0,4.

Определение зубного возраста находит широкое применение в криминалистике, является одним из основных методов оценки индивидуального возраста при исследовании ископаемых материалов; служит надежным показателем возрастного статуса индивида в тех случаях, когда по каким-либо причинам неизвестна точная дата рождения ребенка.

**4)** До некоторой степени в качестве критериев биологического возраста могут использоваться возрастные изменения физиологических и биохимических показателей. Однако информативность этих критериев намного ниже. Часть из них непосредственно связана с изменениями физических параметров ребенка. Например, частота сердечных сокращений с возрастом уменьшается: от 100 ударов в минуту у 2-х летнего ребенка до 65-70 ударов у взрослого. Эта закономерность совпадает с общебиологическим явлением — более частыми сердцебиениями при меньших размерах тела. Та же зависимость существует частоты дыхания: 40-45 в минуту — у новорожденного и в среднем 12-16 — у взрослого.

Некоторые физиологические функции "созревают" раньше других. Например, в раннем детстве желчь менее концентрирована, а содержание белков в сыворотке крови понижено, однако вскоре по этим показателям происходит достижение взрослого статуса. Кровяное давление продолжает подниматься не только в течении всего периода роста, но и на протяжении жизни: систолическое давление 5-летнего ребенка составляет примерно 80-85 мм ртутного столба, у 18-летнего юноши — 120

мм. Скорость основного обмена выше всего у новорожденного; за период от 6 до 20 лет она быстро снижается и продолжает снижаться на протяжении всей жизни. По некоторым данным, в пубертатном периоде она несколько повышается.

Половой диморфизм отражается на динамике многих физиологических и биохимических показателей. Так, у девочек ростовой скачок систолического давления крови начинается раньше, чем у мальчиков. Температура ротовой полости, уменьшающаяся от рождения до зрелости, раньше достигает "взрослых" значений у девочек и т.д.

Было сделано немало попыток использовать изменения физиологических и биохимических параметров в качестве маркеров физиологической зрелости, но все они были неизменно сопряжены с рядом трудностей, связанных со сложностями сбора данных и отсутствия четких возрастных нормативов.

**5) Психическое развитие и биологический возраст.** Проблема соотношения психического (эмоционального, умственного) и физического развития представляет особый интерес для возрастной биологии человека, антропологии и педагогики в связи с акселерацией развития и изучением особенностей становления психической (и социальной) зрелости современного человека.

Поиск критериев созревания субстрата психических процессов — ЦНС — основан на изучение возрастной динамики важнейших ее структурных и биохимических параметров. Развитие мозга и нервной системы в целом имеет системную направленность, начиная уже с очень ранних этапов онтогенеза. Типичны: опережение по сравнению с тотальными размерами тела, гетерохрония, четкие возрастные градиенты созревания, как всего мозга, так и коры, приуроченность наиболее интенсивного развития цитоархитектоники корковых формаций ко времени после рождения. Признание в качестве критериев определенных стадий зрелости и, следовательно, биологического возраста получили многие показатели: величина и плотность расположения нейронов, длина аксонов, степень миелинизации, синаптогенез, возможно, стадиоспецифичные антигенные факторы, активность АХЭ, содержание ДНК; при старении — липофусцин в перикарионах нейронов, сенильные бляшки в нейропиле, атрофия дендритного дерева, исчезновение дендритных шипиков, уменьшение размеров и потеря нейронов.

Проблема взаимоотношений биологического возраста с эмоциональным и умственным развитием достаточно сложна и решается пока неоднозначно. Существует лишь немногие данные о связи созревания ЦНС и эндокринного аппарата с возрастными изменениями свойств нервной системы, лежащих в основе темперамента (энергетический уровень, скорость, устойчивость, темп, подвижность реакций и др.). Выделение зависящих от времени параметров темперамента является основной задачей в разработке психологических критериев биологического возраста.