

УДК 004.942:616.379-008.64+314.44(477)

О.И. Соловьева¹, С.И. Лапта², С.С. Лапта³¹Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков²Харьковский национальный экономический университет, Харьков³Харьковская инженерно-педагогическая академия, Харьков

ИНФОРМАЦИОННО-КОМПЬЮТЕРНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СКРИНИНГОВОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ НА САХАРНЫЙ ДИАБЕТ

Для оценки объема постоянно действующего скринингового обследования населения условного региона (УР) на латентную форму сахарного диабета 2 типа (СД2) и выяснения динамики необходимых для его проведения затрат построена его имитационная модель. Ее практическое использование предполагает ведение трех взаимосвязанных баз данных: численности населения региона, больных СД2 и пациентов, входящих в группу риска по диабету, дифференцированных по возрасту. В качестве примера проведена предварительная приближенная оценка объема ежегодного скринингового обследования населения на СД2, используя известные усредненные медико-статистические и демографические данные.

Ключевые слова: имитационная модель, скрининг, сахарный диабет, факторы риска.

Введение

Постановка проблемы. Для проведения своевременного массового обследования населения на латентные формы широко распространенного сахарного диабета 2-го типа (СД2), смертельно опасного своими поздними осложнениями, с целью снижения объема работы и необходимых для этого финансовых затрат эндокринологами была предложена априорно удешевленная организационная схема постоянно действующего скрининга [1]. Однако для его законодательного обеспечения необходима предварительная точная количественная оценка объема его обследований и ежегодных затрат на него, что можно получить не иначе, как методами имитационного моделирования.

Анализ последних достижений и публикаций. В связи недавно возникшей проблемой моделирования динамики объема пациентов, подлежащих скрининговому обследованию на СД2 по предложенной схеме, наша работа в данном направлении является первой. Согласно схеме скрининга [1] ежегодно обследуются только лица, не больные диабетом, но на предыдущих обследованиях попавшие в группу рис-

ка. Остальное население, имеющее возраст 45 лет и старше, подлежит обследованию с интервалом в 3 года. Эти условия не дают возможности произвести прямые расчеты объема обследуемых пациентов, но на их основе и на известных статистических данных [2] можно построить и численно проанализировать соответствующую математическую модель.

Формулировка цели статьи. В соответствии с вышеизложенным целью статьи является формулировка на основе схемы скрининга, предложенного медиками, его вербального алгоритма и разработка соответствующей имитационной модели, позволяющей произвести оценку объема обследований пациентов.

Изложение основного материала

Вербальный алгоритм скрининга для численности обследуемых пациентов условного региона (УР) с полной численностью населения Q_k в k -й год ($k = 0, 1, 2, \dots$) можно сформулировать в виде:

1. Ежегодно, начиная с первого года скрининга, который для удобства выкладок будем называть

"нулевым" годом, обследованию подлежат все, кому в этом году исполняется 45 лет, но кто не состоит на учете по СД2.

2. В первый ("нулевой") год дополнительно обследуются все, кому в этом году исполняется 46 лет или больше, за исключением состоящих на учете по СД2.

3. Ежегодному обследованию, начиная со второго ("первого") года, подлежат все, кто на одном из предыдущих обследований был идентифицирован с факторами риска (ФР) по СД2.

4. Каждый год, начиная с четвертого ("третьего") года, повторно с интервалом в 3 года обследуются лица, у которых на предыдущих обследованиях установлена норма (это когорты бывших 45-летних, с каждым обследованием постаревших на 3 года, и когорты тех, кому первоначально исполнилось 46 лет и больше).

Согласно этим пунктам полную численность лиц, подлежащих обследованию в k -й год ($k = 0, 1, 2, 3, \dots$), можно дифференцировать на четыре составляющие. Первая из них, соответствующая первому пункту алгоритма, является стационарной (с точностью до вариаций демографического характера). Ее можно представить в следующем виде:

$$(1 - \alpha) q_{45}^k Q_k, \quad (1)$$

где q_{45}^k и α – удельный вес в населении УР с численностью Q_k в k -й год 45-летних и лиц возраста 45 лет и старше с уже зарегистрированным СД, соответственно. Из медико-статистических данных Украины [2] можно считать, что $\alpha = 0,04$.

Все остальные составляющие численности лиц, подлежащих обследованию, согласно алгоритму изменяются год от года. При этом две из них являются возрастающими, причем одна появляется, начиная с 1-го года, следующего за "нулевым", а вторая – начиная с 3-го года. Первая, согласно пункту 3, на k -м году содержит всех пациентов с ФР, выявленными на обследованиях предыдущих лет, с учетом убыли этой категории по различным причинам:

$$\sum_{i=0}^{k-1} M_k^{\hat{0} i}, \quad (2)$$

где $M_k^{\hat{0} i}$ – численность обследованных в k -й год с ФР, выявленным в i -й год.

Вторая возрастающая составляющая численности ежегодно обследованных пациентов, соответствующая четвертому пункту, обусловлена многократным повторным (с интервалом 3 года) обследованием лиц с нормой всех когорт населения, первоначально обследованных в 45-ти летнем возрасте. При ее первом появлении в третьем году ее можно представить в виде:

$$(1 - \beta) q_{48}^3 Q_3, \quad (3)$$

где q_{48}^3 и β – удельный вес в населении УР с численностью Q_3 на 3-м году 48-летних и лиц возраста

46 лет и старше с уже зарегистрированными СД либо ФР, соответственно.

Из общепринятых представлений об этиологии СД2 [2] значение параметра β можно положить равным 0,20. На 4-м и 5-м годах вид второй составляющей численности обследованных пациентов подобен выражению (3) со сдвигом на один и два года, соответственно. На 6-м году к аналогичному слагаемому добавится численность лиц повторно обследованных во второй раз:

$$(1 - \beta) q_{48}^6 Q_6 + (1 - \beta) q_{51}^6 Q_6.$$

Здесь q_{48}^6 и q_{51}^6 – удельный вес в населении УР с численностью Q_6 (на 6-м году) 48-летних и тех, кому 51 год.

На 7, 8 годах подсчет численности этой составляющей принципиально не изменяется, а на 9-м году к этим двум слагаемым добавится еще одно – третье, обусловленное повторным обследованием в 3-й раз пациентов в возрасте уже 54 года:

$$(1 - \beta) q_{48}^9 Q_9 + (1 - \beta) q_{51}^9 Q_9 + (1 - \beta) q_{54}^9 Q_9.$$

Обобщая по индукции для произвольного k -го года, начиная с третьего, эту численность можно представить в виде:

$$(1 - \beta) Q_k \sum_{j=1}^{[k/3]} q_{45+3j}^k, \quad (4)$$

где q_{45+3j}^k – удельный вес в населении УР с численностью Q_k на k -м году лиц в возрасте $(45 + 3j)$ лет $(1, 2, 3, \dots, [k/3])$, причем $[k/3]$ – целая часть отношения $k/3$. Оставшаяся четвертая составляющая численности ежегодного обследования населения УР, соответствующая четвертому и второму пунктам, отлична от нуля лишь в годы, кратные числу 3. В "нулевой" год она выражается в виде:

$$(1 - \alpha) q_{46+}^0 Q_0,$$

где q_{46+}^0 – удельный вес в населении УР с численностью Q_0 в "нулевом" году лиц 46 летнего возраста и старше. Повторно они проходят обследование через каждые три года, соответственно постаревшие, при условии, что за это время не попали в группы с СД2 и ФР, что учитывается заменой параметра α на β . Так что на третьем и шестом годах эта составляющая имеет вид, соответственно:

$$(1 - \beta) q_{49+}^3 Q_3, (1 - \beta) q_{52+}^6 Q_6,$$

где обозначения $q_{49+}^3, q_{52+}^6, Q_3, Q_6$ имеют смысл аналогичный предыдущему.

Обобщая далее по индукции для произвольного k -го года получаем общее выражение для четвертой составляющей объема ежегодного скринингового обследования населения на СД2:

$$0,5 \cdot (2 - \text{mod}_3 k) (1 - \text{mod}_3 k) (1 - \beta) q_{45+1+k}^k Q_k, \quad (5)$$

в котором символ $\text{mod}_3 k$ означает остаток от деления числа k на число 3, а множитель

$$0,5 \cdot (2 - \text{mod}_3 k) (1 - \text{mod}_3 k) = \begin{cases} 1, & k = 3m, (m \in N_0 = \{0, 1, 2, \dots\}), \\ 0, & k \neq 3m, (m \in N_0). \end{cases}$$

обнуляет эту составляющую в годы, порядковый номер которых не кратен числу 3.

Объединяя все эти составляющие (1), (2), (4), (5), получаем общую формулу для полной численности обследованных лиц M_k в k -м году:

$$M_k = (1 - \alpha) \times \times q_{45}^k Q_k + \sum_{i=0}^{k-1} M_{ki}^{\hat{0}} + (1 - \beta) Q_k \sum_{j=1}^{[k/3]} q_{45+3j}^k + (6) + 0,5 \cdot (2 - \text{mod}_3 k) (1 - \text{mod}_3 k) (1 - \beta) Q_k q_{45+1+k}^k.$$

Согласно ее выводу эта формула (6) справедлива при $k \geq 3$. Однако ее можно распространить на все $k = 0, 1, 2, 3, \dots$, заменяя в последнем слагаемом выражения (6) параметр β на α и считая, что два предыдущие слагаемые в виде сумм равны нулю при тех значениях индекса k , когда эти суммы теряют смысл. Поскольку интерес представляют не абсолютные значения объема скринингового обследования населения, а относительные, нормированные на численность населения УР, в формуле (6) целесообразно перейти к безразмерным величинам:

$$\mu_k = M_k / Q_k, \quad \nu_{ki} = M_{ki}^{\hat{0}} / Q_k:$$

$$\mu_k = (1 - \alpha) q_{45}^k + \sum_{i=0}^{k-1} \nu_{ki} + (1 - \beta) \sum_{j=1}^{[k/3]} q_{45+3j}^k + (7) + 0,5 \cdot (2 - \text{mod}_3 k) (1 - \text{mod}_3 k) (1 - \beta) q_{45+1+k}^k.$$

Проведение расчетов по формуле (7) предполагает знание численности населения региона, дифференцированного по возрасту с точностью до года, а также численности групп больных СД2 и с ФР по СД2. В полном объеме с достаточной точностью эта

информация может быть получена лишь процессе проведения скринингового обследования населения на СД2 и анализе его результатов при ведении трех взаимосвязанных баз данных: численности населения региона по годам возраста, больных СД2 и группы с ФР, дифференцированных по возрасту.

Однако и сейчас можно провести предварительную приближенную оценку объема ежегодного скринингового обследования населения на СД2, используя известные усредненные медико-статистические и демографические данные [3, 4].

Выводы

Впервые математически формализована оптимальная схема проведения скрининга СД2; построена его имитационная модель, предусматривающая ведение трех баз данных: населения, больных СД2 и лиц с факторами риска по СД2. Используя статистические данные, в определенном смысле заменяющие информацию из необходимых для проведения скрининга трех баз данных, выполнены расчеты по этой модели и получены предварительные результаты, позволяющие оценить численность обследуемых пациентов в каждом году и предполагаемые расходы.

Список литературы

1. Ильина И.М. Экономические аспекты скрининга сахарного диабета 2 типа (обзор) / И.М. Ильина, А.В. Гавва // Пробл. эндокрин. патології. – 2006. – № 4. – С. 82-92.
2. Ендокринологія / За ред. П.М. Боднара. – К.: Здоров'я, 2002. – 512 с.
3. Стат. збірник "Регіони України, 2006". – К.: НАН України, Інститут економіки, 2006. ч. 1 – 512 с., ч. 2 – 808 с.
4. Стешенко В., Рудницький О., Хомра О., Стефановський А. Демографічні перспективи України до 2026 року. – К.: НАН України, Інститут економіки, 1999. – 56 с.

Поступила в редколлегию 30.11.2010

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.А. Краснобаев, Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства им. П. Василенко, Харьков.

ІНФОРМАЦІЙНО-КОМП'ЮТЕРНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СКРИНІНГОВОГО ОБСТЕЖЕННЯ НА ЦУКРОВИЙ ДІАБЕТ

О.І. Соловйова, С.І. Лапта, С.С. Лапта

З метою оцінювання обсягу постійно діючого скринінгового обстеження населення умовного регіону (УР) на латентну форму цукрового діабета 2 типу (ЦД2) і з'ясування динаміки необхідних для його проведення витрат побудовано його імітаційну модель. Її практичне застосування передбачає ведення трьох взаємозв'язаних баз даних: чисельності населення регіону, хворих на ЦД2 і пацієнтів, що відносяться до групи ризику захворювання на діабет, яких диференційовано за віком. Для прикладу проведено попередню наближену оцінку обсягу щорічного скринінгового обстеження населення на ЦД2, використовуючи відомі усереднені медично-статистичні й демографічні дані.

Ключові слова: імітаційна модель, скринінг, цукровий діабет, фактори ризику.

THE INFORMATIVE COMPUTER PROVISION OF DIABETES MELLITUS SCREENING INVESTIGATION

O.I. Solovjova, S.I. Lapta, S.S. Lapta

For the estimation of volume of constantly operating screening examining of population of the conditioned region (CR) on the Diabetes mellitus 2 type (DM2) latent form, and for the finding out of dynamics of the necessary expenses for it's realization, the imitation model was built. It's practical use supposes the engaging of three associated databases: the quantity of population of the region, the quantity of Diabetes mellitus patients in it and the included in the group of risk Diabetes patients, differentiated on age. As an example, the preliminary close estimation of volume of annual screening survey of population, conducted on DM2, was carried on, using the known average statistic medical and demographic data.

Keywords: imitative model, screening, diabetes mellitus 2 type, factors of risk.