

«Санкт-Петербургский Государственный Университет»  
Факультет Прикладной математики-Процессов управления  
Кафедра Диагностики функциональных систем

**Симаков Сергей Дмитриевич**

Выпускная квалификационная работа бакалавра

Анализ частных коэффициентов корреляции между различными  
субпопуляциями лимфоцитов крови.

Направление 01.03.02

Прикладная математика и информатика

Научный руководитель,  
старший преподаватель  
Орехов А.В.

Санкт-Петербург  
2019

# Содержание

Введение . . . . .	3
Постановка задачи . . . . .	7
Глава 1. Субпопуляции лимфоцитов крови . . . . .	8
Глава 2. Статистический анализ медицинских данных . . . . .	11
Глава 3. Исследование . . . . .	13
Заключение . . . . .	29
Список Литературы . . . . .	31

## Введение

Корреляция (от лат. *correlatio* «соотношение, взаимосвязь») — статистическая взаимосвязь двух или более случайных величин.

Слово корреляция в научную терминологию ввёл французский палеонтолог Жорж Кювье в XVIII веке. Первым в статистике это понятие стал использовать английский биолог и статистик Фрэнсис Гальтон (двоюродный брат Чарльза Дарвина) в конце XIX века. Сначала исследования корреляции проводились лишь в области естественных наук, прежде всего в биологии. Лишь позднее применение методов корреляционного анализа распространились на другие области знаний, где они привели к весьма полезным результатам. Понятие корреляции в современном значении оформилось благодаря работам Карла Пирсона.

Данный метод обработки статистических данных весьма популярен в экономике, астрофизике, социальных науках, в контроле качества промышленной продукции, металлургии, агрохимии и прочее.

Коэффициенты корреляции просты в подсчете и в сочетании с простотой интерпретации корреляционный анализ получил широкое распространение в сфере изучения различных статистических данных.

Явления и процессы в природе и обществе находятся в постоянной взаимной всеохватывающей объективной связи. Мир представляет собой единое нераздельное целое. Упрощено основные типы взаимосвязей можно представить следующим образом:

1). Причинные связи между двумя явлениями  $x$  — причина,  $y$  — следствие:  $x \rightarrow y$ . Примером такой связи может служить зависимость между возникновением рака легких ( $y$ ) и курением ( $x$ ).

2). Причинно-следственные связи двух явлений  $x$  и  $y$ , между которыми существует взаимодействие  $x \leftrightarrow y$ . Такая связь существует, например, между заработной платой ( $x$ ) и производительностью труда ( $y$ ).

3). Связь когда явление  $x$  влечет за собой несколько других явлений, например  $y_1, y_2, y_3$  (рис. 1).

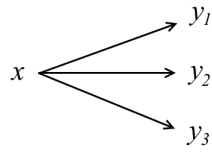


Рис. 1.

4). Несколько явлений, например  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$  являются причинами одного явления  $y$  (рис. 2).

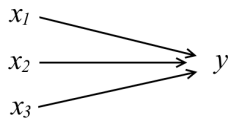


Рис. 2.

5). Явления  $y$ ,  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$  представляют собой причинно-следственный комплекс с последовательным соединением причин. Например (рис. 3).

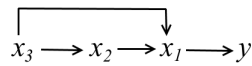


Рис. 3.

6). Исследуемые явления  $y$ ,  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$  и т.д. находятся между собой в сложной взаимосвязи (рис. 4).

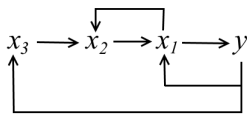


Рис. 4.

В пунктах 1 – 6 перечислены схемы причинно-следственных отношений, которые лежат в основе различных видов корреляции

Корреляция в широком смысле слова означает связь, соотношение между объективно существующими явлениями и процессами.

Однако для раскрытия и исследования причинных связей в силу их многообразия недостаточно этого общего определения. Мало установить только наличие связи между двумя или несколькими явлениями. Кроме качественного экономического анализа, большое методологическое значение имеет правильный выбор вида и формы связи. Связи между явлениями и процессами могут быть различны по силе. При измерении степени интенсивности, тесноты, прямолинейности, четкости, строгости связи проблема корреляции рассматривается в узком смысле. Исходя из этого можно сделать следующее определение: если случайные переменные причинно обусловлены и можно в вероятностном смысле высказываться об их связи, то имеется корреляционная (стохастическая) связь, или корреляция. [1]

Задачи решаемые с помощью корреляционного анализа:

1). Измерение степени связности (тесноты, силы, строгости, интенсивности) двух и более явлений. Общие знания об объективно существующих причинных связях должны дополняться научно обоснованными знаниями о мере зависимости между явлениями. Для этого производятся соответствующие статистические вычисления. Здесь речь идет в основном о верификации уже известных связей. Но корреляционный анализ может служить также инструментом для обнаружения еще неизвестных связей.

2). Отбор факторов, оказывающих наиболее существенное влияние на результативный признак, на основании измерения степени связности между явлениями. Отобранные факторы используют для дальнейшего анализа. Самые важные факторы в рамках корреляционного и регрессионного анализа те, которые коррелируют сильнее всего с явлениями, подлежащими исследованию. Осознанно изменяя влияющие факторы, можно достигнуть желаемого эффекта в результативном признаке-следствии. Кроме того, на основе полученных связей можно с достаточной точностью значительно быстрее и проще вычислять некоторые экономические показатели. Существенные в данном аспекте факторы используют далее в регрессионном анализе.

3). Обнаружение неизвестных причинных связей. При решении этой задачи необходимо учитывать своеобразие взаимоотношений в

причинно-следственном комплексе и особенности правил статистического исследования, опирающегося на количественные связи между явлениями. Корреляция непосредственно не выявляет причинных связей между явлениями, но устанавливает степень необходимости этих связей и достоверность суждения об их наличии. Причинный характер связей выясняется с помощью логических рассуждений, раскрывающих их механизм.[2]

## **Постановка задачи**

Задачей данного исследования является рассмотрение статистических связей между различными субпопуляциями лимфоцитов крови онкобольных, и на основе полученных результатов оценить, насколько сильное влияние оказывают различные клетки крови на корреляцию остальных клеток.

## Глава 1. Субпопуляции лимфоцитов крови

Иммунную систему можно разделить на 2 части: врожденный и приобретенный иммунитет. К врожденному относятся механизмы неспецифической резистентности: барьеры (кожа, слизистые), нейтрофилы, естественные киллеры (NK-клетки), система комплемента. Общий уровень лимфоцитов также является неспецифическим интегральным показателем работы иммунной системы. К приобретенному иммунитету (адаптивному), относятся В-клеточное звено (сами В-клетки и продуцируемые ими антитела) и Т-клеточное звено (Т-хелперы, Т-эфффекторы). В функциональном отношении лимфоциты можно разделить на две основные популяции: Т-клетки, обеспечивающие специфические реакции клеточного иммунитета, и В-клетки, ответственные за гуморальный иммунитет.

Т-лимфоциты и В-лимфоциты, образуются из единой массы предшественников— лимфобластов. Лимфобласты накапливаются в костном мозге, селезенке и других лимфоидных органах. Разделение на Т-лимфоциты и В-клетки зависит от того, где происходит дальнейшее созревание лимфобластов. Т-клетки созревают в тимусе, а В-клетки — в лимфоидной ткани кишечника. Как Т-лимфоциты, так и В-клетки неоднородны. Каждый лимфоцит несет на своей плазматической мембране белковые рецепторы для одного определенного чужеродного вещества — антигена. При контакте с антигеном специфичные к нему лимфоциты начинают размножаться, вызывая образование большого числа клеток, реагирующих на данный антиген. На этом основана высокая специфичность иммунных реакций. Т-лимфоциты сами обезвреживают чужеродный материал (клеточный иммунитет), а так же дают В-лимфоцитам сигнал к преобразованию их в плазмоциты.

В-лимфоциты при взаимодействии с антигеном и получении сигнала от Т-лимфоцитов превращаются в плазмоциты, которые способны синтезировать антитела. Антитела представляют собой белковые молекулы, способные специфически взаимодействовать с антигенами с образованием комплекса «антиген-антитело», в результате чего изменяются структура и свойства антигена. Так бактерии при



взаимодействии с антителами становятся неподвижными, их клетки склеиваются друг с другом и лизируются. Растворимые антигены, например бактериальные токсины, связываясь с антителами, теряют свою биологическую активность и обезвреживаются. Образующиеся в организме антитела строго специфичны, т. е. взаимодействуют только с теми антигенами, которые стимулировали их образование. Антитела сохраняются в крови в течение длительного времени, благодаря чему человек приобретает иммунитет и становится невосприимчив к повторному заражению многими возбудителями инфекционных заболеваний [4].

По принятому на данный момент соглашению основной частью иммунного ответа организма являются следующие клеточные компоненты крови: CD16, CD20, CD25, CD3, CD38, CD4, CD71, CD8, CD95, HLA DR, IgM, лейкоциты, лимфоциты, моноциты. Поэтому их анализ вызывает большой интерес в клинических исследованиях. Для понимания процесса иммунного ответа рассмотрим подробнее, какую функциональную роль в процессе иммунной реакции играют перечисленные показатели.

Лейкоциты — участвуют в иммунных реакциях защиты организма от чужеродных организмов, а также собственных поврежденных тканей. Обладают способностью к фагоцитозу [6].

Лимфоциты — антигенреактивные или иммунокомпетентные клетки, главная функция которых — распознавание антигенов при помощи клеточных рецепторов.

Моноциты — важные компоненты при формировании специфического иммунного ответа в системе приобретенного иммунитета. Кроме того, они играют важную роль в системе врожденного иммунитета.

CD16 — маркер NK-клеток (маркер естественных киллеров) опосредует фагоцитоз и антителозависимую клеточную цитотоксичность.

CD20 — маркер В-клеток, экспрессирующийся на всех В-клетках, за исключением предшественников В-клеток. В-клетки отвечают за образование антител (гуморальный иммунный ответ).

CD25 — маркер активации Т-хелперов,  $\alpha$ -цепи рецептора И2 .

CD3 — маркер Т-лимфоцитов — лимфоцитов, участвующих в обеспечении клеточного иммунного ответа и контролирующих ра-

боту В-лимфоцитов.

CD38 — присутствует на Т-лимфоцитах коркового вещества тимуса, активированных Т-лимфоцитах, незрелых В-лимфоцитах и плазматических клетках, способствует регулированию функций В-лимфоцитов.

CD4 — маркер Т-хелперных клеток, на поверхности которых расположены структуры, распознающие антигены, презентируемые вспомогательными клетками. Во время иммунного ответа вырабатывают различные цитокины для его регуляции.

CD71 — рецептор трансферрина, маркер активированных Т-лимфоцитов.

CD8 — маркер цитотоксических Т-клеток (Т-киллеры) — основных компонент противовирусного ответа с функцией распознавания фрагментов антигена на поверхности клеток-мишеней.

CD95 — мембранный рецептор, относящийся к суперсемейству рецепторов фактора некроза опухоли, также отвечает за апоптоз.

HLA DR — один из антигенов МНС класса II, который презентует потенциально чужеродные антигены, что необходимо для формирования корректного иммунного ответа. Также его используют в качестве маркера активированных клеток.

IgM — антитела, которые образуются на ранних стадиях инфекционного процесса. IgM в сыворотке крови агглютинируют бактерии, нейтрализуют вирусы, активируют комплемент. Они играют важную роль в элиминации возбудителя из кровеносного русла, в активации фагоцитоза.[5]

## Глава 2. Статистический анализ медицинских данных

Объектом исследования как науки является статистическая совокупность, которая представляет из себя множество каких-либо массовых явлений. Статистическая совокупность — множество объективно существующих во времени и пространстве варьирующих явлений, изучаемых статистикой, которые имеют один или несколько общих существенных признаков [7].

Методы математической статистики дают возможность представить множество результатов наблюдений в компактном, удобном виде. Они позволяют выделить существенную информацию из множества наблюдений, представив ее в виде небольшого числа сводных показателей [8]. Для того чтобы оценить «тесноту» статистической связи между случайными величинами лучше всего использовать коэффициент корреляции, который может меняться в пределах от 0 (для независимых случайных величин) до 1 (если случайные величины связаны линейной функциональной зависимостью). Если коэффициент корреляции равен 1, то зависимость является не прямой, а обратной [8], [9].

Статистика, изучающая вопросы, связанные с медициной, гигиеной и здравоохранением, носит название медицинской статистики. Роль медицинской статистики в практической и научной работе врача велика. От степени осведомленности врача в вопросах медицинской статистики во многом зависит правильный статистический анализ работы любого подразделения здравоохранения. Статистическое исследование включает в себя три последовательных этапа:

- 1) сбор статистического материала (статистическое наблюдение);
- 2) обработка собранного материала;
- 3) анализ полученных данных.

В данной работе основное внимание будет уделено изучению вопроса взаимозависимости различных коэффициентов корреляции субпопуляции лимфоцитов крови, в силу того, что по определению

корреляция между клетками крови должна быть сильной и если происходит нарушение корреляции, то мы предполагаем, что это имеет значение при лечении больного.

Для определения статистической зависимости между показателями выборки будем вычислять коэффициенты корреляции Пирсона.

Коэффициент корреляции

$$r_{yx} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}. \quad (1)$$

где  $\bar{x}$  и  $\bar{y}$  это выборочные средние,

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \quad (2)$$

Дальше из полученных коэффициентов корреляции мы можем высчитать частные коэффициенты корреляции

$$r_{yx/z} = \frac{r_{yx} - r_{yz} * r_{xz}}{\sqrt{(1 - r_{xz}^2) * (1 - r_{yz}^2)}} \quad (3)$$

Коэффициент частной корреляции показывает степень (тесноту) взаимосвязи двух переменных относительно друг друга, без учета влияния третьей переменной:

если  $r_{yx/z} = 0$  - статистическая взаимосвязь отсутствует (данные факторы между собой нейтральны);

если  $0,09 \leq r_{yx/z} \leq 0,19$  - статистическая взаимосвязь очень слабая;

если  $0,2 \leq r_{yx/z} \leq 0,49$  - статистическая взаимосвязь слабая;

если  $0,5 \leq r_{yx/z} \leq 0,69$  - статистическая взаимосвязь средняя;

если  $0,70 \leq r_{yx/z} \leq 0,99$  - статистическая взаимосвязь сильная.

### Глава 3. Исследование

На основании расчетного  $r_{yx/z}$  оценивается уровень статистической связи между исследуемыми признаками.

Иммунные статусы пациентов, проходивших лечение в НИИ онкологии им. Н.Н. Петрова в отделе онкоиммунологии были предоставлены для корреляционного анализа субпопуляций лимфоцитов крови. Полученные результаты представляли собой массив, где строки были значения для фиксированного вида субпопуляции клеток крови, а столбцами временные отметки, когда был проведен забор крови у пациента.

Оценка иммунной системы проводилась по следующим показателям: лейкоциты, лимфоциты, моноциты, CD16, CD20, CD25, CD4, CD71, CD8, CD95, HLA DR, CD3, CD38, IgM. Используемые показатели были сгруппированы следующим образом:

- показатели неспецифической резистентности: лейкоциты, лимфоциты, моноциты, CD16;
- показатели Т-клеточного звена: CD4, CD8, CD3;
- показатели В-клеточного звена: продукции иммуноглобулинов (IgM), CD20;
- маркёры активации: CD95, HLA DR, CD25, CD38, CD71.

Вычисления частных коэффициентов корреляции были проведены, как внутригрупповые так и межгрупповые. После проведенного исследования было проведено сравнение полученных результатов с клинической картиной прохождения лечения для каждого человека.

При помощи пакета программ Microsoft Excel 2016 года, был проведен анализ данных. Обработка иммунных статусов каждого пациента проводилась следующим образом: Первоначальные данные имели вид Рис. 5.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC		
1	Общий л. единицы UNL	UNL	UNL	UNL	UNL	Лаб.номер																									
2	В-лимфоц. *10 <sup>9</sup> /л	0,05	0,60	0,60	CD19	В00285													0,50	0,37	0,54										
3	В-лимфоц. *10 <sup>9</sup> /л	0,05	18,80	18,80	CD20	В00285													17,30	16,00	19,00										
4	В-лимфоц. %	6,00	6,00	6,00	CD19 %	В00285																									
5	В-лимфоц. %	6,00	6,00	6,00	CD20 %	В00285																									
6	CD16	*10E5/л	0,03	0,50	CD16	В00285													23,90	22,70	27,50										
7	CD25 % W	7,00	18,00	18,00	CD25 % W	В00285																									
8	CD3+CD8	*10 <sup>9</sup> /л	0,90	2,10	CD3+CD8	В00285													0,92			1,87	1,30	1,95							
9	CD3+CD8	*10 <sup>9</sup> /л	6,00	85,00	CD3+CD8	В00285													57,00			59,00	50,90	55,30							
10	CD3+CD8	*10 <sup>9</sup> /л	0,30	1,00	CD3+CD8	В00285													0,13	0,24	0,17	0,21	0,02	0,03							
11	CD3+CD8	*10 <sup>9</sup> /л	1,00	3,00	CD3+CD8	В00285													0,28	0,40	0,30	0,40	0,04	0,04							
12	CD3+CD8	*10 <sup>9</sup> /л	0,04	0,40	CD3+CD8	В00285													0,28	0,40	0,30	0,40	0,04	0,04							
13	CD3+CD8	*10 <sup>9</sup> /л	5,90	22,00	CD3+CD8	В00285													17,80			18,00	18,90	17,50							
14	CD4	*10 <sup>9</sup> /л	0,60	1,70	CD4	В00285																									
15	CD4 CD8	1,20	2,00	2,00	CD4 CD8	В00285													6,20	5,25	6,00	6,51	5,70	3,80							
16	CD4 CD8	1,50	2,60	2,60	CD4/CD8	В00285																									
17	CD4 %	33,00	50,00	50,00	CD4 %	В00285													0,02	0,01	0,24										
18	CD71	*10 <sup>9</sup> /л	0,00	0,00	CD71	В00285													0,70	0,30	0,40										
19	CD71 %	0,00	0,00	0,00	CD71 %	В00285																									
20	CTLs	*10 <sup>9</sup> /л	0,30	1,00	CD8	В00285																									
21	CTLs %	16,00	39,00	39,00	CD8 %	В00285																									
22	HLA DR	*10 <sup>9</sup> /л	9,00	29,00	HLA DR	В00285																									
23	HLA DR %	*10 <sup>9</sup> /л	0,01	0,11	HLA DR %	В00285																									
24	HLA DR %	0,01	0,11	0,11	HLA DR %	В00285														0,03			0,90	0,01	0,01						
25	HLA DR %	0,33	6,38	6,38	CD8+CD8	В00285													20,77			20,00	16,67								
26	HLA DR %	9,00	29,00	29,00	HLA DR %	В00285													1,70			22,00	0,66								
27	IgA	0,90	4,50	4,50	IgA	В00285																									
28	IgG	8,00	18,00	18,00	IgG	В00285																									
29	IgM	0,70	2,80	2,80	IgM	В00285																									
30	MCH	27,00	31,00	31,00	MCH	В00285																									
31	MCHC	320,00	370,00	370,00	MCHC	В00285																									
32	MCV	76,00	95,00	95,00	MCV	В00285																									
33	MPV	6,20	11,60	11,60	MPV	В00285																									
34	ИКТ-коэф. *10 <sup>9</sup> /л				CD3+CD8	В00285																									
35	ИКТ-коэф.	0,03	0,50	0,50	CD8	В00285																									
36	ИКТ-коэф.	0,12	0,37	0,37	CD8	В00285																									
37	ИКТ-коэф. I0 <sup>9</sup> /л				CD3+CD8	В00285																									

Рис. 5.  
Исходный вид данных

Изначально в файле присутствовали все возможные показатели иммунного статуса. Первым шагом была "зачистка" данных лишних показателей. Далее в этом же файле с помощью функции =PEARSON(массив 1; массив 2), результатом которой являются искомые значения, были посчитаны коэффициенты корреляции Пирсона, по формуле (1). Далее, была получена симметричная матрица корреляций для каждого пациента, и по формуле (2) были проведены вычисления частных коэффициентов корреляции. Все полученные результаты исследования приведены на рисунках 6 – 18.

Лейкоциты	Лимфоциты	Моноциты	CD16	Т-лимфоциты CD4	CTLs	В-лимфоциты IgM	CD25.% МНПК	CD71	HLA DR
1	0,81946214	0,111337872	#ДЕЛ/01	-0,45354	#ДЕЛ/01	0,026384	0,405823707	0,433116	#ДЕЛ/01
Лимфоциты	0,81946214	0,111337872	#ДЕЛ/01	-0,72367	#ДЕЛ/01	-0,004963	0,561752456	0,333401	#ДЕЛ/01
Моноциты	0,111337872	-0,000151253	1	-0,92414	#ДЕЛ/01	-0,71022	-0,720048455	0,061017	#ДЕЛ/01
CD16	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	1	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01
Т-лимфоциты	-0,453543631	-0,723666677	#ДЕЛ/01	1	#ДЕЛ/01	0,320191	0,980291952	-0,28332	#ДЕЛ/01
CD4	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	1	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01
CTLs	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	1	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01
В-лимфоциты	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	1	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01
IgM	0,026383638	-0,049632308	#ДЕЛ/01	0,320191	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	1	0,103316472	#ДЕЛ/01
CD25.% МНПК	0,405823707	0,561752456	#ДЕЛ/01	0,980292	#ДЕЛ/01	0,103316	1	-0,67545	#ДЕЛ/01
CD71	0,433115726	0,333401081	#ДЕЛ/01	-0,28332	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	-0,67545	1	#ДЕЛ/01
HLA DR	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	0,540312369	1	#ДЕЛ/01

ЧКК									
Лейк-Лимф./Моно.	0,824605885	Лимф.Моно./CD16	#ДЕЛ/01	Т-лимф. CD4/CTLs	#ДЕЛ/01	CD25.CD71.HLA DR	#ДЕЛ/01		
Лейк.Лимф./CD16	#ДЕЛ/01	Лимф. CD16/Моно.	#ДЕЛ/01	Т-лимф. CTLs/CD4	#ДЕЛ/01	CD25.HLA DR/CD71	#ДЕЛ/01		
Лейк.Моно./Лимф.	0,194477995	Моно. CD16/Лимф.	#ДЕЛ/01	CD4.CTLs/Т-лимф.	#ДЕЛ/01	CD71.HLA DR/CD25	#ДЕЛ/01		
Лейк.Моно./CD16	#ДЕЛ/01								
Лейк. CD16/Лимф.	#ДЕЛ/01								
Лейк. CD16/Моно.	#ДЕЛ/01								

Рис. 6. Пациент В00285







Лейкоциты	Лейкоциты	Моноциты	CD16	Т-лимфоциты	CD4	CTLs	В-лимфоциты	IgM	CD25, % МНПК	CD38	CD71	CD95	HLA DR
1	0,32416285	-0,12136	0,065983496	0,337903	0,091538798	0,497399	0,231910337	-0,03403	0,152652	-0,155220896	-0,09302	0,355293914	
Лимфоциты	0,324162	-0,15815	0,122202191	0,930128	0,800451489	0,64446	0,688618386	0,159055	0,036289204	0,404741	-0,06527457	0,077748	0,379475209
Моноциты	-0,12136	-0,15814713	0,240176263	-0,15944	0,06029327	-0,43358	-0,335655193	-0,16316	-0,275169243	0,214421	-0,274362843	0,723593	0,037265078
CD16	0,065983	0,122202191	0,240176	1	0,051772	-0,226106105	0,373482	-0,132598509	0,601062	-0,419547594	-0,14477	0,218743994	0,490277766
Т-лимфоциты	0,337903	0,930127875	-0,15944	0,051772374	1	0,815378263	0,653994	0,505705131	0,145798	-0,0863356702	0,05778037	0,03865	0,376305172
CD4	0,091539	0,800451489	0,060293	-0,226106105	0,815378	1	0,110512	0,544541407	-0,23785	-0,025001508	0,301675	-0,180460634	0,077206465
CTLs	0,497399	0,644460044	-0,43358	0,373482453	0,653994	1	0,298945704	0,5414	-0,071428075	0,067808	0,290504029	-0,16168	0,524476471
В-лимфоциты	0,23191	0,688618386	-0,33566	-0,132598509	0,505705	0,544541407	0,298946	1	-0,02835	0,348912171	0,457011	-0,036656483	-0,09568
IgM	-0,03403	0,159053361	-0,16316	0,601061718	0,145798	-0,237853736	0,5414	-0,028351761	1	-0,480098655	-0,31285	0,609760272	-0,24767
CD25, % МНПК	-0,1766	0,036289204	-0,27517	-0,144773153	-0,08536	-0,025001508	-0,07143	0,348912171	-0,4801	-0,466248	-0,309166425	0,02095	-0,223207346
CD38	0,152652	0,40474077	0,214421	0,236295	0,301675464	0,067808	0,457011045	-0,31285	0,466248	1	-0,602085548	0,584308	-0,183293018
CD71	-0,15522	-0,06527457	-0,27436	0,218743994	0,05778	-0,180460634	0,290504	-0,036656483	0,60976	-0,309166425	-0,60209	1	0,052321574
CD95	-0,09302	0,077747619	0,723593	-0,065742452	0,03865	0,170918438	-0,16168	-0,095677653	-0,24767	0,020950164	0,584308	-0,578407915	1
HLA DR	0,355294	0,379475209	0,037265	0,490277766	0,376305	0,077206465	0,524476	-0,025243973	0,330328	-0,223207346	-0,18329	0,052321574	0,093066199

Лейк.Лимф./Моно.	0,31116	Лимф.Моно./CD16	-0,19461	Моно.СD16/Лимф.	0,264794	Т-лимф.СD4/CTLs	0,988346	CD25.СD38/СD71	0,36889	СD38.СD71/СD25	-0,54431	СD71.СD95/HLA DR	-0,58662	СD95.HLA DR/СD71	0,151393
Лейк.Лимф./СD16	0,319382	Лимф.СD16/Моно.	0,167119	Т-лимф.СD4/СD4	0,980017	СD25.СD38/СD95	0,559567	СD38.СD71/СD95	0,559567	СD38.СD71/СD95	-0,39897	СD71.HLA DR/СD95	0,130665		
Лейк.Моно./Лимф.	-0,07504			СD4.СD71/Т-лимф.	-0,96253	СD25.СD38/HLA DR	-0,443864	СD38.СD71/HLA DR	-0,60353						
Лейк.Моно./СD16	-0,14166					СD25.СD71/СD38	-0,04027	СD38.СD98/СD71	0,362429						
Лейк.СD16/Лимф.	0,028086					СD25.СD71/СD95	-0,36422	СD38.СD98/HLA DR	0,614396						
Лейк.СD16/Моно.	0,098731					СD25.СD71/HLA DR	-0,30561	СD38.HLA DR/СD71	-0,19037						
						СD25.СD95/СD38	-0,35029	СD38.HLA DR/СD95	-0,29415						
						СD25.СD95/СD71	-0,2035								
						СD25.СD95/HLA DR	0,04299								
						СD25.HLA DR/СD38	-0,15839								
						СD25.HLA DR/СD71	-0,218								
						СD25.HLA DR/СD95	-0,22619								

Рис. 9. Пациент В00924

	Лейкоциты	Лимфоциты	Моноциты	CD16	Т-лимфоц CD4	CTLs	В-лимфоциты	IgM	CD25,% МНПК	CD38	CD71	HLA DR
Лейкоциты	1	0,451067305	0,50926678	#ДЕЛ/01	0,676426	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	0,018728	0,652055511	#ДЕЛ/01	-0,718579231	#ДЕЛ/01
Лимфоциты	0,451067305	1	0,201585272	#ДЕЛ/01	0,971065	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	0,677907	-0,359289307	#ДЕЛ/01	-0,897965289	#ДЕЛ/01
Моноциты	0,50926678	0,201585272	1	#ДЕЛ/01	-0,866152	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	-0,13812	-0,369382283	#ДЕЛ/01	0,787407874	#ДЕЛ/01
CD16	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	1	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01
Т-лимфоциты	0,676426106	#ДЕЛ/01	-0,661520769	#ДЕЛ/01	1	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	0,561659	-0,446260613	#ДЕЛ/01	-0,076395859	#ДЕЛ/01
CD4	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	1	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01
CTLs	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	1	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01
В-лимфоциты	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	1	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01
IgM	0,018727929	0,677907339	-0,138116758	#ДЕЛ/01	0,561659	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	-1	-0,841960661	#ДЕЛ/01	-0,522942055	#ДЕЛ/01
CD25,% МНПК	0,652055511	-0,359289307	-0,369182283	#ДЕЛ/01	-0,44626	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	-0,84196	#ДЕЛ/01	1	0,199826678	#ДЕЛ/01
CD38	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	1	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01
CD71	-0,718579231	-0,897965289	0,787407874	#ДЕЛ/01	-0,0764	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	-0,52294	0,199826678	#ДЕЛ/01	1	#ДЕЛ/01
HLA DR	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	1

Лейк. Лимф./Моно.	0,413322548	Лимф.Моно./Лимф.	Моно. CD16/Лимф.	#ДЕЛ/01	Т-лимф. CD4/CTLs	#ДЕЛ/01	CD25. CD38/CD71	#ДЕЛ/01	CD38. CD71/CD25	#ДЕЛ/01	CD71. HLA DR/CD38	#ДЕЛ/01
Лейк. Лимф./CD16	#ДЕЛ/01	Лимф.Моно./CD16	#ДЕЛ/01	Т-лимф. CTLs/CD4	#ДЕЛ/01	CD25. CD38/HLA DR	#ДЕЛ/01	CD38. CD71/HLA DR	#ДЕЛ/01	CD38. CD71/HLA DR	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01
Лейк. Моно./Лимф.	0,478555911	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	CD4. CTLs/Т-лимф.	#ДЕЛ/01	CD25. CD71/CD38	#ДЕЛ/01	CD38. HLA DR/CD71	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01
Лейк. Моно./CD16	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	CD25. CD71/HLA DR	#ДЕЛ/01	CD25. CD71/HLA DR	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01
Лейк. CD16/Лимф.	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	CD25. HLA DR/CD38	#ДЕЛ/01	CD25. HLA DR/CD38	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01
Лейк. CD16/Моно.	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	CD25. HLA DR/CD71	#ДЕЛ/01	CD25. HLA DR/CD71	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01	#ДЕЛ/01

Рис. 10. Пациент В01122



Лейкоциты	Лимфоциты	Моноциты	CD16	Т-лимфоциты	CD4	CTLs	В-лимфоциты	IgM	CD25-% МНПК	CD38	CD71	CD95	HLA DR	
0,359979351	0,359979351	0,399998091	0,086000249	0,086000249	-0,196091028	0,337026	-0,016851019	0,42201	0,75014628	0,317751	0,002247811	0,118012	0,566825149	
0,399998091	-0,006756551	1	0,75909339	0,952343319	0,810816228	0,417112	0,708943974	-0,44922	-0,144364894	0,668456	-0,285670327	0,60587	0,22042377	
0,80994	0,75909339	1	0,39251054	-0,09258962	-0,044621613	0,064026	-0,355887163	-0,13969	0,278857341	0,155909	-0,01187506	-0,08439	0,301753399	
0,086000249	0,80994	0,39251054	1	0,600957407	0,335112701	0,645339	0,263064221	-0,12839	0,28747383	0,560135	-0,288542113	0,354922	0,371260659	
-0,196091028	0,852343319	-0,09258962	0,600957407	1	0,912755013	0,450929	0,735871058	-0,36988	-0,728586909	0,641445	-0,371384125	0,76853	0,04628486	
0,337025658	0,810816228	0,044621613	0,335112701	0,912755013	1	0,144905	0,612615038	-0,75133	-0,387761045	0,456127	-0,260117002	0,439002	-0,10362564	
-0,016851019	0,708943974	-0,355887163	0,263064221	0,735871058	0,612615038	0,157714	1	0,157714418	-0,30771	-0,110388544	-0,567469415	0,273501	-0,064324355	
0,42201034	-0,44922005	-0,139689174	0,263064221	0,735871058	0,612615038	0,157714	1	0,32337	-0,131529766	0,772161	-0,186559347	0,810282	0,365987293	
0,75014628	-0,144364894	0,278857341	0,645338851	0,450929281	-0,751330599	-0,30771	-0,323386953	1	0,58351665	0,105436246	-0,36266	0,464001909	0,791558832	
0,31775062	0,668455956	0,15590887	0,560135339	0,641445232	0,456127377	0,379628	0,772160502	-0,18486	0,118457133	1	-0,546145081	0,584094	0,718832902	
0,002247811	-0,265670327	-0,01187506	0,354922158	-0,371384125	-0,260117002	-0,56747	-0,186559347	0,105436	0,033525864	-0,54615	1	0,175211	-0,252787929	
0,11801161	0,603870239	-0,084393044	0,768530135	0,439002052	0,273501	0,810281693	-0,36266	-0,509930474	0,584094	0,175210765	1	0,180697526	0,180697526	
0,566825149	0,220423777	0,301753399	0,04628486	-0,10362564	-0,06432	0,365987293	0,464002	0,791558832	0,718833	-0,252787929	0,180698	1	1	
0,395727133	Лимф./Моно./CD16	-0,508917665	Моно./CD16/Лимф.	0,610844278	Т-лимф./CD4/CTLs	0,959546	CD25./CD38/CD71	0,282802	CD38./CD71/CD25	-0,56749	CD71./CD95/HLA DR	0,232125	CD95./HLA DR/CD71	0,236195
-0,667455957	Лимф./Лимф./CD16/Моно.	0,823230346	Моно./Лимф./Лимф./CD16/Моно.	0,788397	CD35./CD38/CD95	0,794543	CD38./CD71/CD95	0,794543	CD38./CD71/CD95	-0,81149	CD71./HLA DR/CD95	-0,29375		
0,431357592	Лимф./Моно./Лимф.			0,783141	CD25./CD38/HLA DR	-0,783141	CD25./CD38/HLA DR	-0,82315	CD38./CD71/HLA DR					
0,152171792	Лимф./Моно./CD16			0,186964	CD38./CD98/CD71	0,186964	CD38./CD98/CD71	0,186964	CD38./CD98/CD71	0,824249				
0,883658836	Лимф./CD16/Лимф.			0,145082	CD38./HLA DR	0,145082	CD38./HLA DR	0,145082	CD38./HLA DR	0,664293				
0,774572924	Лимф./Моно.			0,395136	HLA DR/CD71	0,395136	HLA DR/CD71	0,395136	HLA DR/CD71	0,716577				
				0,80488	CD38./HLA DR/CD95	0,80488	CD38./HLA DR/CD95	0,80488	CD38./HLA DR/CD95	0,78822				
				0,5242	CD25./CD95/CD71	0,5242	CD25./CD95/CD71	0,5242	CD25./CD95/CD71					
				-1,0864	CD25./HLA DR/CD38	-1,0864	CD25./HLA DR/CD38	-1,0864	CD25./HLA DR/CD38					
				0,935337	CD25./HLA DR/CD71	0,935337	CD25./HLA DR/CD71	0,935337	CD25./HLA DR/CD71					
				0,827355	CD25./HLA DR/CD95	0,827355	CD25./HLA DR/CD95	0,827355	CD25./HLA DR/CD95					
				1,04497		1,04497		1,04497						

Рис. 12. Пациент В01256

Лейкоциты	Лимфоциты	Моноциты	CD16	Т-лимфоциты	CD4	CTLs	В-лимфоциты	IgM	CD25,% МНПК	CD38	CD71	CD95	HLA DR
1	-0,061510152	0,508067241	0,170871594	-0,122588254	0,146732173	-0,0857	-0,19327145	-0,0512	-0,19352922	-0,02062	0,44587874	-0,36997	0,354113979
Лимфоциты	0,508067241	1	-0,125447728	0,584831123	-0,134485345	0,493623	0,2470439	-0,00745	0,044122117	0,110952	0,03253143	0,122221	0,380212878
Моноциты	0,170871594	0,523056486	1	-0,318718643	0,04861768	-0,31684	-0,222591187	-0,45	-0,136227177	0,220957	0,173809083	-0,41377	0,000439663
CD16	0,170871594	0,523056486	-0,318718643	0,549454987	0,118762709	0,647354	-0,28793718	0,068346	0,418756732	0,482884	0,159676675	0,208446	0,431734573
Т-лимфоциты	-0,122588254	0,584831123	-0,50083921	0,549454987	1	-0,241729773	0,8307	0,34235	0,505544531	-0,02648	-0,268424851	0,336701	0,047837807
CD4	0,146732173	-0,134485345	0,04861768	0,118762709	0,241729773	0,8307	-0,056614593	0,34235	-0,119434087	-0,34773	0,725245964	-0,38675	0,437076162
CD8	-0,085696752	0,493623389	-0,316837118	0,647353832	0,830699751	-0,155259685	1	0,002264	0,600558901	0,281145	-0,115721324	0,297721	0,292960737
В-лимфоциты	-0,19327145	0,2470439	-0,222591187	-0,38793718	-0,056614593	-0,163755172	-0,23629	1	-0,02799	-0,017468852	-0,57653	-0,17948852	0,248125
IgM	-0,051195703	-0,007446337	-0,449955445	0,068345502	0,342349588	-0,234020852	0,002264	0,02799	-0,017468852	-0,57653	-0,17948852	0,248125	0,107962472
CD25,% МНПК	-0,19352922	0,044122117	-0,136227177	0,505544531	-0,119434087	0,600559	-0,017468852	0,206633	0,600558901	0,281145	-0,115721324	0,297721	0,292960737
CD38	-0,020621701	0,110952253	0,208957444	0,482884084	-0,026477538	-0,347730199	0,281145	-0,576538833	-0,21426	0,242837	0,171172558	0,637498	0,382783601
CD71	0,44587874	0,03253143	0,173809083	0,159676675	-0,268424851	0,725245964	-0,11572	-0,17948852	-0,05409	0,171172558	-0,15244	1	-0,039359305
CD95	-0,369970919	0,122220672	-0,413769487	0,20845784	0,336700608	-0,38674784	0,297721	0,248125021	0,253139	0,637497724	0,374774	-0,299845031	0,523012922
HLA DR	0,354113979	0,380212878	0,000439663	0,047837807	0,437076162	0,292961	0,107962472	-0,03822	0,382783601	-0,03359	0,523012922	0,104663	1

Лейк. Лимф./Моно.	0,002604675	Лимф./Моно./CD16	0,051073984	Моно./CD16/Лимф.	-0,299329296	Т-лимф./CD4/CTLs	-0,28062	CD25./CD38/CD71	0,276188	CD38./CD71/CD25	-0,20299	CD71./CD95/HLA DR	-0,41832	CD95./HLA DR/CD71	0,32156
Лейк./Лимф./CD16	-0,17967632	Лимф./CD16/Моно.	0,513710862	Т-лимф./CTLs/CD4	0,827444	CD25./CD38/CD95	0,005488	CD38./CD71/CD95	-0,00433	CD71./HLA DR/CD95	0,584344				
Лейк./Моно./Лимф.	0,505291855			CD4./CTLs/Т-лимф.	0,09431	CD25./CD38/HLA DR	0,276932	CD38./CD71/HLA DR	-0,15833						
Лейк./Моно./CD16	0,602335794					CD25./CD71/CD38	0,217153	CD38./CD98/CD71	0,349015						
Лейк./CD16/Лимф.	0,238684213					CD25./CD71/CD95	0,492955	CD38./CD98/HLA DR	0,380594						
Лейк./CD16/Моно.	0,407646297					CD25./CD71/HLA DR	-0,03687	CD38./HLA DR/CD71	0,05477						
						CD25./CD95/CD38	0,607688	CD38./HLA DR/CD95	-0,07898						
						CD25./CD95/CD71	0,723862								
						CD25./CD95/HLA DR	0,650259								
						CD25./HLA DR/CD38	0,403232								
						CD25./HLA DR/CD71	0,349223								
						CD25./HLA DR/CD95	0,412494								

Рис. 13. Пациент В01264

Лейкоциты	Лимфоциты	Моноциты	CD16	Т-лимфоциты	CD4	CTLs	В-лимфоциты	IgM	CD25,% МНПК	CD38	CD71	CD95	HLA DR
Лейкоциты	1	0,743974648	-0,29397	0,492180804	0,535983	0,410397	-0,025829113	-0,01947	-0,06204646	-0,16688	0,182476	-0,15144	0,019995231
Лимфоциты	0,319767804	1	0,600043	0,944605838	0,662576	0,92958	0,164053538	0,093931	0,699211695	-0,21422	0,624957	0,702107	0,828409337
Моноциты	0,743974648	0,462238144	1	0,647403623	0,641968	0,371629	-0,060090201	-0,13262	-0,240218233	0,037196	0,129879	0,377478	0,1438363893
CD16	-0,293966995	0,600042961	-0,27327	0,200690076	0,186556	0,230807	0,088135515	-0,09728	0,087662843	0,062415	0,424264	0,337273	0,402295264
Т-лимфоциты	0,492180804	0,944605838	0,647403623	0,20069	1	0,165891	0,86096	0,388691633	0,088179	-0,250793247	-0,09352	0,098032	0,383793624
CD4	0,535982708	0,66257645	0,641967725	0,186556	0,165890803	1	0,133118	0,052023672	0,190402	0,475375458	0,003829	0,843533	0,406011445
CTLs	0,410397179	0,929580435	0,371629367	0,230807	0,860959726	0,133118	1	0,428613917	-0,16529	0,156979315	-0,04629	0,182657	0,610142
В-лимфоциты	-0,025829113	0,164053538	-0,060090201	0,088136	0,388691633	0,052024	0,428614	1	-0,14654	0,166681636	0,091712	0,107093	-0,54254
IgM	-0,019465239	0,093930921	-0,132624208	-0,09728	0,088178707	0,190402	-0,16529	-0,146536002	-0,32009	-0,17689	-0,23082	0,575856	-0,237703476
CD25,% МНПК	-0,06204646	0,699211695	-0,240218233	0,087663	-0,250793247	0,475375	0,156979	0,166681636	0,32009	1	-0,05554	0,562783	0,402956
CD38	-0,166881761	-0,214222021	0,037196001	0,062415	-0,093524882	0,003829	-0,04629	0,091711615	-0,17689	-0,055543667	1	0,029975	0,595436
CD71	0,182476189	0,624956668	0,129878868	0,424264	0,098032294	0,843533	0,182657	0,107092572	-0,23082	0,562792835	0,029975	1	0,538834544
CD95	-0,151435271	0,702106799	0,377477703	0,337273	0,6873553144	0,261093	0,610142	-0,542337675	0,578856	0,402955826	0,595436	0,224829	0,723659228
HLA DR	0,019995231	0,828409337	0,143363893	0,402295	0,383793624	0,406011	0,375838	0,200684151	-0,2377	0,418219422	-0,08731	0,538835	0,723659

Лейк./Лимф./Моно.	-0,040715851	Лимф./Моно./CD16	0,81376824	Моно./CD16/Лимф.	-0,776217872	Т-лимф./CD4/CTLs	0,10172	CD25/CD38/CD71	0,08794	CD38/CD71/CD25	0,074193	CD71/CD95/HLA DR	-0,28398	CD95/HLA DR/CD71	0,794016913
Лейк./Лимф./CD16	0,64896609	Лимф./CD16/Моно.	0,85152898	Моно./CD16/Лимф.	-0,776217872	Т-лимф./CTLs/CD4	0,858302	CD25/CD38/CD95	-0,40185	CD38/CD71/CD95	-0,13272	CD71/HLA DR/CD95	0,593318		
Лейк./Моно./Лимф.	0,70955429	Моно./Лимф./Лейк.	0,85152898	Лейк./Моно./Лейк.	0,776217872	Лейк./Моно./Лейк.	-0,01935	CD25/CD38/HLA DR	-0,02103	CD38/CD71/HLA DR	0,09178				
Лейк./Моно./CD16	0,721794059	Моно./CD16/Лейк.	0,85152898	Лейк./Моно./Лейк.	0,776217872	Лейк./Моно./Лейк.	0,09178	CD25/CD71/CD38	0,565575	CD38/CD95/CD71	0,604436				
Лейк./CD16/Лимф.	-0,640960301	Лейк./Лимф./Лейк.	0,85152898	Лейк./Лимф./Лейк.	0,776217872	Лейк./Лимф./Лейк.	0,09178	CD25/CD71/CD95	0,529483	CD38/CD95/HLA DR	0,957961				
Лейк./CD16/Моно.	-0,141049128	Лейк./Моно./Лейк.	0,85152898	Лейк./Моно./Лейк.	0,776217872	Лейк./Моно./Лейк.	0,09178	CD25/CD71/HLA DR	0,440971	CD38/HLA DR/CD71	-0,12287				
		Лейк./Моно./Лейк.	0,85152898	Лейк./Моно./Лейк.	0,776217872	Лейк./Моно./Лейк.	0,09178	CD25/CD95/CD38	0,543566	CD38/HLA DR/CD95	-0,93458				
		Лейк./Моно./Лейк.	0,85152898	Лейк./Моно./Лейк.	0,776217872	Лейк./Моно./Лейк.	0,09178	CD25/CD95/CD71	0,349198						
		Лейк./Моно./Лейк.	0,85152898	Лейк./Моно./Лейк.	0,776217872	Лейк./Моно./Лейк.	0,09178	CD25/CD95/HLA DR	0,160005						
		Лейк./Моно./Лейк.	0,85152898	Лейк./Моно./Лейк.	0,776217872	Лейк./Моно./Лейк.	0,09178	CD25/HLA DR/CD38	0,415996						
		Лейк./Моно./Лейк.	0,85152898	Лейк./Моно./Лейк.	0,776217872	Лейк./Моно./Лейк.	0,09178	CD25/HLA DR/CD71	0,165109						
		Лейк./Моно./Лейк.	0,85152898	Лейк./Моно./Лейк.	0,776217872	Лейк./Моно./Лейк.	0,09178	CD25/HLA DR/CD95	0,200455						

Рис. 14. Пациент B01345



	Лейкоциты	Лимфоциты	Моноциты	CD16	Т-лимфоциты	CD4	CTLs	В-лимфоциты	IgM	CD25,% МНПК	CD38	CD71	HLA DR
Лейкоциты	1	0,571415325	-0,334529821	0,337266948	0,710444195	0,722903017	0,310529	0,548444623	-0,5359	-0,268543078	0,548945	-0,141567312	0,617693
Лимфоциты	0,571415325	0,149493861	1	0,149493861	0,052888945	0,152300538	0,198127	0,24481464	0,157567	-0,044937992	0,154852	0,30382724	0,362583
Моноциты	-0,334529821	-0,322925326	1	-0,171325067	-0,437165205	0,039805667	-0,28795	-0,376754752	-0,10295	-0,204112628	0,067555	-0,346510667	-0,02542
CD16	0,337266948	0,149493861	-0,171325067	1	0,168789301	0,216960592	0,071479	0,213753666	0,227041	0,13913918	0,014304	-0,088304581	0,500321
Т-лимфоциты	0,710444195	0,052888945	-0,437165205	0,149493861	1	0,679951264	0,624012	0,702286607	0,135305	0,345414741	0,261188	0,293798504	0,5771
CD4	0,722903017	0,152300538	0,039805667	0,168789301	0,679951264	1	0,341896	0,75586718	0,443486	0,570541376	0,688739	0,425320224	0,736994
CTLs	0,510528584	0,19812668	-0,28795134	0,071478832	0,341896496	1	0,623344758	-0,18968	0,050380737	0,392938	0,115492835	0,495494	0,832121
В-лимфоциты	0,548444623	0,24481464	-0,376754752	0,213753666	0,702286607	0,623345	1	0,420487	0,464937018	0,718658	0,273965428	0,832121	0,736994
IgM	-0,53590348	0,157566665	-0,102950409	0,227040571	0,135305075	0,443485773	-0,18968	0,420487199	1	0,698667672	0,433239	0,308165632	0,372792
CD25,% МНПК	-0,268543078	-0,044937992	-0,204112628	0,13913918	0,345414741	0,570541376	0,050381	0,464937018	0,698668	0,365690377	1	0,36569	0,315863
CD38	0,548944596	0,154851594	0,067534501	0,014304107	0,261188774	0,68873865	0,392938	0,718658244	0,433239	0,357723449	1	0,207175076	0,701769
CD71	-0,141567312	0,30382724	-0,346510667	-0,088304581	0,293798504	0,425320224	0,115493	0,273965428	0,308166	0,357723449	0,207175	0,147097	0,147097
HLA DR	0,617693059	0,362582554	-0,025417357	0,500320854	0,577099525	0,736994128	0,495494	0,832120876	0,372792	0,315863302	0,701769	0,147097215	1

Лейк./Лимф./Моно.	0,519552713	Лимф./Моно./CD16	-0,305204853	Моно./CD16/Лимф.	-0,131492999	Т-лимф./CD4/CTLs	0,635419	CD25./CD38/CD71	0,308052	CD38./CD71/CD25	0,039377	CD71./HLA DR/CD38	0,002451
Лейк./Лимф./CD16	0,559711142	Лимф./CD16/Моно.	0,100992613			Т-лимф./CTLs/CD4	0,568214	CD25./CD38/HLA DR	0,213079	CD38./CD71/HLA DR	0,147514		
Лейк./Моно./Лимф.	-0,193133211					CD4./CTLs/Т-лимф.	-0,14381	CD25./CD71/CD38	0,529312	CD38./HLA DR/CD71	0,693727		
Лейк./Моно./CD16	-0,298383344					CD25./CD71/HLA DR	0,544773						
Лейк./CD16/Лимф.	0,31036698					CD25./HLA DR/CD38	0,089333						
Лейк./CD16/Моно.	0,301527413					CD25./HLA DR/CD71	0,284804						

Рис. 15. Пациент В01951

Лимфоциты	Моноциты	CD16	T-лимфоциты	CD4	CTLs	B-лимфоциты	CD25, % МНПК	CD38	CD71	HLA DR
1	0,972628783	0,925775	-0,234693878	-0,63749	0,199667498	0,990536	-1	0,987829161	-0,901127114	0,848555
0,972629	1	0,812584	-0,002395637	-0,44101	0,421887875	0,995317	-1	0,996933686	-0,775718939	0,948275
0,925775	0,812584123	1	0,708134216	0,709478	0,620891953	0,99637	-0,440714862	0,317564133	-0,197739917	0,47581
-0,23469	-0,002395637	0,708134	1	0,929994	0,882819062	0,232328	-0,533460855	0,240085861	0,271415954	0,242145
-0,63749	-0,441012064	0,709478	0,929993755	1	0,67398189	0,253457	-0,360514703	-0,151394366	0,944390166	0,707868
0,199667	0,421887875	0,620892	0,882819062	0,673982	1	0,123491	-0,594282971	0,270805567	-0,671723727	-0,49628
0,990536	0,99531654	0,99637	0,23228423	0,253457	0,123490793	1	-0,95428947	-0,075674695	-0,046668861	0,269001
-1	-1	-0,44071	-0,533460855	-0,36051	-0,594282971	0,49543	1	0,584496695	0,335330009	0,590361
0,987829	0,996933686	0,317564	0,240085861	-0,15139	0,270805567	-0,07567	0,584496695	1	-0,412216002	0,551684
-0,90113	-0,77571939	-0,19773	0,271415954	0,94439	-0,671723727	0,04667	0,335330009	-0,412216002	1	0,444376
0,848555	0,948274907	0,47581	0,242145361	0,707868	-0,496280988	0,269001	0,590360819	0,551684277	0,44437644	1
0,373631	0,578939944	-0,14365	0,243846455	0,218142	0,186063238	0,098481	-0,330696129	0,556706784	-0,394551337	0,124735

Лимф.Моно./CD16	1	Моно. CD16/Лимф.	-1	T-лимф. CD4/CTLs	0,965389	CD25, CD38/CD71	-0,87981	CD38, CD71/CD25	0,198093364	CD71, HLA DR/CD38	0,323851
Лимф. CD16/Моно.	1		T-лимф. CTLs/CD4	0,942826	CD25, CD38/HLA DR	-0,2887	CD38, CD71/HLA DR	0,519890409			
			CD4, CTLs/T-лимф.	-0,8516	CD25, CD71/CD38	0,90036	CD38, HLA DR/CD71	-0,438750512			
					CD25, CD71/HLA DR	0,58509					
					CD25, HLA DR/CD38	0,48776					
					CD25, HLA DR/CD71	0,58957					

Рис. 16. Пациент В03665





## Заключение

Система иммунитета весьма сложна. Она состоит из множества мононуклеарных клеток, лимфоцитов и макрофагов, взаимодействующих между собой в процессии иммунных реакций. Поломки в этой системе могут нарушать как противoinфекционный иммунитет, так и защиту организма от онкологической патологии. Возможно появление заболеваний, при которых система иммунитета поражает организм хозяина (аутоиммунные заболевания).

Попытки системного подхода к изучению корреляции между различными субпопуляциями мононуклеаров как в норме, так и при патологии на данном этапе не могут быть признаны достаточно удачными. Это приводит к поиску и применению новых математических методов.

В данной выпускной квалификационной работе было рассмотрено влияние различных субпопуляций лимфоцитов крови на корреляцию других показателей внутри 3-х групп. Исследование показало, что у большинства пациентов очень сильное влияние оказывают такие показатели, как CD16, CD4, HLA DR, CD71, CD38, Т-лимфоциты.

В группе показателей неспецифической резистентности наибольшее влияние на коэффициенты корреляции оказывает показатель CD16.

В группе показателей Т-клеточного звена, самыми значимыми стали показатели CD4 и Т-лимфоциты.

В группе показателей маркеры активации стали HLA DR, CD71, CD38.

Так же можно отметить, что корреляционный анализ имеет значимую роль и в других статистических многомерных методах поиска взаимосвязей. Например, в дискриминантном анализе, основной задачей которого является различие групп объектов и изучение характера этих групп. Разбиение классов на группы осуществляются с помощью расстояния Махаланобиса — мера расстояния между векторами случайных величин, обобщающая понятие евклидова расстояния. Эта метрика отличается от расстояния Евклида

тем, что учитывает корреляцию между переменными, таким образом, одно понятие связывает два многомерных анализа между собой. Формально, расстояние Махаланобиса от многомерного вектора  $x = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_N)^T$  до множества со средним значением  $\mu = (\mu_1, \mu_2, \mu_3, \dots, \mu_N)^T$  и матрицей ковариации  $S$  определяется следующим образом:

$$D_m(x) = \sqrt{(x - \mu)^T S^{-1} (x - \mu)}$$

Таким образом, эта метрика связана с корреляциями переменных посредством матрицы дисперсий-ковариаций.

## Список литературы

- [1] Ферстер Э., Рёнц Б. Методы корреляционного и регрессионного анализа. — М.: Финансы и статистика, 1983, 304 с.
- [2] Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика. — М.: Высшая школа, 2004, 479 с.
- [3] Елисеева И. И., Юзбашев М. М. Общая теория статистики. — М.: Финансы и Статистика, 2002, 480 с.
- [4] Биология. Современный курс. 2-е изд., испр. и доп./ под ред. А.Ф.Никитина.-СПб.:СпецЛит, 2006. 480 с.
- [5] Г.-Р Бурместер, А. Пецутто Наглядная иммунология; пер. с англ. 3-е изд. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2014. 320 с.
- [6] Кишкун А.А Клиническая лабораторная диагностика : учебное пособие для медицинских сестер М. : ГЭОТАР-Медиа, 2015. 976 с.
- [7] Октябрьский П.Я. Статистика: Учебное пособие. 2-е издание (исправленное и дополненное) — Изд-во С.-Петербур. ун-та. 2001. 344 с.
- [8] Коршунов Ю.М. Математические основы кибернетики: Учебное пособие для вузов. 3-е издание (переработанное и дополненное) — М.: Энергоатомиздат, 1987. 496 с.
- [9] Буре В.М., Парилина Е.М. Теория вероятностей и математическая статистика: Учебник. — СПб.: Издательство «Лань». 2013. 416 с.