

**РОМАНЮК Т.И.,**

к.м.н., «Филипс», г. Москва, Россия, e-mail: tatsiana.ramaniuk@philips.com

**ПОЗДНЯКОВ Д.Ю.,**

«Филипс», г. Москва, Россия, e-mail: dmitriy.pozdnyakov@philips.com

**ИЩЕНКО В.И.,**

«Филипс», г. Москва, Россия, e-mail: vitaly.ishchenko@philips.com

## СОВРЕМЕННОЕ ТЕХНОЛОГИЧНОЕ РЕШЕНИЕ РАСЧЕТА APACHE II

**Аннотация.**

*В статье описаны основные аспекты технологии разработки полностью автоматизированного расчета шкалы APACHE II. Отражены возможности применения современных технологичных решений для отделений реанимации и интенсивной терапии. Представлен успешный опыт применения системы поддержки принятия клинически решений «Цифровая реанимация PHILIPS» для анализа, прогнозирования и управления данными пациента. Описан алгоритм автоматизации расчета клинической шкалы на основе цифрового решения для отделений анестезиологии, реанимации и интенсивной терапии.*

**Ключевые слова:** информационные технологии, APACHE II, автоматический расчет, реаниматология, цифровая реанимация.

**Для цитирования:** Романюк Т.И., Поздняков Д.Ю., Ищенко В.И. Современное технологичное решение расчета APACHE II. Врач и информационные технологии. 2022; 1: 40-49.

**RAMANIUK T.I.,**

PhD, Philips LLC, Moscow, Russia, e-mail: tatsiana.ramaniuk@philips.com

**POZDNYAKOV D.YU.,**

Philips LLC, Moscow, Russia, e-mail: dmitriy.pozdnyakov@philips.com

**ISHCHENKO V.I.,**

Philips LLC, Moscow, Russia, e-mail: vitaly.ishchenko@philips.com

## MODERN TECHNOLOGICAL SOLUTION FOR CALCULATION APACHE II

**Abstract.**

*Here we present the key aspects of the fully automated APACHE II scale calculation development. We reviewed implementation opportunities for modern technological solutions in intensive care units. Successful experience of utilizing the clinical decision support system „PHILIPS Digital Resuscitation” for analysis, prognosis and patient data management is described in details. The digital algorithm for automated calculation of the clinical scale used in anesthesiology and intensive care departments is presented.*

**Keywords:** *information technology, APACHE II, automatic calculation, intensive care, digital intensive care.*

**For citation:** *Ramaniuk T.I., Pozdnyakov D.Yu., Ishchenko V.I. Modern technological solution for calculation APACHE II. Medical doctor and information technology. 2022; 1: 40-49.*

## ВВЕДЕНИЕ

Среди всего комплекса задач, стоящих перед врачом-реаниматологом, следует отдельно выделить своевременное выявление пациентов, имеющих высокие риски развития неблагоприятных событий, требующих повышенного внимания к себе.

Оценки разных специалистов могут иметь различия, вследствие субъективизации, «человеческого» фактора и необходимости «ручного» сбора данных из разрозненных источников информации. Это, в свою очередь, может вносить искажение в важную информацию о состоянии здоровья и в подходы к оказанию своевременной высокоспециализированной помощи пациентам в критическом состоянии. Объективная оценка степени тяжести состояния пациента показывает реальный статус пациента и позволяет спрогнозировать риски развития ухудшения состояния или осложнений и оценить вероятность летального исхода.

Наиболее эффективным решением стандартизации оценки значимых клинических факторов является использование прогностических шкал. Их расчет позволяет получить объективную оценку степени тяжести состояния пациентов, вероятности развития различных осложнений и прогнозировать изменения в состоянии и длительность пребывания их в отделении реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ). Своевременная оценка состояния пациентов, выполненная при помощи стандартизованных шкал, является одной из важных задач врача-реаниматолога ввиду своей практичности и высокой клинической ценности.

В настоящее время в арсенале врача-реаниматолога имеется множество оценочных шкал. Хорошо себя зарекомендовавшими и широко используемыми в мировой практике являются шкалы SOFA (Sequential Organ Failure Assessment, Последовательная оценка органной недостаточности) и APACHE II (Acute Physiology And Chronic Health Evaluation II score to predict hospital mortality, Шкала для оценки острых и хронических функциональных изменений и оценки предполагаемого риска смерти) [1].

Данные шкалы имеют высокую прогностическую точность [2]. Следует отметить высокую трудоёмкость их расчёта, что затрудняет рутинное использование в ежедневной работе

врача-реаниматолога. Имеется множество приложений для персональных компьютеров и мобильных устройств, которые позволяют получить оценку в баллах по разнообразным шкалам («Медицинские калькуляторы» (<http://medicalc.ru/>), «MedSoftPro медицинский софт и прочее» (<https://medsoftpro.ru/kalkulatory.html>) и т.п.). Однако все они предполагают «ручной» ввод параметров для анализа. Основной сложностью при расчете большинства шкал является процесс сбора и структурирования данных из множества источников. Как правило, для расчета принимаются во внимание данные витальных функций, поступающие от прикроватного оборудования (артериальное давление, частота сердечных сокращений, дыхательных движений в минуту и т.п.), лабораторные показатели (уровень лейкоцитов, эритроцитов, лактата в сыворотке крови и др.), используемые лекарственные средства (вазопрессорная или антикоагулянтная терапия), основные демографические параметры (рост, вес, возраст и др.), информация о которых имеется в истории болезни пациента. Например, время расчета шкалы APACHE II для одного пациента занимает у врача-реаниматолога в среднем 15–20 минут.

Однако сегодня, благодаря развитию информационных технологий, службы анестезиологии и реаниматологии имеют доступ к данным пациента в цифровом формате. Источником информации являются системы поддержки принятия клинических решений (СППКР), медицинские информационные системы (МИС), лабораторные информационные системы (ЛИС), прикроватное оборудование. Весь этот спектр данных может и должен быть использован для различных клинических задач, в том числе для проведения оценки степени тяжести состояния пациента по клиническим шкалам.

Одним из примеров современных СППКР является решение «Цифровая Реанимация PHILIPS» (ЦР). На основе этого решения был разработан алгоритм автоматизации расчёта нескольких шкал, в числе которых и APACHE II.

## ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Разработать и внедрить в клиническую практику врача интенсивной терапии полностью автоматизированный расчет шкалы APACHE II на основе возможностей цифровой реанимации.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Шкала APACHE II — это признанный инструмент оценки степени тяжести состояния пациента, разработанный на большой выборке пациентов в отделениях интенсивной терапии в США [2]. Также имеется прямая корреляция между оценкой в баллах по шкале APACHE II и потенциальным риском смерти пациента (Рис. 1). В основе шкалы лежит алгоритм расчета [3–5], который и был использован для разработки полностью автоматизированного расчета балла по шкале APACHE II и риска смерти.

Для получения данных из разрозненных источников для расчета шкалы APACHE II использовались следующие решения:

- Philips IntelliBridge Enterprise — для получения данных пациента от МИС и ЛИС в цифровом формате;
- Philips IntelliBridge — для получения данных пациента от прикроватного оборудования разных производителей. Решение работает по принципу «Plug&Play» («подключай и работай»): прикроватное оборудование распознается автоматически и не требует дополнительных действий со стороны персонала в случае замены или перемещения оборудования между койками;

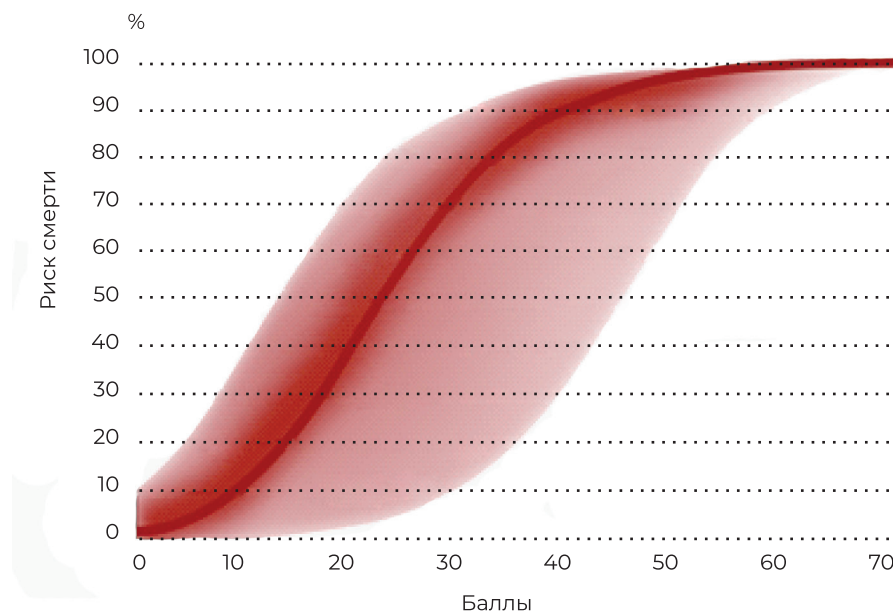
- язык программирования: Visual Basic .NET или C#.

### ПОСТРОЕНИЕ ПОЛНОСТЬЮ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАСЧЕТА ШКАЛЫ APACHE II

Расчет APACHE II проводится на основании 15 основных параметров: 1 демографического, 12 физиологических и 2 — связанных с основным и сопутствующими заболеваниями пациента. Результат расчёта APACHE II варьируется от 0 до 71 балла. Для расчета риска смерти были учтены показания для госпитализации пациента в ОРИТ и коэффициент, учитывающий основное патогенетическое состояние, обуславливающее тяжесть состояния пациента [2; 6; 7].

Атрибуты расчета шкалы APACHE II:

- возраст пациентов 18 лет и старше;
- в расчете используются параметры за первые сутки от момента поступления пациента в ОРИТ;
- при анализе данных пациента в расчет поступают значения, имеющие наибольший балл за анализируемый период;
- наличие 15 основных параметров (таблица 1);
- балл по шкале APACHE II является суммой баллов по 15 основным параметрам.



**Рисунок 1 — Соотношение оценки в баллах по шкале APACHE II и потенциальным риском смерти.**

Как видно из данных, представленных в таблице 1, имеется ряд основных параметров, для которых требуются расчеты и анализ дополнительных данных. Так, для определения такого параметра как «оксигенация», необходимо учитывать показатели  $FiO_2$ ,  $PaO_2$  и артерио-альвеолярный градиент, который в свою очередь является расчетным на основании показателей  $PaCO_2$  (arterial carbon dioxide pressure, парциальное давление углекислого газа в артериальной крови, мм рт. ст.),  $FiO_2$ ,  $PaO_2$ .

Стремясь к максимальной автоматизации выполнения расчета шкалы APACHE II, для оценки наличия либо отсутствия у пациента острого почечного повреждения (п.15 в табл. 1), было решено использовать автоматический расчет шкалы KDIGO (Kidney Disease: Improving Global Outcomes, заболевание почек: улучшение глобальных результатов <https://kdigo.org/wp-content/uploads/2016/10/KDIGO-2012-AKI-Guideline-English.pdf>). За счет чего появились дополнительные параметры

**Таблица 1 — Основные параметры и распределение баллов для расчета шкалы APACHE II**

№	Параметр, единицы измерения	Значение	Баллы
1	Возраст, годы	≤44	0
		45–54	2
		55–64	3
		65–74	5
		≥75	6
2	Статус пациента на момент госпитализации в ОРИТ	оперирован планово и сопутствующих заболеваний нет	0
		оперирован планово и сопутствующие заболевания есть	2
		оперирован экстренно и сопутствующих заболеваний нет	0
		оперирован экстренно и сопутствующие заболевания есть	5
		не оперирован и сопутствующих заболеваний нет	0
3	Ректальная температура, °C	≥41	4
		39–40,9	3
		38,5–38,9	1
		36–38,4	0
		34–35,9	1
		32–33,9	2
		30–31,9	3
		<30	4
4	Среднее артериальное давление, мм рт. ст.	>159	4
		130–159	3
		110–129	2
		70–109	0
		50–69	2
		≤49	4
5	Частота сердечных сокращений, ударов/мин.	≥180	4
		140–179	3
		110–139	2
		70–109	0
		55–69	2
		40–54	3
≤39	4		

Таблица 1 — Основные параметры и распределение баллов для расчета шкалы APACHE II (продолжение)

№	Параметр, единицы измерения	Значение	Баллы
6	Частота дыхания, вдохов/мин.	≥50	4
		35–49	3
		25–34	1
		12–24	0
		10–11	1
		6–9	2
		≤6	4
7	Оксигенация • артерио-альвеолярный градиент при: – FiO <sub>2</sub> <sup>1</sup> ≥50; – FiO <sub>2</sub> <sup>1</sup> <50 и PaO <sub>2</sub> <sup>2</sup> <50 • PaO <sub>2</sub> <sup>2</sup> при: – FiO <sub>2</sub> <sup>1</sup> <50%	≥500	4
		350–499	3
		200≤350	2
		<200	0
		≥71	0
		61–70	1
		55–60	3
50–54	4		
8	pH <sup>3</sup> артериальной крови	≥7,70	4
		7,60–7,69	3
		7,50–7,59	1
		7,33–7,49	0
		7,25–7,32	2
		7,15–7,24	3
		<7,15	4
9	Натрий сыворотки крови, ммоль/л	≥180	4
		160–179	3
		155–159	2
		150–154	1
		130–149	0
		120–129	2
		110–119	3
≤110	4		
10	Калий сыворотки крови, ммоль/л	≥7,0	4
		6,0–6,9	3
		5,5–5,9	1
		3,5–5,4	0
		3,0–3,4	1
		2,5–2,9	2
		≤2,4	4
11	Креатинин сыворотки крови, мг/дл	≥3,5 и острое почечное повреждение	8
		2,0–3,4 и острое почечное повреждение	6
		1,5–1,9 и острое почечное повреждение	4
		≥3,5 и хроническое почечное повреждение	4
		2,0–3,4 и хроническое почечное повреждение	3
		1,5–1,9 и хроническое почечное повреждение	2
		0,6–1,4	0
≤0,5	2		

**Таблица 1 — Основные параметры и распределение баллов для расчета шкалы APACHE II (продолжение)**

№	Параметр, единицы измерения	Значение	Баллы
12	Гематокрит, %	≥60	4
		50–59,9	2
		46–49,9	1
		30–45,9	0
		20–29,9	2
		≤19	4
13	Лейкоциты, количество×10 <sup>9</sup> /л	≥40	4
		20–39,9	2
		15–19,9	1
		3–14,9	0
		1–2,9	2
		≤0,9	4
14	Оценка по шкале комы Глазго, баллы	3–15	15 – балл
15	Острое почечное повреждение	Да/нет	Балл учитывается в п. креатинин

<sup>1</sup> FiO<sub>2</sub> (fraction of inspired oxygen) – концентрация кислорода в газовой смеси, %

<sup>2</sup> PaO<sub>2</sub> (arterial oxygen pressure) – парциальное давления кислорода в артериальной крови, мм рт. ст.

<sup>3</sup> pH – (power of hydrogen) – водородный показатель.

для расчета общего балла APACHE II: масса пациента и суточный диурез.

Таким образом, реальное количество параметров, которые необходимо принимать во внимание при расчете общего балла по шкале APACHE II, составляет 21.

Для определения предположительного риска смерти пациента был учтен коэффициент значимости диагностической категории статуса пациента (Y) (<https://www.researchgate.net/publication/349573136>). Например, оперирован планово: ламинэктомия и другие операции на позвоночнике или оперирован экстренно, основная патология обуславливающая тяжесть состояния — сердечно-сосудистая недостаточность и т.п. Всего значений данного коэффициента может быть 78. Расчет производился по формуле:

$$\text{предположительный риск смерти} = \frac{e^{\text{Logit}}}{1 + e^{\text{Logit}'}}$$

где:  $\text{Logit} = -3,517 + (\text{балл по шкале APACHE II}) \times 0,146 + Y$ .

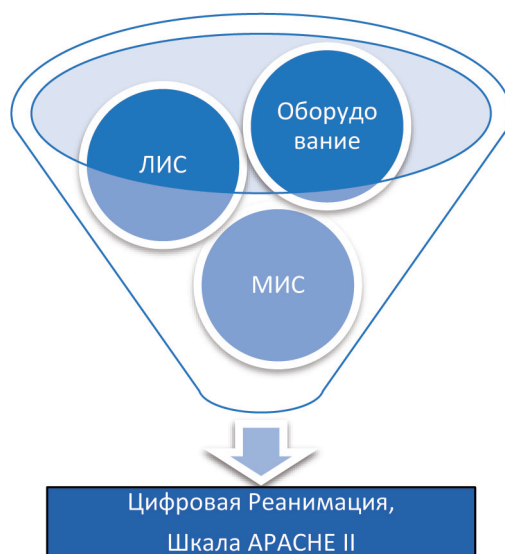
Источником данных для анализа при расчете шкалы APACHE II является база данных ЦР, где

данные аккумулируются в цифровом формате от различных источников:

- прикроватное медицинское оборудование (мониторы пациентов, аппарат искусственной вентиляции легких и др.),
- МИС и ЛИС,
- записи врача и медицинской сестры в истории болезни пациента (Рис. 2).

Всего за сутки значений параметров для анализа может быть несколько тысяч или даже десятков тысяч. Например, при мониторинговании частоты сердечных сокращений в минуту у пациента с кратностью измерения параметра каждые 15 минут ежедневно выполняется и фиксируется 96 измерений. А в цифровой реанимации данные от прикроватного оборудования передаются каждые 30 секунд или чаще, и таких записей в базе данных 2880 и более в сутки. И это только по одному параметру.

Охват анализируемых параметров достаточно широк еще и с той точки зрения, что один и тот же параметр может иметь разные источники данных. Например, значение натрия сыворотки крови может быть получено из биохимического



**Рисунок 2 — Источники данных для получения параметров для расчета шкалы APACHE II.**

анализа крови или из исследования кислотно-основного состояния (КОС) и газов крови. Таким образом, для пациента в отделении реанимации и интенсивной терапии всего источников данных для анализа и расчета шкалы APACHE II получается 51. При этом их необходимо структурировать по приоритетности источника.

Для примера рассмотрим приоритизацию при отборе и анализе данных по такому параметру как  $FiO_2$ . Имеется три источника данных: 1 — установочное значение аппарата искусственной вентиляции лёгких (ИВЛ), 2 — фактическое значение в дыхательной смеси, 3 — показатель в исследовании кислотно-основного состояния (КОС) и газов артериальной крови. По значимости данных отбор осуществляется в следующем порядке: при наличии значений  $FiO_2$  в исследовании КОС они анализируются согласно алгоритму отбора. В расчет идет значение, которому соответствует самый большой балл. При отсутствии  $FiO_2$  в КОС к анализу принимается фактическое значение  $FiO_2$  в дыхательной смеси при его наличии, при отсутствии — последний из трех источников — установочное значение аппарата ИВЛ.

Далее приводим пример алгоритма отбора значения калия в сыворотке

крови по наибольшему баллу для расчета шкалы APACHE II (Рис. 3).

Такого рода отбор по приоритету проводится по всем параметрам, имеющим несколько источников.

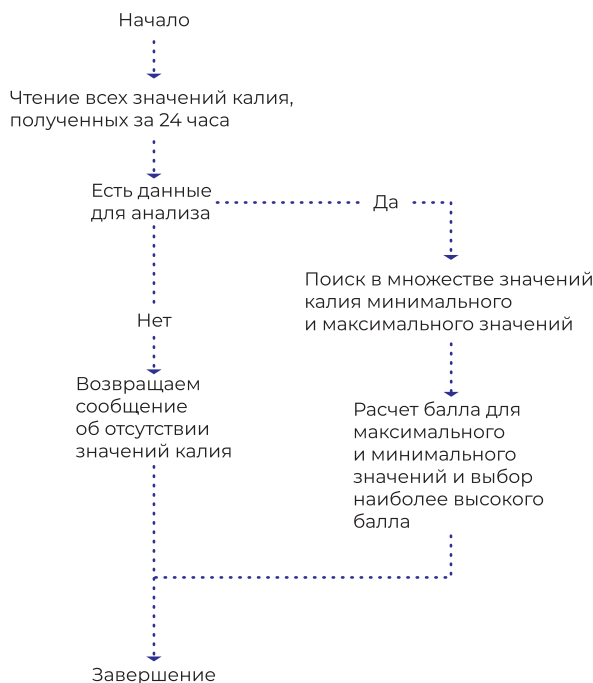
При наличии всех необходимых параметров шкала рассчитывается автоматически через 24 часа после поступления пациента в ОРИТ. В случае, если каких-то параметров нет, появляется визуальная клиническая подсказка — врач получает сообщение в интерфейсе ЦР о том, что расчет не завершён и какой именно из параметров отсутствует.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанный алгоритм автоматизации расчета шкалы для объективизации состояния пациента в первые 24 часа от момента поступления его в ОРИТ является наглядным примером тесного продуктивного взаимодействия информационных технологий и клинической практики.

Данный полностью автоматизированный расчет шкалы APACHE II был внедрен в практику ОРИТ медицинских организаций в Российской Федерации, оснащенных системой цифровой реанимации.





```

If inpPotassium1.HasValue Or inpPotassium2.HasValue Then
    Dim potMin As Decimal
    Dim potMax As Decimal
    Dim aMinPot As New ArrayList()
    Dim aMaxPot As New ArrayList()

    If inpPotassium1.HasValue Then
        aMinPot.Add(inpPotassium1.Min())
        aMaxPot.Add(inpPotassium1.Max())
        potMin = aMinPot.Item(0)
        potMax = aMaxPot.Item(0)
    End If
    If inpPotassium2.HasValue Then
        aMinPot.Add(inpPotassium2.Min())
        aMaxPot.Add(inpPotassium2.Max())
        potMin = aMinPot.Item(0)
        potMax = aMaxPot.Item(0)
    End If
    For i = 0 To aMinPot.Count - 1
        If potMin > aMinPot.Item(i) Then
            potMin = aMinPot.Item(i)
        End If
    Next
    For i = 0 To aMaxPot.Count - 1
        If potMax < aMaxPot.Item(i) Then
            potMax = aMaxPot.Item(i)
        End If
    Next
    If PotassiumScore(potMin) > PotassiumScore(potMax) Then
        outScore.NumericValue += PotassiumScore(potMin)
        outPotassium.NumericValue = potMin
    Else
        outScore.NumericValue += PotassiumScore(potMax)
        outPotassium.NumericValue = potMax
    End If
Else
    outStatus.TextValue = "No Potassium"
End If
    
```

**Рисунок 3 — Пример алгоритма отбора показателя калия в сыворотке крови по наибольшему баллу для расчета шкалы APACHE II.**

Трудозатраты врача-интенсивиста для активизации состояния пациента путем «ручного» отбора и анализа параметров для расчета шкалы APACHE II не требуются, так как теперь это полностью автоматизированный расчет. Важно отметить, что скорость расчета не зависит от количества пациентов и множественности оцениваемых значений параметров.

Полностью исключается «человеческий» фактор в оценке тяжести состояния пациента, так как расчет производится на высокоточных цифровых данных. Все это позволяет оптимизировать рабочее время врача для оказания специализированной терапии и повысить качество оказания медицинской помощи в целом.

#### ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Пчелинцева Ф.А., Петрова М.В., Шмыр И.С., Миронов К.А., Гамеева Е.В. Объективные методы оценки тяжести состояния пациентов в отделении реанимации онкохирургического профиля. Исследования и практика в медицине. — 2020. — Т.7. — №2. — С.116-128. [Pchelinceva FA, Petrova MV, SHmyr IS, Mironov KA, Gameeva EV. Ob"ektivnye metody ocenki tyazhesti sostoyaniya pacientov v otdelenii reanimacii onkohirurgicheskogo profilya. Issledovaniya i praktika v medicine. 2020; 7(2): 116-128. (In Russ).]
2. Knaus WA, Draper EA, et al. APACHE II: A severity of disease classification system. Critical Care Medicine. 1985; 13: 818-829.
3. Cakir E, Sari E, Bindal A, Ciftsi A, Ozkocak Turan I. Comparison of the Effectiveness of Acute Physiology and Chronic Health Evaluation II and Modified Early Warning Score Scoring Systems in Predicting Mortality in Patients in the Intensive Care Unit. Yoğun Bakım Derg. 2019; 10(3): 75-79.

4. Lew CCH, Wong GJY, Tan CK, Miller M. Performance of the Acute Physiology and Chronic Health Evaluation II (APACHE II) in the prediction of hospital mortality in a mixed ICU in Singapore. *Proceedings of Singapore Healthcare*. 2019; 28(3): 147-152.
5. Hamideh M, Mohamadhadi I, Seyedmasoom M. Effectiveness of the APACHE II Scoring System in an Intensive Care Unit: Results of a Prospective Study. *British Journal of Medicine & Medical Research*. 2015; 8(12): 1018-1024. Article no.BJMMR.2015.533
6. Oh TE, Hutchinson R, Short S, et al. Verification of the Acute Physiology and Chronic Health Evaluation scoring system in a Hong Kong intensive care unit. *Crit Care Med*. 1993 May; 21(5): 698-705.
7. Unertl K, Kottler BM. Prognostic scores in intensive care Anaesthetist. 1997 Jun; 46(6): 471-80.