

Do Serifs Help in Comprehension of Printed Text? An Experiment with Cyrillic Readers. Supplementary Materials

Leyla Akhmadeeva^a, Ilnar Tukhvatullin^a, Boris Veytsman^b

^a*Bashkir State Medical University, 3 Lenina Str. Ufa, 450000, Russia*

^b*School of Systems Biology and Computational Materials Science Center, College of Science, George Mason University, MS 6A2, Fairfax, VA 22030, USA*

Abstract

Supplementary material for the paper about the experiment with Cyrillic readers.

Keywords: reading, text comprehension, serif, sans serif, Cyrillic

1. Texts and Questions

The text used in the experiments was an adapted version of (Anon, 2010). The text was typeset in serif (Figure 1) and sans serif (Figure 2) fonts. The questions were also typeset in both serif (Figure 3) and sans serif (Figure 4) variants.

2. Data

The data are collected in the file `data.csv`. This is a comma separated file with the following columns:

Gender: subject's gender, either male or female.

Age: subject's age, in full years.

SchoolType: the type of the high school attended by the subject.

SchoolGPA: average school grade, self reported.

UniversityGPA: average university grade, self reported.

HomeworkTime: average time spent daily on homework, self reported.

Email addresses: la@ufaneuro.org (Leyla Akhmadeeva),
tukhvatullin.ilnar@yandex.ru (Ilnar Tukhvatullin), bveytsma@gmu.edu (Boris Veytsman)

РАЗВИТИЕ НЕВРОЛОГИИ В РОССИИ

Основателем российской невропатологии признается Алексей Яковлевич Кожевников. После окончания медицинского факультета Московского университета он защитил диссертацию, посвященную функциям блуждающего нерва. В 1890 г. им было открыто новое здание Клиники нервных болезней на Девичьем поле. С 1901 г. под руководством Кожевникова стал издаваться «Журнал невропатологии и психиатрии».

После смерти в 1902 г. А. Я. Кожевникова руководителем кафедры стал В. К. Рот. Степень доктора медицины ему была присвоена за монографию о нервно-мышечной патологии. В. К. Рот описал клинику невралгии наружного кожного нерва бедра и симптом «полукуртки» при сирингомиелии.

В 1917 г. на заведование кафедрой был избран другой ученик А. Я. Кожевникова— Г. И. Россолимо. Длительное время Россолимо руководил неврологическим отделением Новоекатерининской больницы, в 1911 г. создал частную детскую неврологическую клинику, а в 1923 г.— специализированное детское отделение в составе неврологической клиники Московского университета. Диссертация Г. И. Россолимо была посвящена изучению проводящих путей спинного мозга. Россолимо активно участвовал в создании нового научного направления— авиационной медицины. Количество опубликованных им работ— 107.

С 1929 г. заведующим кафедрой, созданной Кожевниковым, к тому времени кафедрой нервных болезней 1-го медицинского института им. Сеченова, был Е. К. Сепп.

Основателем созданной в Москве в 1910 г. кафедры нервных болезней медицинского факультета Высших женских курсов был ученик А. Я. Кожевникова Л. С. Минор. После Октябрьской революции 1917 г. этот факультет был преобразован во 2-й Московский медицинский институт (ныне Российский государственный медицинский университет). Л. С. Минор описал синдромы гематомии и эпиконуса спинного мозга, изучал наследственный тремор, спинную сухотку. После него кафедрой руководил автор широко известной книги «Неврологические синдромы» М. Б. Кроль. Его сменил известный специалист по изучению вегетативной нервной системы А. М. Гринштейн. С 1948 по 1958 г. заведующим кафедрой был Н. И. Филимонов, исследовавший цитоархитектонику коры больших полушарий.

Figure 1: Text for Experiments, Serif Font

РАЗВИТИЕ НЕВРОЛОГИИ В РОССИИ

Основателем российской невропатологии признается Алексей Яковлевич Кожевников. После окончания медицинского факультета Московского университета он защитил диссертацию, посвященную функциям блуждающего нерва. В 1890 г. им было открыто новое здание Клиники нервных болезней на Девичьем поле. С 1901 г. под руководством Кожевникова стал издаваться «Журнал невропатологии и психиатрии».

После смерти в 1902 г. А. Я. Кожевникова руководителем кафедры стал В. К. Рот. Степень доктора медицины ему была присвоена за монографию о нервно-мышечной патологии. В. К. Рот описал клинику невропатии наружного кожного нерва бедра и симптом «полукуртки» при сирингомиелии.

В 1917 г. на заведование кафедрой был избран другой ученик А. Я. Кожевникова— Г. И. Россолимо. Длительное время Россолимо руководил неврологическим отделением Новоекатерининской больницы, в 1911 г. создал частную детскую неврологическую клинику, а в 1923 г.— специализированное детское отделение в составе неврологической клиники Московского университета. Диссертация Г. И. Россолимо была посвящена изучению проводящих путей спинного мозга. Россолимо активно участвовал в создании нового научного направления— авиационной медицины. Количество опубликованных им работ— 107.

С 1929 г. заведующим кафедрой, созданной Кожевниковым, к тому времени кафедрой нервных болезней 1-го медицинского института им. Сеченова, был Е. К. Сепп.

Основателем созданной в Москве в 1910 г. кафедры нервных болезней медицинского факультета Высших женских курсов был ученик А. Я. Кожевникова Л. С. Минор. После Октябрьской революции 1917 г. этот факультет был преобразован во 2-й Московский медицинский институт (ныне Российский государственный медицинский университет). Л. С. Минор описал синдромы гематомии и эпиконуса спинного мозга, изучал наследственный тремор, спинную сухотку. После него кафедрой руководил автор широко известной книги «Неврологические синдромы» М. Б. Кроль. Его сменил известный специалист по изучению вегетативной нервной системы А. М. Гринштейн. С 1948 по 1958 г. заведующим кафедрой был Н. И. Филимонов, исследовавший цитоархитектуру коры больших полушарий.

Figure 2: Text for Experiments, Sans Serif Font

РАЗВИТИЕ НЕВРОЛОГИИ В РОССИИ. ВОПРОСЫ ПО ТЕКСТУ

1. Кто является основателем российской невропатологии?
2. Кто защитил диссертацию, посвященную функциям блуждающего нерва?
3. В каком году было открыто новое здание Клиники нервных болезней на Девичьем поле?
4. Как назывался журнал, который издавался под руководством Кожевникова с 1901 г.?
5. Кто описал клинику невралгии наружного кожного нерва бедра?
6. Создатель частной детской неврологической клиники с 1911 г. и детского отделения неврологической клиники Московского университета?
7. Чему была посвящена диссертация Россолимо?
8. Сколько работ было опубликовано Россолимо?
9. Заведующий кафедрой нервных болезней 1-го медицинского института им. Сеченова?
10. Основатель кафедры нервных болезней медицинского факультета Высших женских курсов?

Figure 3: Questions for Experiments, Serif Font

РАЗВИТИЕ НЕВРОЛОГИИ В РОССИИ. ВОПРОСЫ ПО ТЕКСТУ

1. Кто является основателем российской невропатологии?
2. Кто защитил диссертацию, посвященную функциям блуждающего нерва?
3. В каком году было открыто новое здание Клиники нервных болезней на Девичьем поле?
4. Как назывался журнал, который издавался под руководством Кожевникова с 1901 г.?
5. Кто описал клинику невралгии наружного кожного нерва бедра?
6. Создатель частной детской неврологической клиники с 1911 г. и детского отделения неврологической клиники Московского университета?
7. Чему была посвящена диссертация Россолимо?
8. Сколько работ было опубликовано Россолимо?
9. Заведующий кафедры нервных болезней 1-го медицинского института им. Сеченова?
10. Основатель кафедры нервных болезней медицинского факультета Высших женских курсов?

Figure 4: Questions for Experiments, Sans Serif Font

Language: native language.

YearOfStudy: the year of study in the university.

Department: the department of specialization, either Therapy of Pediatrics.

DayOrEvening: whether the student was enrolled full-time (Day) or part-time (Evening).

PreferredFontSize: the font size chosen by the subject from 8 pt, 12 pt, 14 pt or 16 pt (the font size of the text was the same for all participants).

WordsPerMinute: number of words read per minute.

CorrectAnswers: number of correct answers.

Font: either Serif or SansSerif.

3. Correlations

The correlations in this section are shown using R syntax (R Development Core Team, 2011) (see also Dalgaard, 2008; Venables and Ripley, 2010).

3.1. Data Analysis

First we read the data:

```
> data <- read.csv2("data.csv", header=T, sep = ",",
+                   stringsAsFactors=T,
+                   na.strings="");
> summary(data);
```

Gender	Age	SchoolType	SchoolGPA
female:188	Min. :20.00	Gymnasium : 55	Min. :2.000
male : 50	1st Qu.:21.00	Lyceum : 22	1st Qu.:2.000
	Median :22.00	School :111	Median :3.000
	Mean :22.51	VillageSchool: 50	Mean :2.807
	3rd Qu.:23.00		3rd Qu.:3.000
	Max. :40.00		Max. :4.000

UniversityGPA	HomeworkTimeHours	Language	YearOfStudy
Min. :1.000	Min. :1.000	Bashkir:65	Min. :4.000
1st Qu.:1.000	1st Qu.:2.000	Other :11	1st Qu.:4.000
Median :2.000	Median :2.000	Russian:75	Median :5.000
Mean :1.899	Mean :2.466	Tatar :86	Mean :4.954
3rd Qu.:2.000	3rd Qu.:3.000	NA's : 1	3rd Qu.:6.000
Max. :4.000	Max. :4.000		Max. :6.000
	NA's :4		

Department	DayOrEvening	PreferredFontSize	WordsPerMinute
------------	--------------	-------------------	----------------

```

Pediatrics: 99 Day :209 Min. : 8.00 Min. : 90.0
Therapy :139 Evening: 29 1st Qu.:12.00 1st Qu.:167.0
Median :12.00 Median :205.0
Mean :12.43 Mean :207.1
3rd Qu.:14.00 3rd Qu.:247.0
Max. :14.00 Max. :288.0
NA's :2

```

```

CorrectAnswers      Font
Min. : 1.000 SansSerif:130
1st Qu.: 3.250 Serif :108
Median : 5.000
Mean : 5.227
3rd Qu.: 7.000
Max. :10.000

```

```
> attach(data)
```

Actually the participants were either 4th year of study full-time Therapy students, or 5th year of study evening Therapy students, or 6th year of study Pediatrics students:

```
> table(Department,DayOrEvening,YearOfStudy)
```

```
, , YearOfStudy = 4
```

```

      DayOrEvening
Department Day Evening
Pediatrics  0        0
Therapy     110       0

```

```
, , YearOfStudy = 5
```

```

      DayOrEvening
Department Day Evening
Pediatrics  0        0
Therapy     0        29

```

```
, , YearOfStudy = 6
```

```

      DayOrEvening
Department Day Evening
Pediatrics 99        0
Therapy     0        0

```

This created extra correlation between the data, which influenced the analysis.

3.2. Power calculation

Here we calculate the size of effect we can detect with our data. We define the effect size as (Cohen, 1988)

$$d = \frac{|\mu_1 - \mu_2|}{\sigma} \quad (1)$$

where μ_1 and μ_2 are in-group means, and σ^2 is the common standard deviation. For the significance level of 0.05% and the power of 80% we obtain, using the library `pwr` (Champely, 2009):

```
> library("pwr")
> n.SansSerif <- length(Font[Font=="SansSerif"]);
> n.Serif <- length(Font[Font=="Serif"]);
> pwr.t2n.test(n1=n.SansSerif,n2=n.Serif,sig.level=0.05,power=.80)
```

```
  t test power calculation
```

```
      n1 = 130
      n2 = 108
      d  = 0.3662576
sig.level = 0.05
  power   = 0.8
alternative = two.sided
```

According to the classification by Cohen (1988), this means that we can detect large to medium effects (the sizes for small and medium effects are defined correspondingly as 0.2 and 0.5).

3.3. Speed of reading

The averages for the speed of reading

```
> tapply(WordsPerMinute,Font,mean)
```

```
SansSerif    Serif
207.9231    206.1759
```

```
> tapply(WordsPerMinute,Font,sd)
```

```
SansSerif    Serif
49.68780    48.53572
```

Standard deviation is much larger than the distance between the means. This is confirmed by standard tests:

```
> t.test(WordsPerMinute~Font)
```


Welch Two Sample t-test

```
data: WordsPerMinute by Font
t = 0.2735, df = 229.887, p-value = 0.7847
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
-10.8389 14.3332
sample estimates:
mean in group SansSerif      mean in group Serif
                207.9231                206.1759

> t.test(WordsPerMinute~Font, var.equal=T)
```

Two Sample t-test

```
data: WordsPerMinute by Font
t = 0.2729, df = 236, p-value = 0.7852
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
-10.86460 14.35891
sample estimates:
mean in group SansSerif      mean in group Serif
                207.9231                206.1759

> wilcox.test(WordsPerMinute~Font)
```

Wilcoxon rank sum test with continuity correction

```
data: WordsPerMinute by Font
W = 7290.5, p-value = 0.6091
alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0
```

A more general model takes care of other parameters:

```
> summary(lm(WordsPerMinute ~ . - CorrectAnswers, data=data))
```

Call:

```
lm(formula = WordsPerMinute ~ . - CorrectAnswers, data = data)
```

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-118.421	-32.181	-1.482	29.077	113.896

Coefficients: (1 not defined because of singularities)

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	434.21064	76.32528	5.689	4.15e-08 ***
Gendermale	-4.95088	8.15999	-0.607	0.54467
Age	-0.09453	1.41663	-0.067	0.94686

SchoolTypeLyceum	-6.85142	12.11588	-0.565	0.57233
SchoolTypeSchool	-8.85646	8.06324	-1.098	0.27327
SchoolTypeVillageSchool	-23.80505	9.85260	-2.416	0.01652 *
SchoolGPA	6.91101	5.62283	1.229	0.22038
UniversityGPA	12.56799	4.96134	2.533	0.01202 *
HomeworkTimeHours	-0.05641	3.58636	-0.016	0.98747
LanguageOther	-28.12848	16.03343	-1.754	0.08079 .
LanguageRussian	3.70221	8.39798	0.441	0.65977
LanguageTatar	1.66382	8.07694	0.206	0.83699
YearOfStudy	-39.87609	13.18435	-3.025	0.00279 **
DepartmentTherapy	-70.60460	23.74876	-2.973	0.00329 **
DayOrEveningEvening	NA	NA	NA	NA
PreferredFontSize	-1.29900	2.61183	-0.497	0.61945
FontSerif	-6.46829	6.31671	-1.024	0.30699

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 46.04 on 215 degrees of freedom
(7 observations deleted due to missingness)

Multiple R-squared: 0.1732, Adjusted R-squared: 0.1156
F-statistic: 3.003 on 15 and 215 DF, p-value: 0.000216

It is impossible to separate effects of the year of study, department and whether the participant was a full-time student due to correlations between the data. Dropping the factors by one, we get

```
> drop1(lm(WordsPerMinute ~ . - CorrectAnswers - Department,
+         data=data), test='Chisq')
```

Single term deletions

Model:

```
WordsPerMinute ~ (Gender + Age + SchoolType + SchoolGPA + UniversityGPA +
  HomeworkTimeHours + Language + YearOfStudy + Department +
  DayOrEvening + PreferredFontSize + CorrectAnswers + Font) -
  CorrectAnswers - Department
```

	Df	Sum of Sq	RSS	AIC	Pr(>Chi)
<none>			455722	1784.7	
Gender	1	780.3	456502	1783.0	0.529592
Age	1	9.4	455731	1782.7	0.944855
SchoolType	3	12808.6	468530	1785.0	0.093568 .
SchoolGPA	1	3202.1	458924	1784.3	0.203450
UniversityGPA	1	13601.7	469324	1789.4	0.009148 **
HomeworkTimeHours	1	0.5	455722	1782.7	0.986993
Language	3	8466.6	464188	1782.9	0.235485
YearOfStudy	1	3192.7	458915	1784.3	0.204112
DayOrEvening	1	18734.6	474456	1792.0	0.002284 **

```

PreferredFontSize 1      524.3 456246 1782.9 0.606289
Font              1      2222.6 457944 1783.8 0.289088
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

> drop1(lm(WordsPerMinute ~ . - CorrectAnswers - DayOrEvening,
+         data=data), test='Chisq')

```

Single term deletions

```

Model:
WordsPerMinute ~ (Gender + Age + SchoolType + SchoolGPA + UniversityGPA +
  HomeworkTimeHours + Language + YearOfStudy + Department +
  DayOrEvening + PreferredFontSize + CorrectAnswers + Font) -
  CorrectAnswers - DayOrEvening

```

	Df	Sum of Sq	RSS	AIC	Pr(>Chi)
<none>			455722	1784.7	
Gender	1	780.3	456502	1783.0	0.529592
Age	1	9.4	455731	1782.7	0.944855
SchoolType	3	12808.6	468530	1785.0	0.093568 .
SchoolGPA	1	3202.1	458924	1784.3	0.203450
UniversityGPA	1	13601.7	469324	1789.4	0.009148 **
HomeworkTimeHours	1	0.5	455722	1782.7	0.986993
Language	3	8466.6	464188	1782.9	0.235485
YearOfStudy	1	19389.6	475111	1792.3	0.001919 **
Department	1	18734.6	474456	1792.0	0.002284 **
PreferredFontSize	1	524.3	456246	1782.9	0.606289
Font	1	2222.6	457944	1783.8	0.289088

```

---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

```

> drop1(lm(WordsPerMinute ~ . - CorrectAnswers - YearOfStudy,
+         data=data), test='Chisq')

```

Single term deletions

```

Model:
WordsPerMinute ~ (Gender + Age + SchoolType + SchoolGPA + UniversityGPA +
  HomeworkTimeHours + Language + YearOfStudy + Department +
  DayOrEvening + PreferredFontSize + CorrectAnswers + Font) -
  CorrectAnswers - YearOfStudy

```

	Df	Sum of Sq	RSS	AIC	Pr(>Chi)
<none>			455722	1784.7	
Gender	1	780.3	456502	1783.0	0.529592
Age	1	9.4	455731	1782.7	0.944855
SchoolType	3	12808.6	468530	1785.0	0.093568 .
SchoolGPA	1	3202.1	458924	1784.3	0.203450

```

UniversityGPA      1  13601.7 469324 1789.4 0.009148 **
HomeworkTimeHours  1      0.5 455722 1782.7 0.986993
Language           3   8466.6 464188 1782.9 0.235485
Department         1   3192.7 458915 1784.3 0.204112
DayOrEvening      1  19389.6 475111 1792.3 0.001919 **
PreferredFontSize  1     524.3 456246 1782.9 0.606289
Font              1   2222.6 457944 1783.8 0.289088

```

```
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

This shows that the result is influenced by university GPA and some combination of factors year of study, department and whether the participant was a full-time student. Also, graduates of village schools have a certain disadvantage.

3.4. Number of Correct Answers

The averages:

```
> tapply(CorrectAnswers,Font,mean)
```

```
SansSerif      Serif
5.353846  5.074074
```

```
> tapply(CorrectAnswers,Font,sd)
```

```
SansSerif      Serif
2.198878  2.203242
```

Again, the difference is smaller than the variation. Standard tests:

```
> t.test(CorrectAnswers~Font)
```

Welch Two Sample t-test

```

data:  CorrectAnswers by Font
t = 0.9762, df = 227.907, p-value = 0.33
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 -0.2849532  0.8444974
sample estimates:
mean in group SansSerif      mean in group Serif
      5.353846                5.074074

```

```
> t.test(CorrectAnswers~Font,var.equal=T)
```

Two Sample t-test

```

data:  CorrectAnswers by Font
t = 0.9764, df = 236, p-value = 0.3299

```

```

alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 -0.2847459  0.8442901
sample estimates:
mean in group SansSerif      mean in group Serif
      5.353846                5.074074

```

```
> wilcox.test(CorrectAnswers~Font)
```

Wilcoxon rank sum test with continuity correction

```

data: CorrectAnswers by Font
W = 7559, p-value = 0.3039
alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0

```

The general model:

```
> summary(lm(CorrectAnswers ~ . - WordsPerMinute, data=data))
```

Call:

```
lm(formula = CorrectAnswers ~ . - WordsPerMinute, data = data)
```

Residuals:

```

      Min       1Q   Median       3Q      Max
-4.439 -1.472 -0.142  1.349  5.183

```

Coefficients: (1 not defined because of singularities)

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	12.22993	3.42197	3.574	0.000434 ***
Gendermale	-0.53519	0.36585	-1.463	0.144959
Age	0.08866	0.06351	1.396	0.164178
SchoolTypeLyceum	-0.83606	0.54320	-1.539	0.125243
SchoolTypeSchool	-0.17761	0.36151	-0.491	0.623718
SchoolTypeVillageSchool	0.18625	0.44173	0.422	0.673712
SchoolGPA	0.42239	0.25209	1.676	0.095283 .
UniversityGPA	0.70299	0.22244	3.160	0.001803 **
HomeworkTimeHours	0.18091	0.16079	1.125	0.261796
LanguageOther	-0.45697	0.71884	-0.636	0.525644
LanguageRussian	-0.62542	0.37652	-1.661	0.098155 .
LanguageTatar	-0.30069	0.36212	-0.830	0.407261
YearOfStudy	-1.89933	0.59111	-3.213	0.001514 **
DepartmentTherapy	-3.59753	1.06475	-3.379	0.000864 ***
DayOrEveningEvening	NA	NA	NA	NA
PreferredFontSize	0.02044	0.11710	0.175	0.861616
FontSerif	-0.33986	0.28320	-1.200	0.231441

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 2.064 on 215 degrees of freedom
 (7 observations deleted due to missingness)
 Multiple R-squared: 0.163, Adjusted R-squared: 0.1046
 F-statistic: 2.791 on 15 and 215 DF, p-value: 0.0005613

Interesting enough, the effect of village schools is not as pronounced here as in the previous test.

Dropping factors by one:

```
> drop1(lm(CorrectAnswers ~ . - WordsPerMinute - Department,
+         data=data), test='Chisq')
```

Single term deletions

Model:

```
CorrectAnswers ~ (Gender + Age + SchoolType + SchoolGPA + UniversityGPA +
  HomeworkTimeHours + Language + YearOfStudy + Department +
  DayOrEvening + PreferredFontSize + WordsPerMinute + Font) -
  WordsPerMinute - Department
```

	Df	Sum of Sq	RSS	AIC	Pr(>Chi)
<none>			916.04	350.24	
Gender	1	9.118	925.16	350.52	0.1303844
Age	1	8.302	924.35	350.32	0.1488328
SchoolType	3	15.717	931.76	348.17	0.2691620
SchoolGPA	1	11.962	928.01	351.23	0.0834278 .
UniversityGPA	1	42.556	958.60	358.73	0.0012005 **
HomeworkTimeHours	1	5.393	921.44	349.59	0.2442156
Language	3	12.059	928.10	347.26	0.3883960
YearOfStudy	1	1.544	917.59	348.63	0.5328622
DayOrEvening	1	48.639	964.68	360.19	0.0005462 ***
PreferredFontSize	1	0.130	916.17	348.27	0.8564483
Font	1	6.136	922.18	349.78	0.2143006

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```
> drop1(lm(CorrectAnswers ~ . - WordsPerMinute - DayOrEvening,
+         data=data), test='Chisq')
```

Single term deletions

Model:

```
CorrectAnswers ~ (Gender + Age + SchoolType + SchoolGPA + UniversityGPA +
  HomeworkTimeHours + Language + YearOfStudy + Department +
  DayOrEvening + PreferredFontSize + WordsPerMinute + Font) -
  WordsPerMinute - DayOrEvening
```

	Df	Sum of Sq	RSS	AIC	Pr(>Chi)
--	----	-----------	-----	-----	----------

```

<none>                916.04 350.24
Gender                 1    9.118 925.16 350.52 0.1303844
Age                   1    8.302 924.35 350.32 0.1488328
SchoolType            3   15.717 931.76 348.17 0.2691620
SchoolGPA             1   11.962 928.01 351.23 0.0834278 .
UniversityGPA        1   42.556 958.60 358.73 0.0012005 **
HomeworkTimeHours    1    5.393 921.44 349.59 0.2442156
Language              3   12.059 928.10 347.26 0.3883960
YearOfStudy          1   43.989 960.03 359.07 0.0009961 ***
Department            1   48.639 964.68 360.19 0.0005462 ***
PreferredFontSize    1    0.130 916.17 348.27 0.8564483
Font                  1    6.136 922.18 349.78 0.2143006
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

```

> drop1(lm(CorrectAnswers ~ . - WordsPerMinute - YearOfStudy,
+          data=data), test='Chisq')

```

Single term deletions

Model:

```

CorrectAnswers ~ (Gender + Age + SchoolType + SchoolGPA + UniversityGPA +
  HomeworkTimeHours + Language + YearOfStudy + Department +
  DayOrEvening + PreferredFontSize + WordsPerMinute + Font) -
  WordsPerMinute - YearOfStudy

```

```

              Df Sum of Sq   RSS   AIC Pr(>Chi)
<none>                916.04 350.24
Gender                 1    9.118 925.16 350.52 0.1303844
Age                   1    8.302 924.35 350.32 0.1488328
SchoolType            3   15.717 931.76 348.17 0.2691620
SchoolGPA             1   11.962 928.01 351.23 0.0834278 .
UniversityGPA        1   42.556 958.60 358.73 0.0012005 **
HomeworkTimeHours    1    5.393 921.44 349.59 0.2442156
Language              3   12.059 928.10 347.26 0.3883960
Department            1    1.544 917.59 348.63 0.5328622
DayOrEvening         1   43.989 960.03 359.07 0.0009961 ***
PreferredFontSize    1    0.130 916.17 348.27 0.8564483
Font                  1    6.136 922.18 349.78 0.2143006
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

3.5. Correlation Between the Speed of Reading and the Number of Correct Answers

The speed of reading and the number of correct answers should be correlated. This is confirmed by the analysis:

```

> summary(lm(CorrectAnswers~WordsPerMinute))

```

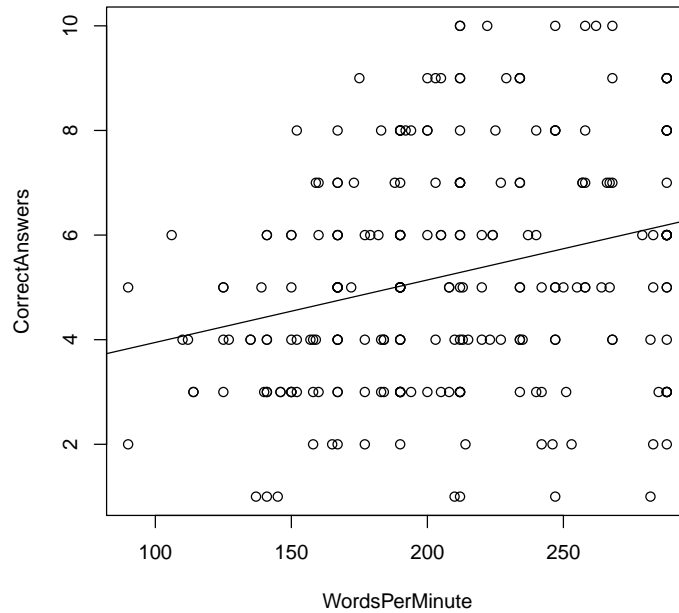


Figure 5: Correlation Between the Speed of Reading and Number of Correct Answers

Call:

```
lm(formula = CorrectAnswers ~ WordsPerMinute)
```

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-5.1210	-1.5446	-0.1927	1.5157	4.7150

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	2.753216	0.598870	4.597	6.98e-06 ***
WordsPerMinute	0.011943	0.002814	4.244	3.15e-05 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 2.126 on 236 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.07092, Adjusted R-squared: 0.06699

F-statistic: 18.02 on 1 and 236 DF, p-value: 3.151e-05

These factors are indeed correlated (see also Figure 5).

- Anon, June 2010. History of neurology in Russia. URL http://www.nevrologiya.net/category/istoriya_nevrologii/.
- Champely, S., 2009. *pwr*: Basic functions for power analysis. R package version 1.1.1. URL <http://CRAN.R-project.org/package=pwr>
- Cohen, J., 1988. Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences. Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ.
- Dalgaard, P., 2008. Introductory Statistics with R, 2nd Edition. Statistics and Computing. Springer, New York.
- R Development Core Team, 2011. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>
- Venables, W. N., Ripley, B. D., 2010. Modern Applied Statistics with S, 4th Edition. Statistics and Computing. Springer, New York.