

ŠKOMAM 2024

ROC křivky

Nástroj pro odhalování skrytých tajemství klasifikace

Ing. Martina Litschmannová, Ph. D.
Mgr. Adéla Kondé

Motivační příklad



- V klinické studii podstoupili probandi v rámci základního vyšetření tzv. FPG test na diabetes (cukrovku) s pozitivním, nebo negativním výsledkem.
- V datové matici je kromě výsledku FPG testu uveden i skutečný stav probanda – tj. skutečnost, zda proband cukrovku má, nebo nemá.

ID probanda	Cukrovka (skutečnost)	Výsledek FPG testu
1	Ne	Negativní
2	Ano	Pozitivní
3	Ne	Negativní
4	Ne	Negativní
5	Ne	Negativní
6	Ne	Negativní
7	Ano	Pozitivní
8	Ne	Pozitivní
9	Ne	Pozitivní
10	Ne	Negativní

- **Posudte tzv. diagnostickou výtěžnost FPG testu.**



- Diagnostická výtěžnost je sousloví, které je v biomedicíně používáno v kontextu **hodnocení kvality diagnostické metody**.
- Analýzou diagnostické výtěžnosti rozumíme hodnocení kvality diagnostického testu – tj. s jakou přesností či spolehlivostí je screeningový nebo diagnostický test schopen rozlišovat mezi skutečně nemocnými a zdravými.
- K hodnocení kvality diagnostického testu se nejčastěji používají dvě charakteristiky:
 - **senzitivita**,
 - **specificita**.
- **Senzitivita** vyjadřuje, kolik procent nemocných osob má pozitivní test.
- **Specificita** vyjadřuje, kolik procent zdravých osob má negativní test.

Motivační příklad



- V klinické studii podstoupili probandi v rámci základního vyšetření tzv. FPG test na diabetes (cukrovku) s pozitivním, nebo negativním výsledkem.
- V datové matici je kromě výsledku FPG testu uveden i skutečný stav probanda – tj. skutečnost, zda proband cukrovku má, nebo nemá.

ID probanda	Cukrovka (skutečnost)	Výsledek FPG testu
1	Ne	Negativní
2	Ano	Pozitivní
3	Ne	Negativní
4	Ne	Negativní
5	Ne	Negativní
6	Ne	Negativní
7	Ano	Pozitivní
8	Ne	Pozitivní
9	Ne	Pozitivní
10	Ne	Negativní

- Určete **senzitivitu** a **specificitu** FPG testu.

Motivační příklad



- Určete **senzitivitu** a **specifitu** FPG testu.

ID probanda	Cukrovka (skutečnost)	FPG_test
1	Ne	Negativní
2	Ano	Pozitivní
3	Ne	Negativní
4	Ne	Negativní
5	Ne	Negativní
6	Ne	Negativní
7	Ano	Pozitivní
8	Ne	Pozitivní
9	Ne	Pozitivní
10	Ne	Negativní

Skutečnost\Test	Pozitivní	Negativní	Celkem
Nemocný	57	16	73
Zdravý	54	223	277
Celkem	111	239	350

Motivační příklad



- Určete **senzitivitu** a **specificitu** FPG testu.

Skutečnost\Test	Pozitivní	Negativní	Celkem
Nemocný	57	16	73
Zdravý	54	223	277
Celkem	111	239	350

- **Senzitivita** vyjadřuje, kolik procent nemocných osob má pozitivní test.
- **Specificita** vyjadřuje, kolik procent zdravých osob má negativní test.

Motivační příklad



- Určete **senzitivitu** a **specificitu** FPG testu.

Skutečnost\Test	Pozitivní	Negativní	Celkem
Nemocný	57	16	73
Zdravý	54	223	277
Celkem	111	239	350

- **Senzitivita** vyjadřuje, kolik procent nemocných osob má pozitivní test.

$$\text{Senzitivita} = \frac{57}{73} \doteq 0,781 \approx 78,1 \%$$

- **Specificita** vyjadřuje, kolik procent zdravých osob má negativní test.

Motivační příklad



- Určete **senzitivitu** a **specificitu** FPG testu.

Skutečnost\Test	Pozitivní	Negativní	Celkem
Nemocný	57	16	73
Zdravý	54	223	277
Celkem	111	239	350

- **Senzitivita** vyjadřuje, kolik procent nemocných osob má pozitivní test.

$$\text{Senzitivita} = \frac{57}{73} \doteq 0,781 \approx 78,1 \%$$

- **Specificita** vyjadřuje, kolik procent zdravých osob má negativní test.

$$\text{Specificita} = \frac{223}{277} \doteq 0,805 \approx 80,5 \%$$

Motivační příklad



- Určete **senzitivitu** a **specificitu** FPG testu.

Skutečnost\Test	Pozitivní	Negativní	Celkem
Nemocný	57 (78,1 %)	16 (21,9 %)	73
Zdravý	54 (19,5 %)	223 (80,5 %)	277
Celkem	111 (31,7 %)	239 (69,3 %)	350

Senzitivita: ???

Specificita: ???

Motivační příklad



- Určete **senzitivitu** a **specificitu** FPG testu.

Skutečnost\Test	Pozitivní	Negativní	Celkem
Nemocný	57 (78,1 %)	16 (21,9 %)	73
Zdravý	54 (19,5 %)	223 (80,5 %)	277
Celkem	111 (31,7 %)	239 (69,3 %)	350

Senzitivita: 78,1 %

Specificita: ???

Motivační příklad



- Určete **senzitivitu** a **specificitu** FPG testu.

Skutečnost\Test	Pozitivní	Negativní	Celkem
Nemocný	57 (78,1 %)	16 (21,9 %)	73
Zdravý	54 (19,5 %)	223 (80,5 %)	277
Celkem	111 (31,7 %)	239 (69,3 %)	350

Senzitivita: 78,1 %

Specificita: 80,5 %



- Diagnostická výtěžnost je sousloví, které je v biomedicíně používáno v kontextu **hodnocení kvality diagnostické metody**.
- Analýzou diagnostické výtěžnosti rozumíme analýzu kvality diagnostického testu – tj. s jakou přesností či spolehlivostí je screeningový nebo diagnostický test schopen rozlišovat mezi skutečně nemocnými a zdravými.
- K hodnocení kvality diagnostického testu se nejčastěji používají dvě charakteristiky:
 - **senzitivita**,
 - **specifická**.
- **Senzitivita** vyjadřuje, kolik procent nemocných osob má pozitivní test.
 - „Jak dobře dokáže test rozpoznat nemocné osoby.“
- **Specifická** vyjadřuje, kolik procent zdravých osob má negativní test.
 - „Jak dobře dokáže test rozpoznat zdravé osoby.“

Motivační příklad



- Určete **senzitivitu** a **specificitu** FPG testu.

Skutečnost\Test	Pozitivní	Negativní	Celkem
Nemocný	57 (78,1 %)	16 (21,9 %)	73
Zdravý	54 (19,5 %)	223 (80,5 %)	277
Celkem	111 (31,7 %)	239 (69,3 %)	350

Senzitivita: 78,1 %

Specificita: 80,5 %

Motivační příklad



- Určete **senzitivitu** a **specificitu** FPG testu.

Skutečnost\Test	Pozitivní	Negativní	Celkem
Nemocný	Správně pozitivní (SP)	16 (21,9 %)	73
Zdravý	54 (19,5 %)	223 (80,5 %)	277
Celkem	111 (31,7 %)	239 (69,3 %)	350

Senzitivita: 78,1 %

Specificita: 80,5 %

Motivační příklad



- Určete **senzitivitu** a **specificitu** FPG testu.

Skutečnost\Test	Pozitivní	Negativní	Celkem
Nemocný	Správně pozitivní (SP)	Falešně negativní (FN)	73
Zdravý	54 (19,5 %)	223 (80,5 %)	277
Celkem	111 (31,7 %)	239 (69,3 %)	350

Senzitivita: 78,1 %

Specificita: 80,5 %

Motivační příklad



- Určete **senzitivitu** a **specificitu** FPG testu.

Skutečnost\Test	Pozitivní	Negativní	Celkem
Nemocný	Správně pozitivní (SP)	Falešně negativní (FN)	SP + FN
Zdravý	54 (19,5 %)	223 (80,5 %)	277
Celkem	111 (31,7 %)	239 (69,3 %)	350

Senzitivita: 78,1 %

Specificita: 80,5 %

Motivační příklad



- Určete **senzitivitu** a **specificitu** FPG testu.

Skutečnost\Test	Pozitivní	Negativní	Celkem
Nemocný	Správně pozitivní (SP)	Falešně negativní (FN)	SP + FN
Zdravý	54 (19,5 %)	223 (80,5 %)	277
Celkem	111 (31,7 %)	239 (69,3 %)	350

$$\text{Senzitivita} = \frac{SP}{SP+FN} \quad 78,1 \%$$

$$\text{Specificita:} \quad 80,5 \%$$

Motivační příklad



- Určete **senzitivitu** a **specificitu** FPG testu.

Skutečnost\Test	Pozitivní	Negativní	Celkem
Nemocný	Správně pozitivní (SP)	Falešně negativní (FN)	SP + FN
Zdravý	Falešně pozitivní (FP)	223 (80,5 %)	277
Celkem	111 (31,7 %)	239 (69,3 %)	350

$$\text{Senzitivita} = \frac{SP}{SP+FN} \quad 78,1 \%$$

$$\text{Specificita:} \quad 80,5 \%$$

Motivační příklad



- Určete **senzitivitu** a **specificitu** FPG testu.

Skutečnost\Test	Pozitivní	Negativní	Celkem
Nemocný	Správně pozitivní (SP)	Falešně negativní (FN)	SP + FN
Zdravý	Falešně pozitivní (FP)	Správně negativní (SN)	277
Celkem	111 (31,7 %)	239 (69,3 %)	350

$$\text{Senzitivita} = \frac{SP}{SP+FN} \quad 78,1 \%$$

$$\text{Specificita:} \quad 80,5 \%$$

Motivační příklad



- Určete **senzitivitu** a **specificitu** FPG testu.

Skutečnost\Test	Pozitivní	Negativní	Celkem
Nemocný	Správně pozitivní (SP)	Falešně negativní (FN)	SP + FN
Zdravý	Falešně pozitivní (FP)	Správně negativní (SN)	FP + SN
Celkem	111 (31,7 %)	239 (69,3 %)	350

$$\text{Senzitivita} = \frac{SP}{SP+FN} = 78,1 \%$$

$$\text{Specificita:} = 80,5 \%$$

Motivační příklad



- Určete **senzitivitu** a **specificitu** FPG testu.

Skutečnost\Test	Pozitivní	Negativní	Celkem
Nemocný	Správně pozitivní (SP)	Falešně negativní (FN)	SP + FN
Zdravý	Falešně pozitivní (FP)	Správně negativní (SN)	FP + SN
Celkem	111 (31,7 %)	239 (69,3 %)	350

$$\text{Senzitivita} = \frac{SP}{SP+FN} \quad 78,1 \%$$

$$\text{Specificita} = \frac{SN}{FP+SN} \quad 80,5 \%$$

Motivační příklad



- Určete **senzitivitu** a **specificitu** FPG testu.

Skutečnost\Test	Pozitivní	Negativní	Celkem
Nemocný	Správně pozitivní (SP)	Falešně negativní (FN)	SP + FN
Zdravý	Falešně pozitivní (FP)	Správně negativní (SN)	FP + SN
Celkem	SP + FP	239 (69,3 %)	350

$$\text{Senzitivita} = \frac{SP}{SP+FN} = 78,1 \%$$

$$\text{Specificita} = \frac{SN}{FP+SN} = 80,5 \%$$

Motivační příklad



- Určete **senzitivitu** a **specificitu** FPG testu.

Skutečnost\Test	Pozitivní	Negativní	Celkem
Nemocný	Správně pozitivní (SP)	Falešně negativní (FN)	SP + FN
Zdravý	Falešně pozitivní (FP)	Správně negativní (SN)	FP + SN
Celkem	SP + FP	FN + SN	350

$$\text{Senzitivita} = \frac{SP}{SP+FN} \quad 78,1 \%$$

$$\text{Specificita} = \frac{SN}{FP+SN} \quad 80,5 \%$$

Motivační příklad



- Určete **senzitivitu** a **specificitu** FPG testu.

Skutečnost\Test	Pozitivní	Negativní	Celkem
Nemocný	Správně pozitivní (SP)	Falešně negativní (FN)	SP + FN
Zdravý	Falešně pozitivní (FP)	Správně negativní (SN)	FP + SN
Celkem	SP + FP	FN + SN	SP+FN+FP+SN

$$\text{Senzitivita} = \frac{SP}{SP+FN} \quad 78,1 \%$$

$$\text{Specificita} = \frac{SN}{FP+SN} \quad 80,5 \%$$

Motivační příklad



- Určete **senzitivitu** a **specificitu** FPG testu.

Skutečnost\Test	Pozitivní	Negativní	Celkem
Nemocný	57 (78,1 %)	16 (21,9 %)	73
Zdravý	54 (19,5 %)	223 (80,5 %)	277
Celkem	111 (31,7 %)	239 (69,3 %)	350

$$\text{Senzitivita} = \frac{SP}{SP+FN} \quad 78,1 \%$$

$$\text{Specificita} = \frac{SN}{FP+SN} \quad 80,5 \%$$

Jak funguje FPG test?



- Zkratka FPG pochází z anglického *Fasting Plasma Glucose*.
- Jedná se o měření hladiny glykémie v krvi nalačno – po alespoň osmihodinovém lačnění je pacientovi odebrána krev a je zjištěna hladina glykémie.

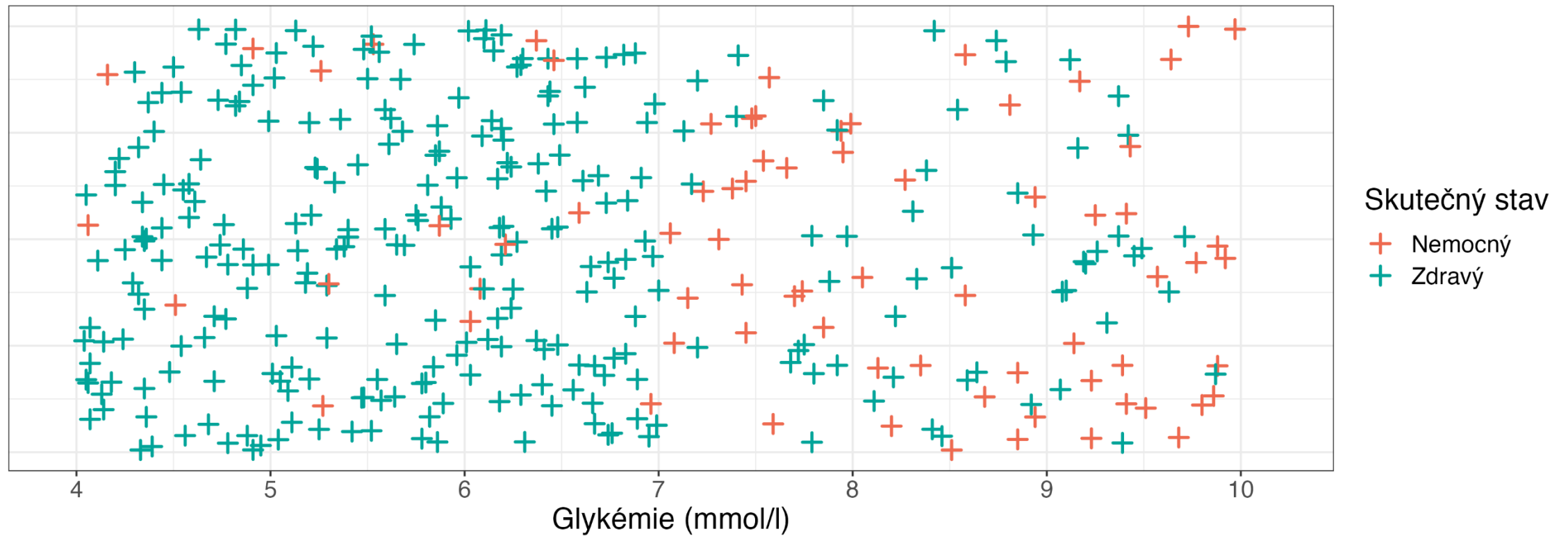
Jak funguje FPG test?



- Zkratka FPG pochází z anglického *Fasting Plasma Glucose*.
- Jedná se o měření hladiny glykémie v krvi nalačno – po alespoň osmihodinovém lačnění je pacientovi odebrána krev a je zjištěna hladina glykémie.

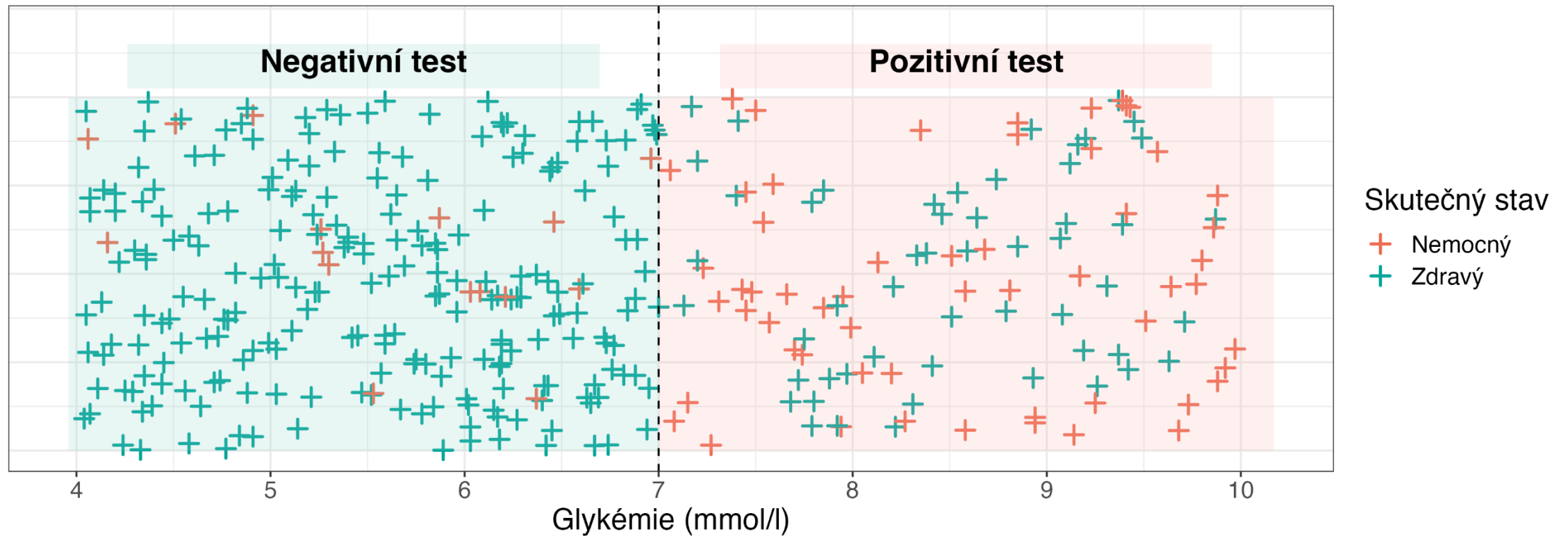
ID probanda	Cukrovka (skutečnost)	Glykémie (mmol/l)
1	Ne	6,45
2	Ano	8,19
3	Ne	5,29
4	Ne	5,88
5	Ne	6,59
6	Ne	5,57
7	Ano	7,94
8	Ne	9,20
9	Ne	8,59
10	Ne	4,36

Jak funguje FPG test?



- Dle jakého kritéria je rozhodnuto, **zda je FPG test pozitivní, nebo negativní?**

Jak funguje FPG test?



- Je-li hladina glykémie nalačno **alespoň 7 mmol/l**, FPG test je vyhodnocen jako pozitivní.

Jak funguje FPG test?



- Zkratka FPG pochází z anglického *Fasting Plasma Glucose*.
- Jedná se o měření hladiny glykémie v krvi nalačno – po alespoň osmihodinovém lačnění je pacientovi odebrána krev a je zjištěna hladina glykémie.

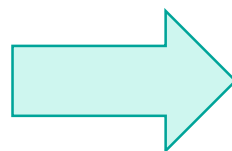
ID probanda	Cukrovka (skutečnost)	Glykémie (mmol/l)
1	Ne	6,45
2	Ano	8,19
3	Ne	5,29
4	Ne	5,88
5	Ne	6,59
6	Ne	5,57
7	Ano	7,94
8	Ne	9,20
9	Ne	8,59
10	Ne	4,36

- Je-li hladina glykémie nalačno **alespoň 7 mmol/l**, FPG test je vyhodnocen jako pozitivní.

Jak funguje FPG test?



ID probanda	Cukrovka (skutečnost)	Glykémie (mmol/l)
1	Ne	6,45
2	Ano	8,19
3	Ne	5,29
4	Ne	5,88
5	Ne	6,59
6	Ne	5,57
7	Ano	7,94
8	Ne	9,20
9	Ne	8,59
10	Ne	4,36



ID probanda	Cukrovka (skutečnost)	Glykémie (mmol/l)	Výsledek FPG testu
1	Ne	6,45	Negativní
2	Ano	8,19	Pozitivní
3	Ne	5,29	Negativní
4	Ne	5,88	Negativní
5	Ne	6,59	Negativní
6	Ne	5,57	Negativní
7	Ano	7,94	Pozitivní
8	Ne	9,20	Pozitivní
9	Ne	8,59	Pozitivní
10	Ne	4,36	Negativní

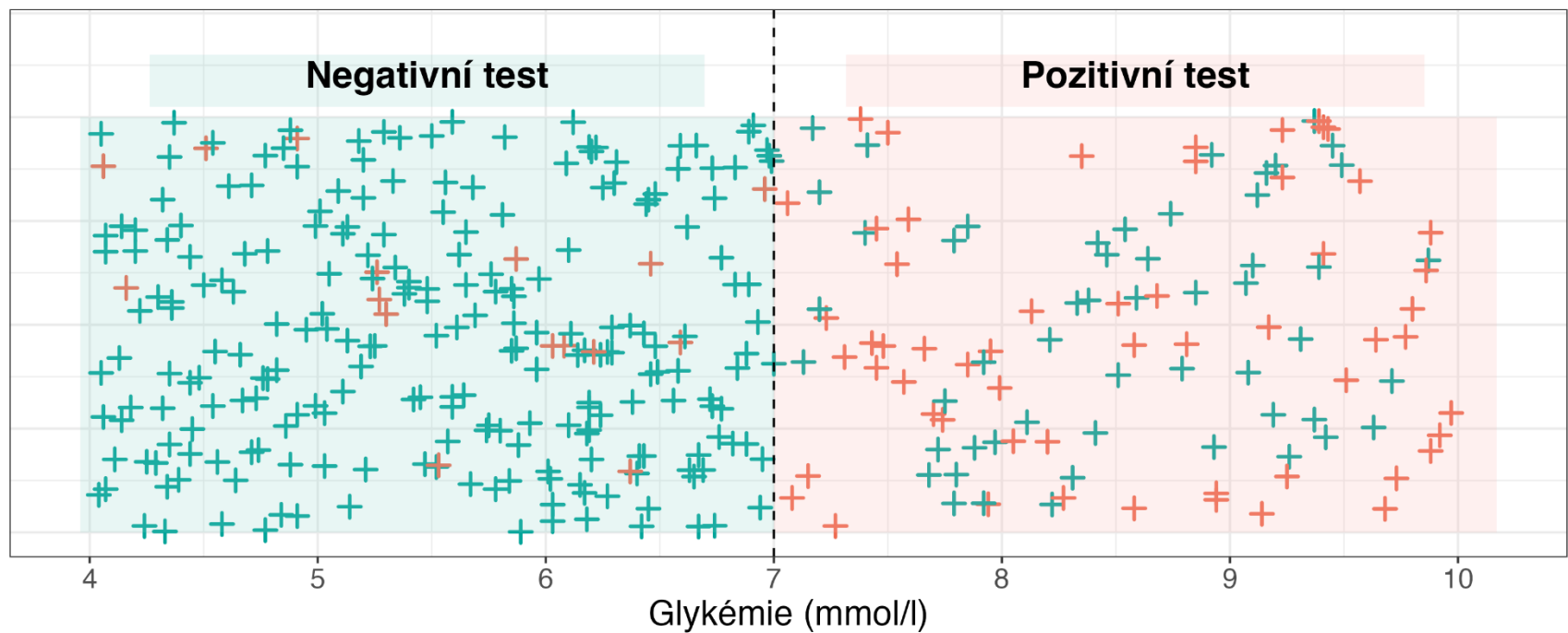
Skutečnost\Test	Pozitivní	Negativní	Celkem
Nemocný	57 (78,1 %)	16 (21,9 %)	73
Zdravý	54 (19,5 %)	223 (80,5 %)	277
Celkem	111 (31,7 %)	239 (69,3 %)	350

Senzitivita: 78,1 %

Specificita: 80,5 %

Prahová hodnota: 7 mmol/l

Jak funguje FPG test?



Skutečný stav

- + Nemocný
- + Zdravý

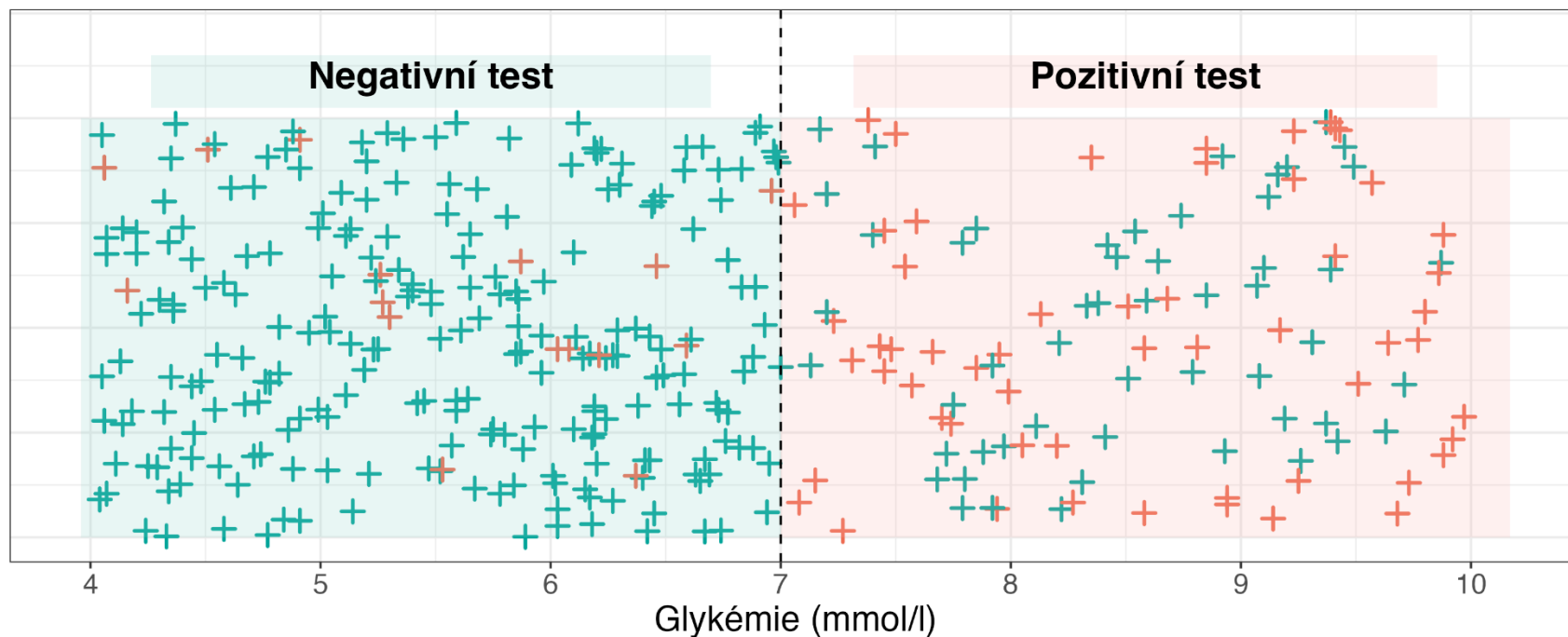
Skutečnost\Test	Pozitivní	Negativní	Celkem
Nemocný	57 (78,1 %)	16 (21,9 %)	73
Zdravý	54 (19,5 %)	223 (80,5 %)	277
Celkem	111 (31,7 %)	239 (69,3 %)	350

Senzitivita: 78,1 %

Specifická: 80,5 %

Prahová hodnota: 7 mmol/l

Je prahová hodnota stanovena optimálně?



Skutečný stav

- + Nemocný
- + Zdravý

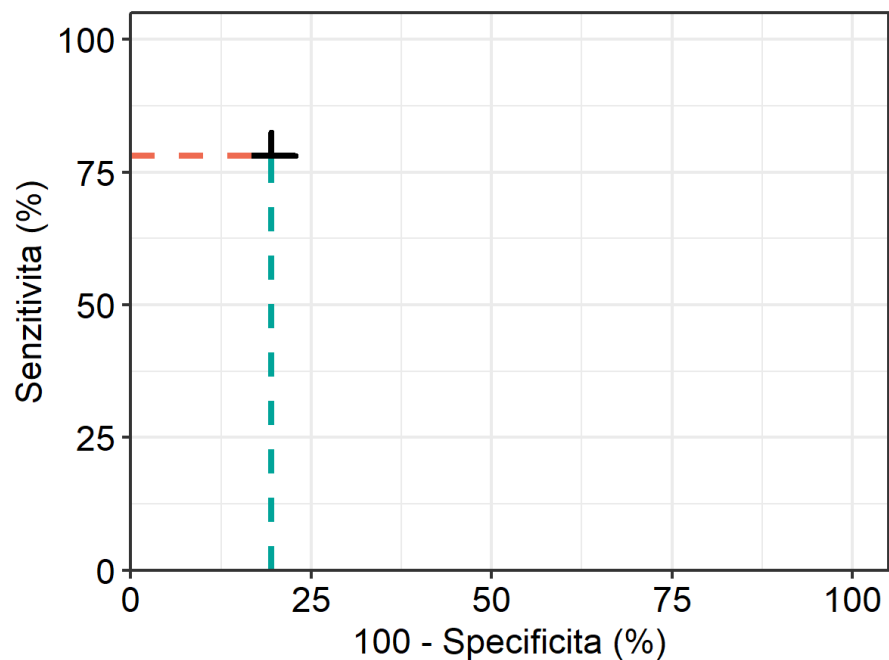
Skutečnost\Test	Pozitivní	Negativní	Celkem
Nemocný	57 (78,1 %)	16 (21,9 %)	73
Zdravý	54 (19,5 %)	223 (80,5 %)	277
Celkem	111 (31,7 %)	239 (69,3 %)	350

Senzitivita: 78,1 %

Specifická: 80,5 %

Prahová hodnota: 7 mmol/l

Konstrukce ROC křivky



Senzitivita:

78,1 %

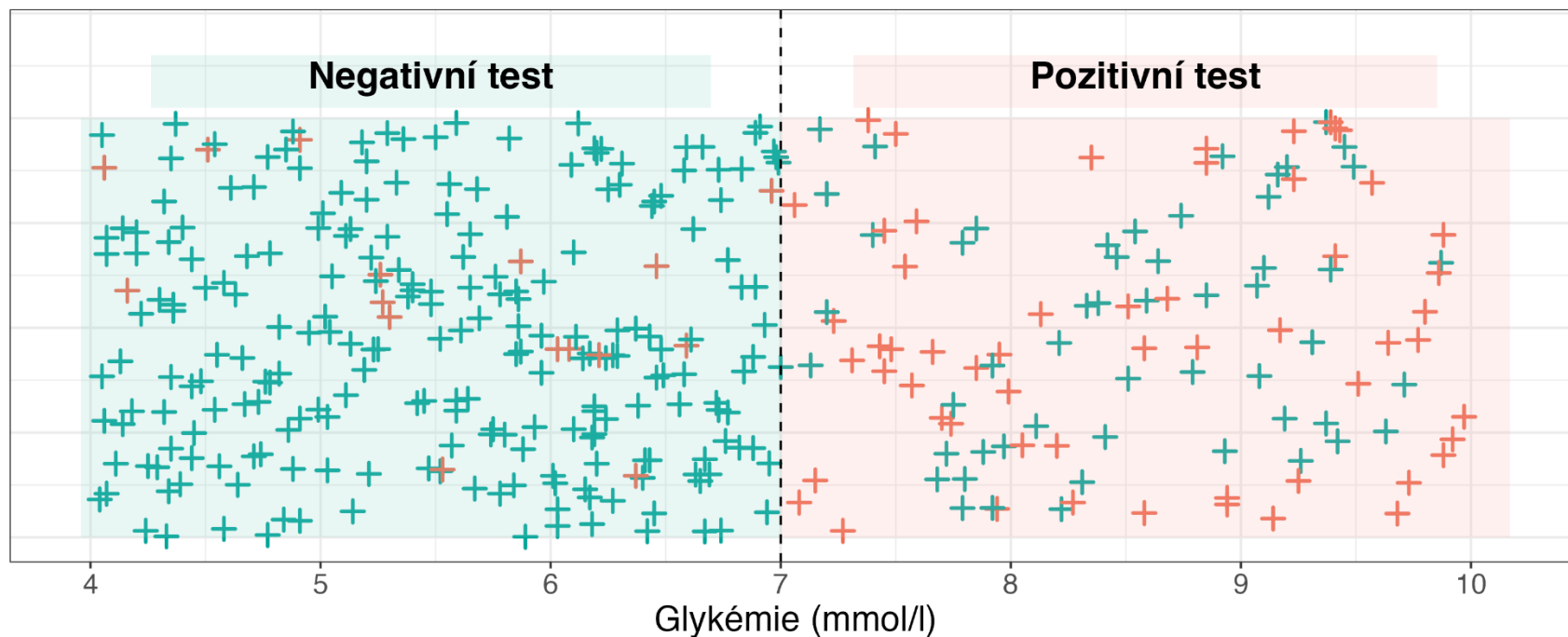
Specifická:

80,5 %

Prahová hodnota:

7 mmol/l

Konstrukce ROC křivky



Skutečný stav

- + Nemocný
- + Zdravý

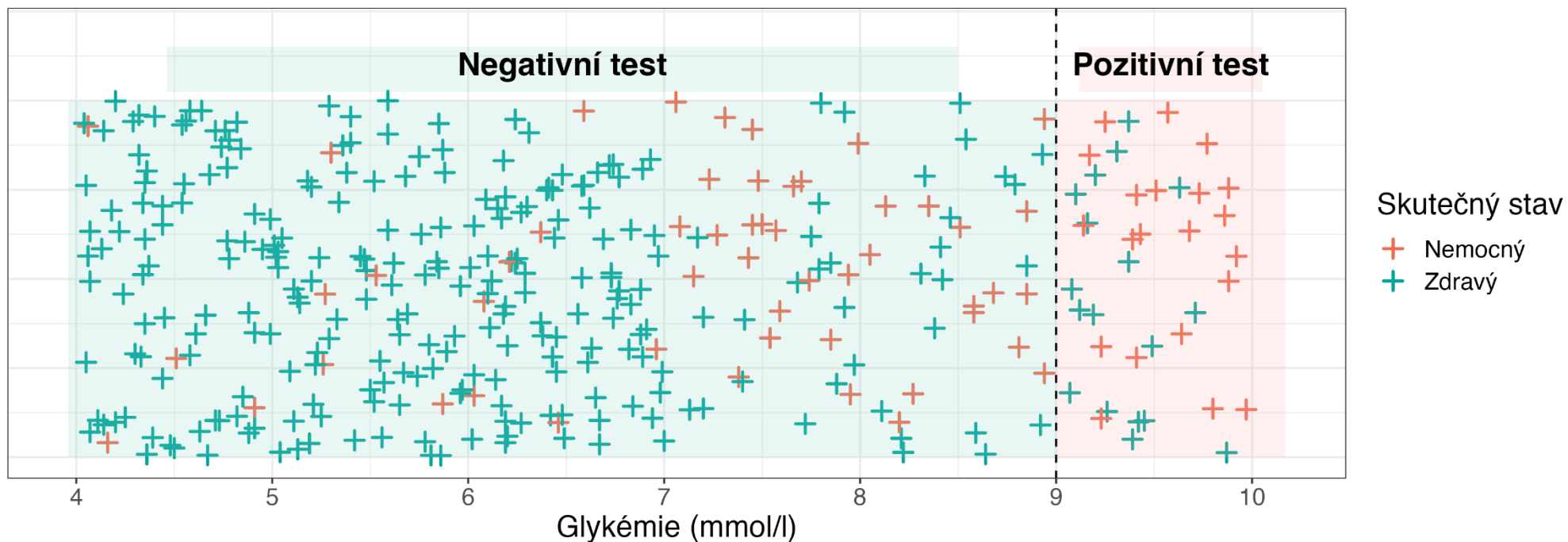
Skutečnost\Test	Pozitivní	Negativní	Celkem
Nemocný	57 (78,1 %)	16 (21,9 %)	73
Zdravý	54 (19,5 %)	223 (80,5 %)	277
Celkem	111 (31,7 %)	239 (69,3 %)	350

Senzitivita: 78,1 %

Specifická: 80,5 %

Prahová hodnota: 7 mmol/l

Konstrukce ROC křivky



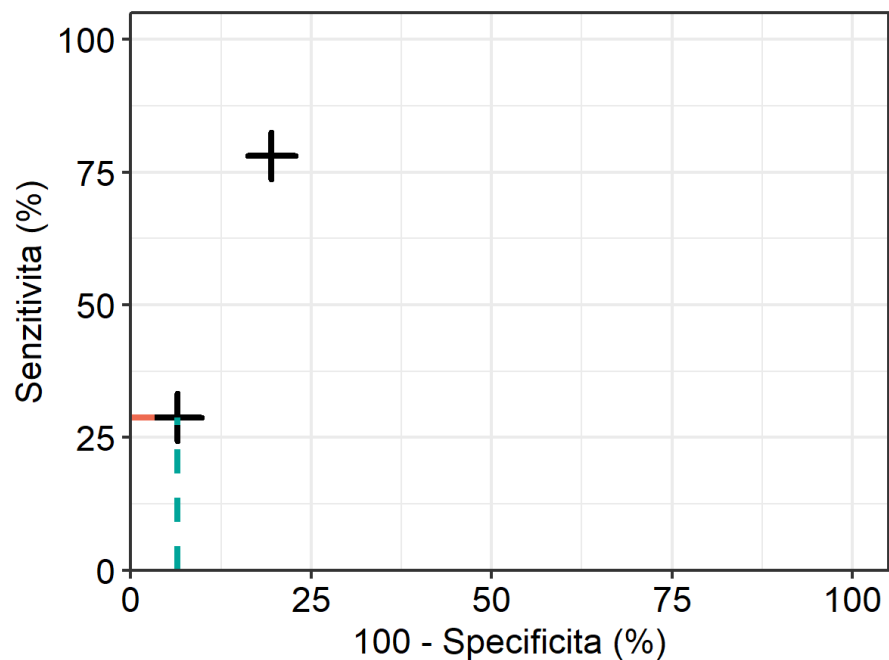
Skutečnost\Test	Pozitivní	Negativní	Celkem
Nemocný	21 (28,8 %)	52 (71,2 %)	73
Zdravý	18 (6,5 %)	259 (93,5 %)	277
Celkem	39 (11,1 %)	311 (88,9 %)	350

Senzitivita: 28,8 %

Specificita: 93,5 %

Prahová hodnota: 9 mmol/l

Konstrukce ROC křivky



Senzitivita:

78,1 %

28,8 %

Specifická:

80,5 %

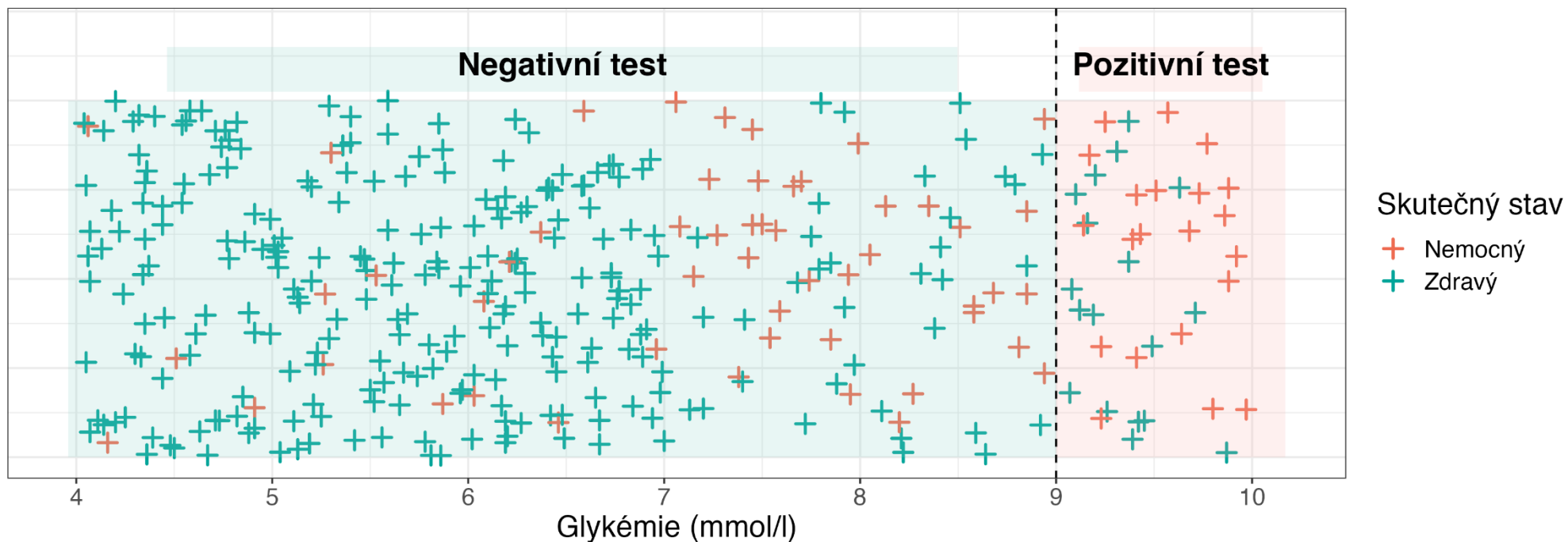
93,5 %

Prahová hodnota:

7 mmol/l

9 mmol/l

Konstrukce ROC křivky



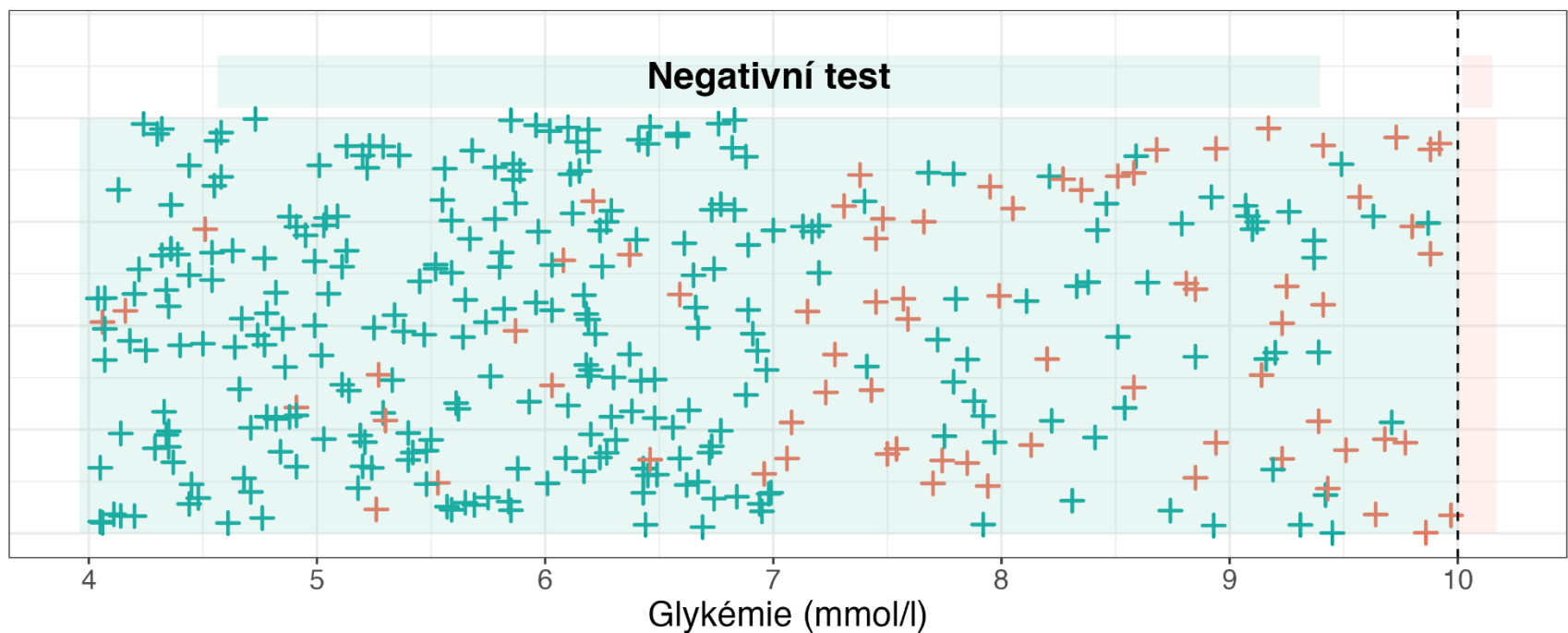
Skutečnost\Test	Pozitivní	Negativní	Celkem
Nemocný	21 (28,8 %)	52 (71,2 %)	73
Zdravý	18 (6,5 %)	259 (93,5 %)	277
Celkem	39 (11,1 %)	311 (88,9 %)	350

Senzitivita: 28,8 %

Specificita: 93,5 %

Prahová hodnota: 9 mmol/l

Konstrukce ROC křivky



Skutečný stav

- + Nemocný
- + Zdravý

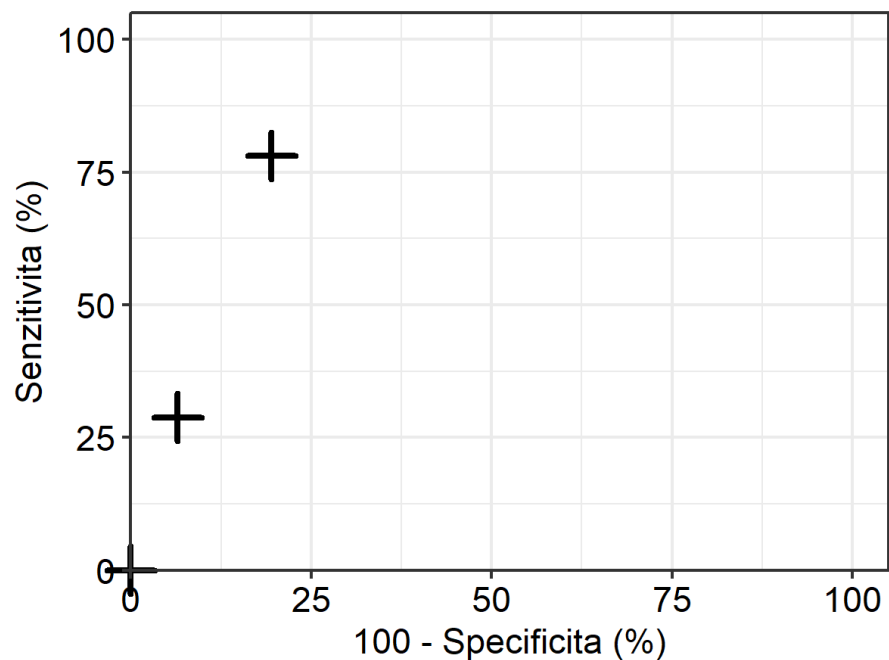
Skutečnost\Test	Pozitivní	Negativní	Celkem
Nemocný	0 (0,0 %)	73 (100,0 %)	73
Zdravý	0 (0,0 %)	277 (100,0 %)	277
Celkem	0 (0,0 %)	350 (100,0 %)	350

Senzitivita: 0,0 %

Specificita: 100,0 %

Prahová hodnota: 10 mmol/l

Konstrukce ROC křivky

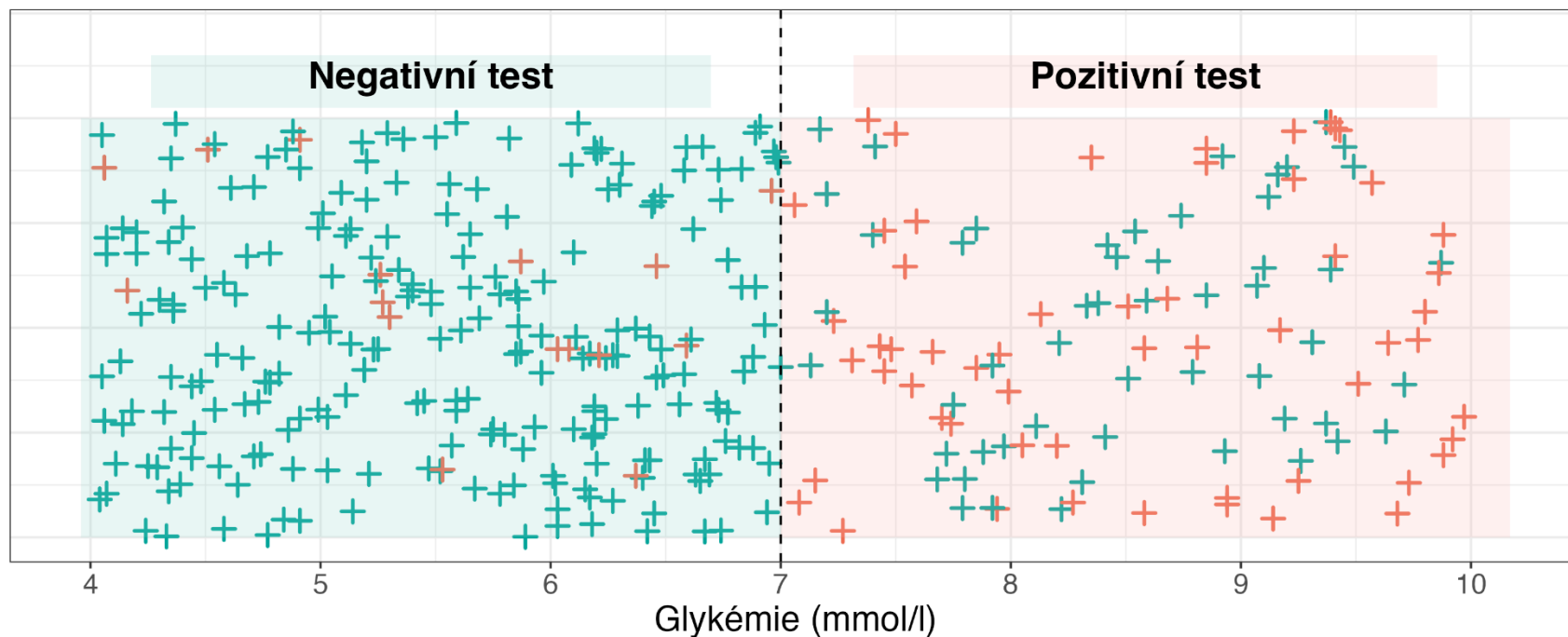


Senzitivita:	78,1 %	28,8 %	0,0 %
---------------------	---------------	---------------	--------------

Specifická:	80,5 %	93,5 %	100,0 %
--------------------	---------------	---------------	----------------

Prahová hodnota: **7 mmol/l** **9 mmol/l** **10 mmol/l**

Konstrukce ROC křivky



Skutečný stav

- + Nemocný
- + Zdravý

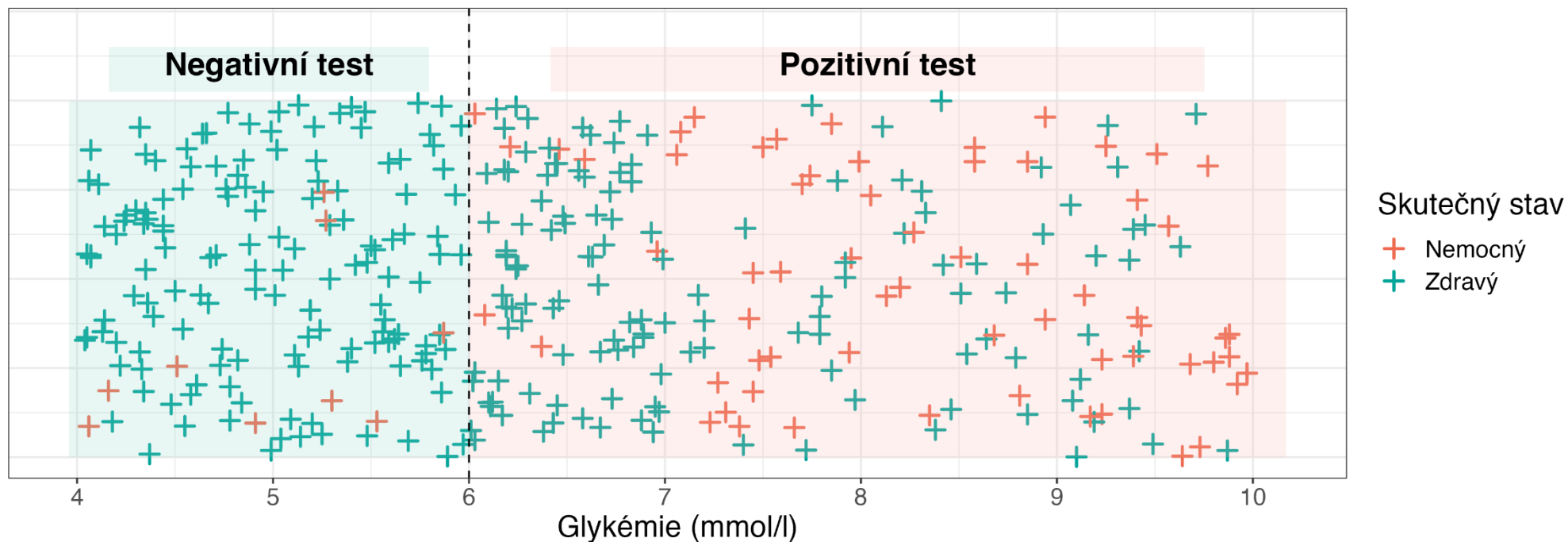
Skutečnost\Test	Pozitivní	Negativní	Celkem
Nemocný	57 (78,1 %)	16 (21,9 %)	73
Zdravý	54 (19,5 %)	223 (80,5 %)	277
Celkem	111 (31,7 %)	239 (69,3 %)	350

Senzitivita: 78,1 %

Specifická: 80,5 %

Prahová hodnota: 7 mmol/l

Konstrukce ROC křivky



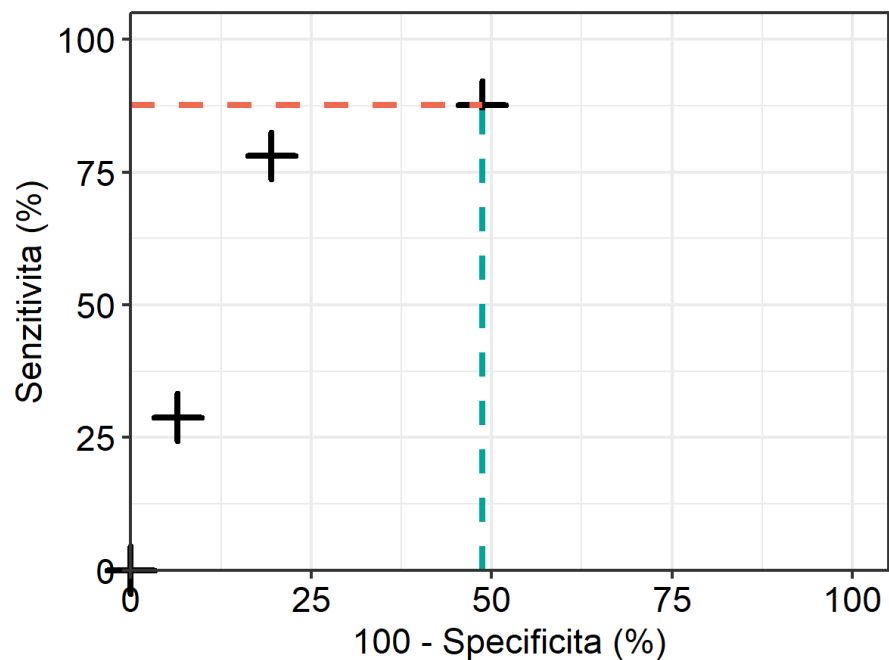
Skutečnost\Test	Pozitivní	Negativní	Celkem
Nemocný	64 (87,7 %)	9 (12,3 %)	73
Zdravý	134 (48,4 %)	143 (51,3 %)	277
Celkem	198 (56,6 %)	152 (43,4 %)	350

Senzitivita: 87,7 %

Specificita: 51,3 %

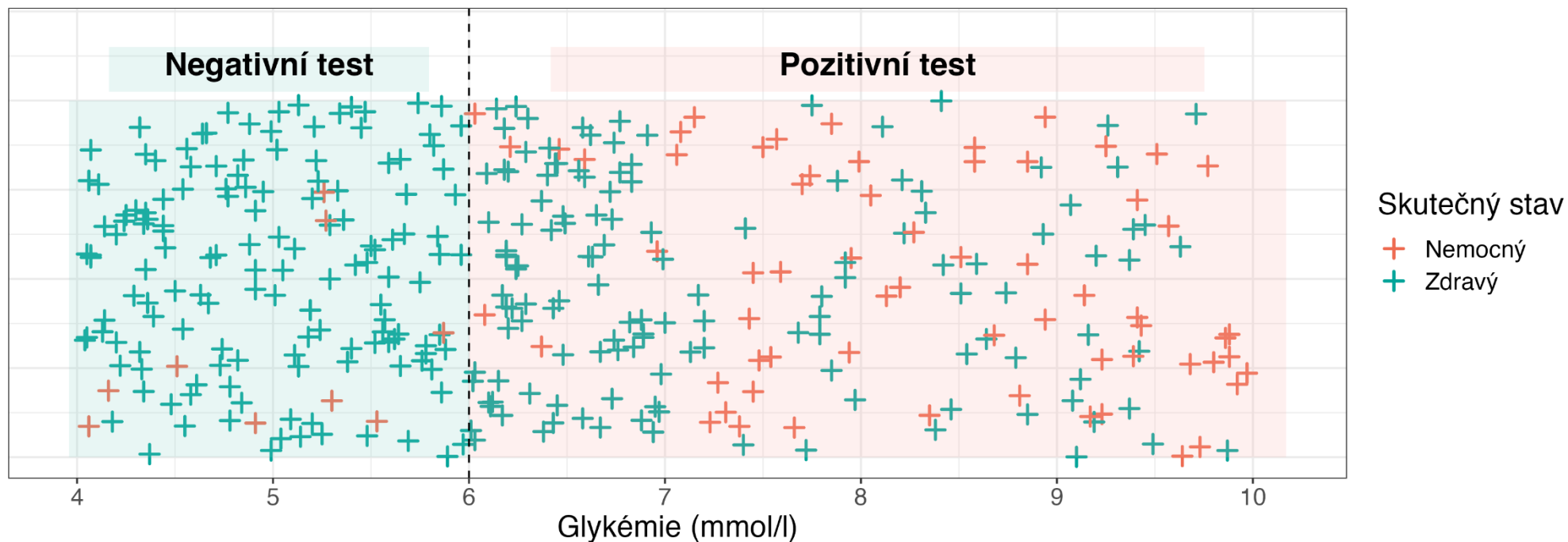
Prahová hodnota: 6 mmol/l

Konstrukce ROC křivky



Senzitivita:	78,1 %	28,8 %	0,0 %	87,7 %
Specifická:	80,5 %	93,5 %	100,0 %	51,3 %
Prahová hodnota:	7 mmol/l	9 mmol/l	10 mmol/l	6 mmol/l

Konstrukce ROC křivky



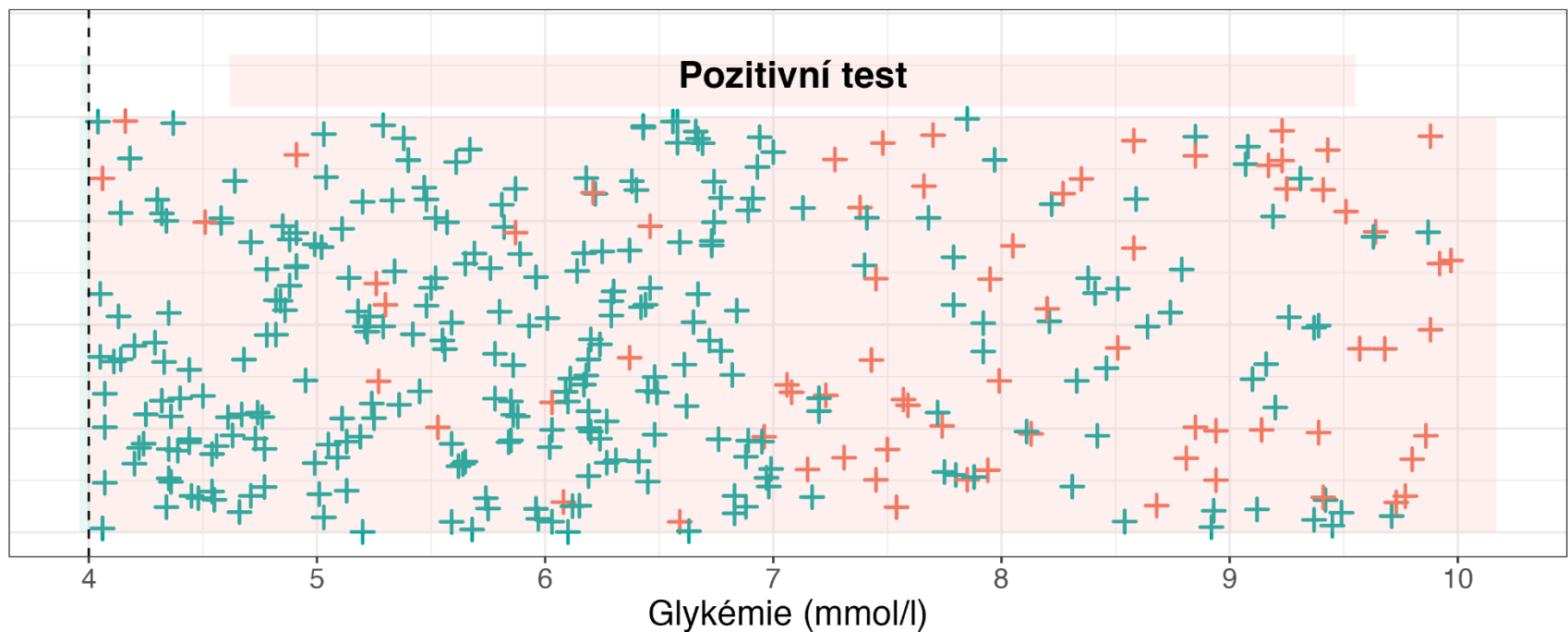
Skutečnost\Test	Pozitivní	Negativní	Celkem
Nemocný	64 (87,7 %)	9 (12,3 %)	73
Zdravý	134 (48,4 %)	143 (51,3 %)	277
Celkem	198 (56,6 %)	152 (43,4 %)	350

Senzitivita: 87,7 %

Specificita: 51,3 %

Prahová hodnota: 6 mmol/l

Konstrukce ROC křivky



Skutečný stav

- + Nemocný
- + Zdravý

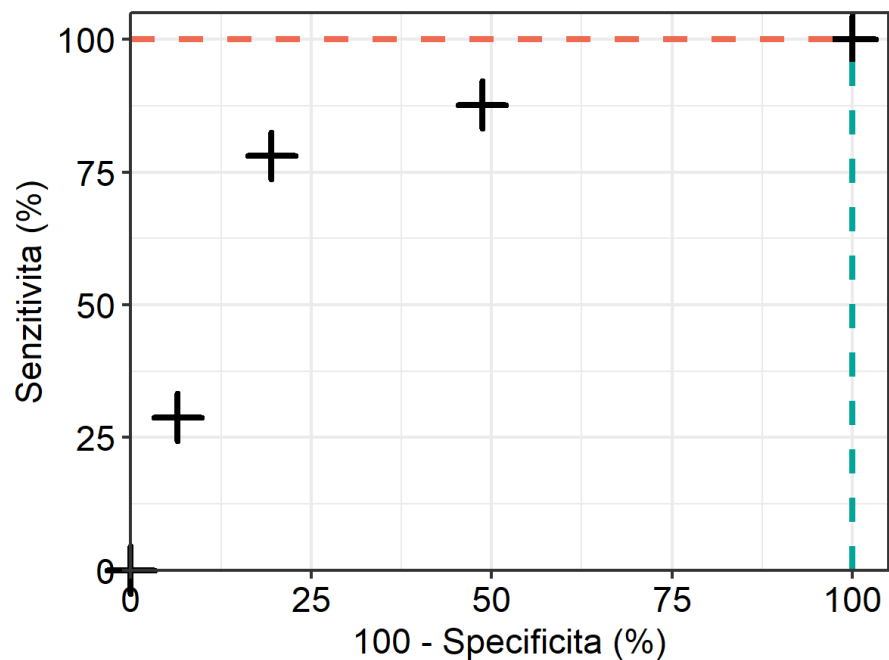
Skutečnost\Test	Pozitivní	Negativní	Celkem
Nemocný	73 (100,0 %)	0 (0,0 %)	73
Zdravý	277 (100,0 %)	0 (0,0 %)	277
Celkem	350 (100,0 %)	0 (0,0 %)	350

Senzitivita: 100,0 %

Specificita: 0,0 %

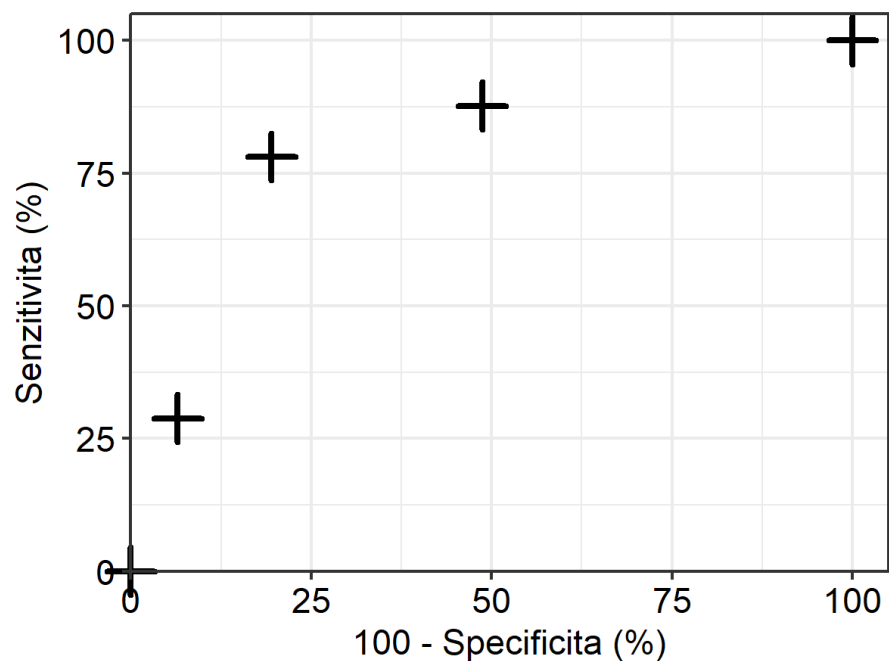
Prahová hodnota: 4 mmol/l

Konstrukce ROC křivky



Senzitivita:	78,1 %	28,8 %	0,0 %	87,7 %	100,0 %
Specifická:	80,5 %	93,5 %	100,0 %	51,3 %	0,0 %
Prahová hodnota:	7 mmol/l	9 mmol/l	10 mmol/l	6 mmol/l	4 mmol/l

Konstrukce ROC křivky

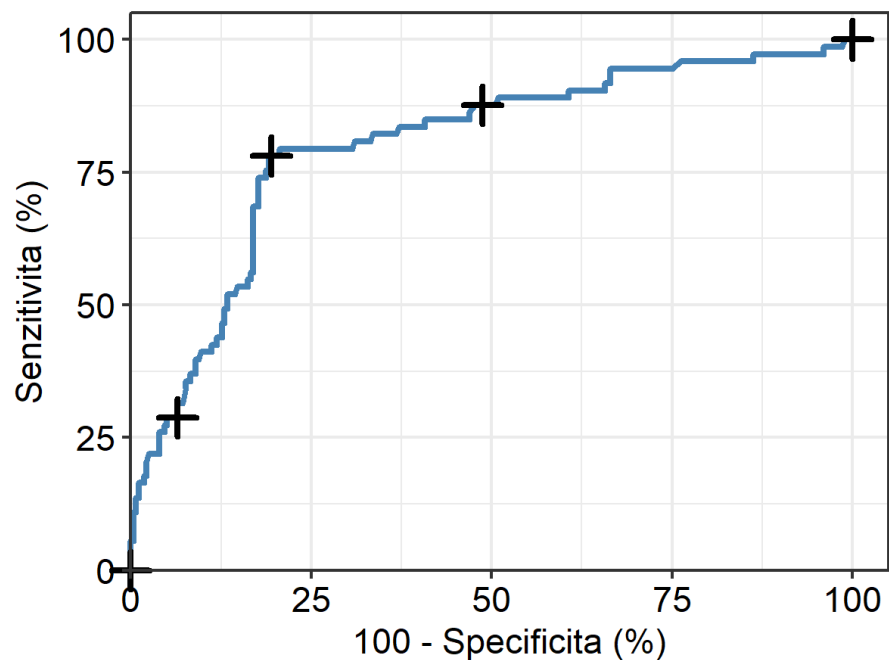


Senzitivita:	78,1 %	28,8 %	0,0 %	87,7 %	100,0 %
---------------------	--------	--------	-------	--------	---------

Specificita:	80,5 %	93,5 %	100,0 %	51,3 %	0,0 %
---------------------	--------	--------	---------	--------	-------

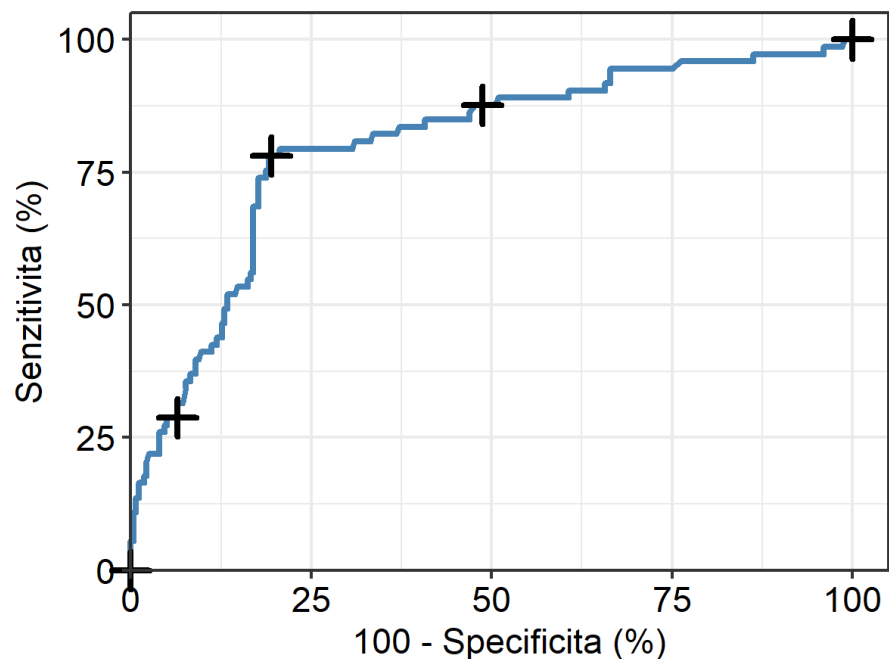
Prahová hodnota:	7 mmol/l	9 mmol/l	10 mmol/l	6 mmol/l	4 mmol/l
-------------------------	----------	----------	-----------	----------	----------

ROC křivka



Senzitivita:	78,1 %	28,8 %	0,0 %	87,7 %	100,0 %
Specifická:	80,5 %	93,5 %	100,0 %	51,3 %	0,0 %
Prahová hodnota:	7 mmol/l	9 mmol/l	10 mmol/l	6 mmol/l	4 mmol/l

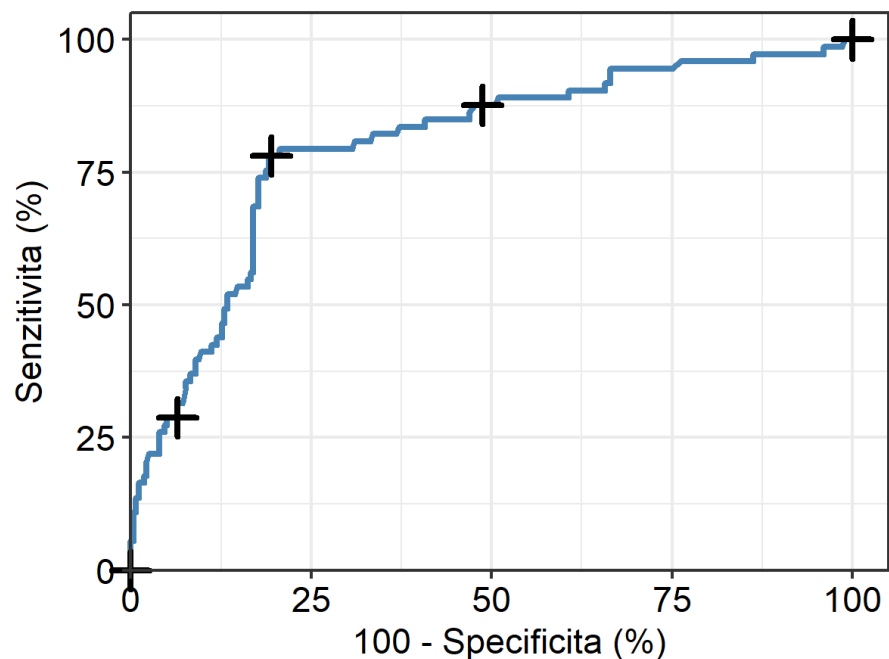
ROC křivka – volba „nejlepšího“ prahu



Jakou senzitivitu a specificitu by měl „perfektní“ diagnostický test, tj. takový, který bude dokonale rozpoznávat zdravé a nemocné?

Senzitivita:	78,1 %	28,8 %	0,0 %	87,7 %	100,0 %
Specificita:	80,5 %	93,5 %	100,0 %	51,3 %	0,0 %
Prahová hodnota:	7 mmol/l	9 mmol/l	10 mmol/l	6 mmol/l	4 mmol/l

ROC křivka – volba „nejlepšího“ prahu

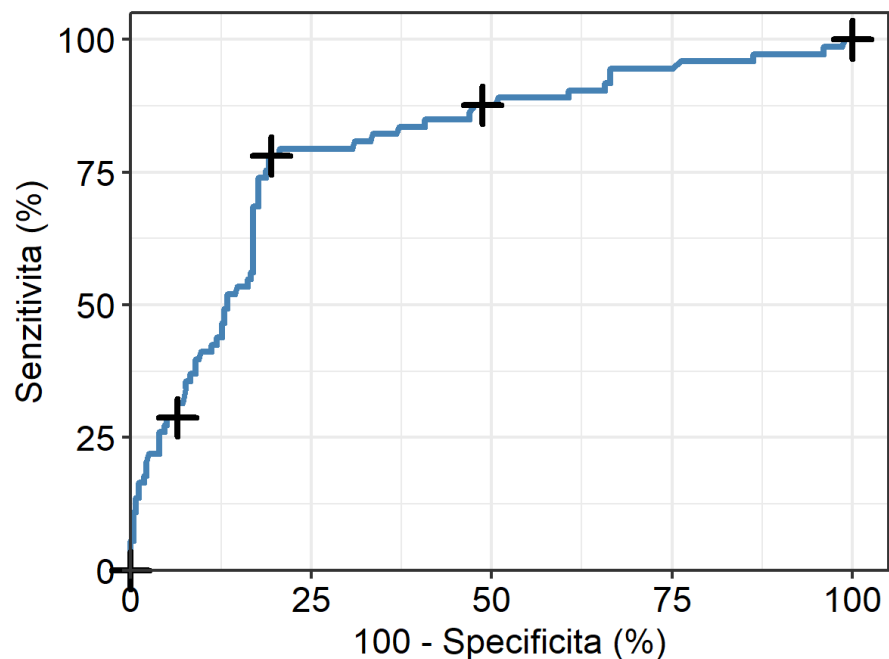


Jakou senzitivitu a specificku by měl „perfektní“ diagnostický test, tj. takový, který bude dokonale rozpoznávat zdravé a nemocné?

100% senzitivitu a 100% specificku

Senzitivita:	78,1 %	28,8 %	0,0 %	87,7 %	100,0 %
Specifická:	80,5 %	93,5 %	100,0 %	51,3 %	0,0 %
Prahová hodnota:	7 mmol/l	9 mmol/l	10 mmol/l	6 mmol/l	4 mmol/l

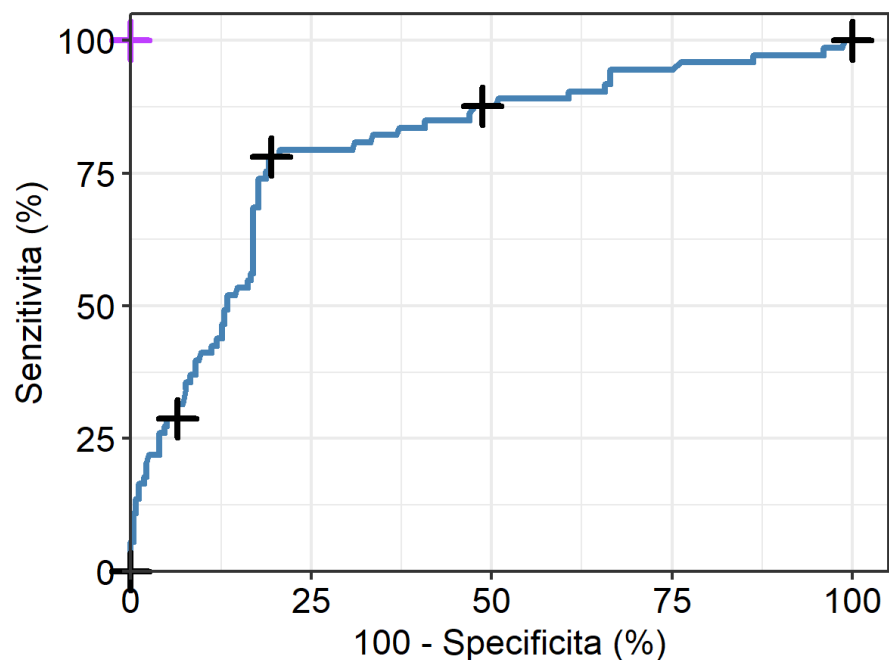
ROC křivka – volba „nejlepšího“ prahu



Jaké souřadnice na grafu bude mít bod, který bude takovému „perfektnímu“ testu bude odpovídat?

Senzitivita:	78,1 %	28,8 %	0,0 %	87,7 %	100,0 %
Specificita:	80,5 %	93,5 %	100,0 %	51,3 %	0,0 %
Prahová hodnota:	7 mmol/l	9 mmol/l	10 mmol/l	6 mmol/l	4 mmol/l

ROC křivka – volba „nejlepšího“ prahu

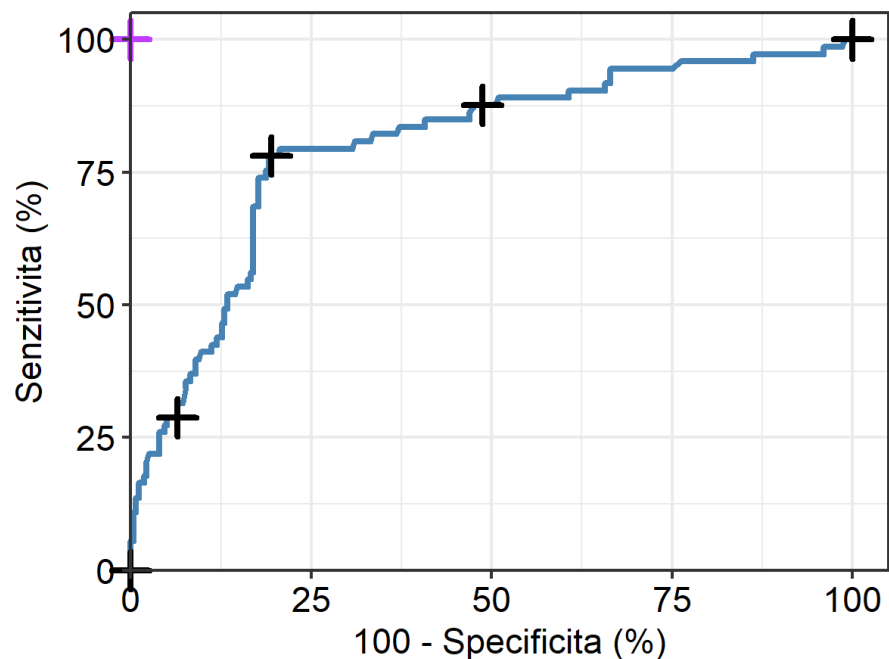


Jaké souřadnice na grafu bude mít bod, který bude takovému „perfektnímu“ testu bude odpovídat?

souřadnice [0, 100]

Senzitivita:	78,1 %	28,8 %	0,0 %	87,7 %	100,0 %
Specificita:	80,5 %	93,5 %	100,0 %	51,3 %	0,0 %
Prahová hodnota:	7 mmol/l	9 mmol/l	10 mmol/l	6 mmol/l	4 mmol/l

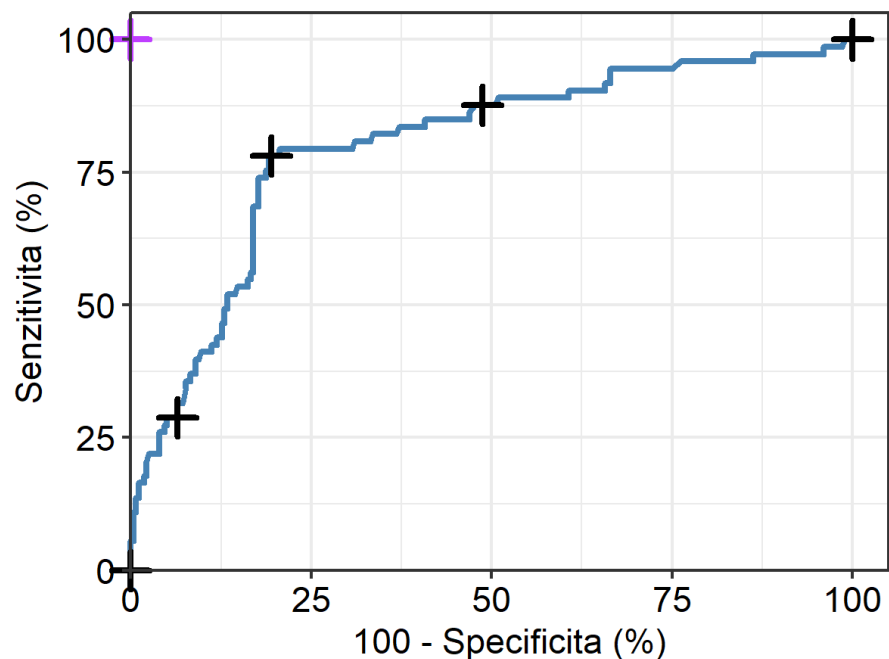
ROC křivka – volba „nejlepšího“ prahu



Jak můžeme určit „nejlepší“ prahovou hodnotu?

Senzitivita:	78,1 %	28,8 %	0,0 %	87,7 %	100,0 %
Specifická:	80,5 %	93,5 %	100,0 %	51,3 %	0,0 %
Prahová hodnota:	7 mmol/l	9 mmol/l	10 mmol/l	6 mmol/l	4 mmol/l

ROC křivka – volba „nejlepšího“ prahu

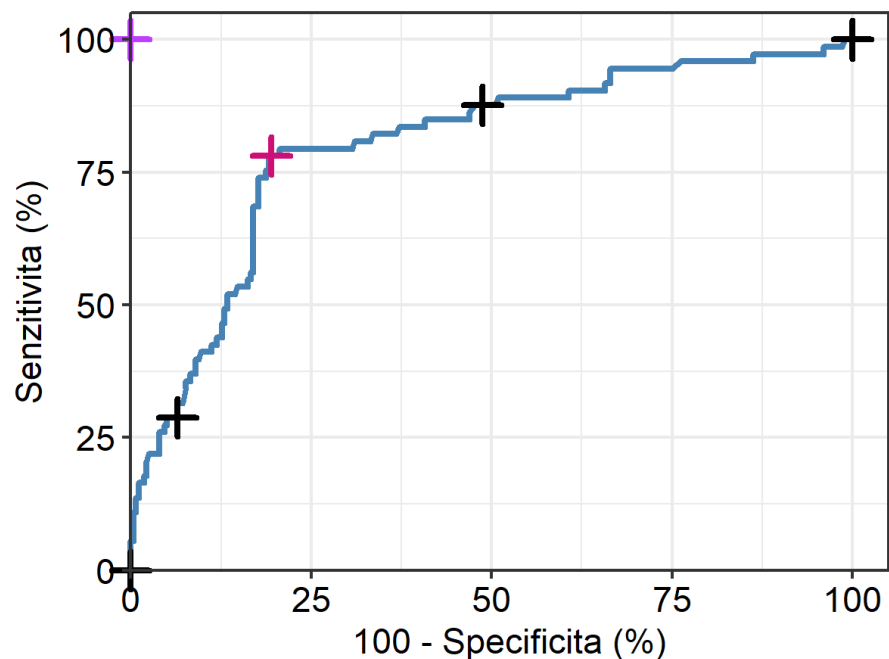


Jak můžeme určit „nejlepší“ prahovou hodnotu?

Najdeme takový bod, který je bodu [0, 100] nejbližší. Prahovou hodnotu odpovídající tomuto bodu lze považovat za „nejlepší“.

Senzitivita:	78,1 %	28,8 %	0,0 %	87,7 %	100,0 %
Specifická:	80,5 %	93,5 %	100,0 %	51,3 %	0,0 %
Prahová hodnota:	7 mmol/l	9 mmol/l	10 mmol/l	6 mmol/l	4 mmol/l

ROC křivka – volba „nejlepšího“ prahu



Dle definovaného kritéria je nejlepší prahovou hodnotou (na základě analýzy našich dat) hladina glykémie **6,955 mmol/l se senzitivitou 79,5 % a specificitou 79,4 %.**

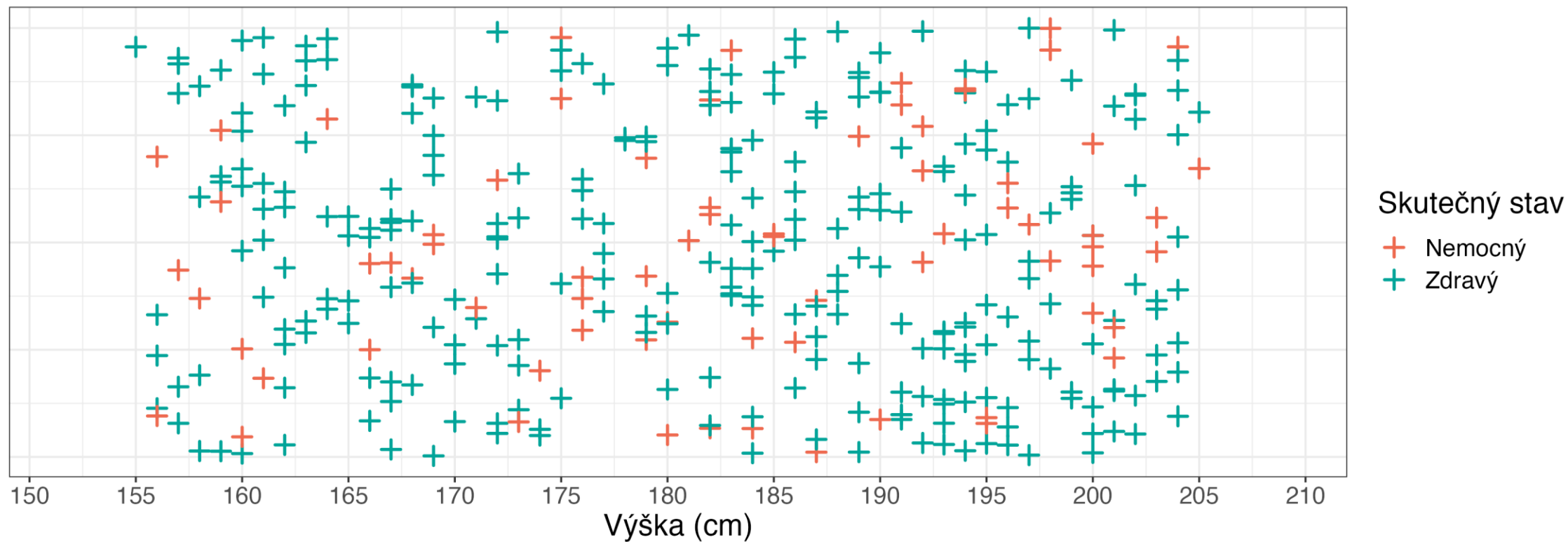
Senzitivita:	78,1 %	28,8 %	0,0 %	87,7 %	100,0 %
Specificita:	80,5 %	93,5 %	100,0 %	51,3 %	0,0 %
Prahová hodnota:	7 mmol/l	9 mmol/l	10 mmol/l	6 mmol/l	4 mmol/l

ROC křivka – volba „nejlepšího“ prahu

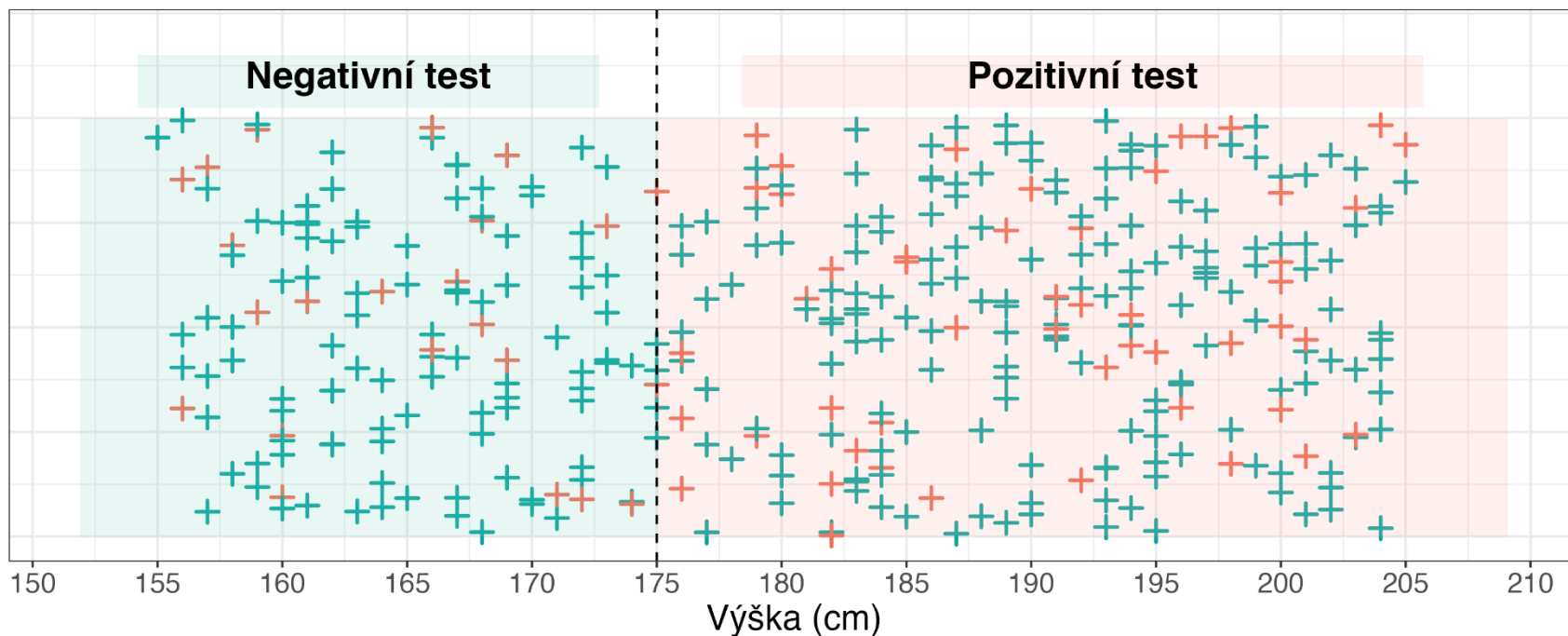


- Kritérium založené na **Eukleidovské vzdálenosti** dvou bodů cílí na „rovnoměrnou rovnováhu“ mezi senzitivitou a specificitou.
- Jinými slovy – cílí na **rovnoměrnou redukci falešně pozitivních a falešně negativních případů**.
- Toto kritérium ale **není jediným používaným** při hledání nejlepší prahové hodnoty.
- Na základě řešeného praktického problému může vzejít požadavek např. na **maximalizaci senzitivity** (byť na úkor nižší specificity) – tj. schopnosti diagnostického testu zachytit skutečně nemocné.
- Takový požadavek může být relevantní tehdy, jsou-li **důsledky vyplývající z falešně negativního výsledku testu velmi vážné**.

Je zvolen „nejlepší“ diagnostický test?



Je zvolen „nejlepší“ diagnostický test?



Skutečný stav

- + Nemocný
- + Zdravý

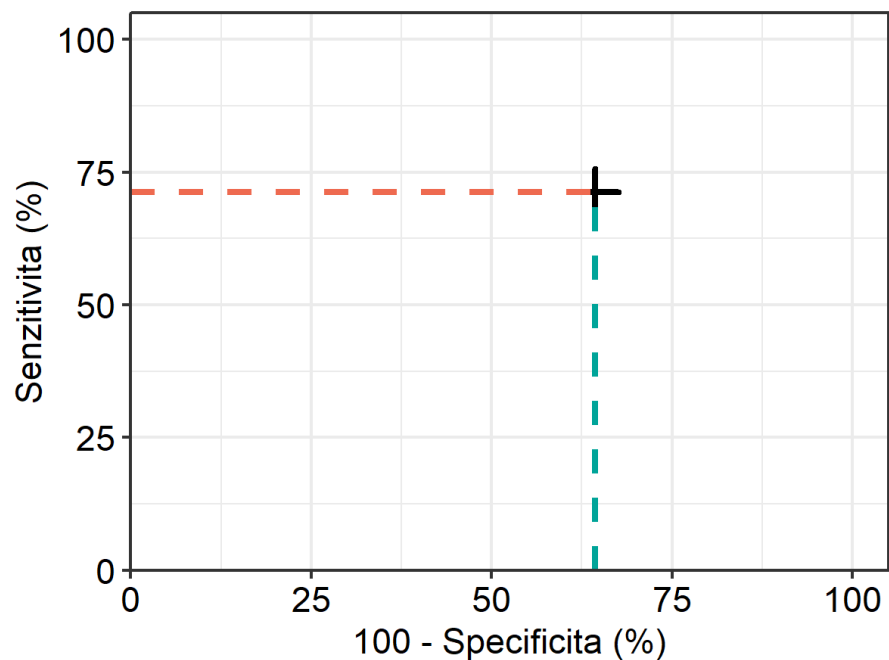
Skutečnost\Test	Pozitivní	Negativní	Celkem
Nemocný	52 (71,2 %)	21 (28,8 %)	73
Zdravý	178 (64,3 %)	99 (35,7 %)	277
Celkem	230 (65,7 %)	120 (34,5 %)	350

Senzitivita: 71,2 %

Specifická: 35,7 %

Prahová hodnota: 175 cm

Konstrukce ROC křivky



Senzitivita:

71,2 %

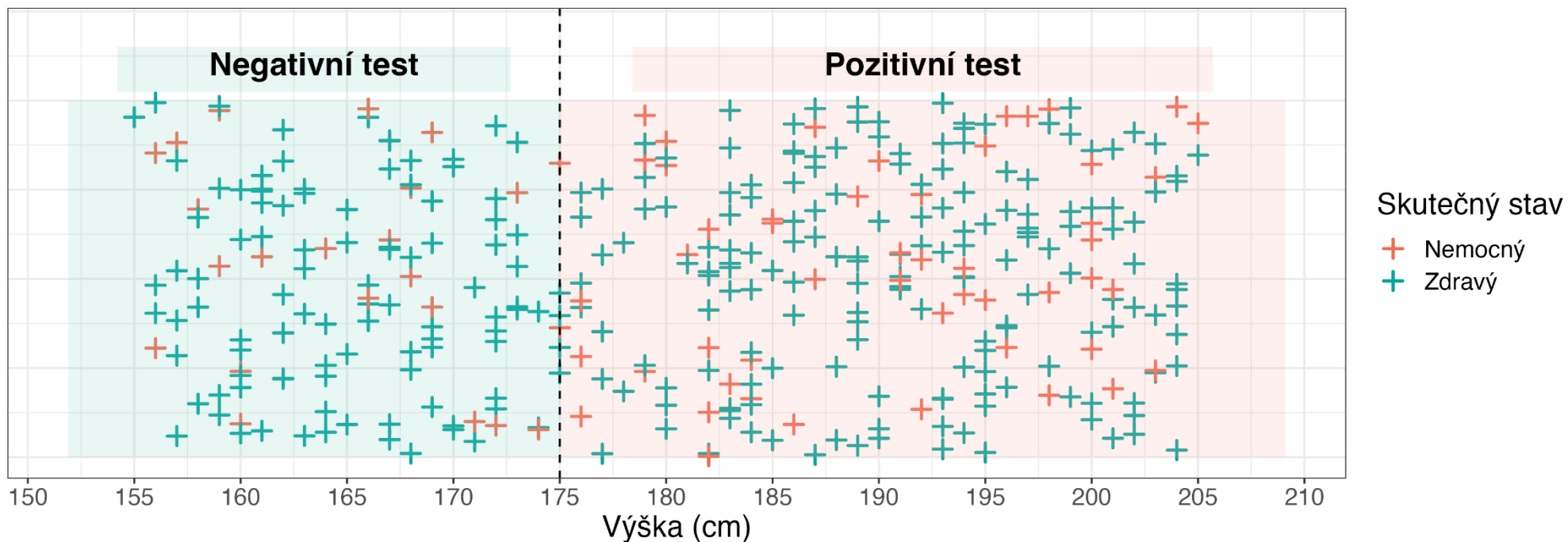
Specifita:

35,7 %

Prahová hodnota:

175 cm

Konstrukce ROC křivky



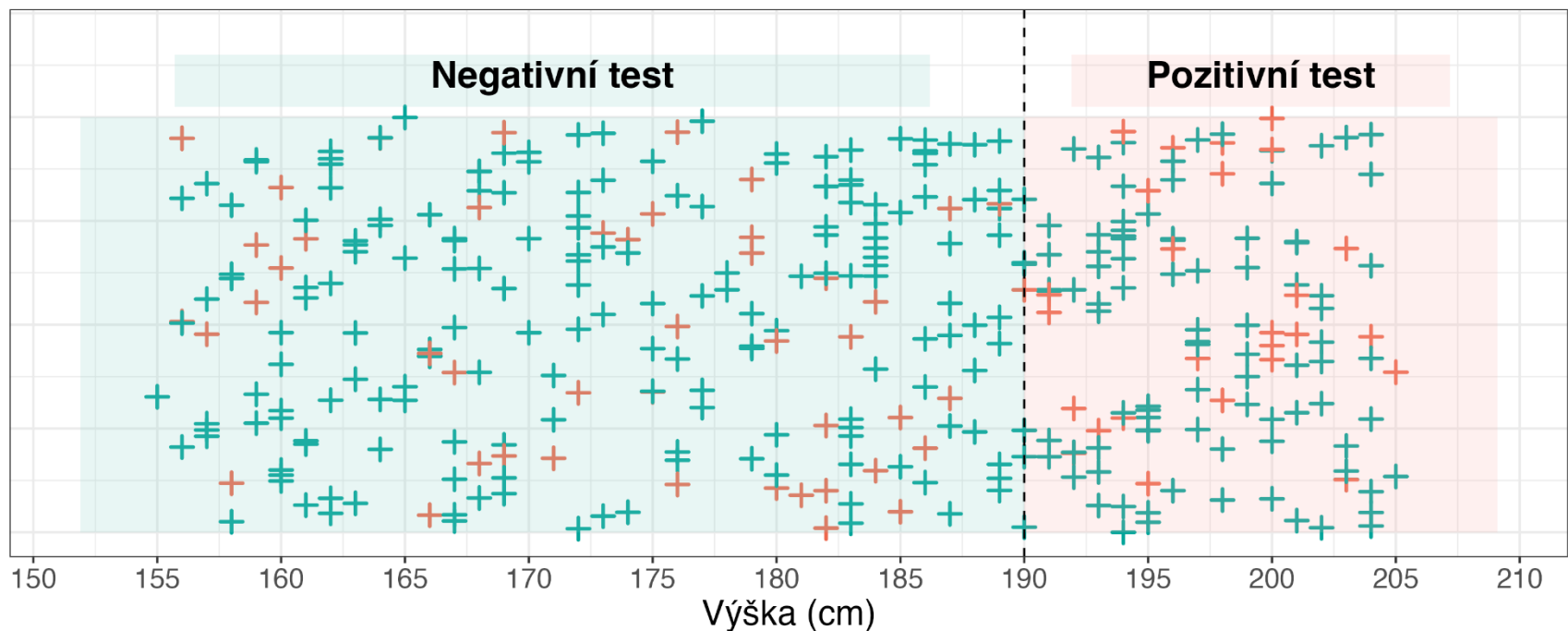
Skutečnost\Test	Pozitivní	Negativní	Celkem
Nemocný	52 (71,2 %)	21 (28,8 %)	73
Zdravý	178 (64,3 %)	99 (35,7 %)	277
Celkem	230 (65,7 %)	120 (34,5 %)	350

Senzitivita: 71,2 %

Specificita: 35,7 %

Prahová hodnota: 175 cm

Konstrukce ROC křivky



Skutečný stav

- + Nemocný
- + Zdravý

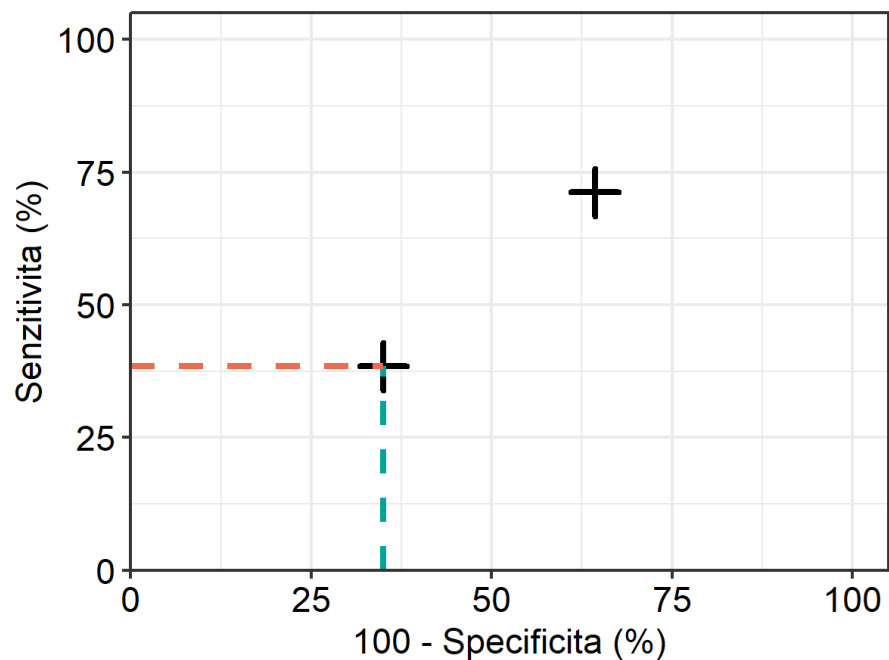
Skutečnost\Test	Pozitivní	Negativní	Celkem
Nemocný	28 (38,4 %)	45 (61,6 %)	73
Zdravý	97 (35,0 %)	180 (65,0 %)	277
Celkem	125 (35,7 %)	225 (64,3 %)	350

Senzitivita: 38,4 %

Specificita: 65,0 %

Prahová hodnota: 190 cm

Konstrukce ROC křivky



Senzitivita:

71,2 %

38,4 %

Specifická:

35,7 %

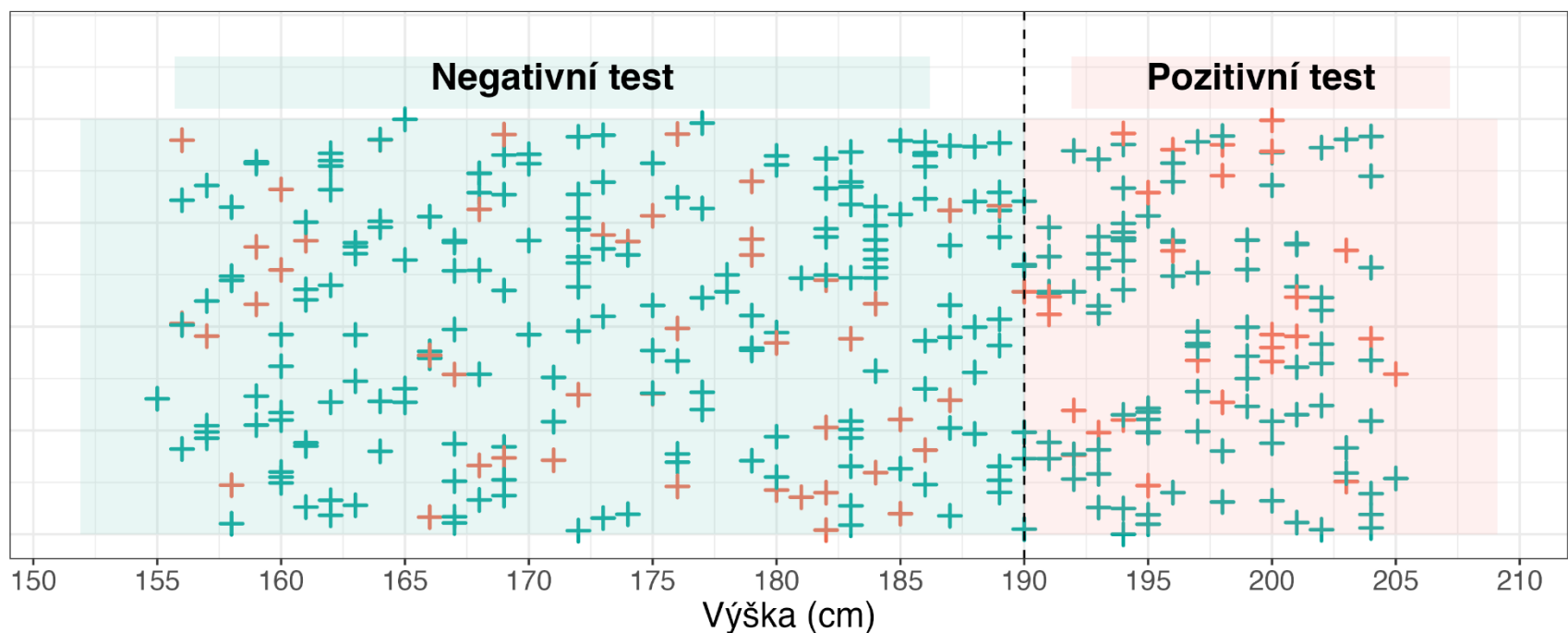
65,0 %

Prahová hodnota:

175 cm

190 cm

Konstrukce ROC křivky



Skutečný stav

- + Nemocný
- + Zdravý

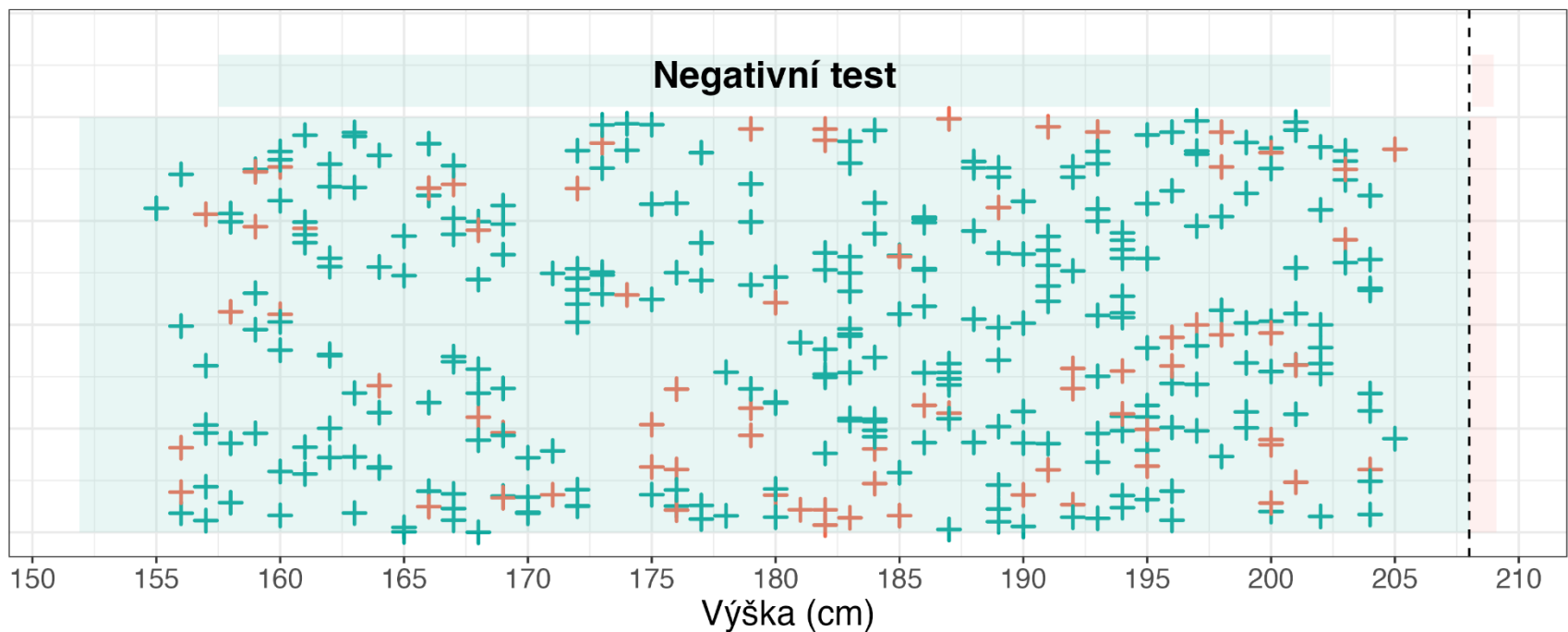
Skutečnost\Test	Pozitivní	Negativní	Celkem
Nemocný	28 (38,4 %)	45 (61,6 %)	73
Zdravý	97 (35,0 %)	180 (65,0 %)	277
Celkem	125 (35,7 %)	225 (64,3 %)	350

Senzitivita: 38,4 %

Specificita: 65,0 %

Prahová hodnota: 190 cm

Konstrukce ROC křivky



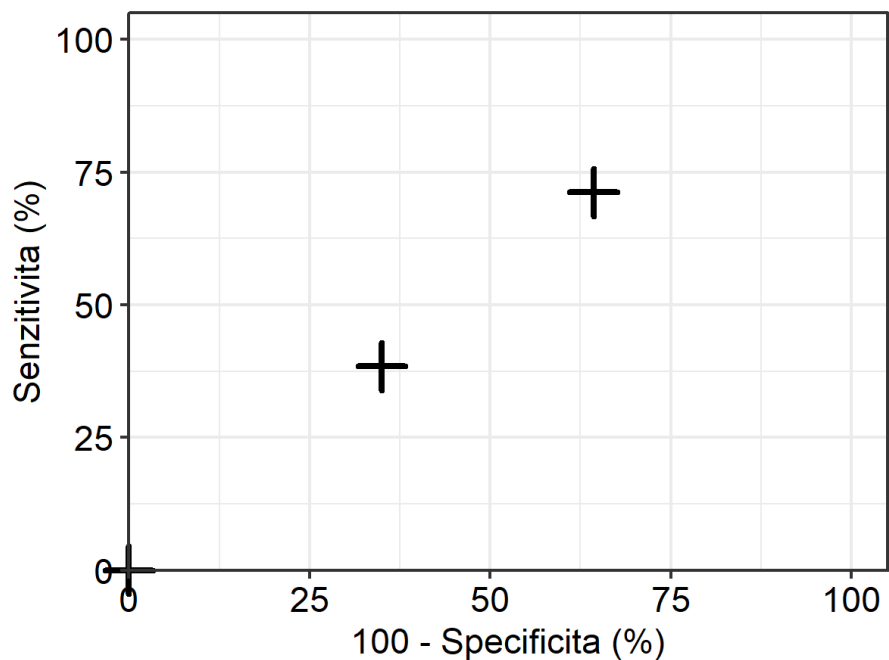
Skutečnost\Test	Pozitivní	Negativní	Celkem
Nemocný	0 (0,0 %)	73 (100,0 %)	73
Zdravý	0 (0,0 %)	277 (100,0 %)	277
Celkem	0 (0,0 %)	350 (100,0 %)	350

Senzitivita: 0,0 %

Specificita: 100,0 %

Prahová hodnota: 208 cm

Konstrukce ROC křivky



Senzitivita:

71,2 %

38,4 %

0,0 %

Specificita:

35,7 %

65,0 %

100,0 %

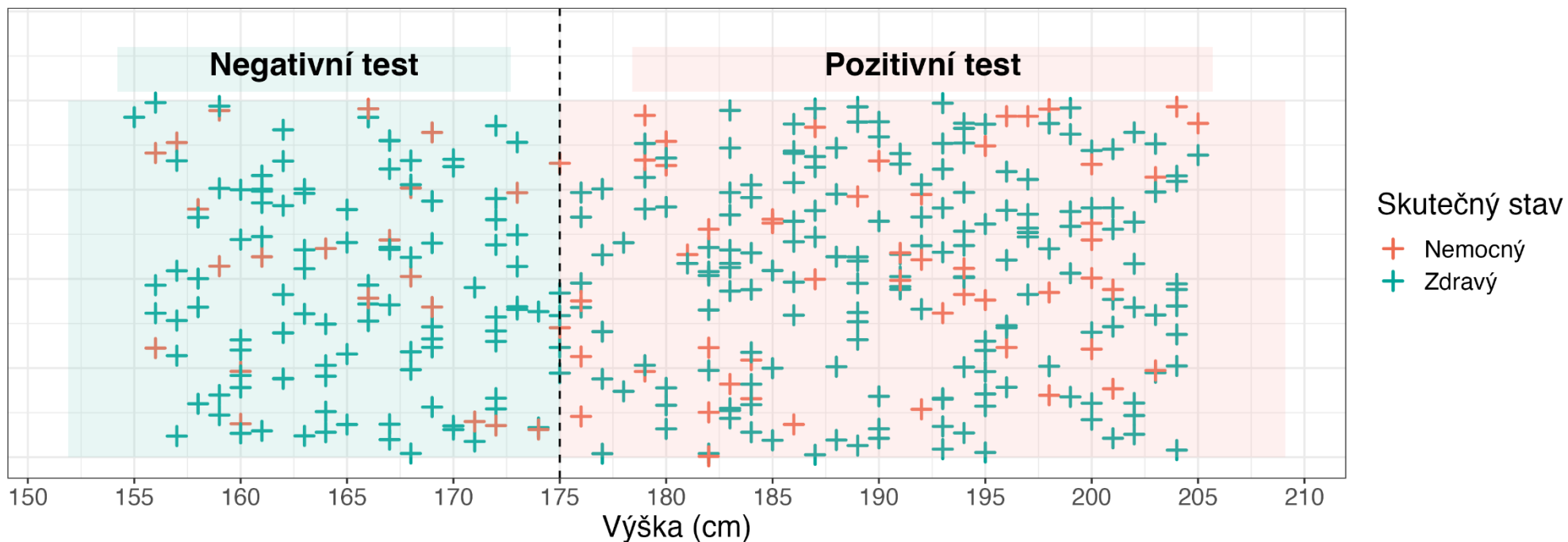
Prahová hodnota:

175 cm

190 cm

208 cm

Konstrukce ROC křivky



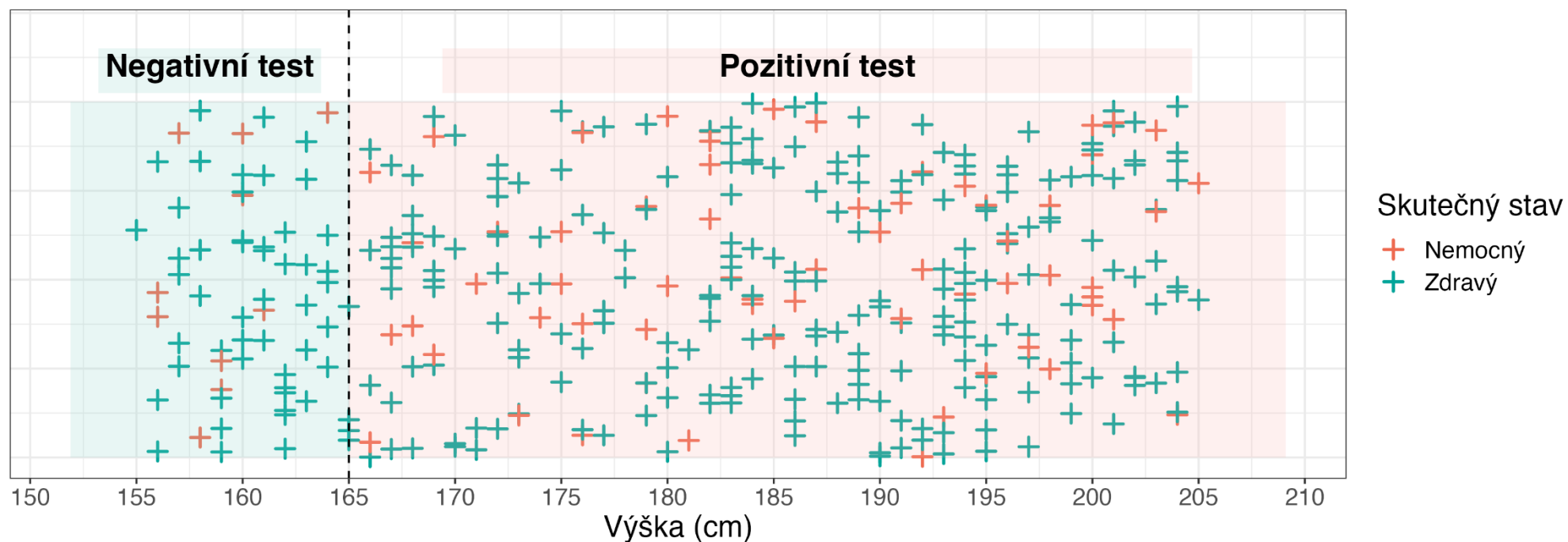
Skutečnost\Test	Pozitivní	Negativní	Celkem
Nemocný	52 (71,2 %)	21 (28,8 %)	73
Zdravý	178 (64,3 %)	99 (35,7 %)	277
Celkem	230 (65,7 %)	120 (34,5 %)	350

Senzitivita: 71,2 %

Specificita: 35,7 %

Prahová hodnota: 175 cm

Konstrukce ROC křivky



Skutečný stav

- + Nemocný
- + Zdravý

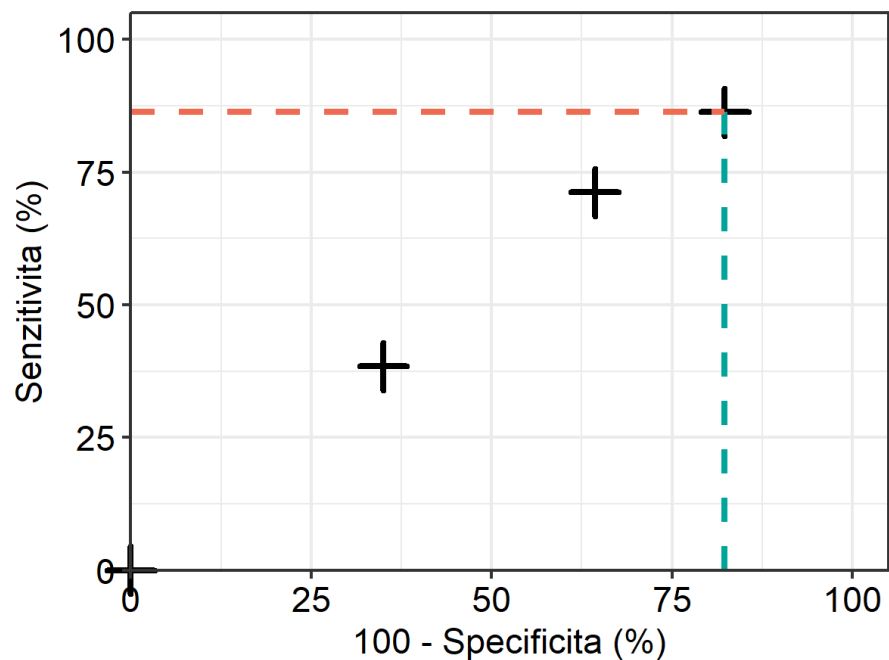
Skutečnost\Test	Pozitivní	Negativní	Celkem
Nemocný	63 (86,3 %)	10 (13,7 %)	73
Zdravý	228 (82,3 %)	49 (17,7 %)	277
Celkem	291 (83,1 %)	59 (16,9 %)	350

Senzitivita: 86,3 %

Specificita: 17,7 %

Prahová hodnota: 165 cm

Konstrukce ROC křivky

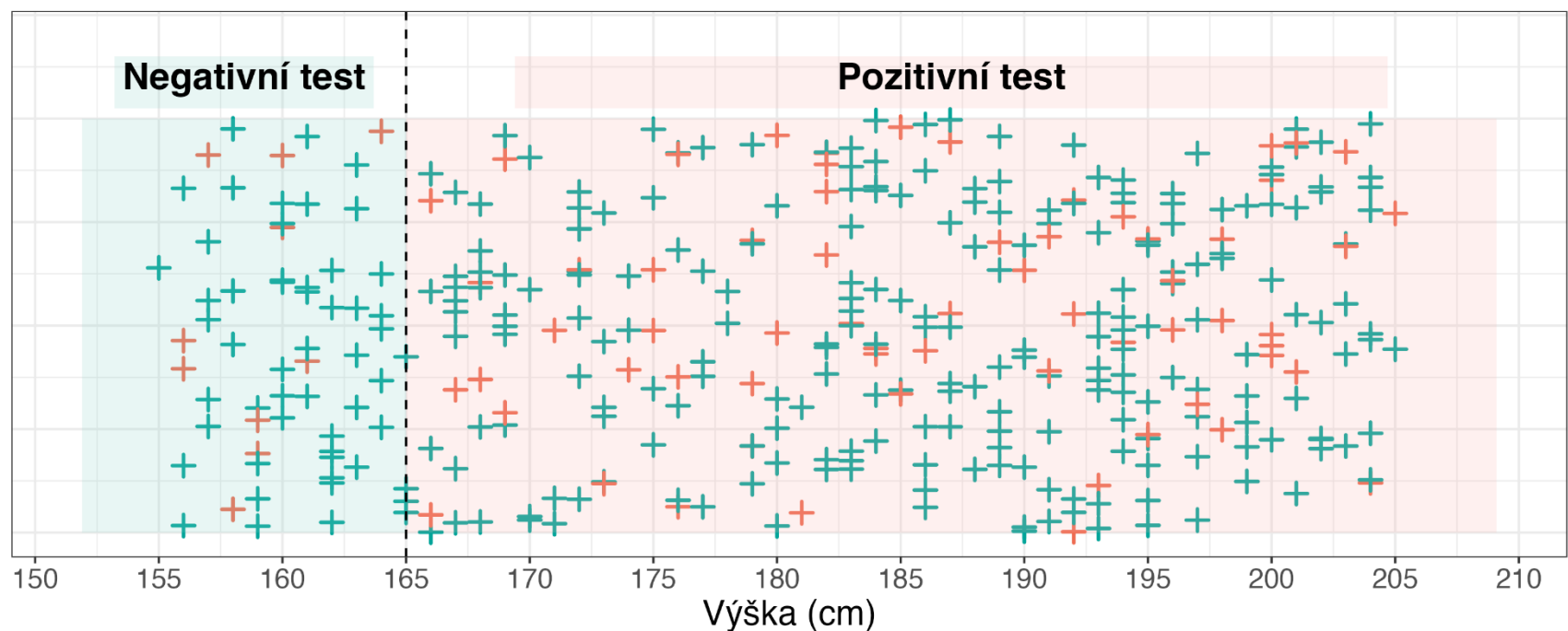


Senzitivita:	71,2 %	38,4 %	0,0 %	86,3 %
---------------------	---------------	---------------	--------------	---------------

Specifita:	35,7 %	65,0 %	100,0 %	17,7 %
-------------------	---------------	---------------	----------------	---------------

Prahová hodnota:	175 cm	190 cm	208 cm	165 cm
-------------------------	---------------	---------------	---------------	---------------

Konstrukce ROC křivky



Skutečný stav

- + Nemocný
- + Zdravý

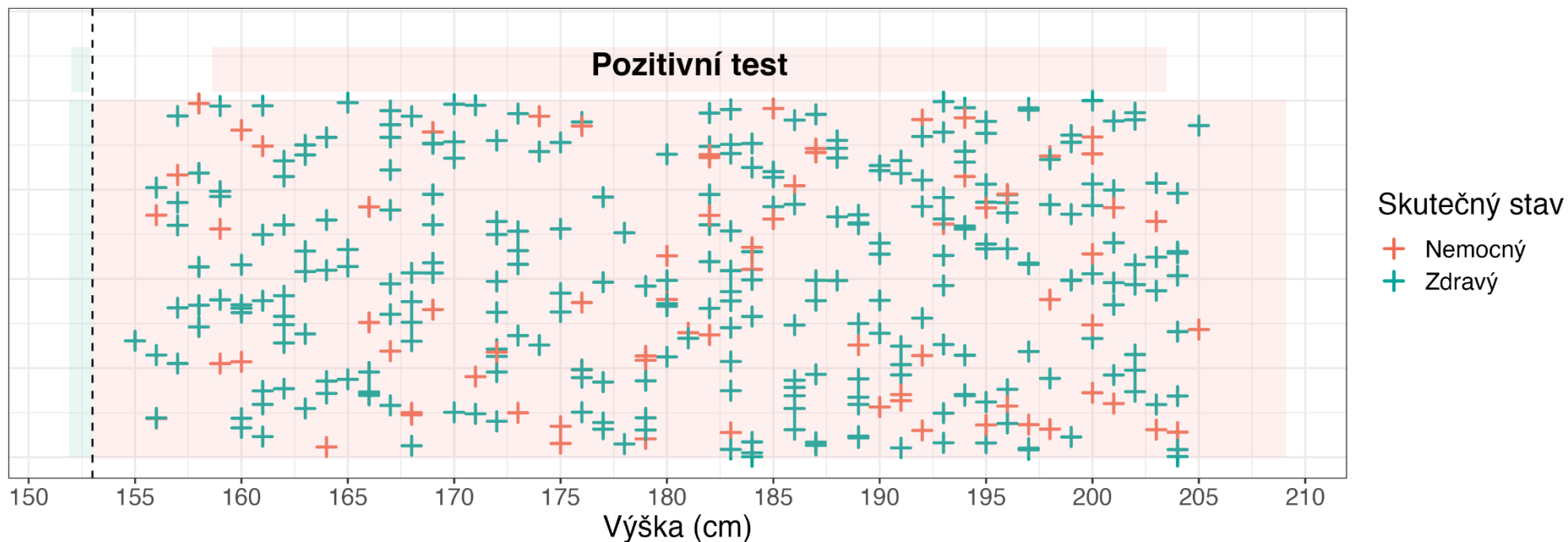
Skutečnost\Test	Pozitivní	Negativní	Celkem
Nemocný	63 (86,3 %)	10 (13,7 %)	73
Zdravý	228 (82,3 %)	49 (17,7 %)	277
Celkem	291 (83,1 %)	59 (16,9 %)	350

Senzitivita: 86,3 %

Specifická: 17,7 %

Prahová hodnota: 165 cm

Konstrukce ROC křivky



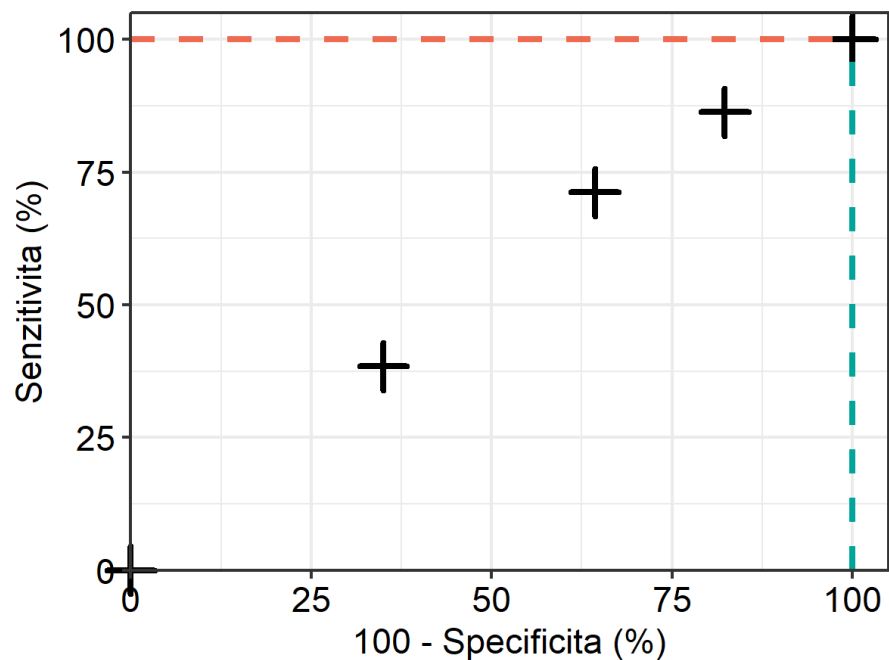
Skutečnost\Test	Pozitivní	Negativní	Celkem
Nemocný	73 (100,0 %)	0 (0,0 %)	73
Zdravý	277 (100,0 %)	0 (0,0 %)	277
Celkem	350 (100,0 %)	0 (0,0 %)	350

Senzitivita: 100,0 %

Specificita: 0,0 %

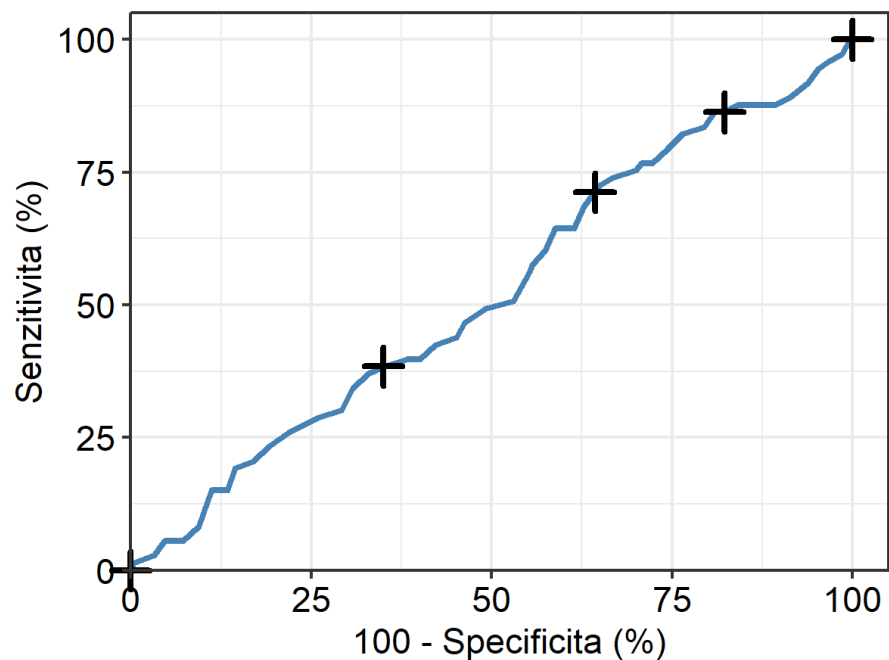
Prahová hodnota: 153 cm

Konstrukce ROC křivky



Senzitivita:	71,2 %	38,4 %	0,0 %	86,3 %	100,0 %
Specificita:	35,7 %	65,0 %	100,0 %	17,7 %	0,0 %
Prahová hodnota:	175 cm	190 cm	208 cm	165 cm	153 cm

ROC křivka

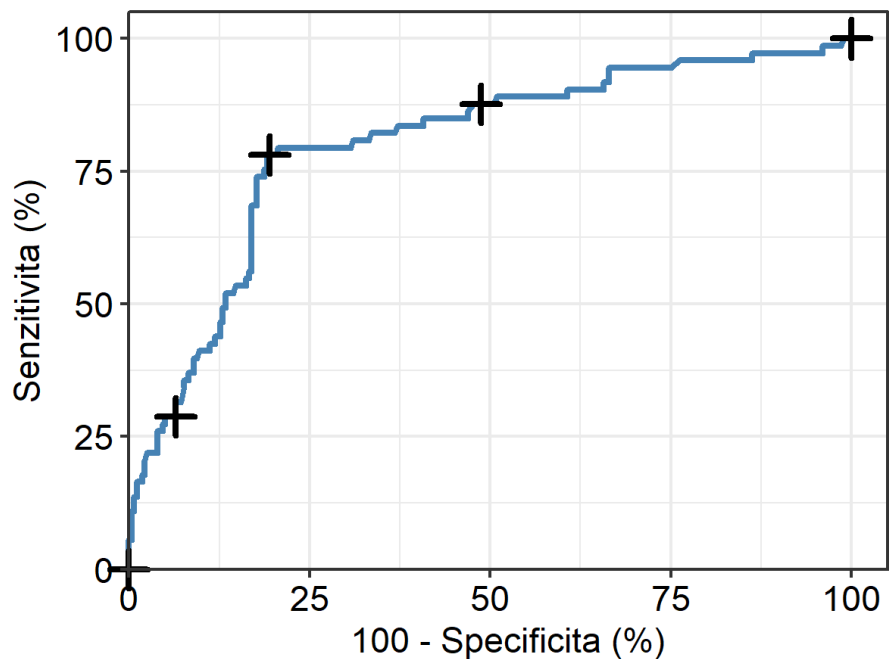


Senzitivita:	71,2 %	38,4 %	0,0 %	86,3 %	100,0 %
Specificita:	35,7 %	65,0 %	100,0 %	17,7 %	0,0 %
Prahová hodnota:	175 cm	190 cm	208 cm	165 cm	153 cm

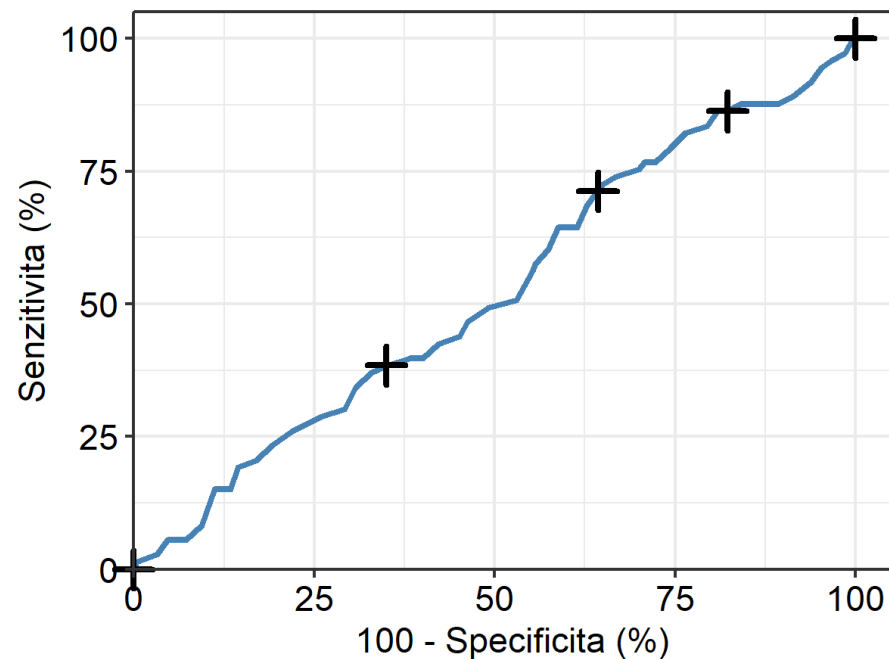
ROC křivka – nástroj pro posouzení kvality testu



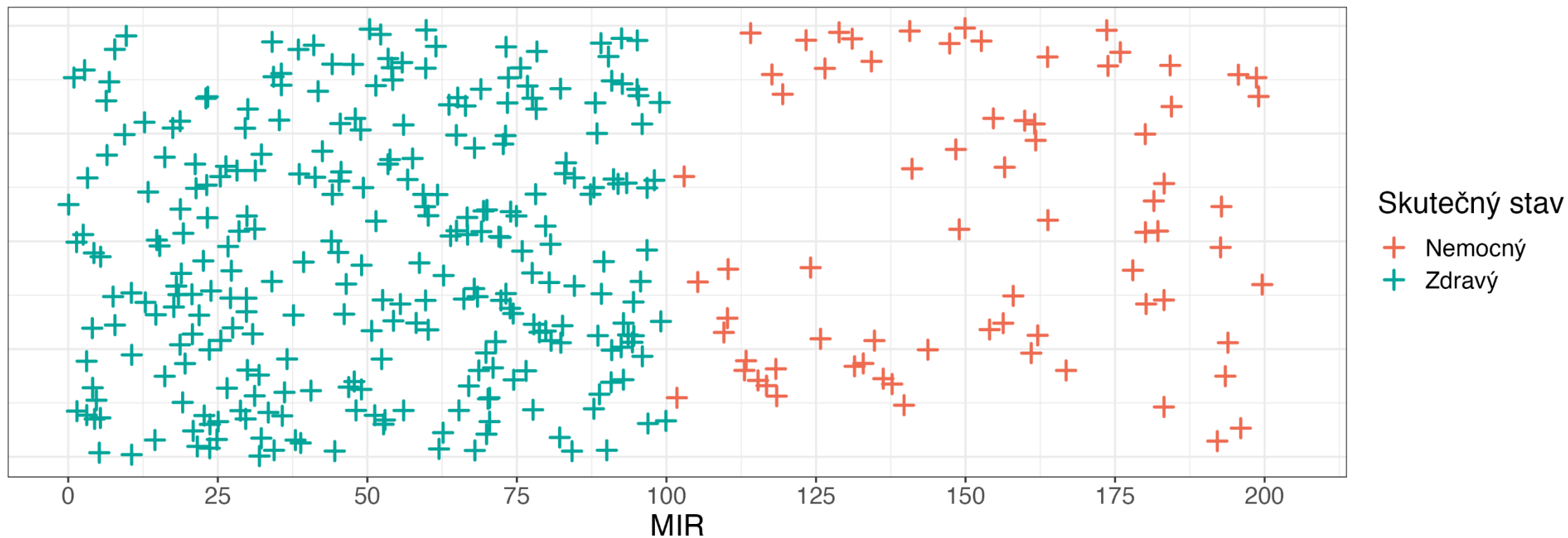
Glykémie



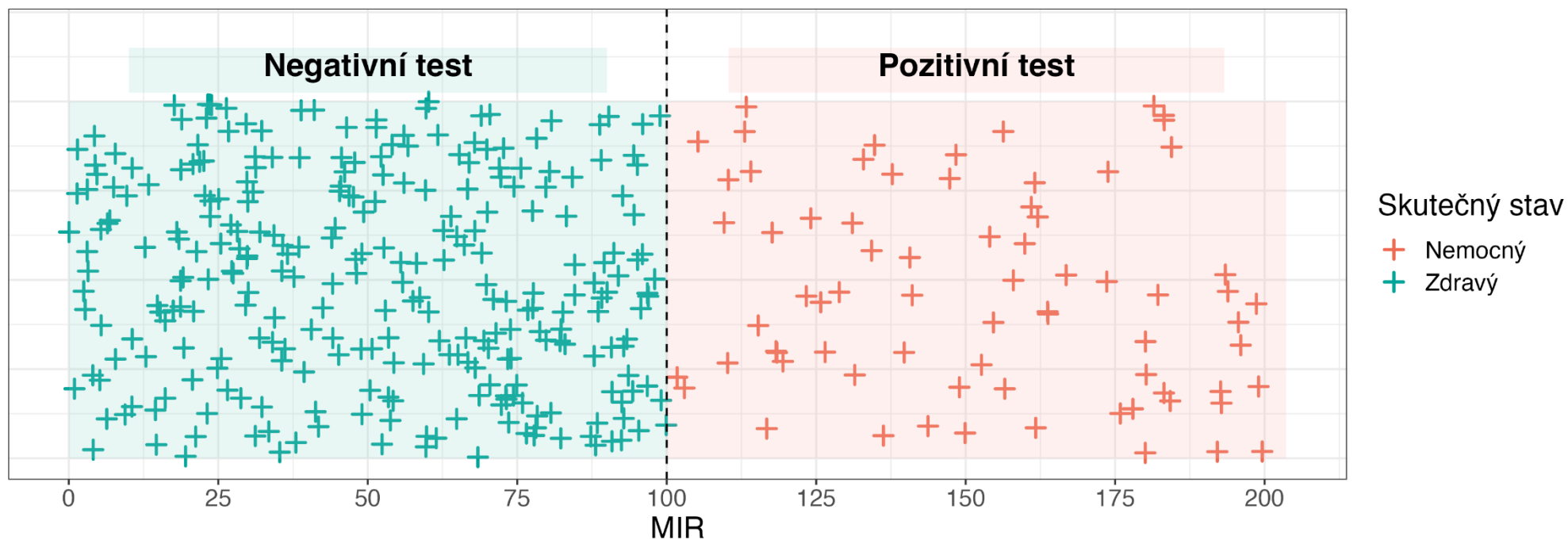
Výška



Je zvolen „nejlepší“ diagnostický test?



Je zvolen „nejlepší“ diagnostický test?



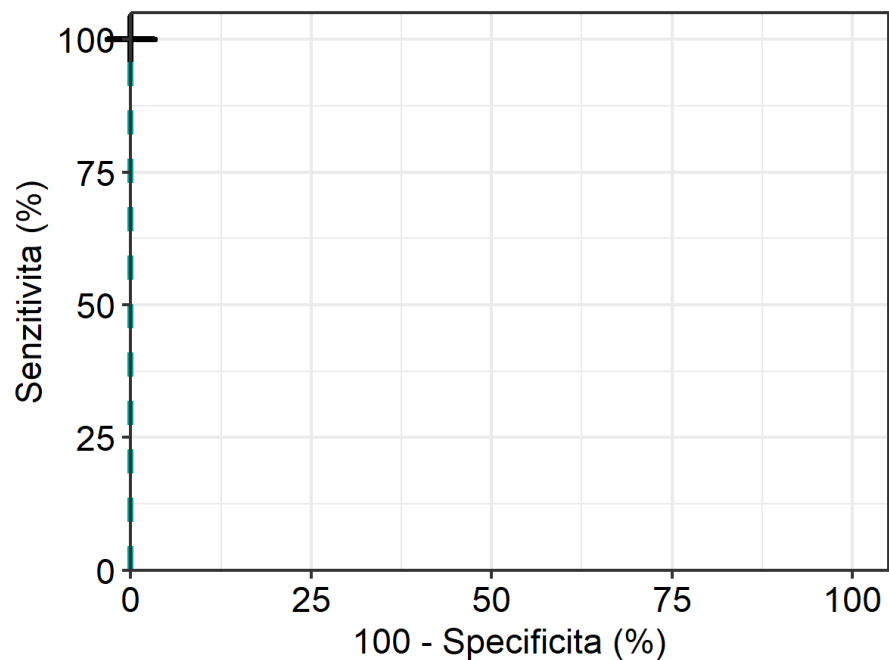
Skutečnost\Test	Pozitivní	Negativní	Celkem
Nemocný	73 (100,0 %)	0 (0,0 %)	73
Zdravý	0 (0,0 %)	277 (100,0 %)	277
Celkem	73 (20,9 %)	277 (79,1 %)	350

Senzitivita: 100,0 %

Specifická: 100,0 %

Prahová hodnota: 100

Konstrukce ROC křivky



Senzitivita:

100,0 %

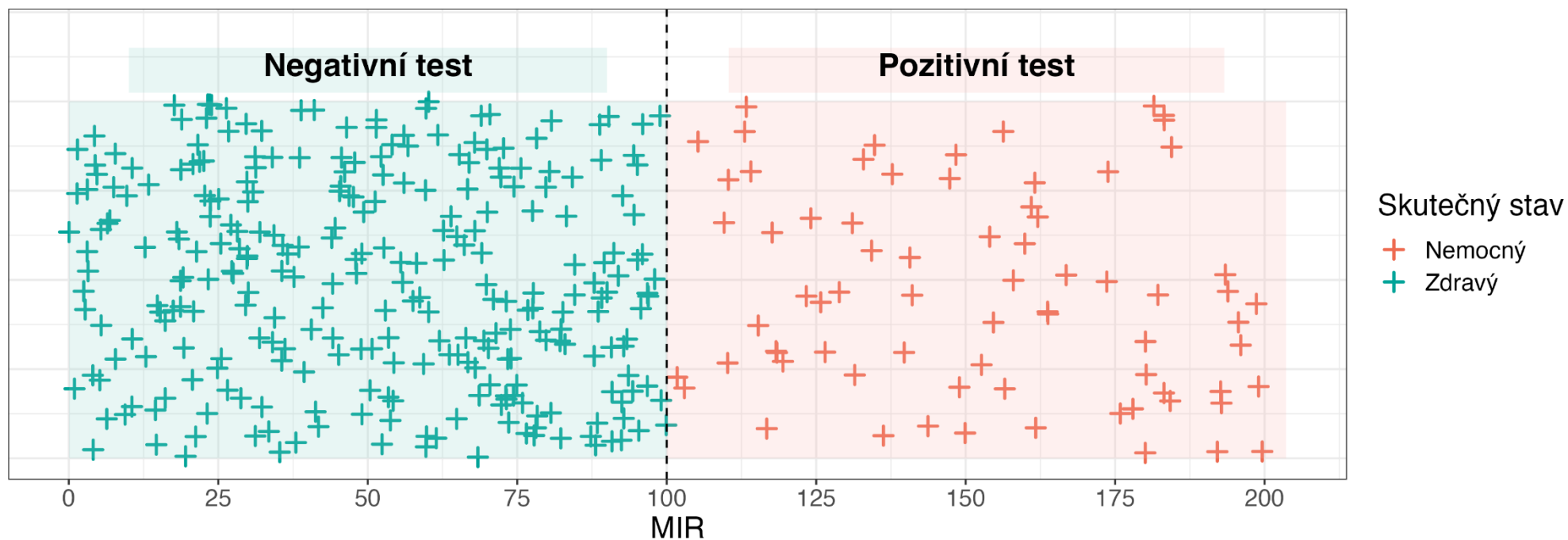
Specifická:

100,0 %

Prahová hodnota:

100

Konstrukce ROC křivky



Skutečný stav

- + Nemocný
- + Zdravý

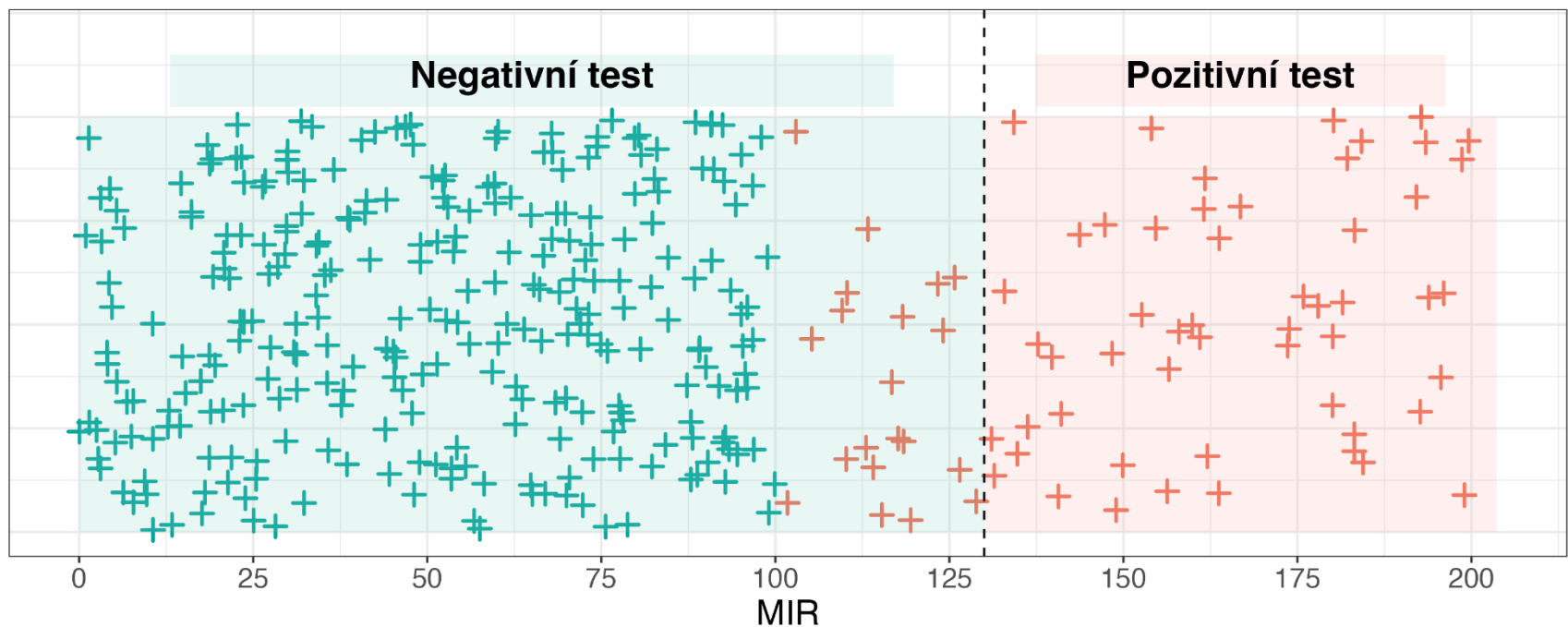
Skutečnost\Test	Pozitivní	Negativní	Celkem
Nemocný	73 (100,0 %)	0 (0,0 %)	73
Zdravý	0 (0,0 %)	277 (100,0 %)	277
Celkem	73 (20,9 %)	277 (79,1 %)	350

Senzitivita: 100,0 %

Specificita: 100,0 %

Prahová hodnota: 100

Konstrukce ROC křivky



Skutečný stav

- + Nemocný
- + Zdravý

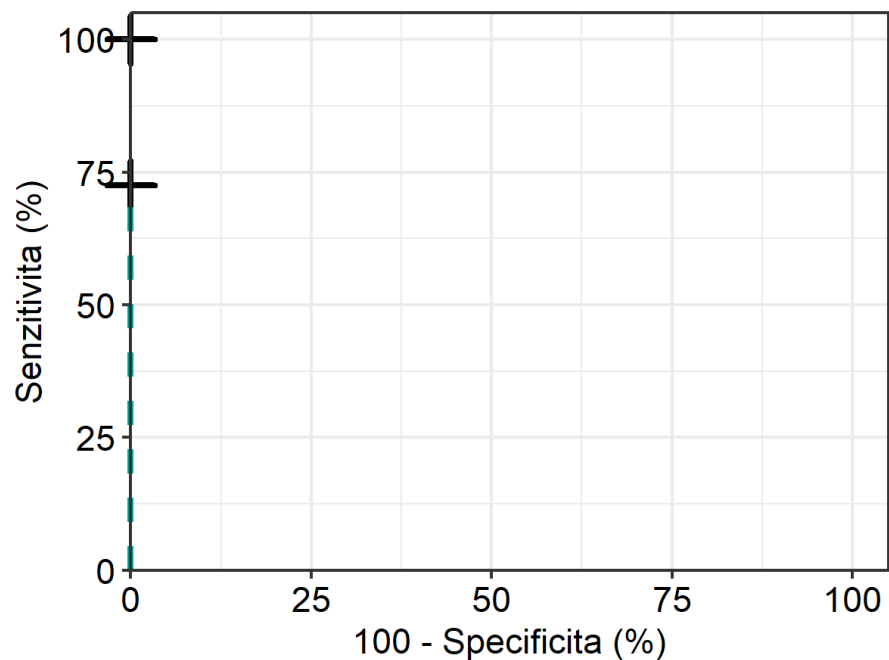
Skutečnost\Test	Pozitivní	Negativní	Celkem
Nemocný	53 (72,6 %)	20 (27,4 %)	73
Zdravý	0 (0,0 %)	277 (100,0 %)	277
Celkem	53 (15,1 %)	297 (84,9 %)	350

Senzitivita: 72,6 %

Specificita: 100,0 %

Prahová hodnota: 130

Konstrukce ROC křivky

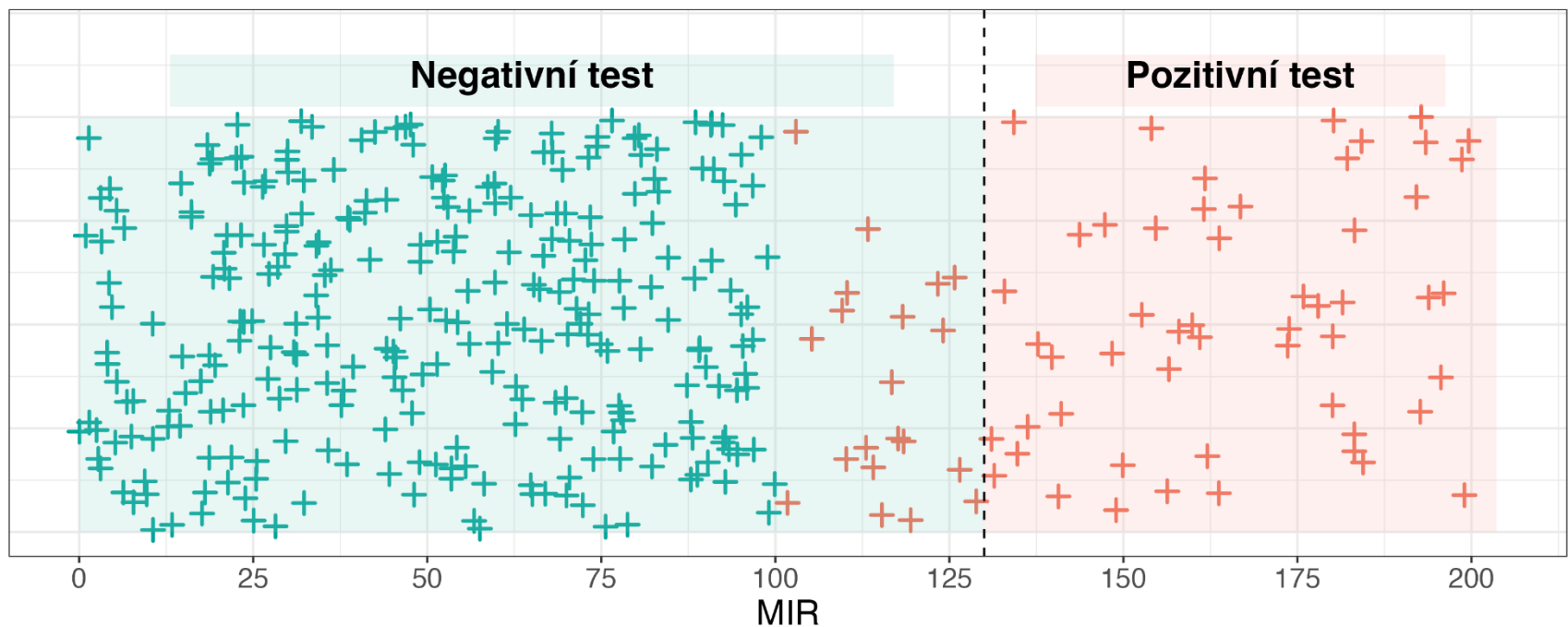


Senzitivita:	100,0 %	72,6 %
---------------------	----------------	---------------

Specifická:	100,0 %	100,0 %
--------------------	----------------	----------------

Prahová hodnota:	100	130
-------------------------	------------	------------

Konstrukce ROC křivky



Skutečný stav

- + Nemocný
- + Zdravý

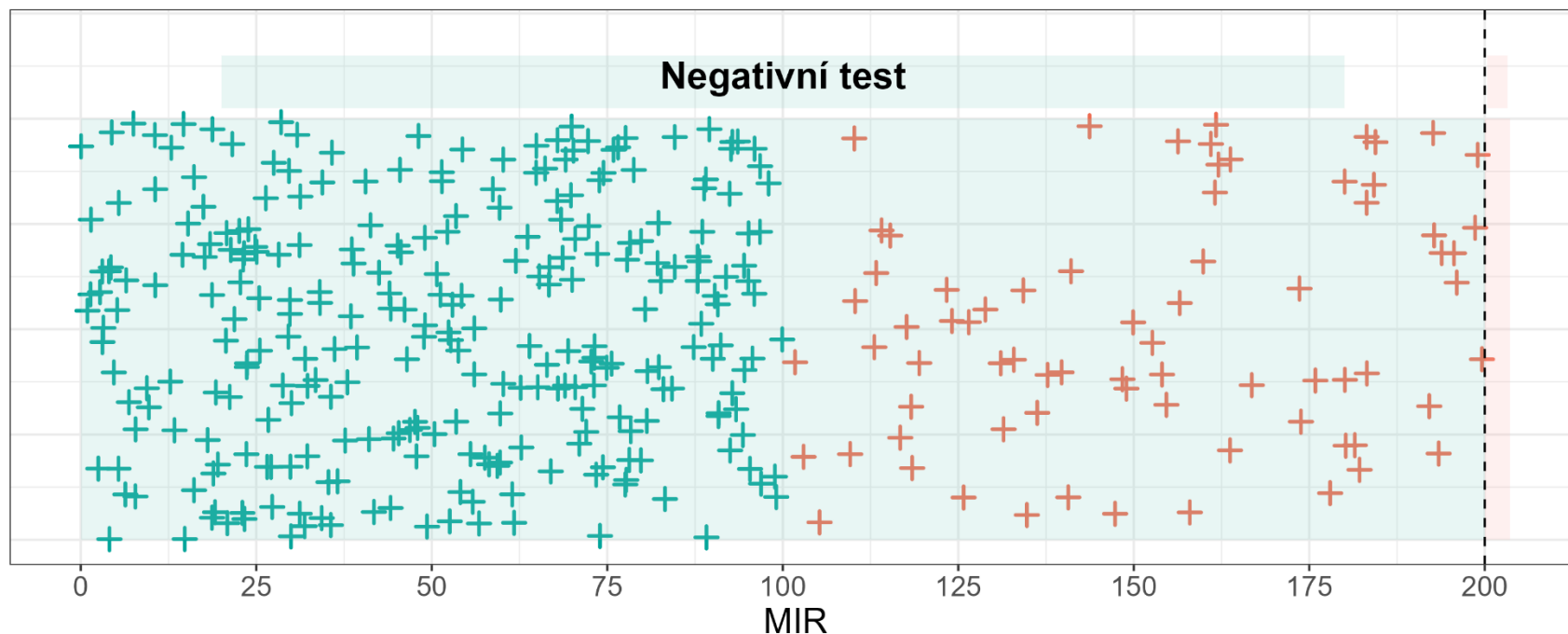
Skutečnost\Test	Pozitivní	Negativní	Celkem
Nemocný	53 (72,6 %)	20 (27,4 %)	73
Zdravý	0 (0,0 %)	277 (100,0 %)	277
Celkem	53 (15,1 %)	297 (84,9 %)	350

Senzitivita: 72,6 %

Specificita: 100,0 %

Prahová hodnota: 130

Konstrukce ROC křivky



Skutečný stav

- + Ano
- + Ne

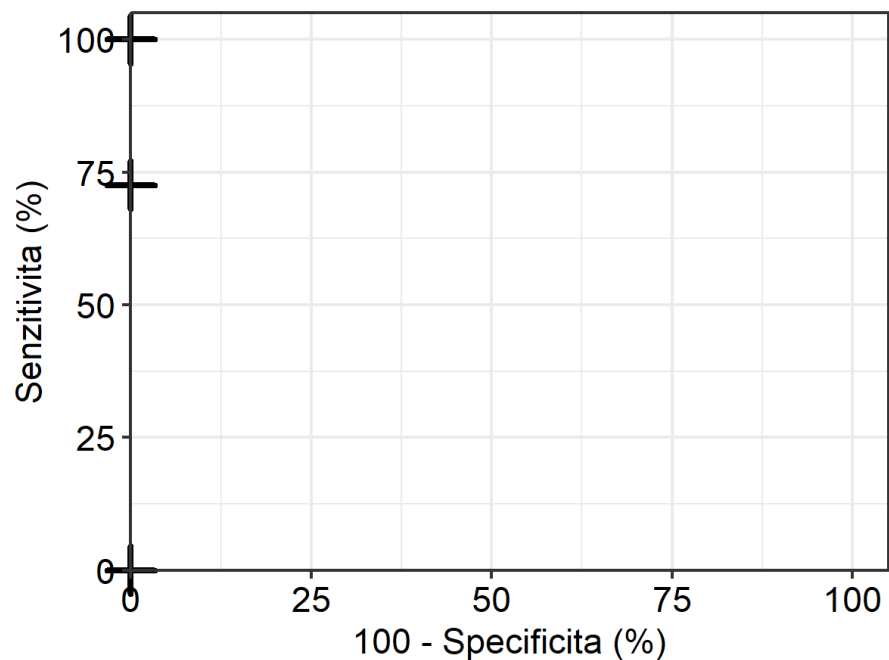
Skutečnost\Test	Pozitivní	Negativní	Celkem
Nemocný	0 (0,0 %)	73 (100,0 %)	73
Zdravý	0 (0,0 %)	277 (100,0 %)	277
Celkem	0 (0,0 %)	350 (100,0 %)	350

Senzitivita: 0,0 %

Specificita: 100,0 %

Prahová hodnota 200

Konstrukce ROC křivky

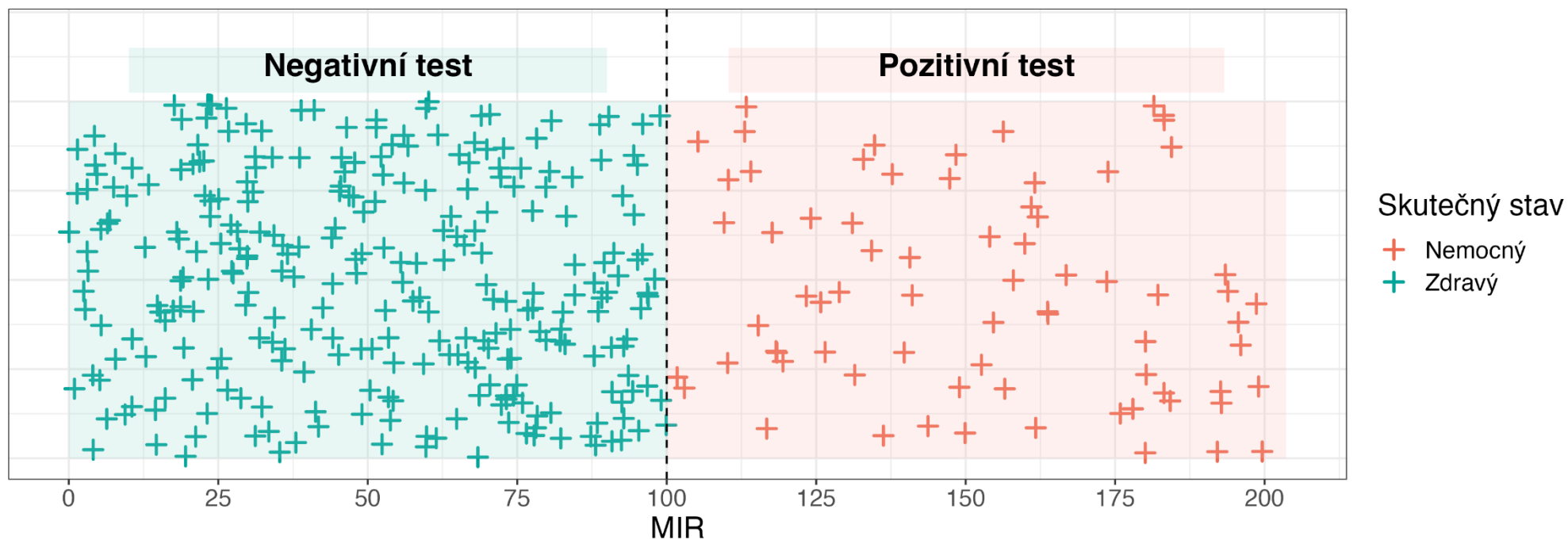


Senzitivita:	100,0 %	72,6 %	0,0 %
---------------------	----------------	---------------	--------------

Specificita:	100,0 %	100,0 %	100,0 %
---------------------	----------------	----------------	----------------

Prahová hodnota:	100	130	200
-------------------------	------------	------------	------------

Konstrukce ROC křivky



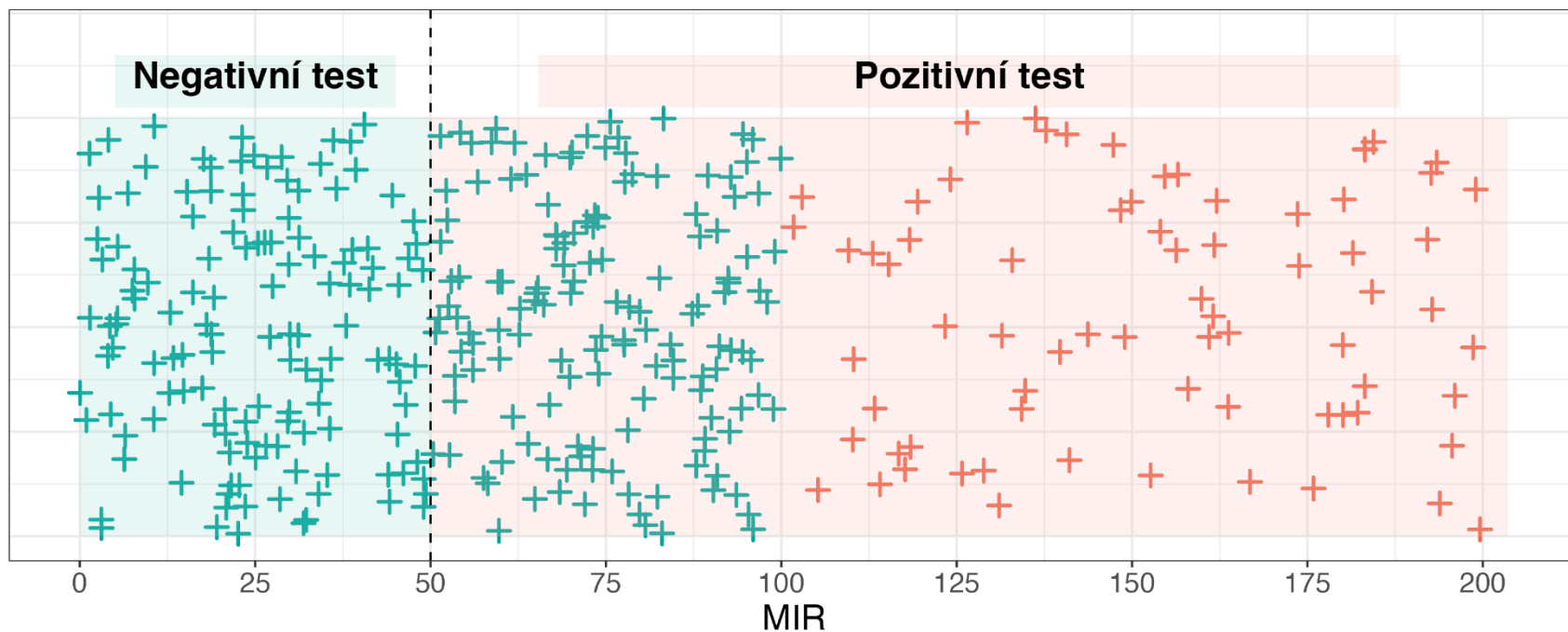
Skutečnost\Test	Pozitivní	Negativní	Celkem
Nemocný	73 (100,0 %)	0 (0,0 %)	73
Zdravý	0 (0,0 %)	277 (100,0 %)	277
Celkem	73 (20,9 %)	277 (79,1 %)	350

Senzitivita: 100,0 %

Specificita: 100,0 %

Prahová hodnota: 100

Konstrukce ROC křivky



Skutečný stav

- + Nemocný
- + Zdravý

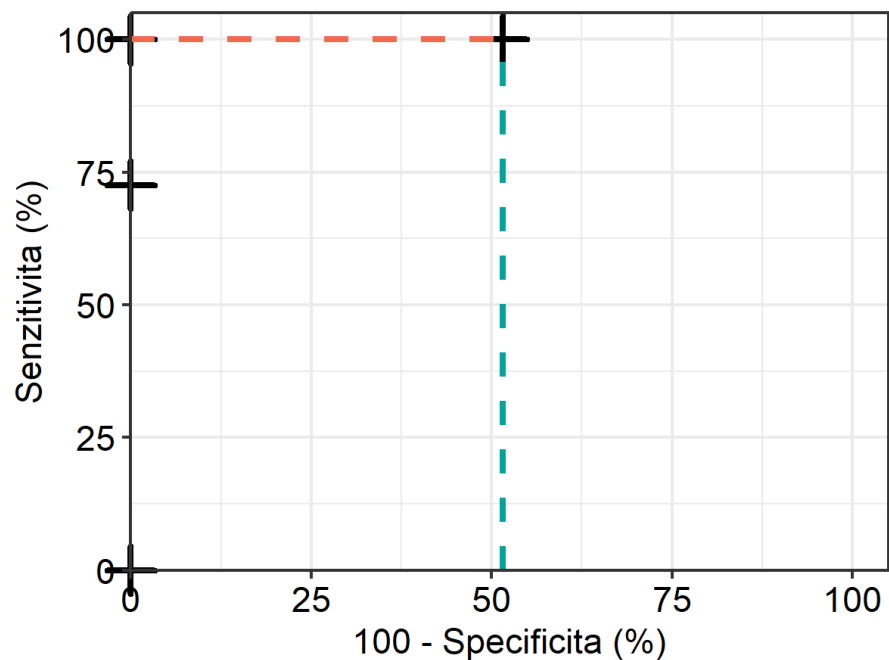
Skutečnost\Test	Pozitivní	Negativní	Celkem
Nemocný	73 (100,0 %)	0 (0,0 %)	73
Zdravý	143 (51,6 %)	134 (48,4 %)	277
Celkem	216 (61,7 %)	134 (38,3 %)	350

Senzitivita: 100,0 %

Specifická: 48,4 %

Prahová hodnota: 50

Konstrukce ROC křivky

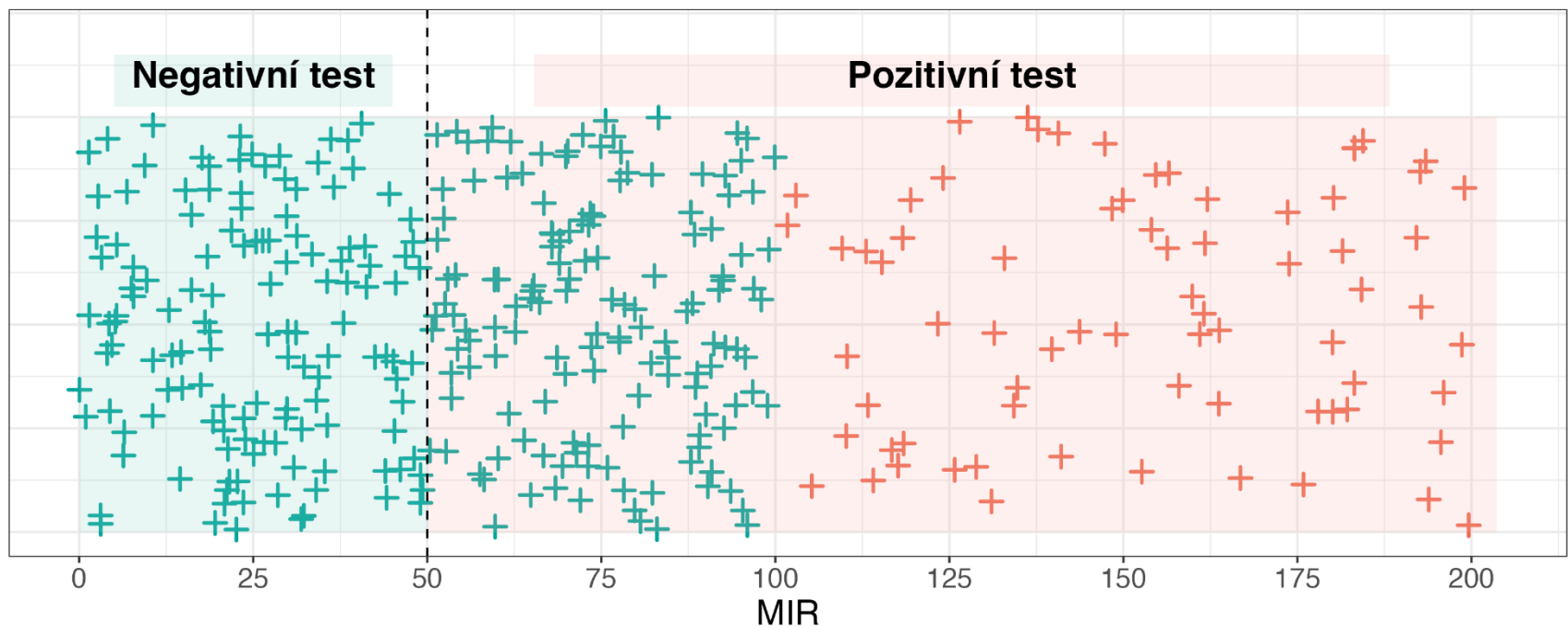


Senzitivita:	100,0 %	72,6 %	0,0 %	100,0 %
---------------------	----------------	---------------	--------------	----------------

Specifická:	100,0 %	100,0 %	100,0 %	48,4 %
--------------------	----------------	----------------	----------------	---------------

Prahová hodnota: **100** **130** **200** **50**

Konstrukce ROC křivky



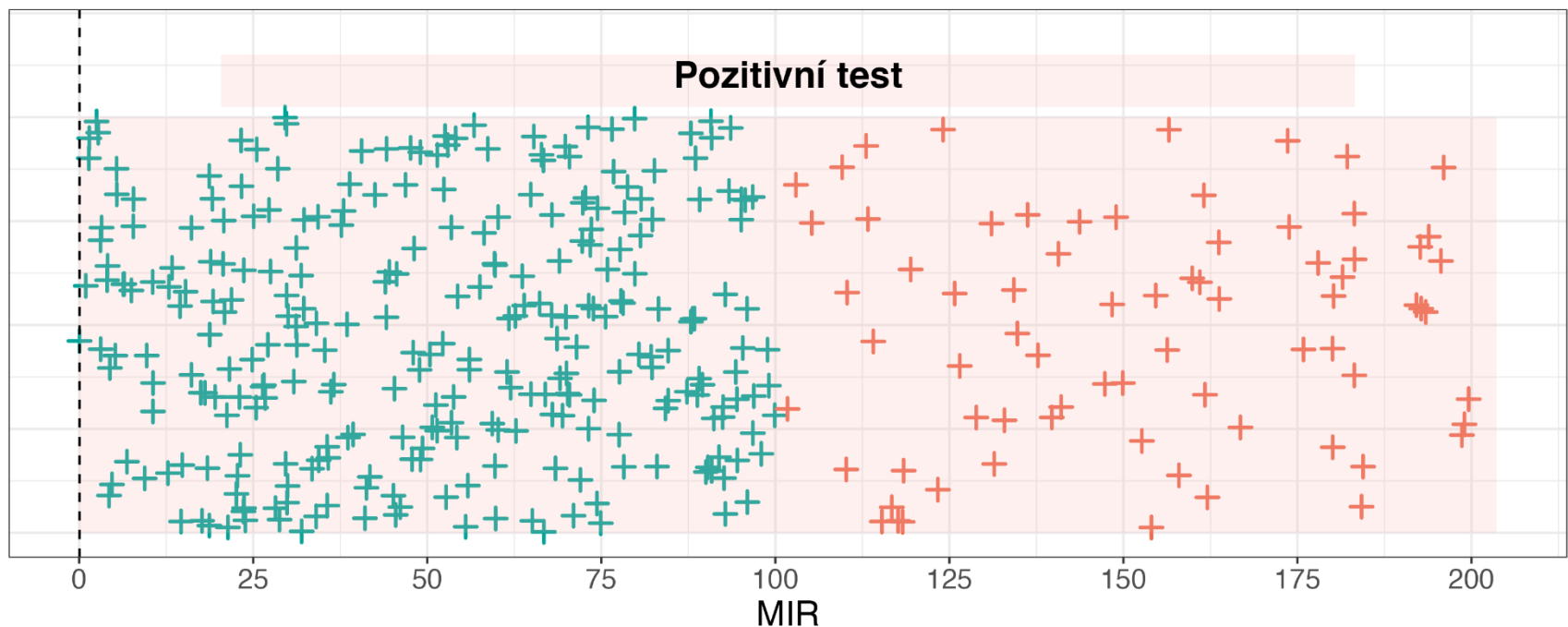
Skutečnost\Test	Pozitivní	Negativní	Celkem
Nemocný	73 (100,0 %)	0 (0,0 %)	73
Zdravý	143 (51,6 %)	134 (48,4 %)	277
Celkem	216 (61,7 %)	134 (38,3 %)	350

Senzitivita: 100,0 %

Specificita: 48,4 %

Prahová hodnota 50

Konstrukce ROC křivky



Skutečný stav

- + Nemocný
- + Zdravý

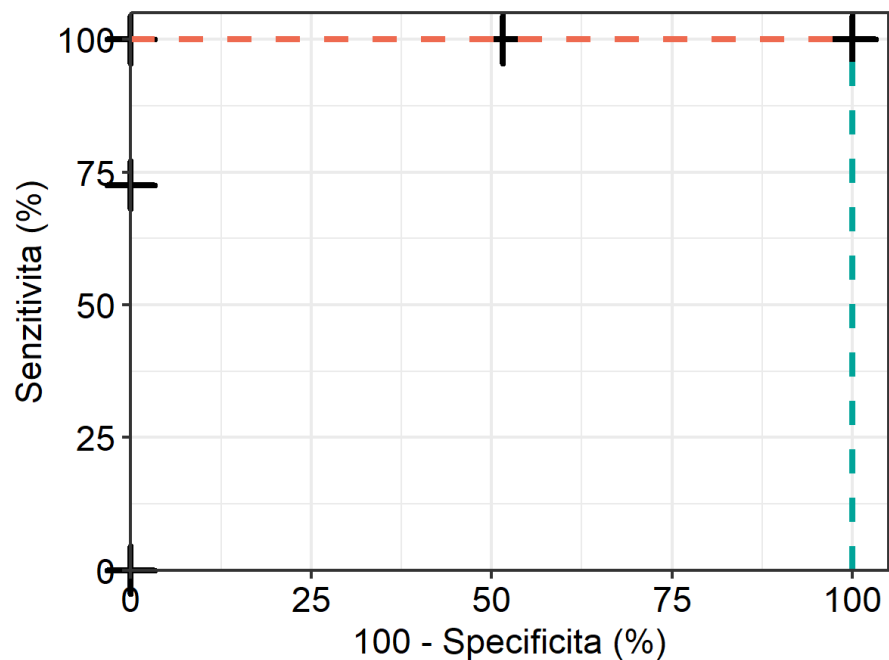
Skutečnost\Test	Pozitivní	Negativní	Celkem
Nemocný	73 (100,0 %)	0 (0,0 %)	73
Zdravý	277 (100,0 %)	0 (0,0 %)	277
Celkem	350 (100,0 %)	0 (0,0 %)	350

Senzitivita: 100,0 %

Specifická: 0,0 %

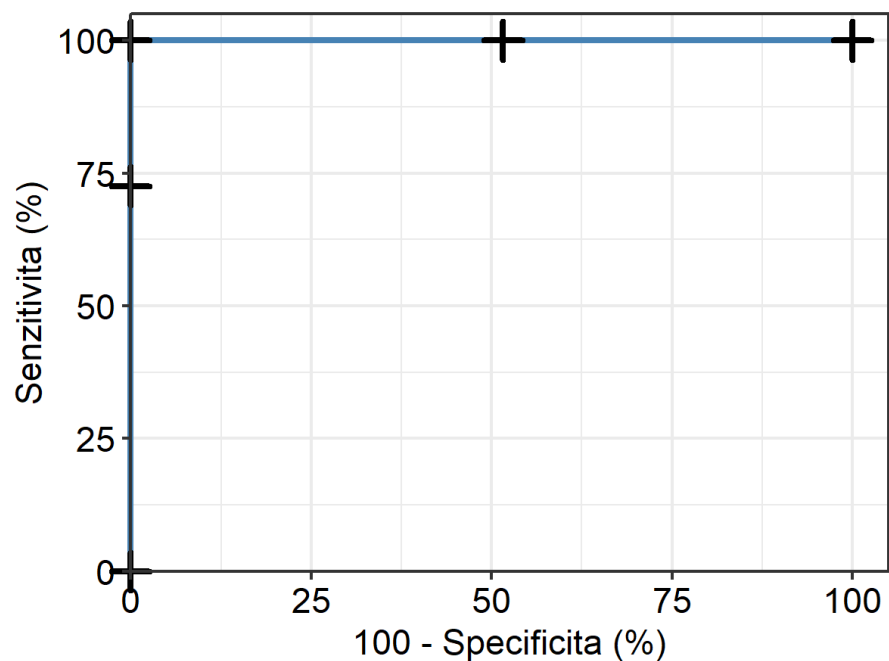
Prahová hodnota: 0

Konstrukce ROC křivky



Senzitivita:	100,0 %	72,6 %	0,0 %	100,0 %	100,0 %
Specifická:	100,0 %	100,0 %	100,0 %	48,4 %	0,0 %
Prahová hodnota:	100	130	200	50	0

ROC křivka

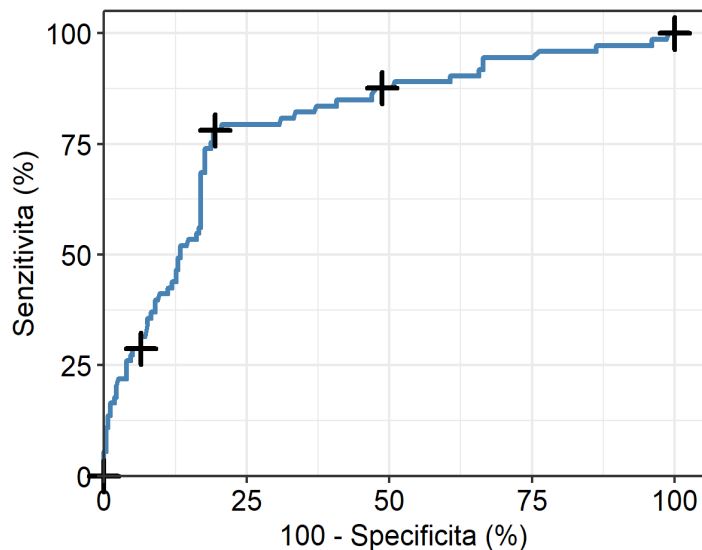


Senzitivita:	100,0 %	72,6 %	0,0 %	100,0 %	100,0 %
Specifická:	100,0 %	100,0 %	100,0 %	48,4 %	0,0 %
Prahová hodnota:	100	130	200	50	0

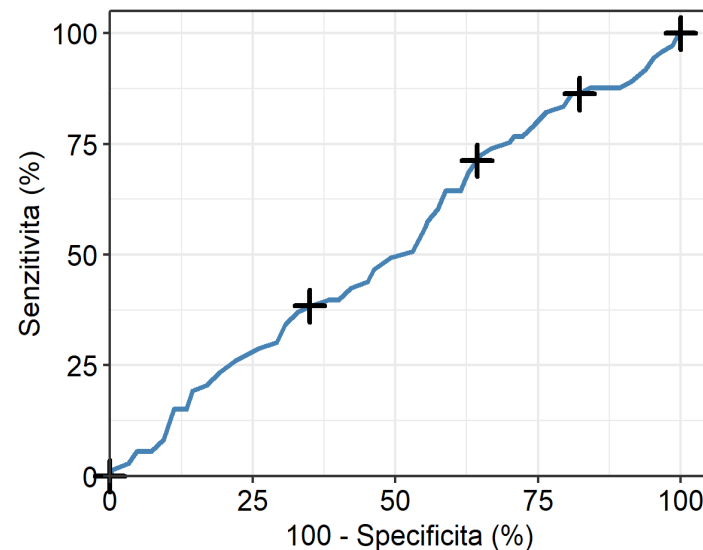
ROC křivka – nástroj pro posouzení kvality testu



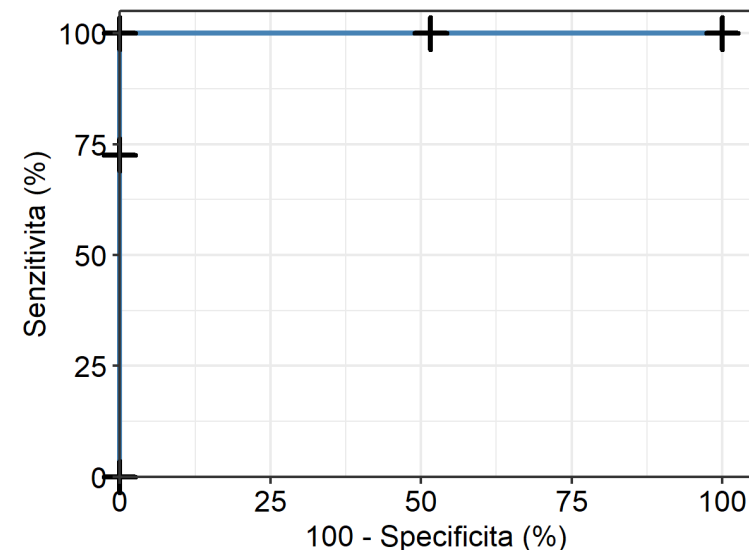
Glykémie



Výška



MIR

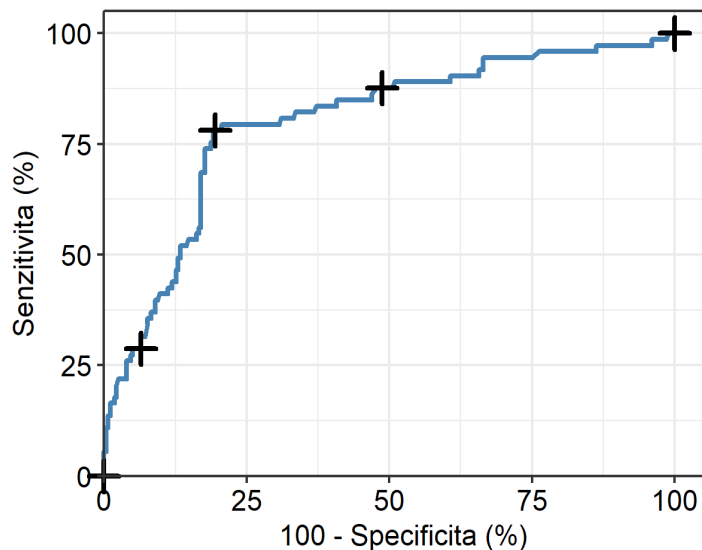


Který z analyzovaných parametrů je **nejhorší** ve smyslu rozpoznávání zdravých a nemocných probandů?

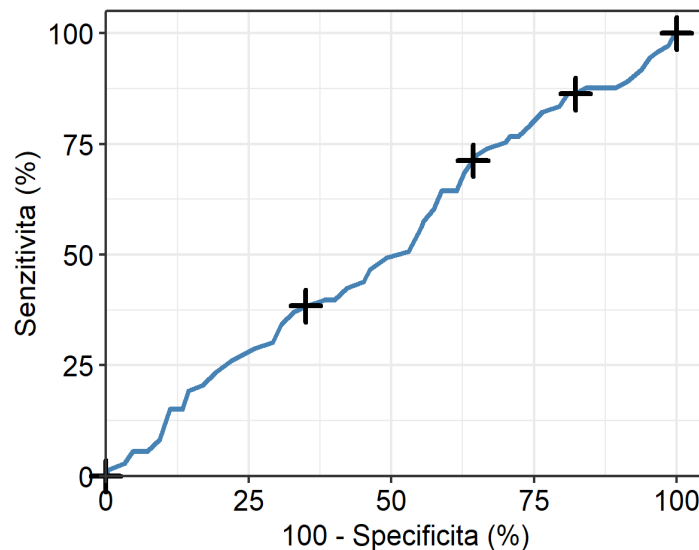
ROC křivka – nástroj pro posouzení kvality testu



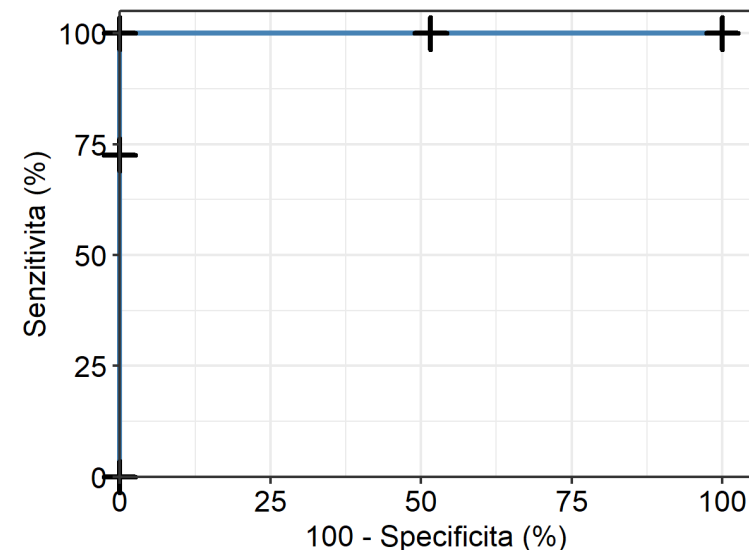
Glykémie



Výška



MIR



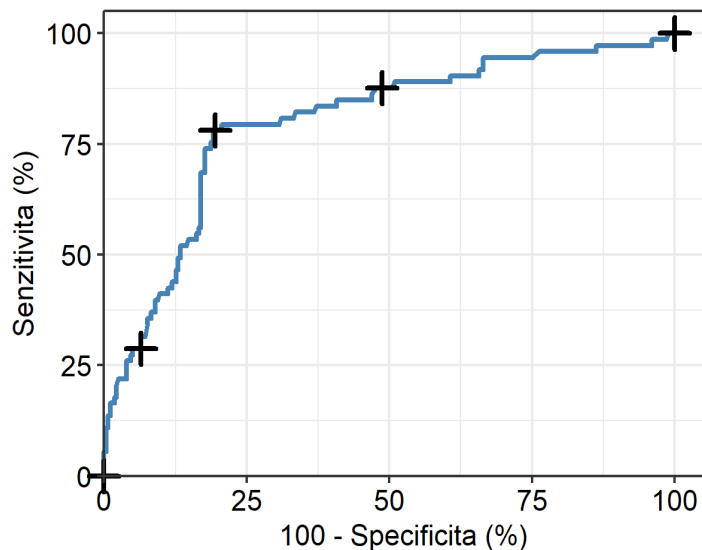
Který z analyzovaných parametrů je **nejhorší** ve smyslu rozpoznávání zdravých a nemocných probandů?

Výška

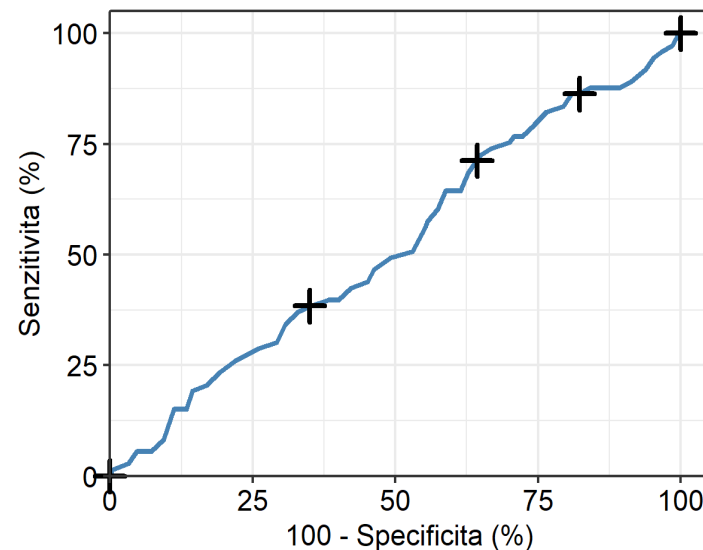
ROC křivka – nástroj pro posouzení kvality testu



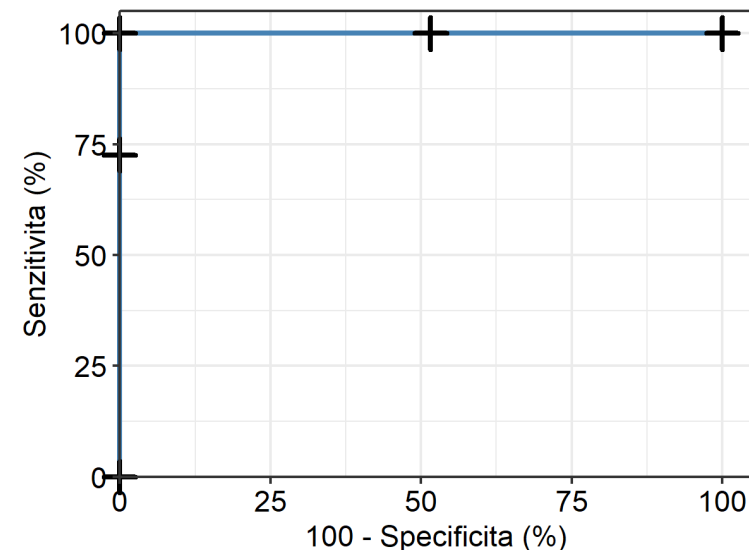
Glykémie



Výška



MIR

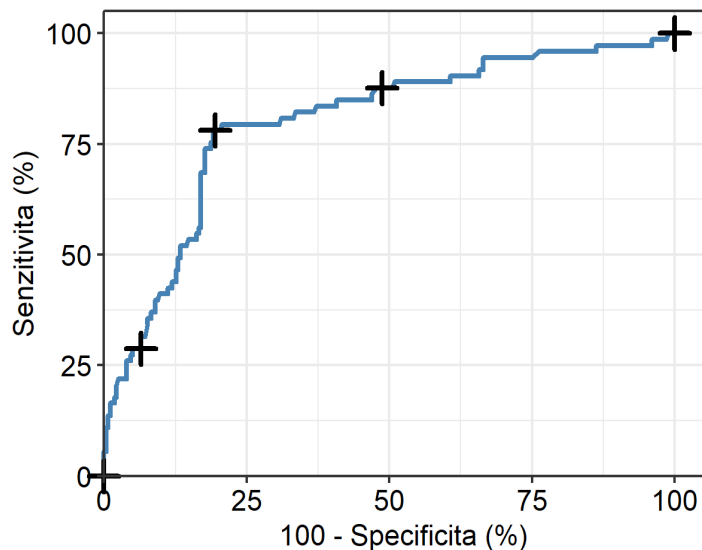


Který z analyzovaných parametrů je **nejlepší** ve smyslu rozpoznávání zdravých a nemocných probandů?

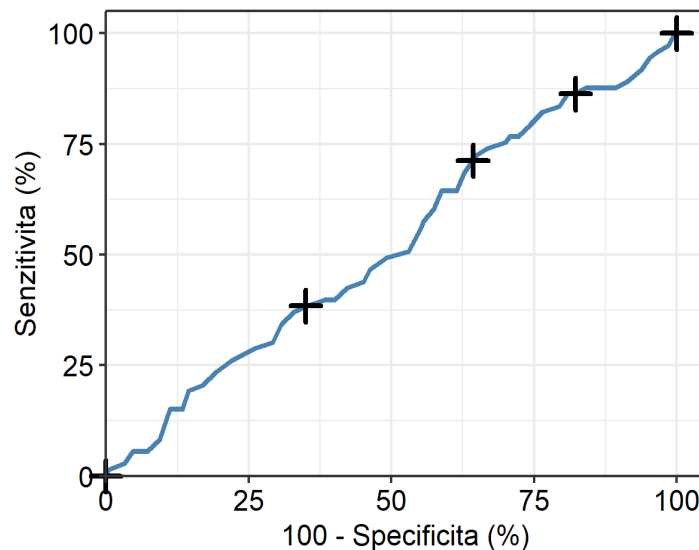
ROC křivka – nástroj pro posouzení kvality testu



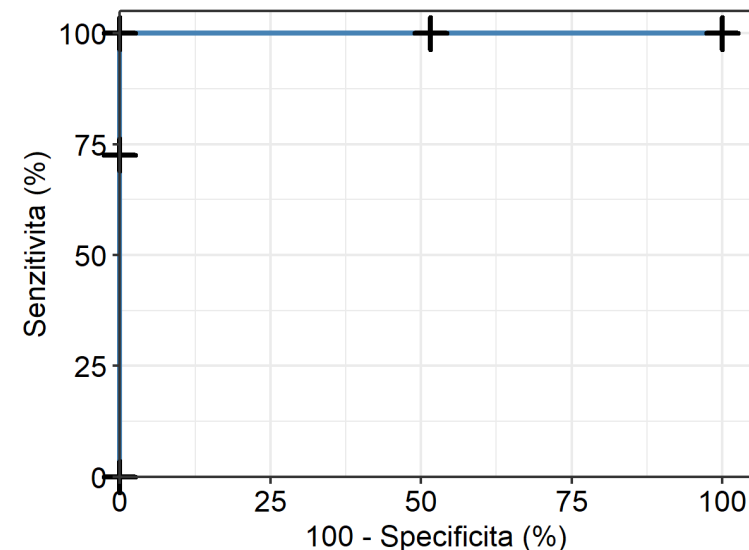
Glykémie



Výška



MIR



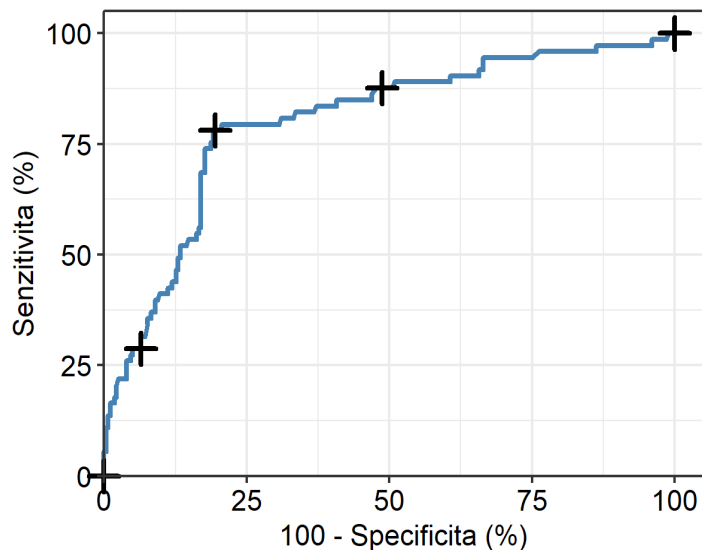
Který z analyzovaných parametrů je **nejlepší** ve smyslu rozpoznávání zdravých a nemocných probandů?

MIR

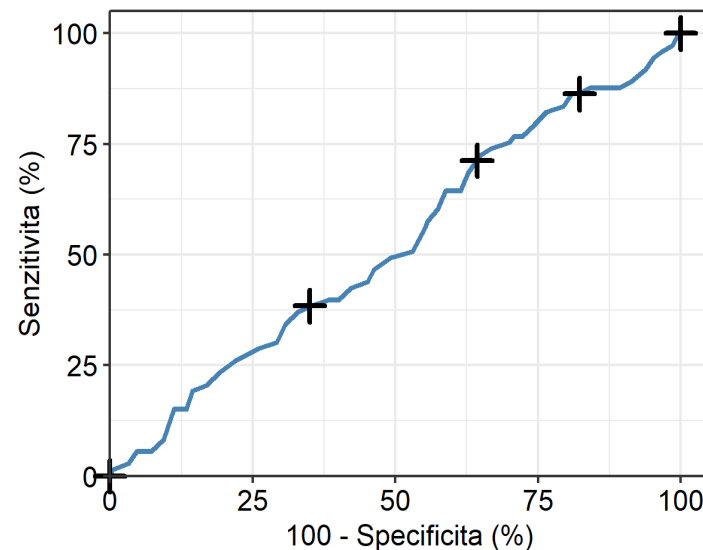
ROC křivka – nástroj pro posouzení kvality testu



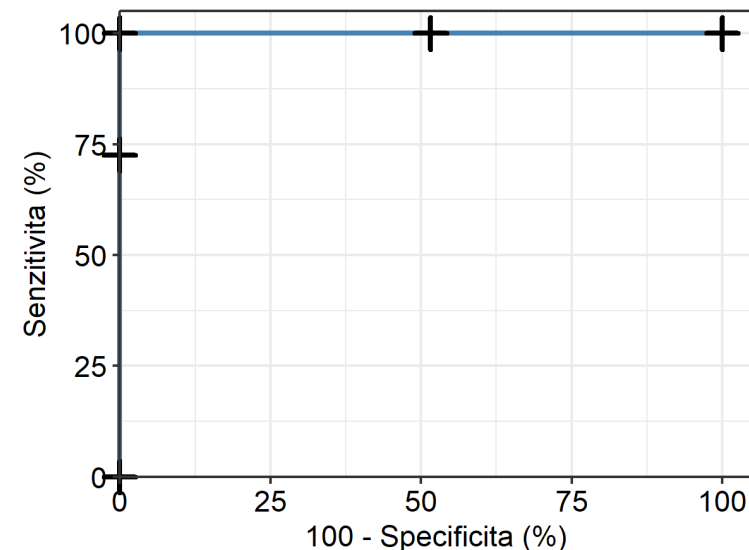
Glykémie



Výška

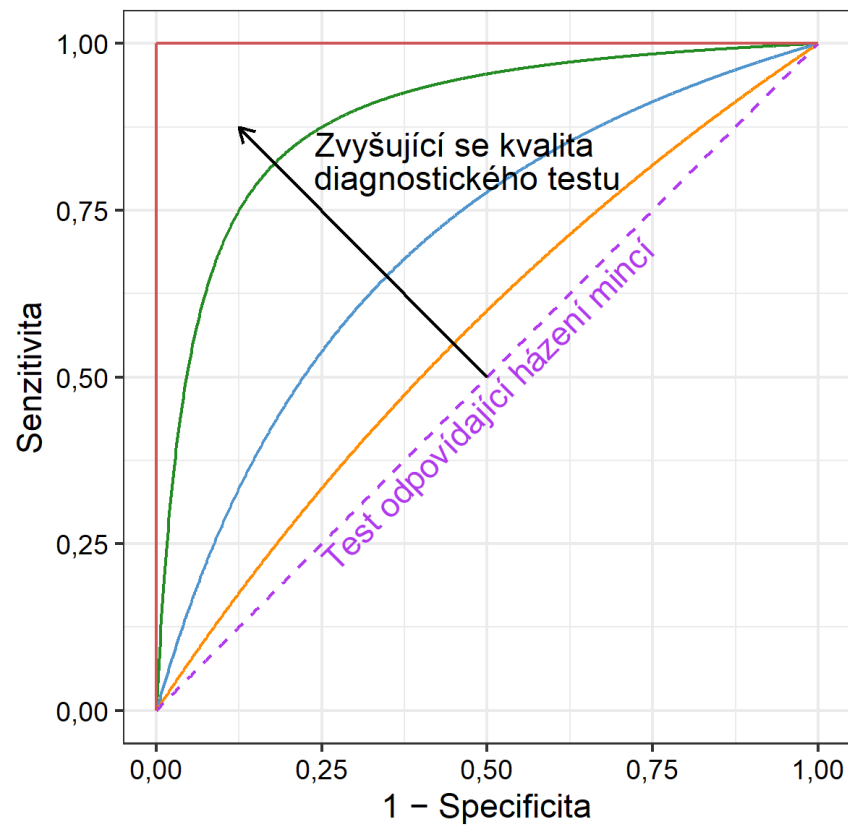


MIR

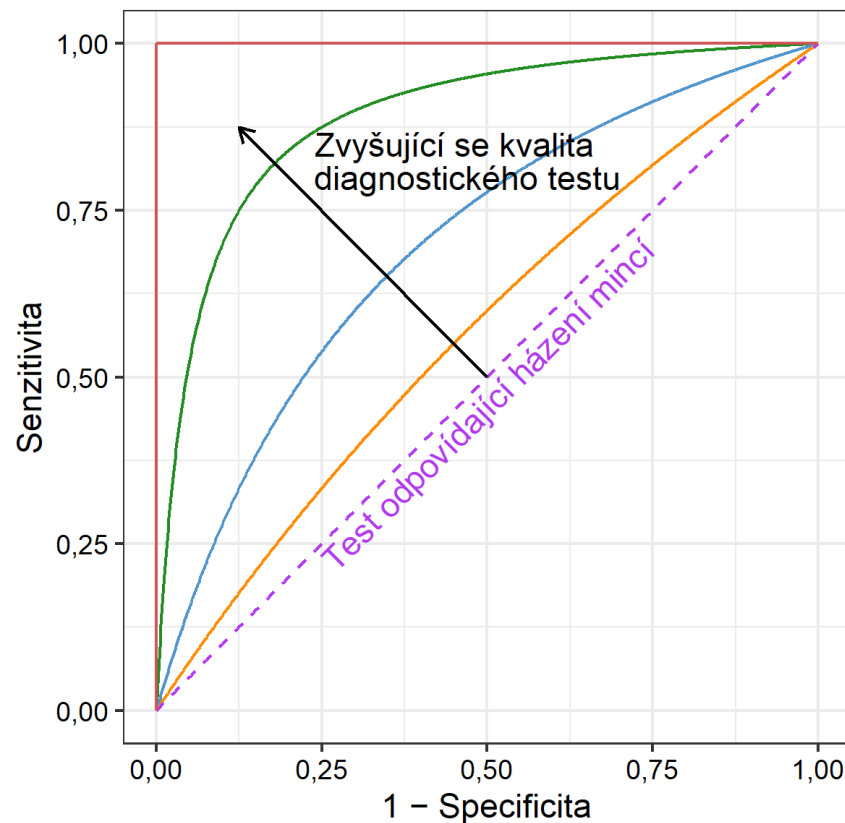


Dokázali byste **zformulovat obecné pravidlo** o vlastnostech či podobě ROC křivek, na základě kterého rozhodujeme o tom, který parametr je „lepší“ ve smyslu rozpoznávání zdravých a nemocných?

ROC křivka – nástroj pro posouzení kvality testu

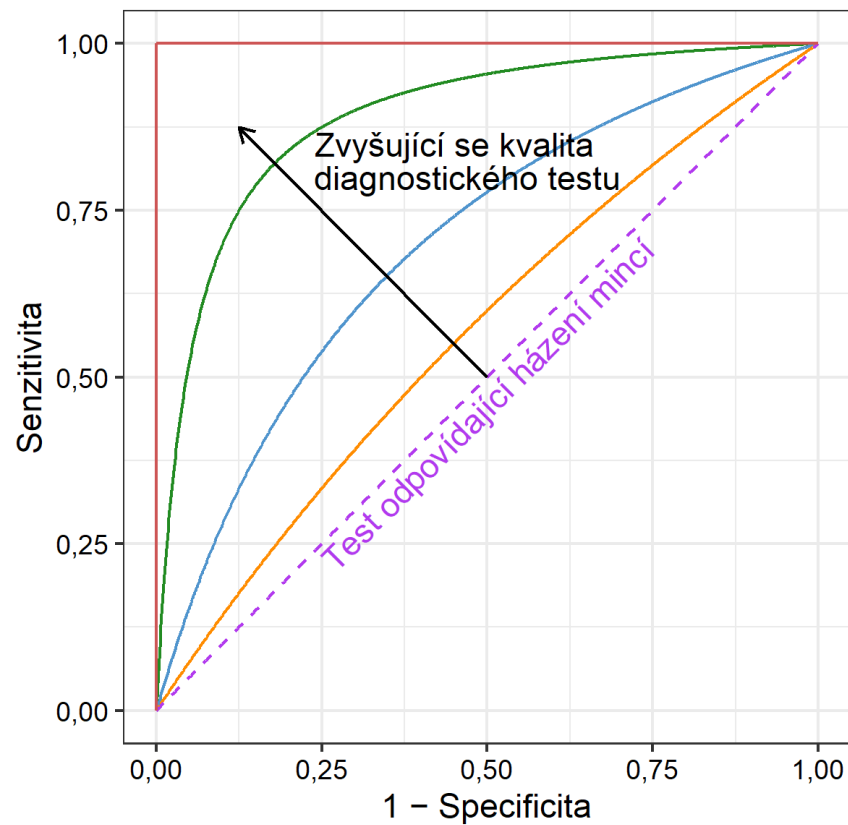


ROC křivka – nástroj pro posouzení kvality testu



Dokázali byste **vymyslet číselnou charakteristiku** (odvozenou z ROC křivky), která by byla schopna graf nahradit, resp. poskytnout představu o tvaru ROC křivek a umožnit jejich srovnání?

ROC křivka – nástroj pro posouzení kvality testu

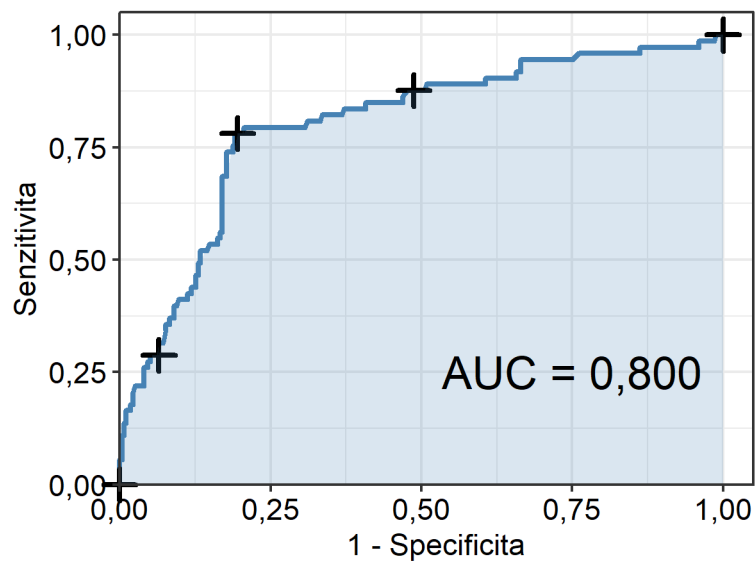


AUC = Area under the ROC curve = Plocha pod ROC křivkou

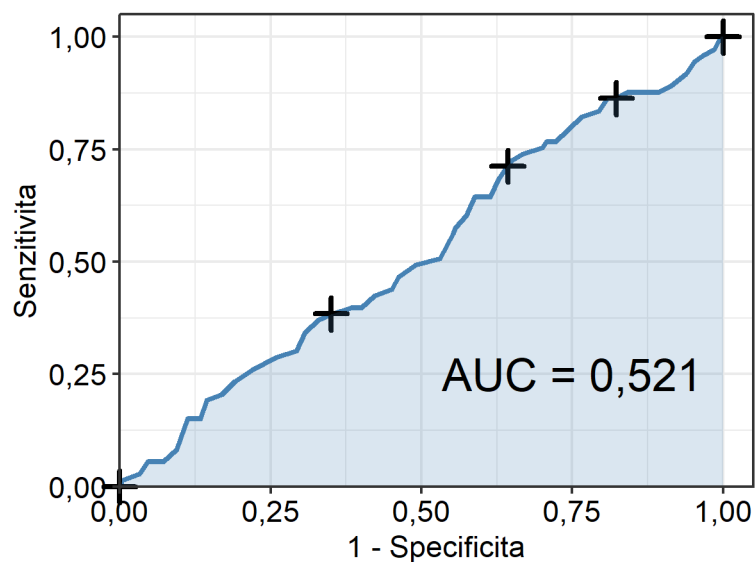
ROC křivka – nástroj pro posouzení kvality testu



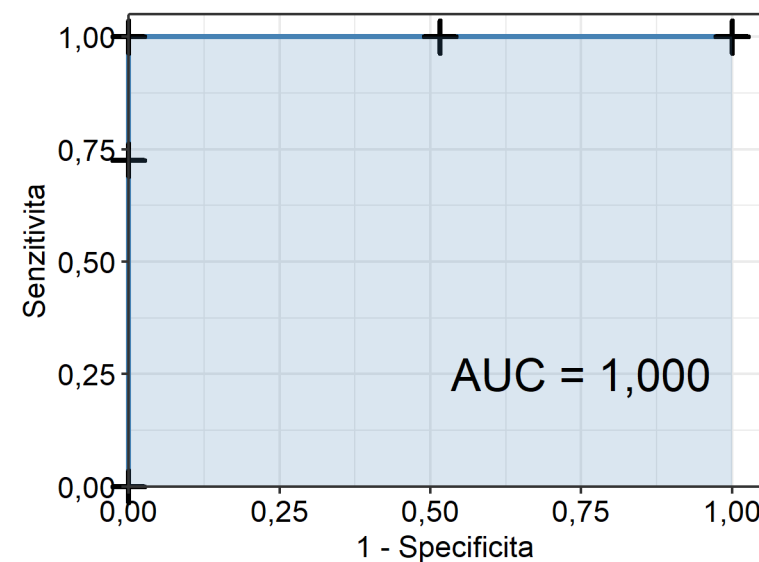
Glykémie



Výška



MIR

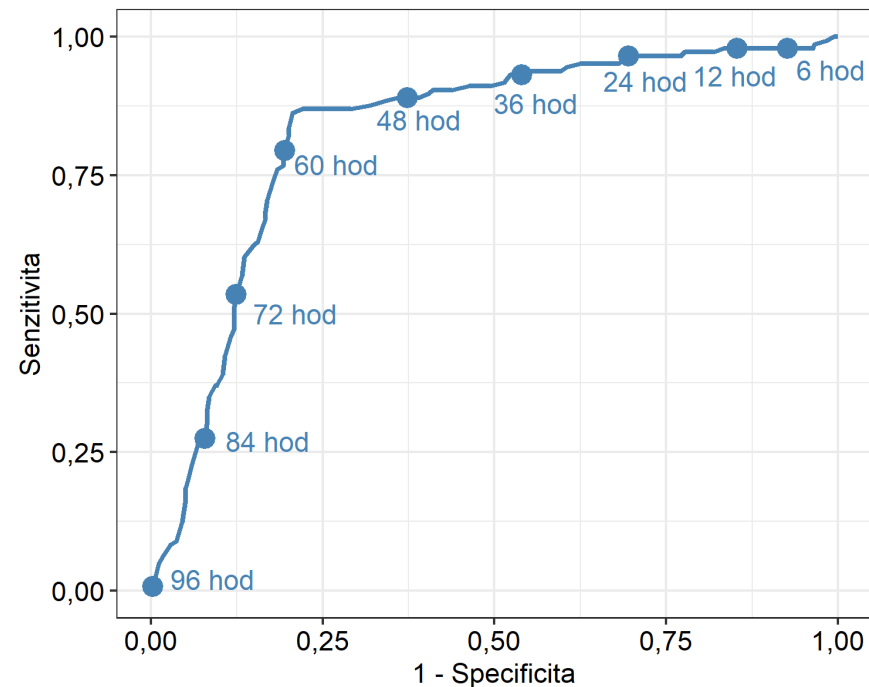


Jak doopravdy funguje FPG test?



- Zkratka FPG pochází z anglického *Fasting Plasma Glucose*.
- Jedná se o měření hladiny glykémie v krvi nalačno – po alespoň osmihodinovém lačnění je pacientovi odebrána krev a je zjištěna hladina glykémie.
- Práh pro diagnózu diabetu je 7,00 mmol/l. Diabetes je diagnostikován, pokud je práh překročen u pacienta opakovaně a vyskytují se u něj další klinické příznaky diabetu.
- Hladina glykémie pod hodnotou 5,60 mmol/l diagnózu diabetu vylučuje.
- Pacienti s hladinou glykémie v rozmezí 5,60–6,99 mmol/l bývají posíláni na další vyšetření.

Na níže uvedeném grafu je ROC křivka pro test detekující nespokojeného zákazníka firmy nabízející úklid domácnosti v závislosti na době odezvy na zákaznickou poptávku.



Odhadněte prahovou hodnotu dobu odezvy firmy (± 1 hod) pro vytvoření „nejlepšího“ testu z hlediska rovnováhy mezi jeho senzitivitou a specificitou.



Děkujeme za pozornost!

martina.litschmannova@vsb.cz

adela.konde@vsb.cz



VŠB TECHNICKÁ
UNIVERZITA
OSTRAVA

FAKULTA
ELEKTROTECHNIKY
A INFORMATIKY

KATEDRA
APLIKOVANÉ
MATEMATIKY