

# Translace

(druhý krok genové exprese)



*Od RNA k proteinu*

Milada Roštejnská

Helena Klímová

# Obsah

Genetický kód

tRNA

Aminoacyl-tRNA-synthetasa

Translace probíhá na ribosomech

Iniciace translace

Elongace translace (prodlužování řetězce)

Terminace translace

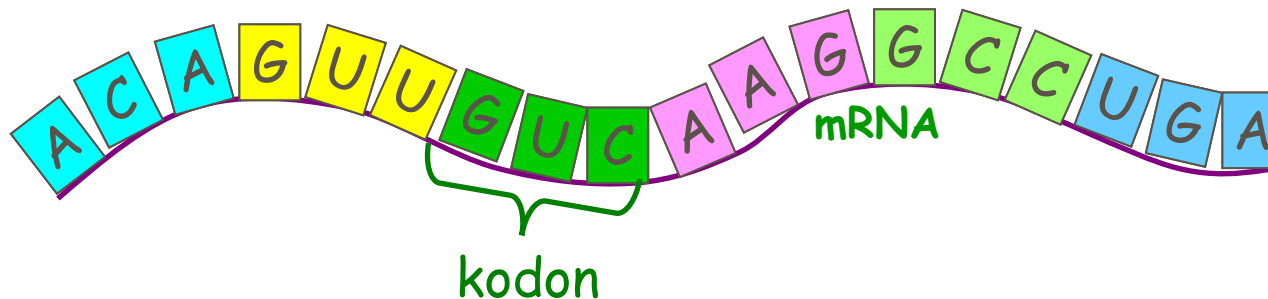
Použitá literatura

# Genetický kód

Jakmile vznikne funkční mRNA, informace v ní obsažená může být ihned použita pro **syntézu proteinu**.

Pravidla, kterými se řídí prostřednictvím mRNA přenos z nukleotidové sekvence DNA do aminokyselinové sekvence, jsou definovaná jako **GENETICKÝ KÓD**.

Sekvence nukleotidů mRNA je čtena po trojicích.



**Obsah**

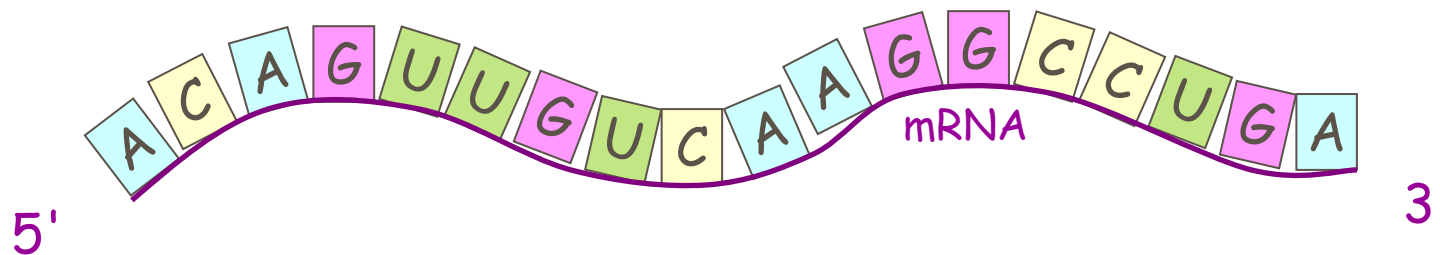
Každá skupina tří nukleotidů se nazývá **kodon**.

# Genetický kód

Dohromady lze vytvořit **64** ( $4^3$ ) kombinací trojic nukleotidů.

Některé aminokyseliny přísluší i několika tripletům, ale naopak jednomu tripletu přísluší nanejvýš jedna aminokyselina.

V genetickém kódu platí konvence, že 5'-konec nukleotidové sekvence mRNA je zapisován vlevo!

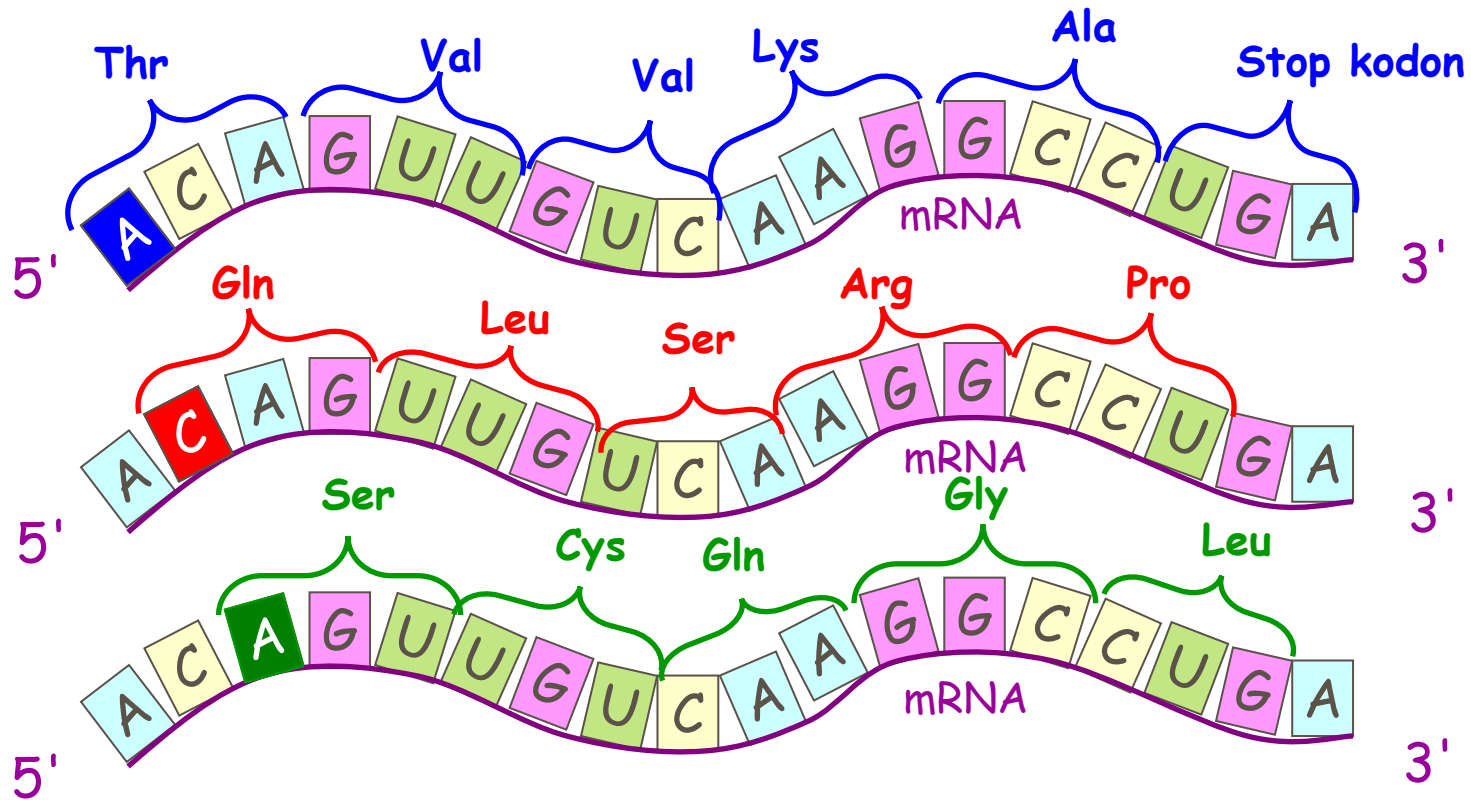


Genetický kód je téměř univerzální pro všechny organismy.

Obsah

# Genetický kód

V principu může být mRNA překládána ve všech třech čtecích rámcích podle toho, u kterého nukleotidu translace začne.



Avšak jen v jednom čtecím rámci vzniká požadovaný protein.

Obsah

		Druhý nukleotid					
		U	C	A	G		
První nukleotid	U	UUU fenyalanin	UCU serin	UAU tyrosin	UGU cystein	U	Třetí nukleotid
		UUC fenyalanin	UCC serin	UAC tyrosin	UGC cystein	C	
		UUA leucin	UCA serin	<b>UAA stop kodon</b>	<b>UGA stop kodon</b>	A	
		UUG leucin	UCG serin	<b>UAG stop kodon</b>	UGG tryptofan	G	
	C	CUU leucin	CCU prolin	CAU histidin	CGU arginin	U	
		CUC leucin	CCC prolin	CAC histidin	CGC arginin	C	
		CUA leucin	CCA prolin	CAA glutamin	CGA arginin	A	
		CUG leucin	CCG prolin	CAG glutamin	CGG arginin	G	
	A	AUU isoleucin	ACU threonin	AAU asparagin	AGU serin	U	
		AUC isoleucin	ACC threonin	AAC asparagin	AGC serin	C	
		AUA isoleucin	ACA threonin	AAA lysin	AGA arginin	A	
		<b>AUG methionin</b>	ACG threonin	AAG lysin	AGG arginin	G	
	G	GUU valin	GCU alanin	GAU kyselina asparagová	GGU glycin	U	
		GUC valin	GCC alanin	GAC kyselina asparagová	GGC glycin	C	
		GUA valin	GCA alanin	GAA kyselina glutamová	GGA glycin	A	
		GUG valin	GCG alanin	GAG kyselina glutamová	GGG glycin	G	

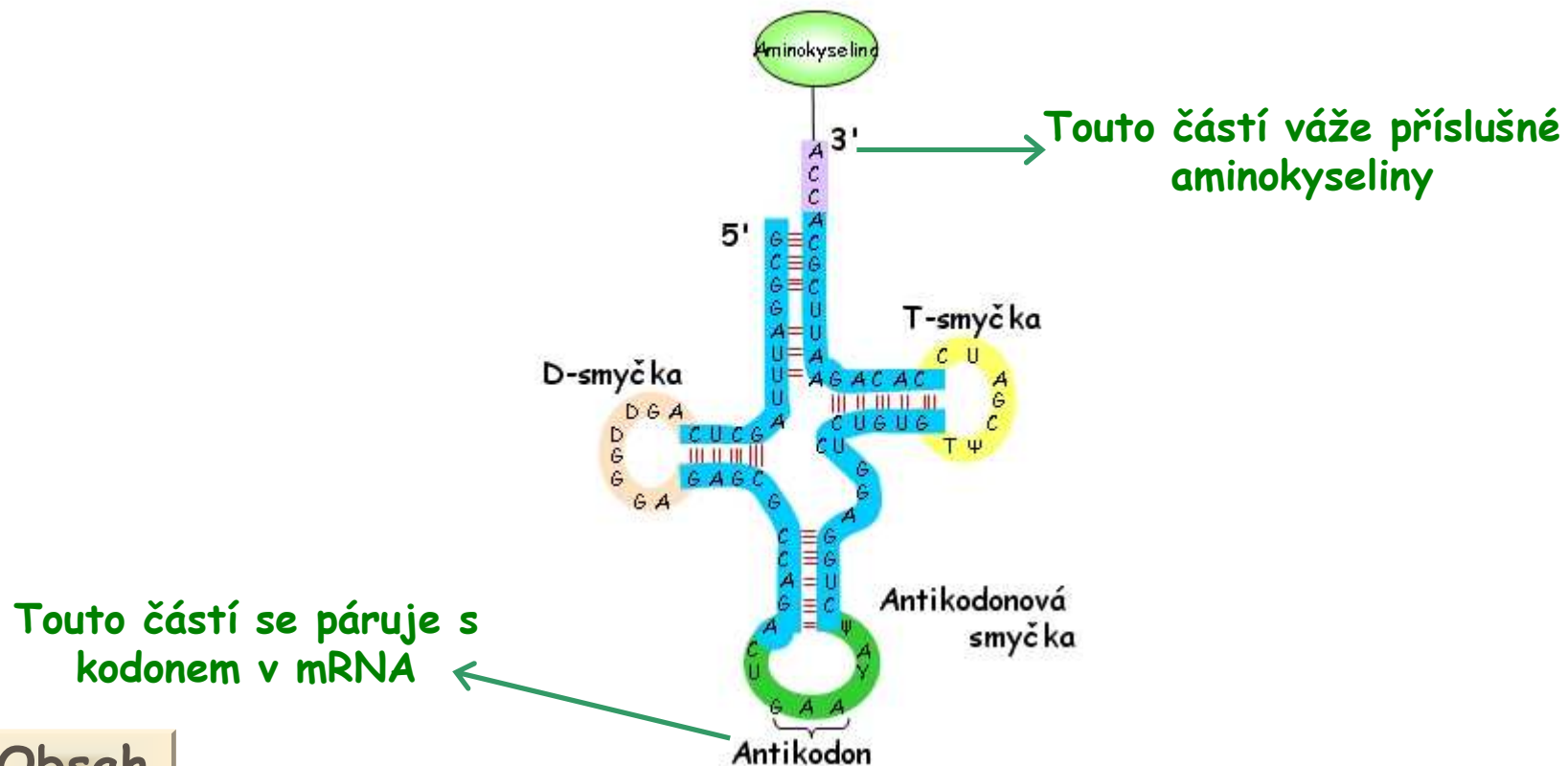
Obsah

Tab. 1 Genetický kód

# tRNA

Kodony v mRNA nerozpoznávají přímo aminokyseliny, které specifikují.

Translace mRNA do proteinu závisí na tRNA (transferová RNA), která je schopna jednou částí molekuly rozpoznat a spárovat se s kodonem v mRNA a jinou částí vázat aminokyselinu.



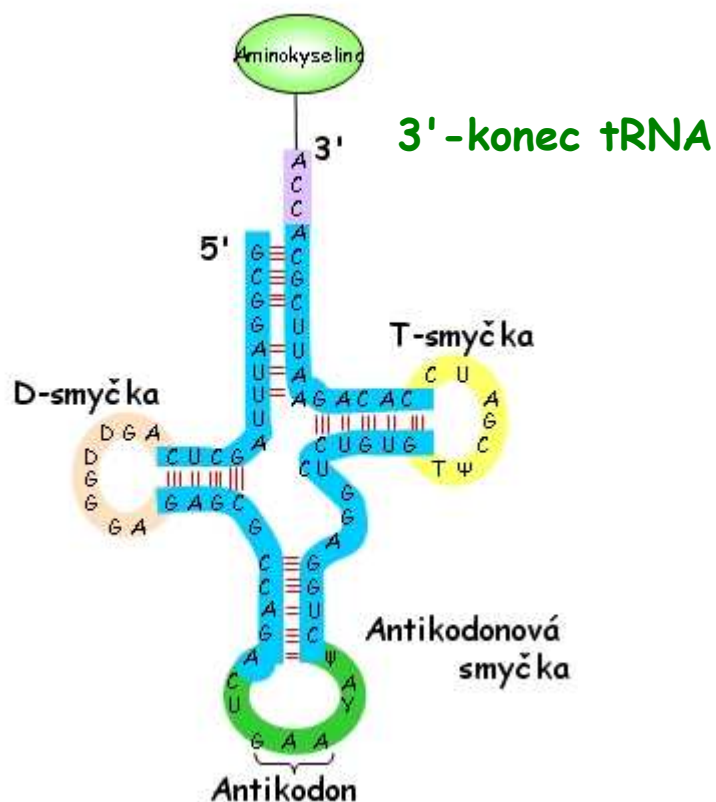
Obsah

Obr. 1. Struktura tRNA

# Struktura tRNA

Jedna s částí tRNA se nazývá **antikodon**, což jsou tři nukleotidy komplementární ke kodonu v mRNA.

Další důležitou oblastí je 3'-konec (vždy končí sekvencí CCA), na který je navázána příslušná aminokyselina.



Obsah

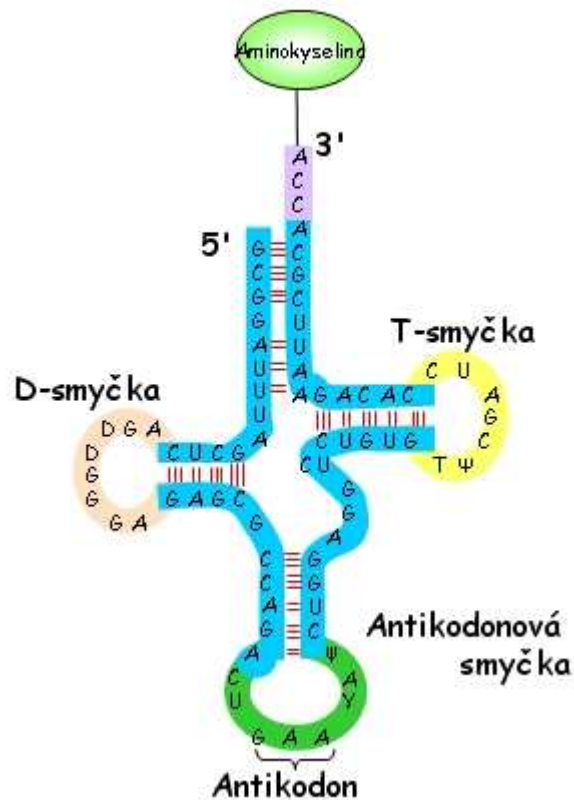
Obr. 1. Struktura tRNA



# Struktura tRNA

Molekuly tRNA jsou všechny přibližně 80 nukleotidů dlouhé.

Jejich struktura připomíná jetelový lístek, který podléhá ještě dalšímu sbalení a vytváří konečnou strukturu ve tvaru písmene L.



Struktura  
jetelového lístu

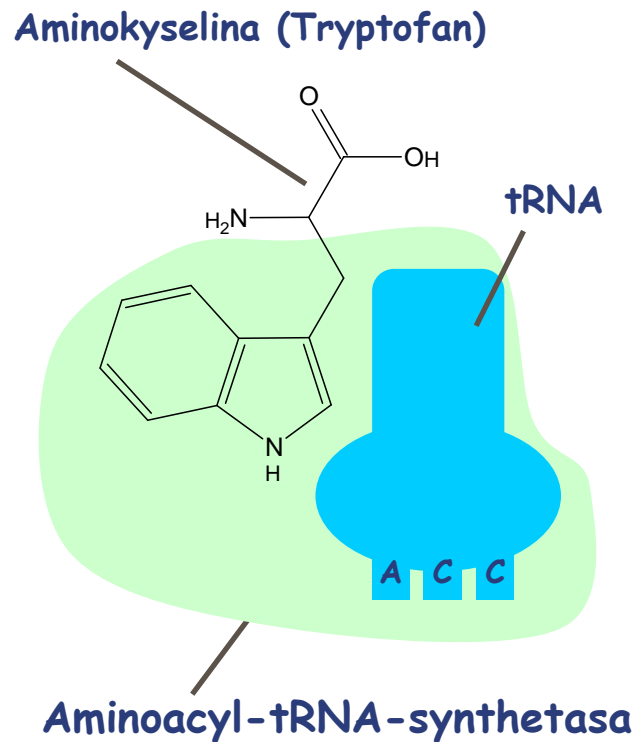


Skutečný L-tvar tRNA

Obr. 2. L-tvar tRNA

# Aminoacyl-tRNA-synthetasa

Rozpoznání a připojení správné aminokyseliny je funkcí enzymů nazývaných **aminoacyl-tRNA-synthetasy**.

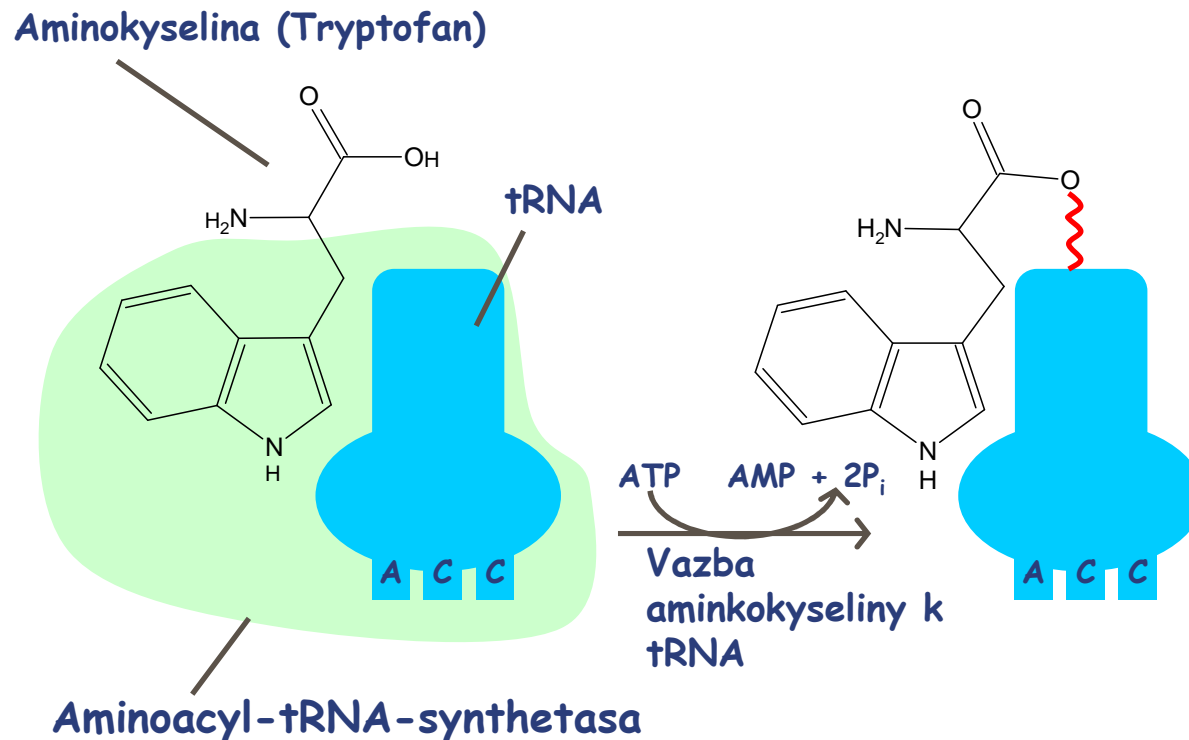


Obsah

Obr. 3. Aminoacyl-tRNA-synthetasa

# Aminoacyl-tRNA-synthetasa

Reakce katalyzovaná aminoacyl-tRNA-synthetasou vyžaduje dodání energie hydrolyzou ATP.

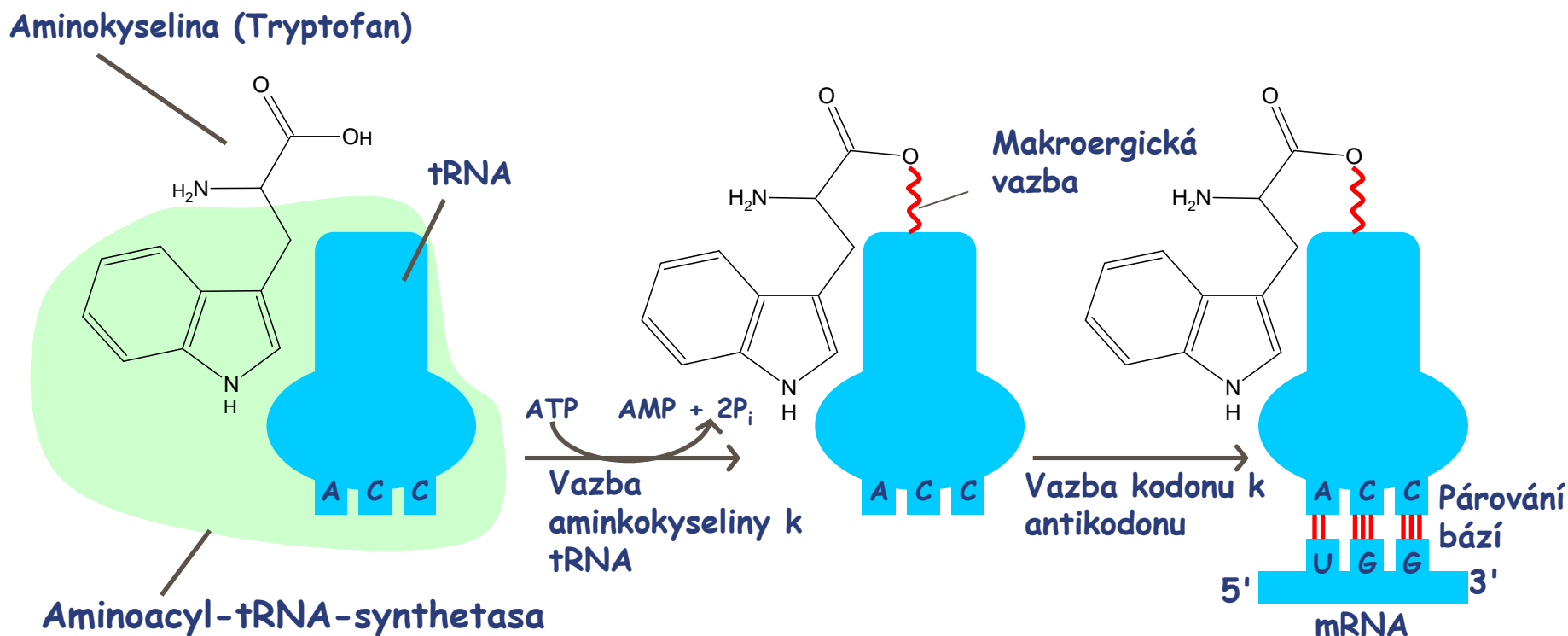


Obsah

Obr. 3. Aminoacyl-tRNA-synthetasa

# Aminoacyl-tRNA-synthetasa

Při této reakci vzniká vysokoenergetická (**makroergická**) vazba mezi tRNA a aminokyselinou. Tato energie je později využita pro tvorbu kovalentní vazby mezi rostoucím polypeptidovým řetězcem a nově navázanou aminokyselinou.



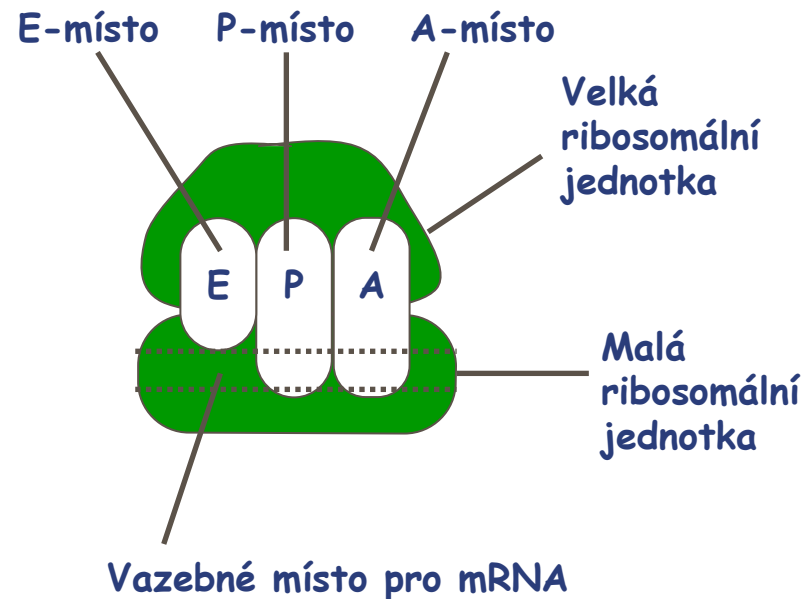
Obsah

Obr. 3. Aminoacyl-tRNA-synthetasa

# Translace probíhá na ribosomech

Ribosom obsahuje čtyři vazebná místa pro molekuly RNA: jedno pro mRNA a tři pro tRNA (E-místo, A-místo, P-místo).

Každý ribosom je tvořen z velké a malé podjednotky.



Obr. 4. Model Ribosomu

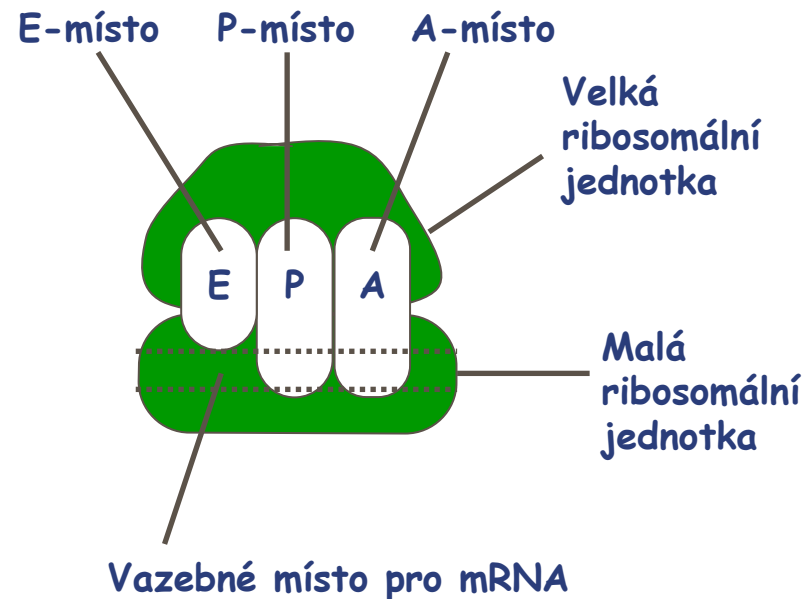
Malá podjednotka zodpovídá za nasednutí tRNA na kodon mRNA.

Velká podjednotka katalyzuje vznik peptidové vazby mezi aminokyselinou a polypeptidovým řetězcem.

Obsah

# Translace probíhá na ribosomech

Obě podjednotky se spojují na molekule mRNA obvykle blízko jejího 5'-konce a zahajují syntézu proteinu.

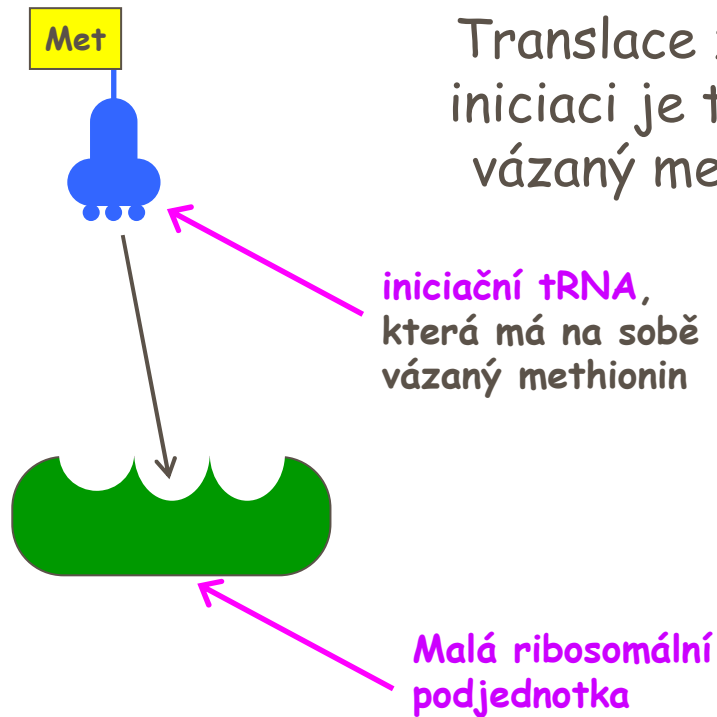


Obr. 4. Model Ribosomu

Ribosom se pohybuje podél mRNA, překládá nukleotidovou sekvenci do aminokyselinové za použití tRNA a po dosyntetizování proteinu se obě jednotky opět oddělí.

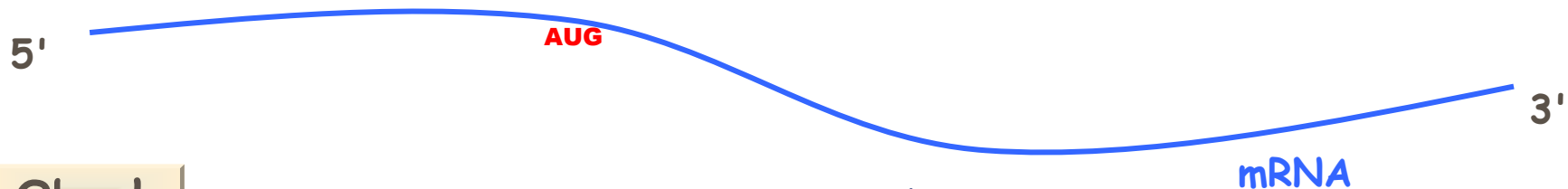
Obsah

# Iniciace translace



Translace začíná na **iniciačním kodonu AUG** a pro iniciaci je třeba **iniciální tRNA**, která má na sobě vázaný methionin (u bakterií formyl-methionin).

U eukaryot je iniciační tRNA s navázaným methioninem připojená k malé ribosomální jednotce za asistence několika tzv. **iniciačních faktorů**.

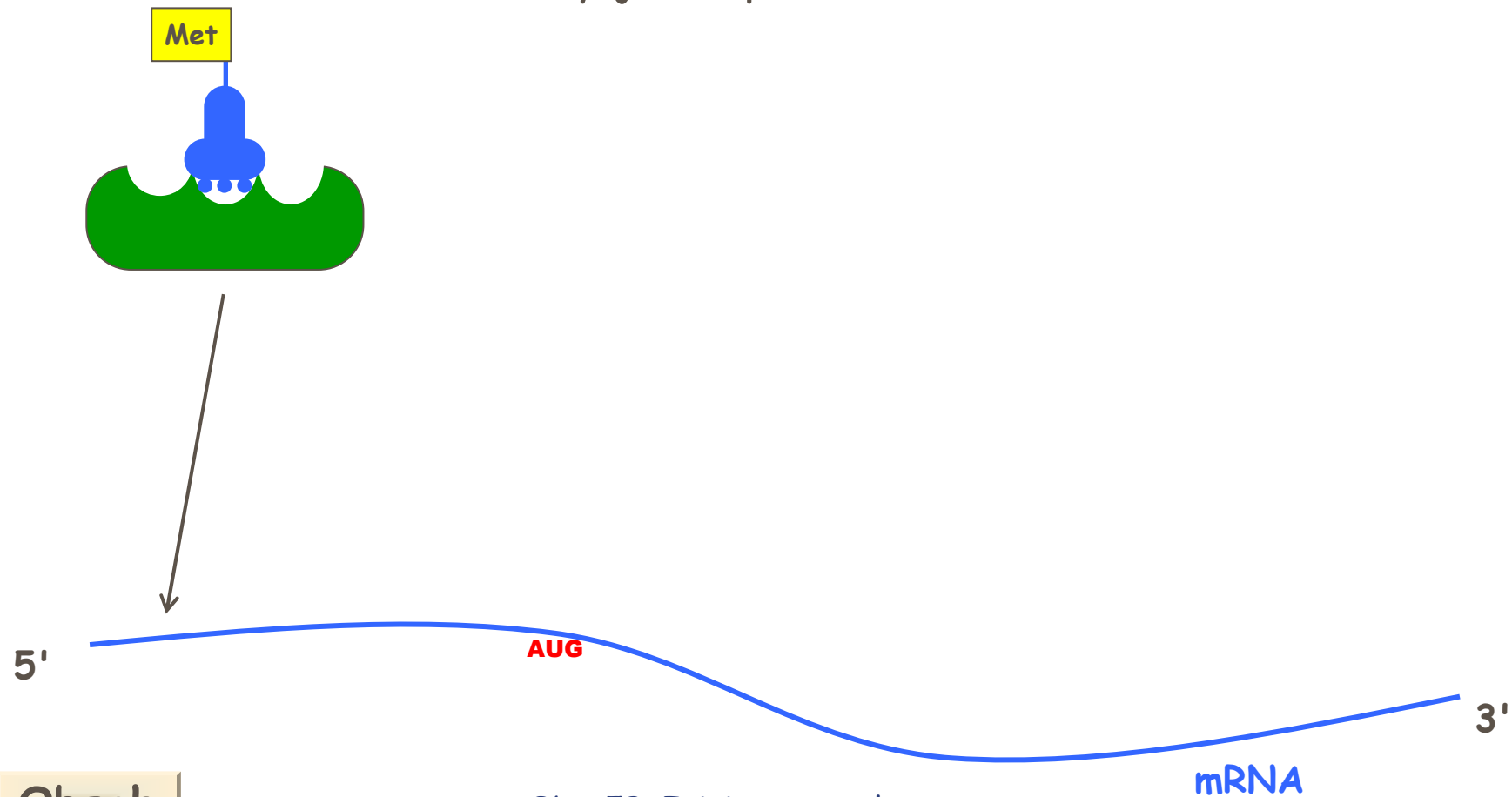


Obsah

Obr. 5A. Iniciace translace

# Iniciace translace

Po navázání iniciační tRNA se malá podjednotka váže na **5'-konec mRNA** a začne se pohybovat podél mRNA ve směru **5' → 3'** a hledat první kodon **AUG**, který je rozpoznán antikodonem iniciační tRNA.



Obsah

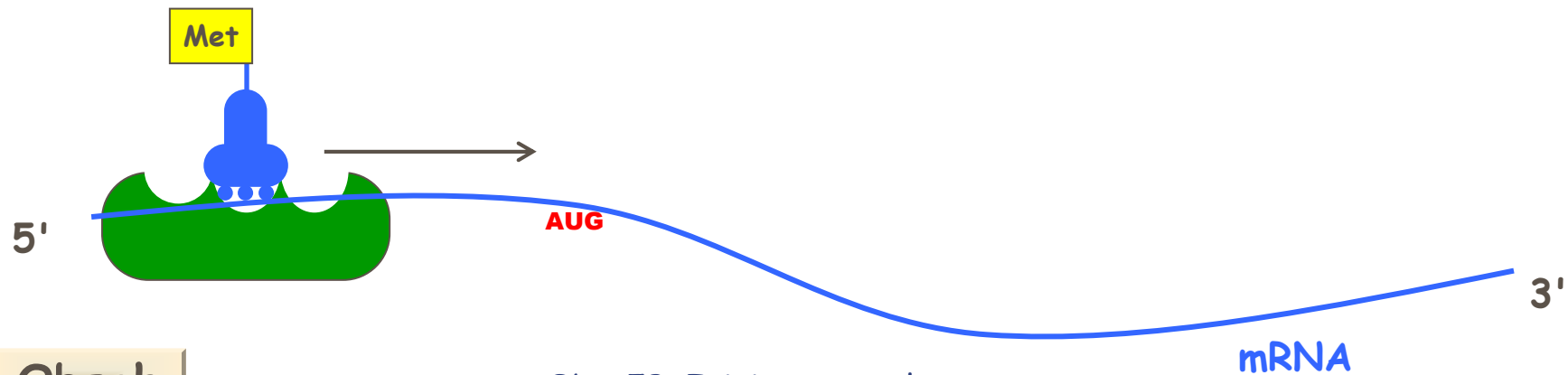
Obr. 5B. Iniciace translace

mRNA



# Iniciace translace

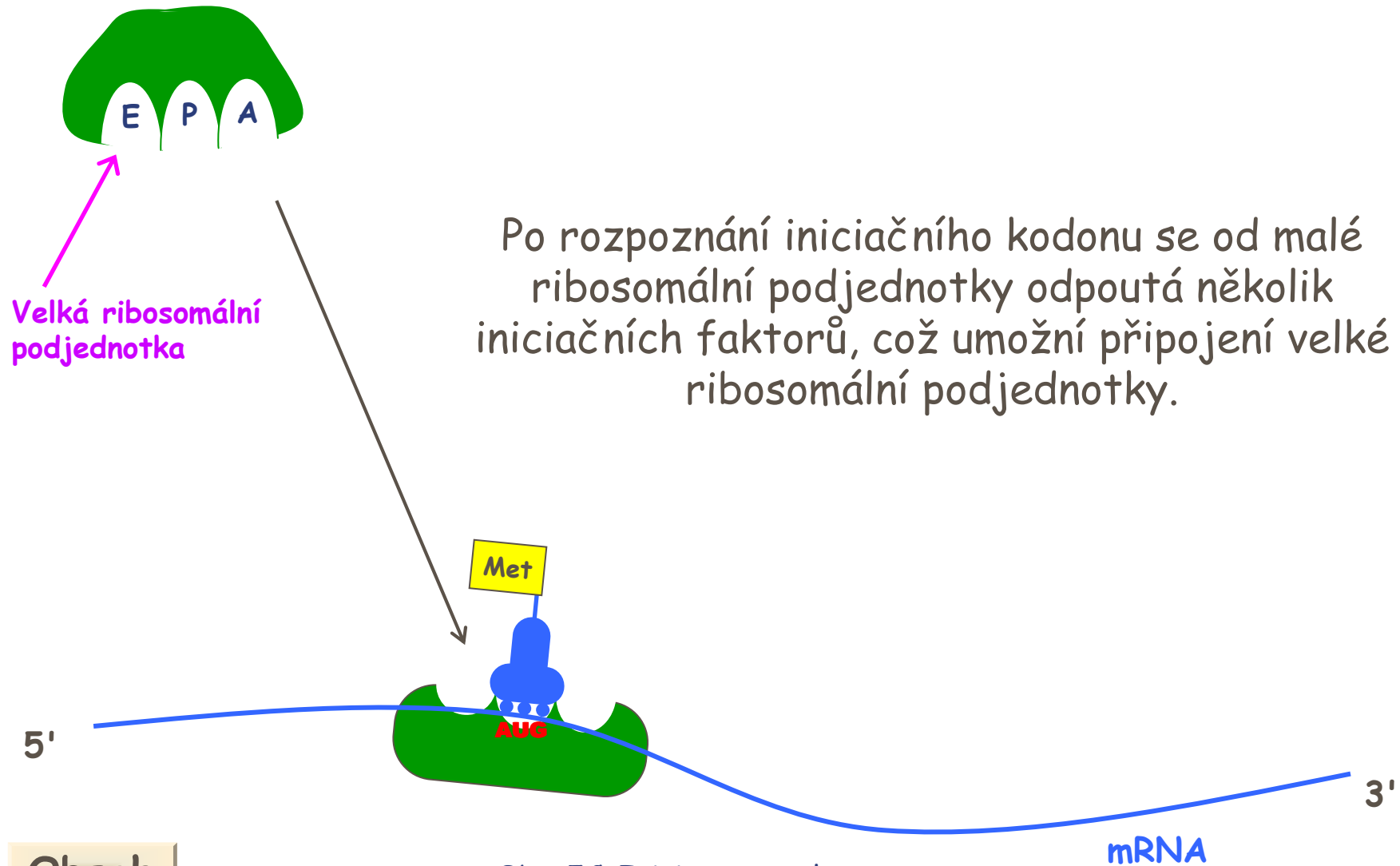
Po navázání iniciační tRNA se malá podjednotka váže na **5'-konec mRNA** a začne se pohybovat podél mRNA ve směru **5' → 3'** a hledat první kodon **AUG**, který je rozpoznán antikodonem iniciační tRNA.



Obsah

Obr. 5B. Iniciace translace

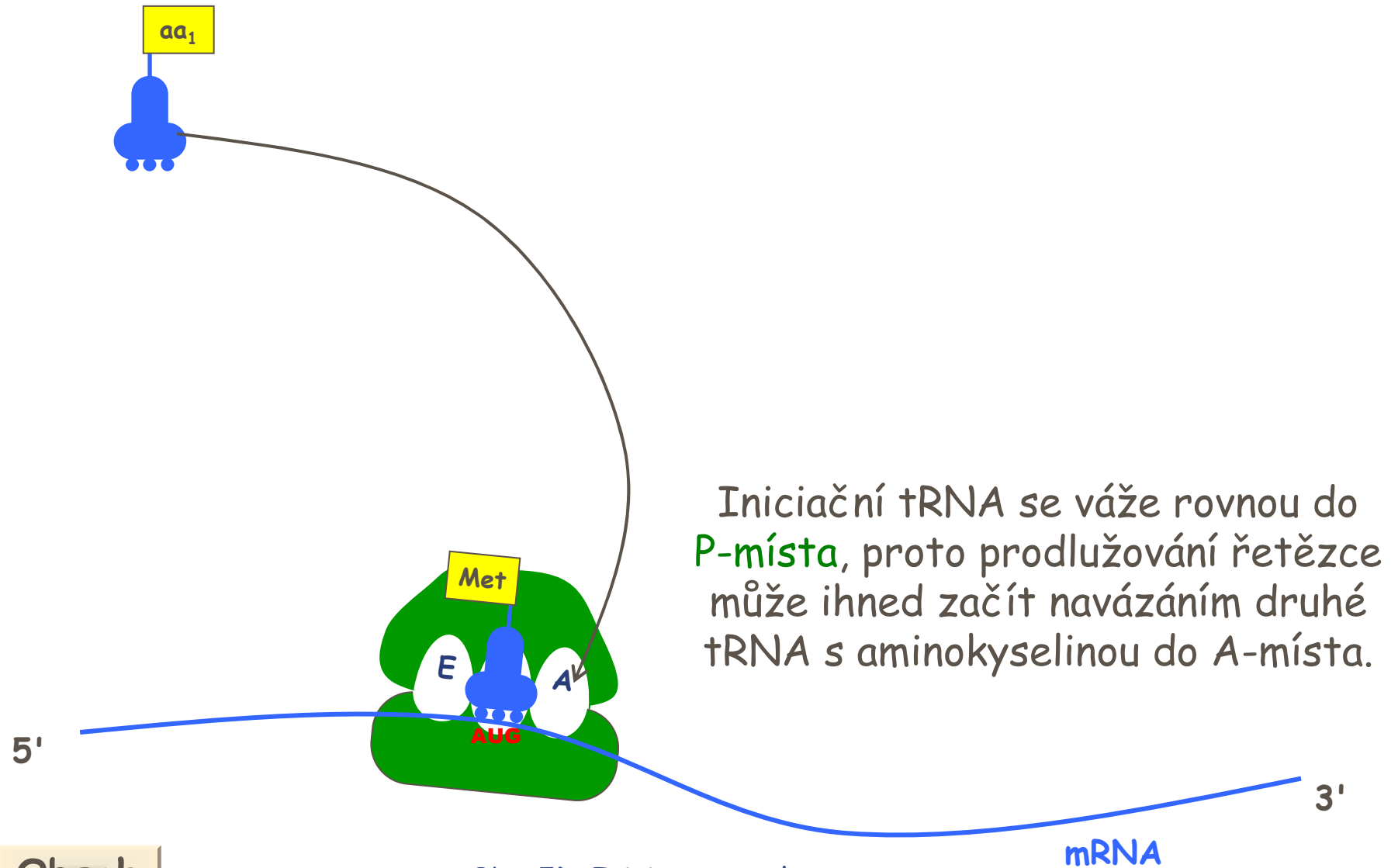
# Iniciace translace



Obsah

Obr. 5C. Iniciace translace

# Iniciace translace



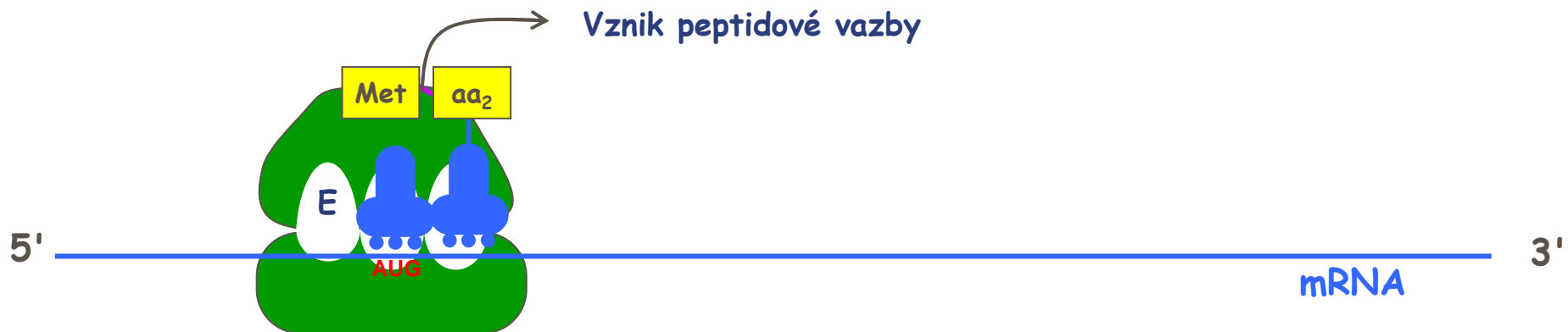
Obsah

Obr. 5D. Iniciace translace

mRNA

# Iniciace translace

V dalším kroku dochází ke vzniku **peptidové vazby** mezi methioninem a přicházející aminokyselinou (aa<sub>2</sub>).



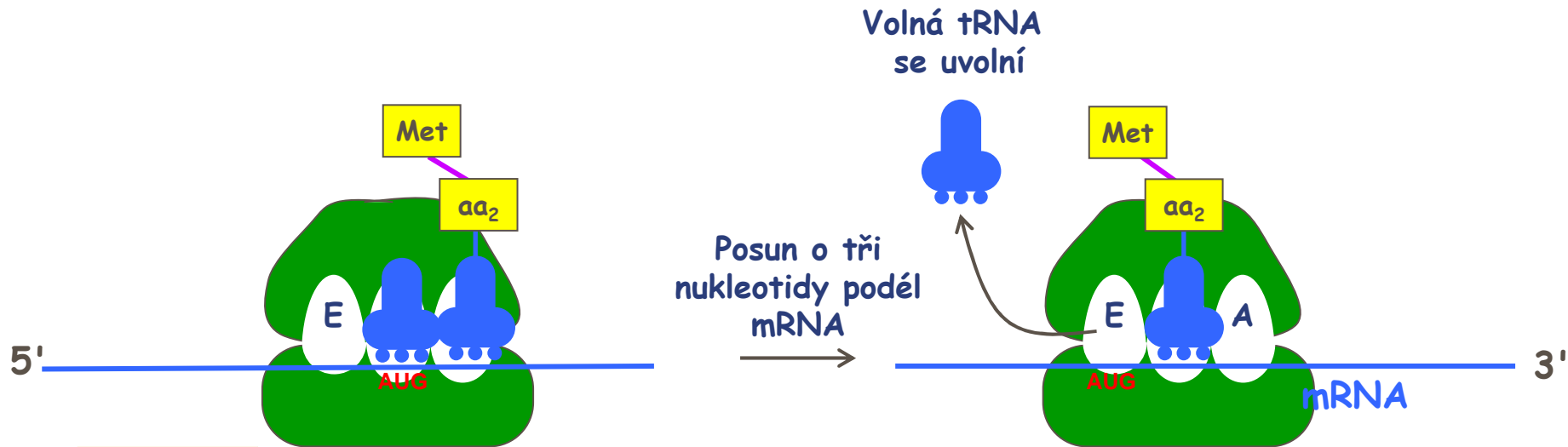
Obsah

Obr. 5E. Iniciace translace

# Iniciace translace

V dalším kroku dochází ke vzniku **peptidové vazby** mezi methioninem a přicházející aminokyselinou ( $aa_2$ ).

Ribosom se posune o 3 nukleotidy podél mRNA.  
tRNA bez navázané aminokyseliny se uvolní z E-místa a tRNA z A-místa se přenesse do P-místa.



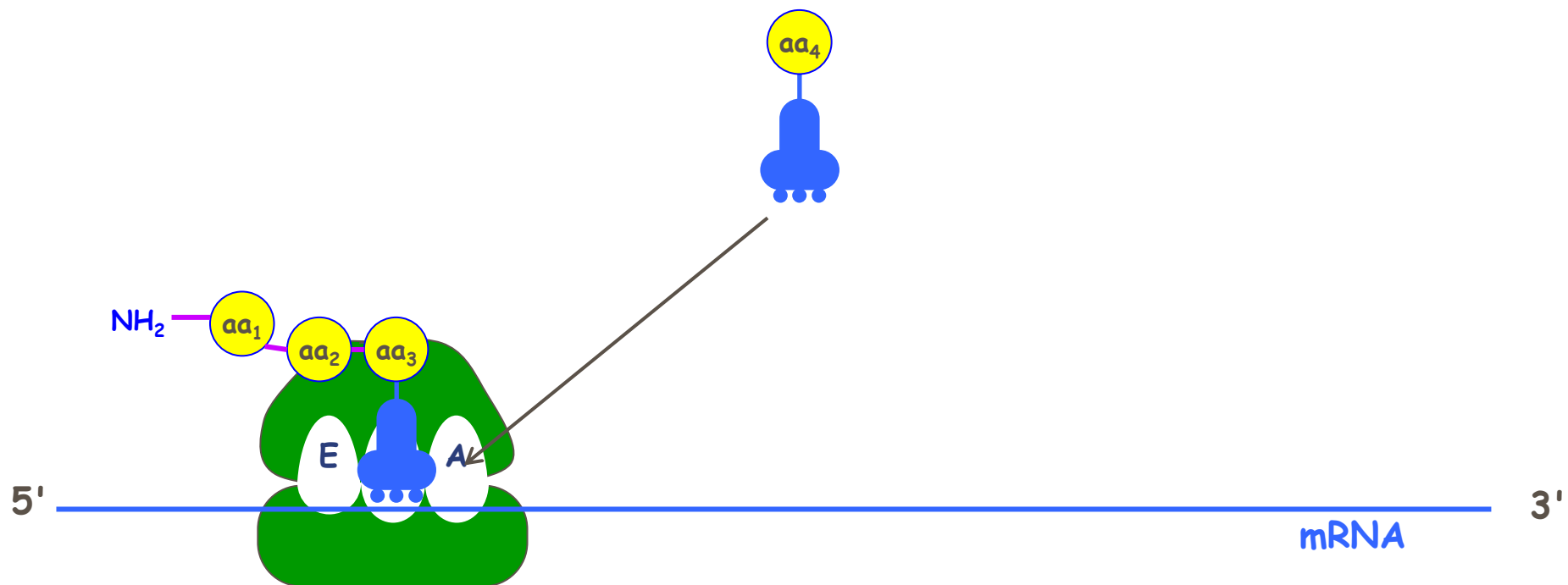
Obsah

Obr. 5F. Iniciace translace

# Elongace translace (prodlužování řetězce)

Při proteosyntéze je neustále opakován tříkrokový cyklus:

- V prvním kroku je aminoacyl-tRNA navázána do A-místa.



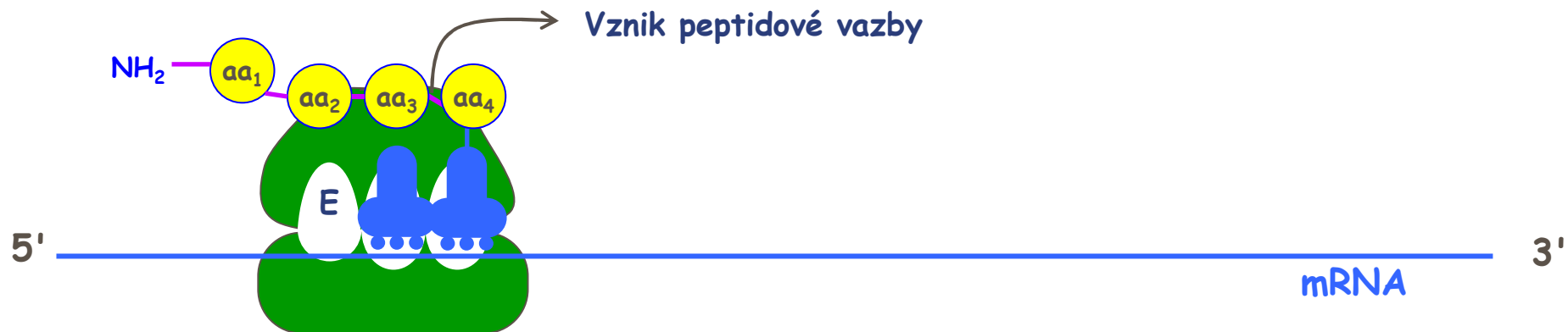
Obsah

Obr. 6A. Elongace translace

# Elongace translace (prodlužování řetězce)

Při proteosyntéze je neustále opakován tříkrokový cyklus:

- V prvním kroku je aminoacyl-tRNA navázána do A-místa.
- Ve druhém kroku dochází ke vzniku peptidové vazby mezi prodlužujícím se řetězcem a přicházející aminokyselinou.



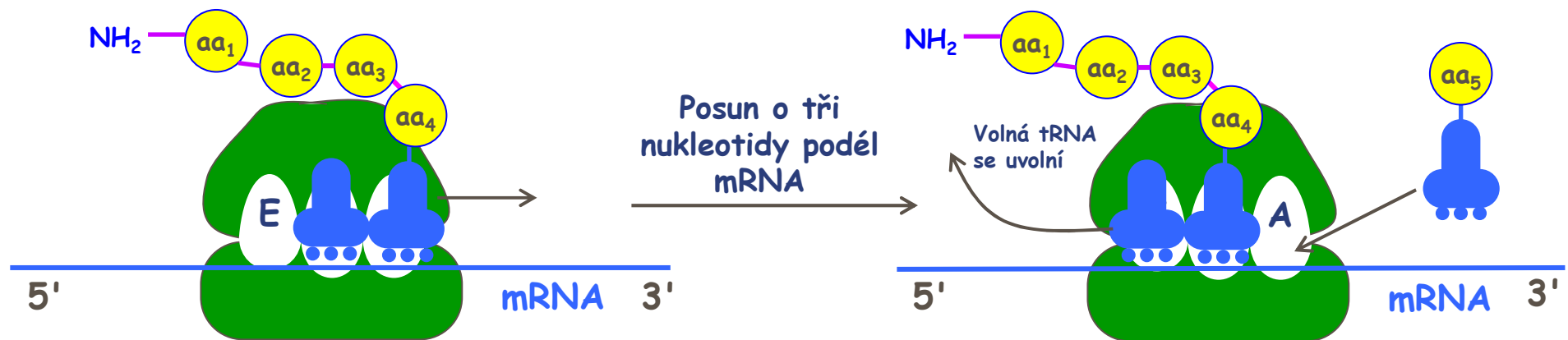
Obsah

Obr. 6B. Elongace translace

# Elongace translace (prodlužování řetězce)

Při proteosyntéze je neustále opakován tříkrokový cyklus:

- V prvním kroku je aminoacyl-tRNA navázána do A-místa.
- Ve druhém kroku dochází ke vzniku peptidové vazby mezi prodlužujícím se řetězcem a přicházející aminokyselinou.
- Ve třetím kroku se ribosom posune o 3 nukleotidy podél mRNA. tRNA bez navázané aminokyseliny se uvolní z E-místa a tRNA z A-místa se přenesse do P-místa.



Obsah

Obr. 6C. Elongace translace

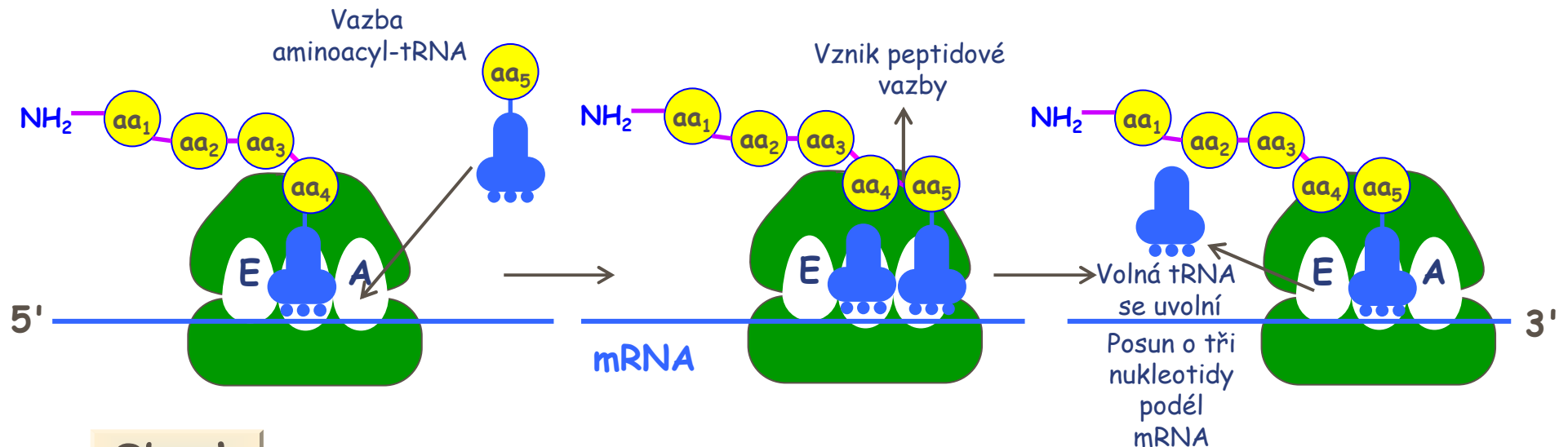


# Elongace translace (prodlužování řetězce)

Vazba tRNA s připojenou aminokyselinou do volného A-místa (1. krok elongace).

Vznik peptidové vazby (2. krok elongace).

Posun chromosomu a uvolnění volné tRNA (3. krok elongace).



Obsah

Obr. 6D. Elongace translace

# Elongace translace (prodlužování řetězce)

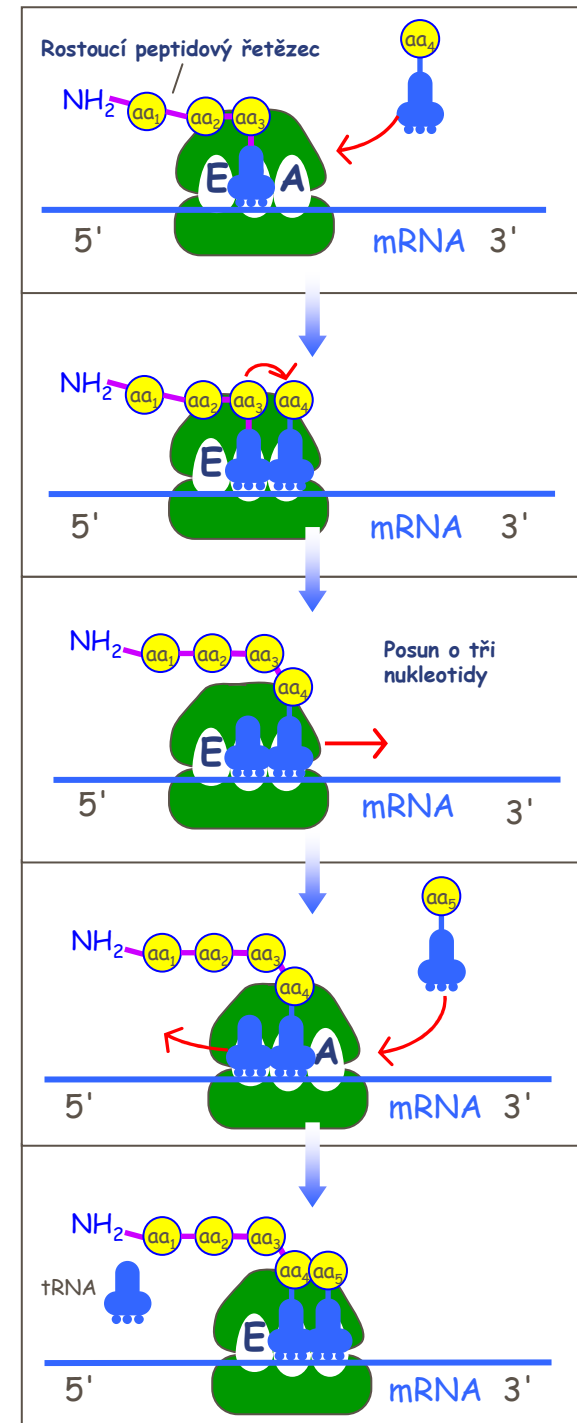
mRNA je překládána ve směru  $5' \rightarrow 3'$  a nejprve vzniká **N-konec** proteinu.

Celý cyklus všech tří kroků je opakován při každém předávání nové aminokyseliny do polypeptidového řetězce, dokud ribosom nenarazí na **stop-kodon**.

Polypeptidový řetězec roste směrem od **N-konce** k **C-konci**.

Obsah

Obr. 7. Elongace translace  
(Schéma)

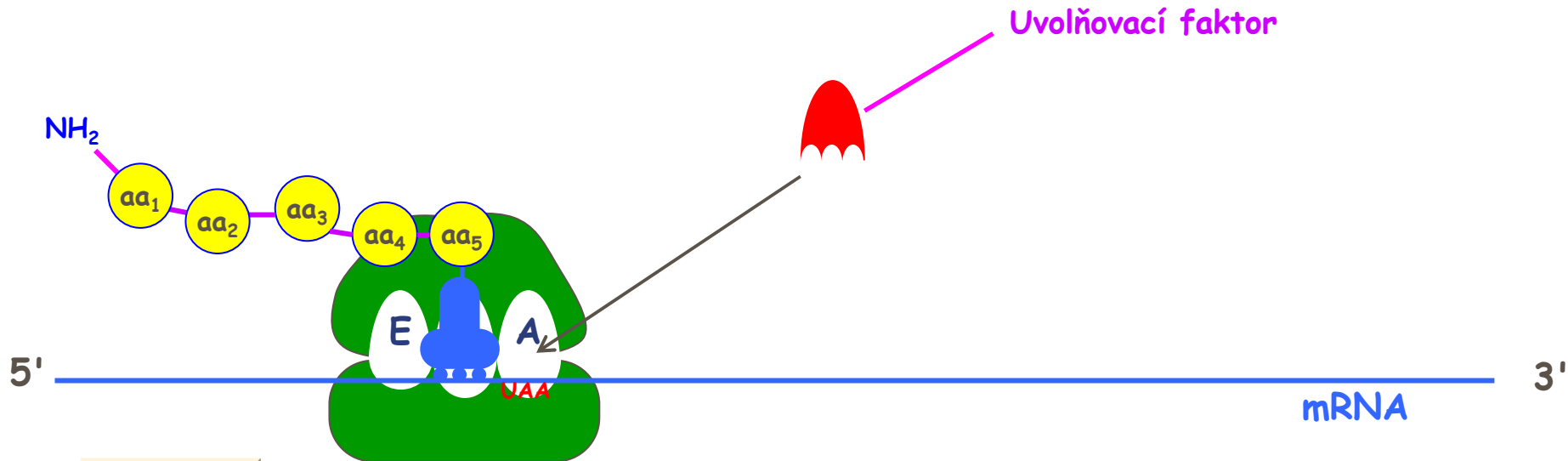


# Terminace translace

Konec proteinu je signalizován přítomností jednoho ze tří **terminačních** neboli **stop kodonů** (**UAA**, **UAG** nebo **UGA**).

Těmto kodonům není přiřazená žádná aminokyselina.

Místo tRNA se na stop kodon v A-místě vážou tzv. **terminační faktory**, které mění aktivitu peptidyltransferasy tak, že místo aminokyseliny použije molekulu vody pro uvolnění karboxylového konce hotového polypeptidového řetězce z tRNA v P-místě.



Obsah

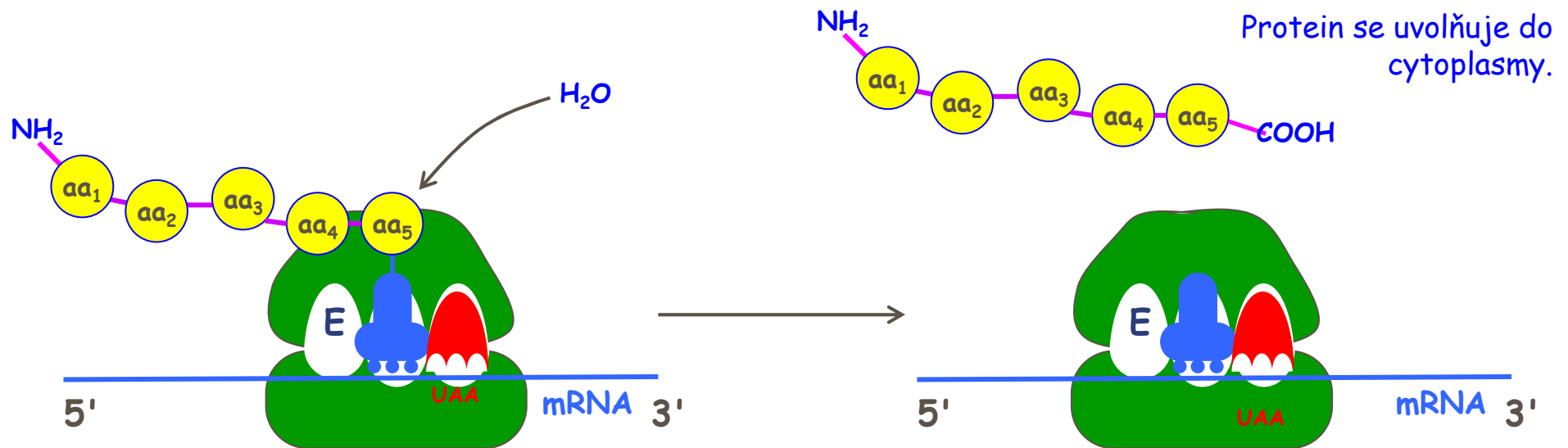
Obr. 8A. Terminace translace

# Terminace translace

Konec proteinu je signalizován přítomností jednoho ze tří **terminačních** neboli **stop kodonů** (**UAA**, **UAG** nebo **UGA**).

Těmto kodonům není přiřazená žádná aminokyselina.

Místo tRNA se na stop kodon v A-místě vážou tzv. **terminační faktory**, které mění aktivitu peptidyltransferasy tak, že místo aminokyseliny použije molekulu vody pro uvolnění karboxylového konce hotového polypeptidového řetězce z tRNA v P-místě.

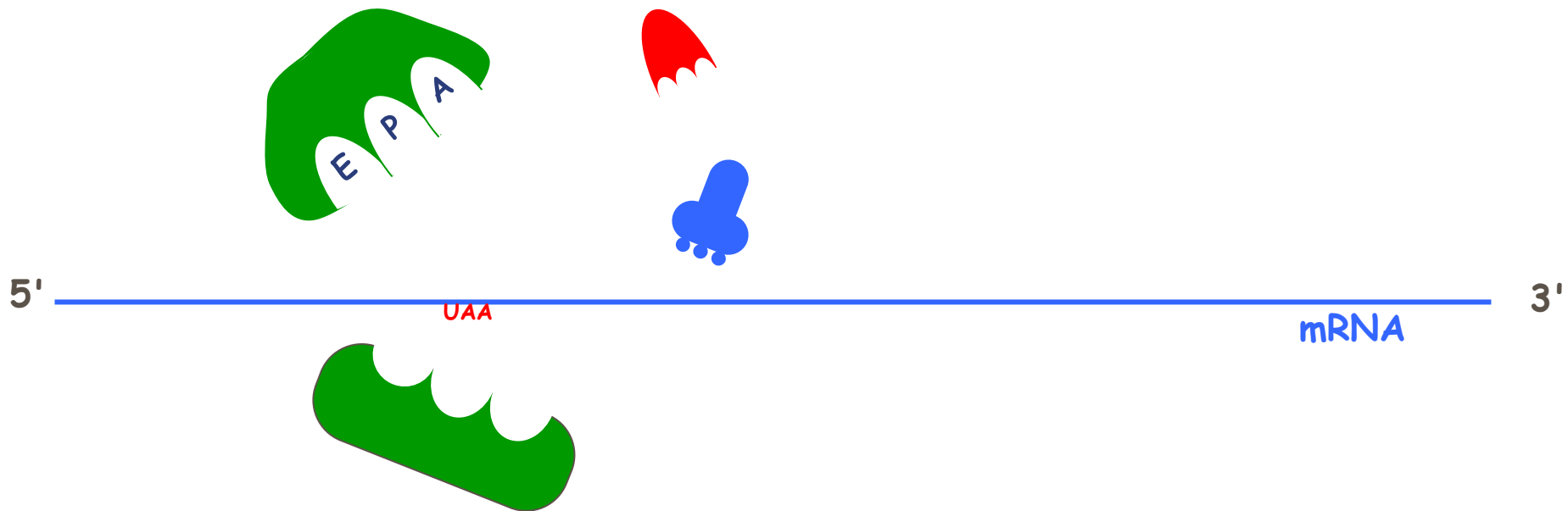


Obsah

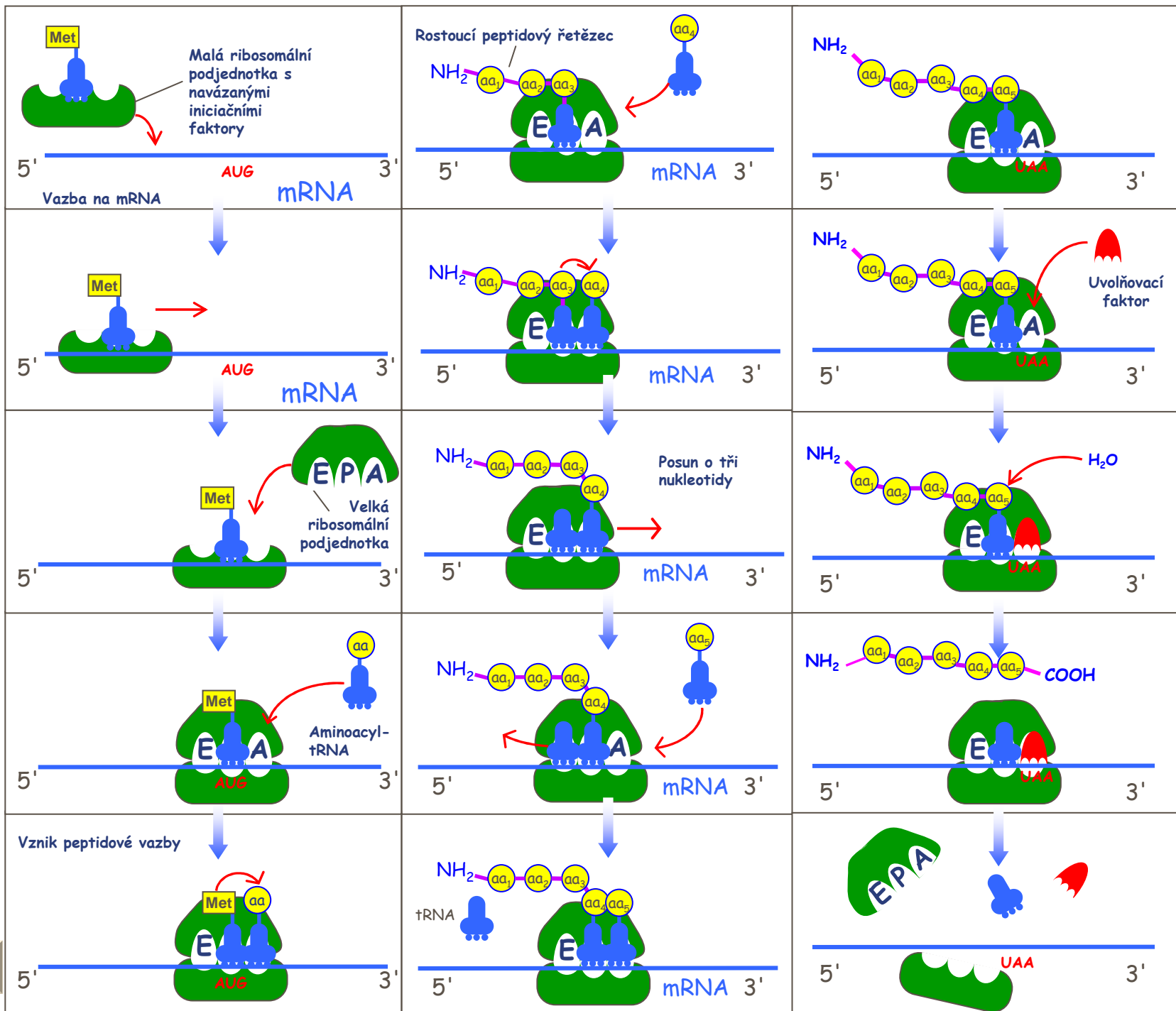
Obr. 8B. Terminace translace

# Terminace translace

Po skončení proteosyntézy je mRNA odpojena od ribosomu a dojde k **disociaci obou podjednotek ribosomu**, které se mohou navázat na jinou molekulu mRNA a začít novou transkripci.



Obr. 9. Iniace, elongace, a terminace translace



Obsah



# Použitá literatura

[1] ALBERTS, B. a kol. *Základy buněčné biologie*. Ústí nad Labem: Espero Publishing, 1997.

[2] NEČAS, O. a kol. *Obecná biologie pro lékařské fakulty*. Jinočany: Nakladatelství H&H, 2000.

[3] KUBIŠTA, V. *Buněčné základy životních dějů*. Praha: Scientia, 1998.